

ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ БІОМЕДИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 621:538.3

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПЛИННОГО СТАНУ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ (Частина 1)

*Безуглий М.О., Клочко Т.Р., Тимчик Г.С., Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

У роботі йдеться про метод комплексного дослідження параметрів світлових полів дифрагованого електромагнітного випромінювання на поверхні біотехнічних об'єктів при визначенні їх плинного стану, що необхідно для моніторингу та подальшого лікування

Вступ. Постановка завдання

Практично всі процеси в біологічному об'єкті, в тому числі і в організмі людини, супроводжуються зміною характеристик електромагнітних (ЕМ) полів. Відомо, що такі зміни пов'язані перш за все з рухом великої кількості електричних зарядів.

Оскільки рух електричних зарядів в тілі людини пов'язаний з усіма метаболічними процесами, то можна зробити припущення, що порушення, які з'являються в цих процесах внаслідок дії спадкових або набутих (патогенних) факторів, знаходять відображення в характеристиках генерованих людиною ЕМ-хвиль. Тому, вимірюючи за допомогою спеціальних приладів ЕМ випромінювання тіла людини (власне або стимульоване) на різних ділянках тіла, можна ставити діагноз захворювання на ранній стадії його розвитку та на основі проведеної діагностики призначати та реалізовувати визначений механізм лікувального впливу.

У фізиці давно встановлено, що будь-яке матеріальне тіло, температура якого відмінна від нуля, випромінює електромагнітні хвилі. Це випромінювання пов'язане з тепловим рухом атомів та молекул, воно є суто тепловим, якщо знаходиться в термодинамічній рівновазі тільки з власним випромінюванням. Це доводить, що теплова діагностика в ІЧ діапазоні (ІЧ-тепlobачення) та радіотермографія (в області радіодіапазону) є ефективними методами реєстрації електромагнітних характеристик біологічного (біотехнічного) об'єкту, що робить їх одними з найбільш ефективних діагностичних методів в сучасній медицині [1].

Усім тілам властиве теплове випромінювання, спектр частот якого є суцільним, а розподіл енергії залежить від температури тіла. При звичайних (низьких) температурах ЕМ випромінювання представлене на шкалі частот в основному радіо- (включаючи СВЧ) та ІЧ хвилями. З підвищенням температури починає зростати частка видимих та ультрафіолетових променів. Тому природно, що сучасні медичні діагностичні методи, а саме методи реєстрації електромагнітного випромінювання засновані на використанні в якості характеристики, яку реєструють, певної частини діапазону електромагнітних хвиль. Так, дуже поширене дослідження, котре здійснюється за допомогою рентгенівського апарату, який є джерелом Х-випромінювання. Тому воно є певним радіаційним навантаженням на організм. Комплекс рентгенологічного дослідження, як правило, багатоланковий внаслідок гранично допустимого радіаційного навантаження на одне дослідження [2].

Будь-яка діагностика повинна починатись з спроби виявлення першої стадії патології при масових профілактичних обстеженнях. Проте патологічний скрининг ще недостатньо розроблений. Існують програми скринингу патології основної локалізації в однієї особи. В спеціально підготовленому та обладнаному приміщенні декілька вузькоспеціалізованих лікарів по черзі всебічно обслідують пацієнта, виключають можливий ріст пухлини. Як правило проводять дослідження носоглотки, гортані, щитовидної залози, легенів, шлунка та товстої кишки, сечостатевої системи, і, що найбільш цікаво у даному випадку, шкіри. Але такий індивідуальний скрининг з використанням сучасних методів обстеження найбільш дорогий.

Серед нових методів структурного моніторингу стану пацієнта найбільш прийнятним є спосіб комплексної діагностики [3], згідно якому здійснюють діагностику стану пацієнта на підставі реєстрації температурних, акустичних, магнітних, оптичних характеристик як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь тіла, виявляють стадії патології біологічної тканини, впливаючи енергетичними (електричними та магнітними) подразниками контактними методами, надалі здійснюють обробку та аналіз відгуків тканини порівнянням отриманого сигналу з відомим класифікатором. Проте негативний вплив контакту з електродами-щупами внаслідок механічної руйнації шару поверхневої структури, вплив примусових подразників на рівні польових структур, призводить до виникнення артефактів, котрі призводять до негативних наслідків у власних електромагнітних полях організму і паралельного збудження інших біологічно активних зон, що знижує достовірність діагностики.

До основного недоліку всіх наведених вище методів комплексної діагностики необхідно віднести відокремленість діагностики від подальшого лікувального впливу, що не дає змоги адекватно впливати на виявлені патології. Це пов'язане, перш за все, з плинною зміною у часі параметрів, які діагностують.

Тому метою даної роботи було запропонувати та представити метод комплексної діагностики та лікування, згідно якому провадять комплексний безконтактний аналіз стану пацієнта, що забезпечує підвищення достовірності діагностики, та на основі його результатів здійснюють лікувальний вплив електромагнітними полями в адаптивному режимі [4].

Основною перевагою вказаного методу є те, що до початку лікування провадять безконтактну реєстрацію характеристик власних електромагнітних, віброакустичних полів організму, оптичних характеристик як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь тіла. Потім шляхом порівняння отриманого сигналу з відомим класифікатором здійснюють обробку відгуків тканини для аналізу плинного стану та критичних ситуацій організму. Використовуючи отримані значення як еталонні, проводять опромінення визначеною довжиною хвилі електромагнітного випромінювання для подальшого порівняння в реальному масштабі часу. На підставі проведеного комплексного автоматизованого аналізу визначають необхідну потужність та дозу опромінення для здійснення лікувального впливу когерентними світловими електромагнітними полями в адаптивному режимі з відстеженням плинного стану пацієнта.

Метод опису нестабільностей стану організму

В роботі розглянуті фізичні положення, на яких ґрунтується побудова системи моніторингу стану пацієнта та його можливого лікування на підставі зазначеного вище способу.

Спосіб комплексної діагностики та лікування полягає в апріорній діагностиці акустичних та оптичних характеристик поверхневого шару обраної ділянки тіла з одночасним запам'ятовуванням для подальшого плинного порівняння з плинними значеннями сигналів в реальному масштабі часу. Це дає можливість визначати стан пацієнта під час лікувального опромінювання. При цьому можна визначати критичний стан пацієнта та запобігти продовженню опромінювання. Також запобігання порушення режимів, що визначені перед опромінюванням, досягається плинним порівнянням світлових потоків, що відбиті від поверхні обраної ділянки шкіри.

Таким чином визначають дотримання вірних режимів відповідно до заданої дози опромінювання. Будь-які порушення режимів лікування або стану пацієнта реєструють в масштабі реального часу та припиняють опромінювання, тобто здійснюється адаптивний режим діагностики та лікування.

Про реєстрацію власних електромагнітних полів організму вже йшлося в попередніх роботах авторського колективу [4, 5]. Тому в представленій роботі мова йтиме переважно про дослідження параметрів світлових полів дифрагованого електромагнітного випромінювання на поверхні біотехнічних об'єктів при визначенні їх плинного стану.

Поверхню біологічного об'єкту можна представити як таку, що складається з великого числа мікроскопічних ділянок, сфероїдальних часток, (клітини, акупунктурні точки), циліндричних поверхонь (нервові волокна, з певним ступенем наближення і все тіло, або окремі його ділянки).

При розгляді розсіювання на біологічному об'єкті користувались деякі умовності та припущення:

1. Біологічний об'єкт (поверхня тіла людини) звільнений від волосяного покриву для усунення ймовірних похибок від дифракції на ньому.

2. Розсіювання на ділянці тіла (організму) відбувається на окремих його складових, а сумарне розсіювання від ділянки поверхні визначається суперпозицією розсіяних хвиль її окремих компонент.

Зазвичай у фотометрії користуються лише декількома інтегральними характеристиками поля – розсіюванням та дифракцією на площині, сфері (напівсфері) та циліндрі. Цей набір характеристик не завжди дозволяє об'єктивно оцінити відбиття від біологічних об'єктів в особливості, коли їх геометрична форма суттєво відрізняється від площини, сфери та циліндра, або у випадках, коли необхідна побудова узагальненої математичної моделі процесів, котрі спостерігаються на поверхні біологічного об'єкту. Тому в деяких випадках для математичного опису форми робочої поверхні біологічного об'єкту використовують β -функцію в якості апроксимуючого аналітичного виразу. Проте громіздкість β -функції настільки ускладнює модель, що виключає можливість її використання в практиці.

Тому вирішення таких задач може бути спрощене, якщо геометричну форму біологічного об'єкта моделювати еліпсоїдом обертання. Для доказу цієї гіпотези розглянемо вигляд виразу для площі проекції еліпсоїду обертання (рис.1). Причому зазначимо, що біологічний об'єкт не має ідеальної форми, тому для опису проекції "реального" еліпсоїда обертання необхідно вводити поправочний коефіцієнт K , котрий характеризує відхилення дійсної форми від ідеальної.

Площа проекції еліпсоїда в напрямку, котрий визначається кутом α освітлення в вертикальній площині для повного просторового кута 4π :

$$S_p(\alpha) = K\pi a \sqrt{a^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha}. \quad (1)$$

Для просторового кута 2π у верхній напівсфері напівеліпсоїда, матиме наступний вигляд:

$$S_p(\alpha) = K\pi(a \cos \alpha + \sqrt{a^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha}). \quad (2)$$

Аналізуючи вираз (2), легко встановити, що плоский горизонтальний біологічний об'єкт, напівсфера (для виразу (1) – сфера) та вертикально орієнтований циліндр – частині випадки еліпсоїда обертання.

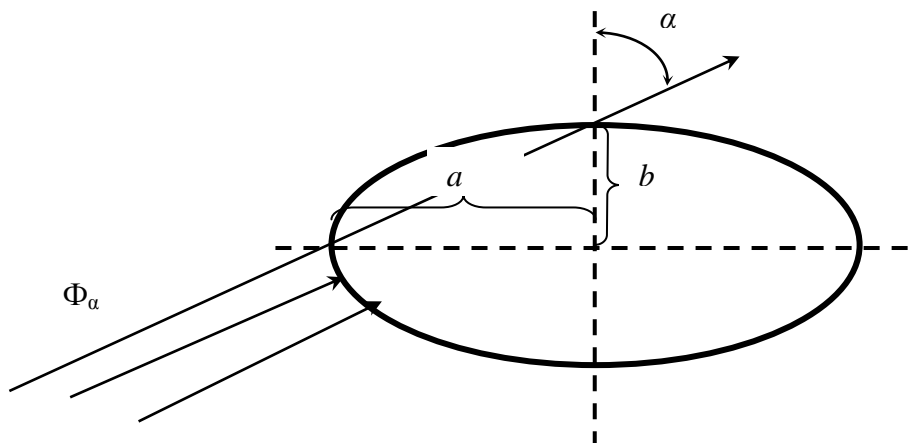


Рисунок 1 – До виводу аналітичного виразу площі проекції еліпсоїду обертання

Тому, якщо розглянути розсіяння та дифракцію на органічному еліпсоїді обертання, то легко можна встановити характер цих процесів і на окремих його випадках.

Розглянемо розповсюдження світла в багаточастинкових біологічних тканинах. Зазначимо, що переважна більшість біологічних тканин у видимій області є доволі прозорими і поглинання в них дуже мале. У той же час спектр пропускання в області коротких хвиль визначається світлорозсіюванням. Розсіювання світла біологічними об'єктами – це одне із найхарактерніших для них явищ. Воно пов'язане зі структурою біосистем, що, як правило, складаються з великого числа випадково розподілених в об'ємі розсіювальних центрів.

Вплив лазерного випромінювання на біологічний об'єкт обумовлений взаємодією фотонів і молекул, або з'єднань молекул тканини. Ступінь того або іншого впливу залежить:

- 1) від властивостей лазерного випромінювання (довжина хвилі, густина енергії, тривалість опромінення і частота повторення);
- 2) від властивостей біологічної тканини (коефіцієнт дифузного відбиття (КДВ), коефіцієнт дзеркального відбиття (КДЗВ), коефіцієнт поглинання, коефіцієнт розсіювання, густина тощо).

У залежності від довжини хвилі, густоти енергії і часу впливу лазерного випромінювання ефект визначається двома внутрішніми параметрами тканини: з одного боку – оптичними властивостями тканини, що опромінюється, – і, з іншого боку, її термічними властивостями. Оскільки запропонований метод базується на реєстрації оптичних властивостей, то надалі мова буде йти лише про них.

При попаданні лазерного променя на тканину можуть спостерігатись три процеси: відбиття, поглинання і/або пропускання – лише незначний відсоток випромінювання відбивається безпосередньо від поверхні (рис. 2).

Падаючий променевий потік Φ_a розподіляється на три частини: відбита R_ϕ , поглинена A_ϕ і пропущена T_ϕ , причому $R_\phi + A_\phi + T_\phi = I$.

В залежності від довжини хвилі падаючого випромінювання відбивається до його 60%. Розсіювання залежить від негомогенних структур тканини і визначається різними показниками заломлення в різних шарах і різницею між шарами і навколишнім їхнім середовищем.

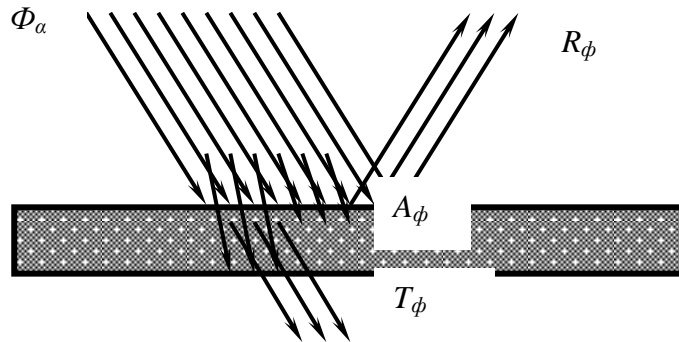


Рисунок 2 – Оптичні властивості прошарку матерії

Хвилі з довжиною набагато більшою, ніж товщина шару (≥ 10 мкм), розсіюються клітинними структурами в незначному ступені. Але так як в даному методі використовуються лазери ІЧ діапазону ($\sim 630 - 1300$ мкм) то напевно, що ми маємо справу з розсіюванням.

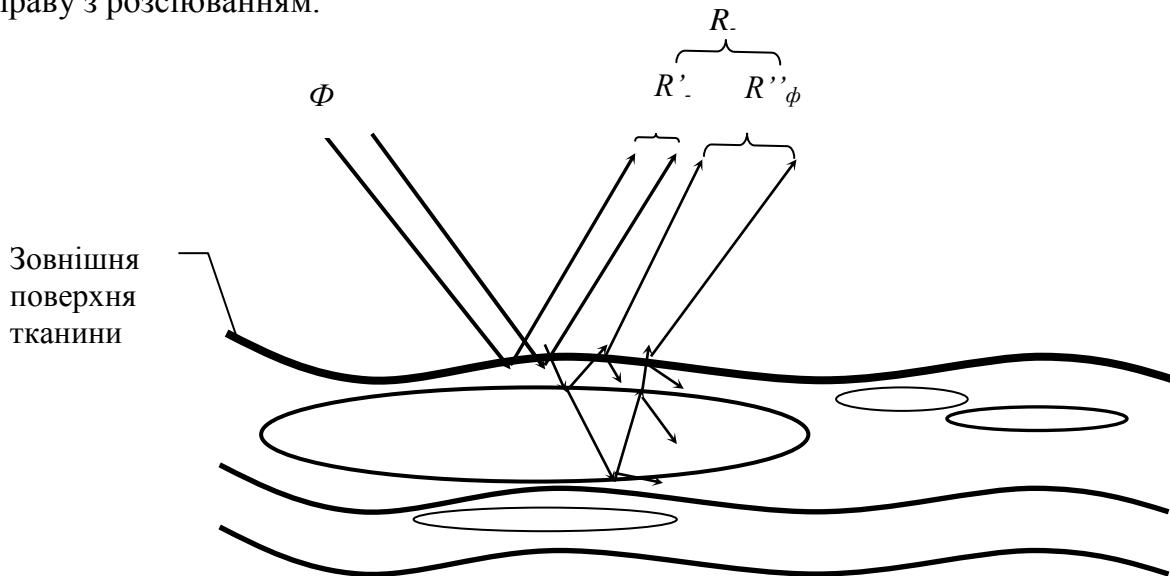


Рисунок 3 – Моделювання розповсюдження світлового ЕМ випромінювання в біологічній тканини

Якщо розглянути процес реєстрації відбитого стимульованого випромінювання від поверхні біологічного об'єкту, то можна встановити, що величина інтенсивності (потік R_ϕ на рис.2 та рис.3), яку сприймає фотоприймач, складається принаймні з двох компонент: рефлексивної (R'_ϕ) та рефлексометричної (R''_ϕ). Під рефлексивною розуміється та частина світлового потоку, котра відбивається безпосередньо від поверхні (дзеркальне та дифузне відбиття). Рефлексометрична компонента містить ЕМ поля, які внаслідок різниці в показниках заломлення різних мікро- і

макрочастинок (в нашому наближенні еліпсоїдів обертання) біологічного об'єкту та багаторазового заломлення і відбиття на цих шарах, не поглинулися біооб'єктом, а вийшли з нього.

Позаяк загальний відбитий від біологічної тканини потік не є когерентним, інтенсивність, як результуючу величину, яку реєструють, можна представити у вигляді:

$$I_{R\phi} = I_{R\phi} + I_{R\phi}^* \cdot \quad (3)$$

Висновки

Таким чином, проведені дослідження надають можливості визначення реальної форми досліджуваного об'єкту. Це необхідно для моделювання та розрахунків розподілу світлових електромагнітних полів, котрі утворюють досліджувані об'єкти в процесі діагностичного (або лікувального) опромінювання, що підвищує достовірність визначення патології стану. Предметом подальших досліджень у цьому напрямку є розрахунки дифракційних полів, розсіяного ЕМ світлового випромінювання неоднорідностями та поверхневими явищами об'єкту.

Література

1. Бецкий О.В., Девятков Н.Д., Лебедева Н.Н. Лечение электромагнитными волнами. Часть 2. Биомедицинская радиоэлектроника. – М. –2000. -№10. –С.48.
2. Поляков В.М., Шмаленюк А.С. СВЧ- термография и перспективы ее развития. Применение в медицине и народном хозяйстве. – М.: ЦНИИ Электроника, 1991.
3. Патент России №2138192, А61 В5/00, 1/00, G01 33/483. Способ распознавания типа ткани и аппарат для осуществления способа. Складнев В.Н., Копплсон В.М., Рейд Л.Р. Оpubл. 30.10.94.
4. Патент №58107 А України, А61В 5/00. Спосіб та обладнання комплексної діагностики та лікування. Безуглий М.А., Ключко Т.Р., Скицюк В.І., Тимчик Г.С. Оpubл. 2003.
5. Безуглий М.А., Ключко Т.Р., Скицюк В.І., Тимчик Г.С. Моделювання автоматизованої системи реєстрації та моніторингу біотехнічних об'єктів. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. -Кременчук: –2003. -№4/2003 (21). -Т. 1. -С. 116-121.

Безуглий М.О., Ключко Т.Р., Тимчик Г.С. Метод комплексной диагностики состояния биотехнических объектов В работе речь идет об исследовании параметров световых полей дифрагированного электромагнитного излучения на поверхности биотехнических объектов при определении их текущего состояния, что необходимо для мониторинга и дальнейшего лечения	Bezuglyi M.O., Klotchko T.R., Tymchik G.S. Method of the complex diagnostic of the biotechnical objects emergencies In work state at research of the light electromagnetic fields, which diffracted on the biotechnical objects surfaces at the definition of there emergencies for monitoring and medical treatments are used.
---	--

Надійшло до редакції
25 липня 2004 року

УДК 621.317

ШИРОКОСМУГОВИЙ РАДІОМЕТР