

Розроблення каналу вимірювання та реєстрації сигналів ОАЕ на основі цифрового сигнального процесора TMS320VC5510 дозволить провести експериментальні дослідження тракту для подальшого удосконалення алгоритму роботи системи при реєстрації сигналів ОАЕ різними методами.

### Література

1. Kemp D.T. Stimulated acoustic emission from within the human auditory system // J. Acoust. Soc. Am. – 1978. – Vol. 64. – P.1386–1391.
2. Katz J. Handbook of clinical audiology. Fours editional. – Baltimor (USA).: Williams&Wilkins, 1994. – 839 p.
3. Лисенко О.М. Сучасні методи та засоби дослідження слуху людини: Монографія. – К.: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 176 с.
4. Пат. 70880А України, МПК 7 А 61 В 5/12. Система реєстрації отоакустичної емісії (варіанти) / О.М Лисенко, Д.Ю Лебедев – №20031213245; Заявл. 31.12.03; Опубл. 15.10.04; Бюл. ДДІВ № 10.
5. Пальчун В.Т., Левина Ю.В., Мельников О.А. Отоакустическая эмиссия: исследование нормы // Вестник оториноларингологии. – 1999. – №1. – С.5–9.
6. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Мікрокомп’ютерна система реєстрації отоакустичної емісії внутрішнього вуха людини // Приладобудування 2003: стан і перспективи: Тези доповідей другої науково-технічної конференції. – Київ: НТУУ «КПІ», 2003. – С. 145.
7. Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. Методи та засоби вимірювання і реєстрації сигналу отоакустичної емісії // Приладобудування 2004: стан і перспективи: Тези доповідей Третьої науково-технічної конференції. – Київ. – 2004. – С. 177.
8. Цифровая обработка сигналов / А.Б.Сергиенко. – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.
9. Гутников В. С. Фильтрация измерительных сигналов. – М.: Наука. – 1985. – 204 с.

Лебедев Д.Ю., Лисенко О.М. **Розроблення тракту вимірювання та реєстрації сигналів отоакустичної емісії (ОАЕ) на основі процесора TMS320VC5510.**

Стаття присвячена розробці схематехнічних та алгоритмічних рішень реалізації тракту вимірювання та реєстрації сигналів отоакустичної емісії на базі процесора TMS320VC5510 фірми Texas Instruments.

Lebedev D.Y., Lysenko O.M. **Creating of channel measurement and registration the signals of otoacoustic emissions on base of processor TMS320VC5510.**

The article is dedicated to create scheme technical and algorithmic decisions realization of channel measurement and registration the signals of otoacoustic emissions on base of processor TMS320VC5510 of Texas Instruments company.

Надійшла до редакції  
25 вересня 2006 року

УДК 617.55-089-78

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТА КЛІНІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Денисов М. О., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

В роботі запропонований системний підхід до розробки волоконно-оптичного інструмента (ВОІ) для мінімально інвазивної клінічної медицини (МІКМ). Для системної класифіка-

ції BOI застосовуються дев'ять формалізованих ознак та чотири конструктивних параметри

### **Вступ**

Суттєву роль в розширенні можливостей сучасних методів мінімально інвазивної клінічної медицини, особливо для внутрішніх органів людини, відіграє волоконно-оптичний інструмент (BOI), який забезпечує:

- ефективне транспортування оптичного випромінювання до органів людини;
- формування на поверхні біотканини або на певній його глибині розподілу енергії оптичного випромінювання, необхідної для досягнення відповідного клінічного ефекту (хірургічного, терапевтичного або діагностичного);
- ефективне збирання оптичного інформаційного сигналу з поверхні або з глибини біотканини, який несе інформацію про стан біооб'єкта;
- транспортування оптичного інформаційного сигналу від біотканини, що досліджується, до модуля його аналізу з метою об'єктивізації процесу прийняття рішення лікарем.

Організаційно волоконно-оптичний інструмент складається з волоконно-оптичної транспортуючої системи (BOTC) та спряженого з ним оптичного дистального інструмента (ОДІ).

### **Постановка задачі**

Задачею дослідження є визначення та систематизація класифікаційних ознак та параметрів волоконно-оптичного інструмента для клінічної медицини, які б дозволяли максимально формалізовано описувати не тільки існуючі технічні реалізації BOI, але й його можливі перспективні рішення. Існуючі класифікації волоконно-оптичного інструмента [1, 2] мають обмежене поширення через їх адаптацію до продукції конкретного виробника. Тому розробка універсальної класифікації BOI є актуальною задачею. Системний підхід до розробки волоконно-оптичного інструмента з урахуванням його цільового призначення, технічних та технологічних обмежень, є особливо важливим на початкових стадіях розробки при пошуку оптимізованих (за одним або декількома ознаками чи параметрами) технічних рішень.

### **Систематизація волоконно-оптичного інструмента**

Систематизація волоконно-оптичного інструмента виконувалась за дев'ятьма класифікаційними ознаками та чотирма параметрами (Таблиця 1). З метою подальшої формалізації системного підходу до розробки BOI зазначеним класифікаційним ознакам і параметрам були присвоєні літерні коди, а різновидам класифікаційних ознак (підознакам) - літерні та цифрові коди.

У загальному вигляді волоконно-оптичний інструмент має нижченаведений формалізований опис для двоканального та одноканального варіантів виконання, відповідно:

NNNNN-P-[J-A-F-M-T]<sub>1</sub>-C-D-[J-A-F-M-T]<sub>2</sub>-(XX-YY.Y-Z.Z/z.z).

NNNNN-P-[J-A-F-M-T]<sub>1(2)}</sub>-C-D-(XX-YY.Y-Z.Z/z.z).

Слід зауважити, що індекси “1” та “2” до ознак в квадратних дужках відносяться до опромінюючого (енергетичного) та приймального (інформаційного) каналів, відповідно. В круглих дужках згруповані базові конструктивні параметри волоконно-оптичного інструмента. Слід зауважити, що цифра «0» в цифровому коді BOI означає відсутність зазначеної класифікаційної ознаки.

Таблиця 1 – Систематизація волоконно-оптичного інструмента

| Літерний код ознаки або параметра | Класифікаційна ознака або параметр                                   | Різновид класифікаційної ознаки                           |              |              |
|-----------------------------------|--|---|--------------|--------------|
|                                   |  | Тип або принцип дії волоконно-оптичного інструменту       | Літерний код | Цифровий код |
| NNNNN                             | Медичне призначення  | Хірургічний   | <b>FOTCA</b> | -            |
|                                   |  | Терапевтичний   | <b>FOTTA</b> | -            |
|                                   |  | Діагностичний   | <b>FOPSA</b> | -            |
|                                   |  | Моніторингово-дослідницький                               | <b>FOPRA</b> | -            |
| <b>J</b>                          | Тип з'єднання ВОТС та ОДІ  | Відсутнє ОДІ  | <b>0</b>     | <b>0</b>     |
|                                   |  | Суцільно фабриковане                                      | <b>S</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |  | Конструктивне приєднання                                  | <b>A</b>     | <b>2</b>     |
| <b>A</b>                          | Спрямованість дії оптичного випромінювання                           | В прямому напрямку  | <b>F</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |  | Бокова дія  | <b>S</b>     | <b>2</b>     |
|                                   |  | Кільцева дія  | <b>R</b>     | <b>3</b>     |
|                                   |  | Ізотропна дія   | <b>I</b>     | <b>4</b>     |
| <b>P</b>                          | Тип взаємного розташування опромінюючого та/або приймального каналів | Одноканальний   | <b>S</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |  | Пакетний  | <b>G</b>     | <b>2</b>     |
|                                   |  | Співосний   | <b>X</b>     | <b>3</b>     |
|                                   |  | Поперековий   | <b>T</b>     | <b>4</b>     |
|                                   |  | V-схема   | <b>V</b>     | <b>5</b>     |
|                                   |  | U-схема   | <b>U</b>     | <b>6</b>     |
| <b>F</b>                          | Схема ВОТС   | Одноволоконна опромінююча                                 | <b>A</b>     | <b>10</b>    |
|                                   |  | Багатоволоконна опромінююча                               | <b>B</b>     | <b>20</b>    |
|                                   |  | Одноволоконна приймальна                                  | <b>a</b>     | <b>03</b>    |
|                                   |  | Багатоволоконна приймальна                                | <b>b</b>     | <b>04</b>    |
|                                   |  | Двоканальна одноволоконна                                 | <b>AA</b>    | <b>11</b>    |
|                                   |  | Двоканальна багатоволоконна                               | <b>BB</b>    | <b>22</b>    |
|                                   |  | Одноволоконна опромінююча та одноволоконна приймальна     | <b>Aa</b>    | <b>13</b>    |
|                                   |  | Одноволоконна опромінююча та багатоволоконна приймальна   | <b>Ab</b>    | <b>14</b>    |
|                                   |  | Багатоволоконна опромінююча та одноволоконна приймальна   | <b>Ba</b>    | <b>23</b>    |
|                                   |  | Багатоволоконна опромінююча та багатоволоконна приймальна | <b>Bb</b>    | <b>24</b>    |
|                                   |  | Відхилення  | <b>D</b>     | <b>2</b>     |
|                                   |  | Формування  | <b>L</b>     | <b>3</b>     |
|                                   |  | Концентрація  | <b>T</b>     | <b>4</b>     |
|                                   |  | Деконцентрація  | <b>U</b>     | <b>5</b>     |

Продовження таблиці 1

| Літерний код ознаки або параметра | Класифікаційна ознака або параметр                  | Різновид класифікаційної ознаки                                      |              |              |
|-----------------------------------|---|--|--------------|--------------|
|                                   |   | Тип або принцип дії волоконно-оптичного інструменту                  | Літерний код | Цифровий код |
| <b>M</b>                          | Принцип дії ОДІ в прямому або зворотньому напрямках | Розсіювання  | <b>S</b>     | <b>1</b>     |
| <b>T</b>                          | Технічна реалізація ОДІ                             | Сфера  | <b>PS</b>    | <b>1</b>     |
|                                   |   | Циліндр  | <b>CS</b>    | <b>2</b>     |
|                                   |   | Волокно інтерстеціальне  | <b>IS</b>    | <b>3</b>     |
|                                   |   | Балон  | <b>BS</b>    | <b>4</b>     |
|                                   |   | Дзеркало   | <b>MD</b>    | <b>1</b>     |
|                                   |   | Призма   | <b>PD</b>    | <b>2</b>     |
|                                   |   | Фаска  | <b>BD</b>    | <b>3</b>     |
|                                   |   | Конус  | <b>RD</b>    | <b>4</b>     |
|                                   |   | Лінза  | <b>LL</b>    | <b>1</b>     |
|                                   |   | Квазіколімуюча система SteadyBeam                                    | <b>QL</b>    | <b>2</b>     |
|                                   |   | Конус усічений   | <b>T</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |   | Тіло обертання   | <b>pT</b>    | <b>2</b>     |
|                                   |   | Модифікований конус  | <b>mT</b>    | <b>3</b>     |
|                                   |   | Зворотній конус  | <b>UT</b>    | <b>1</b>     |
|                                   |   | Зворотнє тіло обертання  | <b>pU</b>    | <b>2</b>     |
|                                   |   | Лінзований зворотній конус   | <b>UL</b>    | <b>3</b>     |
| <b>C</b>                          | Робоче середовище BOI                               | Відсутнє (контакт)   | <b>C</b>     | <b>0</b>     |
|                                   |   | Повітря-газ  | <b>A</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |   | Рідина-вода  | <b>L</b>     | <b>2</b>     |
|                                   |   | Біотканина   | <b>B</b>     | <b>3</b>     |
| <b>D</b>                          | Відстань між біооб'єктом та BOI                     | Відсутня (контакт)   | <b>0</b>     | <b>0</b>     |
|                                   |   | Фіксована  | <b>X</b>     | <b>1</b>     |
|                                   |   | Змінювана  | <b>V</b>     | <b>2</b>     |
|                                   |   | Спірально-сходінкова   | <b>W</b>     | <b>3</b>     |
| <b>XX</b>                         | Робоча відстань                                     | Робоча відстань (max), мм  | -            | -            |
| <b>YY.Y</b>                       | Діаметр дистальної частини BOI                      | Діаметр (max) дистальної частини волоконно-оптичного інструмента, мм | -            | -            |
| <b>Z.Z</b>                        | Довжина BOTC  | Загальна довжина BOTC, м   | -            | -            |
| <b>z.z</b>                        | Довжина дистальної частини BOTC                     | Довжина (max) дистальної частини BOTC, м                             | -            | -            |

## Класифікування волоконно-оптичного інструмента

Після проведення детального розгляду різноманітних схем волоконно-оптичного інструмента виникає доцільність групування двох класифікаційних ознак: схеми волоконно-оптичної транспортуючої системи та технічної реалізації оптичного дистального інструмента ( $F_1 + T_1 + T_2 + F_2$ ), які в значному ступені визначають можливість реалізації цільової функції волоконно-оптичного інструмента.

Чотири з 16 можливих комбінацій зазначених ознак (Рис. 1), а саме: 0000,  $0T_100$ ,  $00T_20$ ,  $0T_1T_20$ , не підпадають під визначення “волоконно-оптичний інструмент” через відсутність волоконних систем як в опромінюючому, так і в приймальному каналах. Інші 12 можливих комбінацій ознак визначають волоконно-оптичний інструмент:

- хірургічного та терапевтичного застосування ( $F_1000$ ;  $F_1T_100$ );
- діагностичний ( $F_100F_2$ ;  $F_1T_10F_2$ ;  $0T_10F_2$ ;  $F_10T_2F_2$ ;  $F_1T_1T_2F_2$ ;  $0T_1T_2F_2$ );
- моніторинговий ( $000F_2$ ;  $00T_2F_2$ );
- дослідницький ( $F_10T_20$ ;  $F_1T_1T_20$ ).

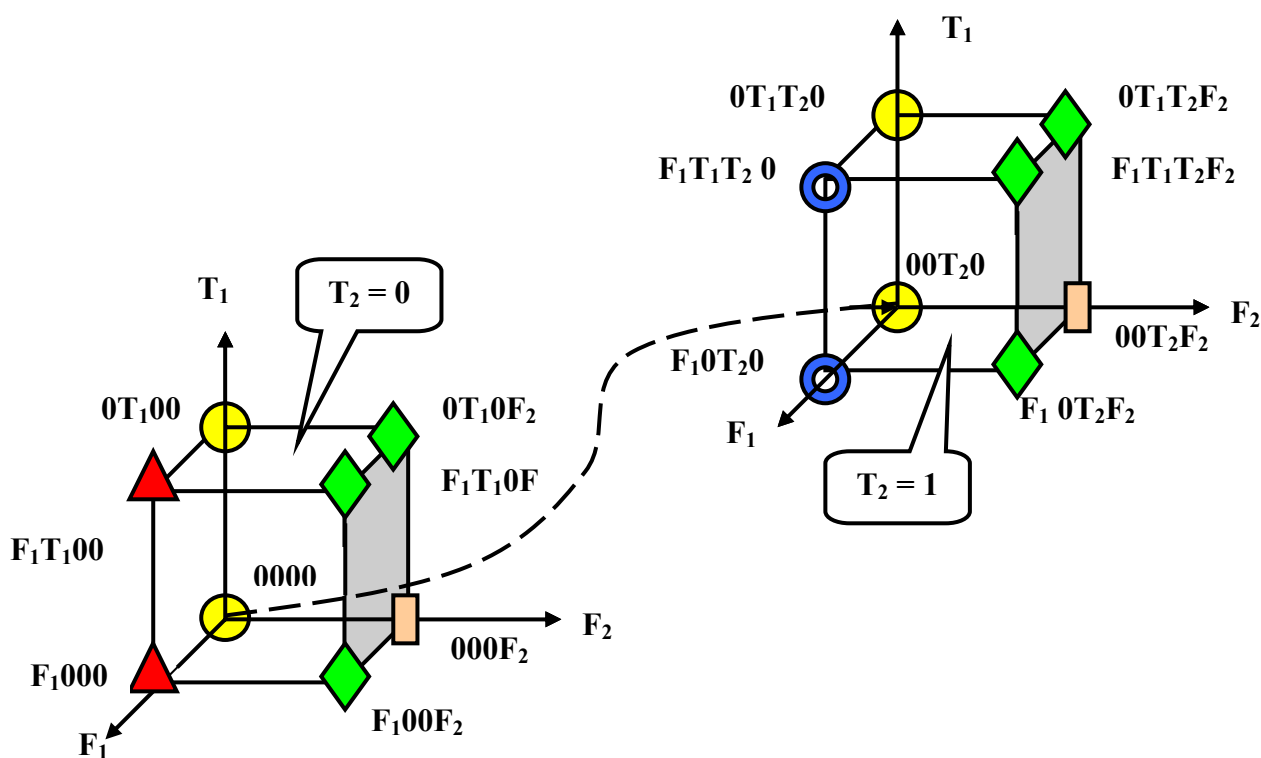


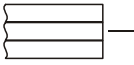



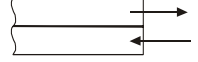

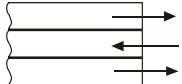
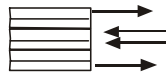


Рисунок 1 – Діаграма класифікування волоконно-оптичного інструмента

Приклади класифікування волоконно-оптичних транспортуючих систем (ознака F) та опромінюючого оптичного дистального інструмента (ознака T) наведені в Таблиці 2 та Таблиці 3, відповідно.

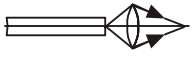

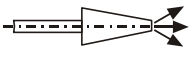
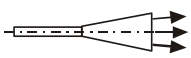


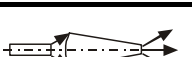

Таблиця 2 – Типи та класифікація волоконно-оптичних систем транспортування (F)

| Тип ВОТС  | Схема ВОТС  | Літерний код | Цифр. код | Тип ВОТС  | Схема ВОТС  | Літерний код | Цифр. код |
|---|---|--------------|-----------|---|---|--------------|-----------|
| Одноволоконна опромінююча                               |    | A            | 10        | Одноволоконна приймальна                                  |    | a            | 03        |
| Багатоволоконна опромінююча                             |    | B            | 20        | Багатоволоконна приймальна                                |    | b            | 04        |
| Двоканальна одноволоконна                               |    | AA           | 11        | Двоканальна багатоволоконна                               |    | BB           | 22        |
| Одноволоконна опромінююча та одноволоконна приймальна   |    | Aa           | 13        | Одноволоконна опромінююча та багатоволоконна приймальна   |    | Ab           | 14        |
| Багатоволоконна опромінююча та одноволоконна приймальна |  | Ba           | 23        | Багатоволоконна опромінююча та багатоволоконна приймальна |  | Bb           | 24        |

Таблиця 3 – Типи опромінюючого оптичного дистального інструмента (Т) з одноволоконною ВОТС за принципом дії (M)

| Тип ОДІ   | Схема ОДІ   | Літерний код | Цифр. код | Тип ОДІ | Схема ОДІ   | Літерний код | Цифр. код |
|---|---|--------------|-----------|---------|---|--------------|-----------|
| <b>ОДІ на принципі розсіювання випромінювання (S)</b> |   |              |           |         |   |              |           |
| Сфера   |  | PS           | 1         | Циліндр |  | CS           | 2         |
| Волокно інтерстеціальне                               |  | CI           | 3         | Балон   |  | BS           | 4         |
| <b>ОДІ на принципі відхилення випромінювання (D)</b>  |   |              |           |         |   |              |           |
| Дзеркало  |  | M            | 1         | Призма  |  | P            | 2         |
| Фаска   |  | B            | 3         | Конус   |  | R            | 4         |

Продовження таблиці 3

| ОДІ на принципі формування випромінювання (L)   |   |    |   |   |   |    |   |
|---|---|----|---|---|---|----|---|
| Лінза   |  | L  | 1 | Система SteadyBeam                                |  | QL | 2 |
| ОДІ на принципі концентрації випромінювання (C) |   |    |   | ОДІ на принципі деконцентрації випромінювання (U) |   |    |   |
| Конус усічений                                  |  | T  | 1 | Зворотній конус                                   |  | UT | 1 |
| Тіло обертання                                  |  | pT | 2 | Зворотнє тіло обертання                           |  | pU | 2 |
| Конус модифікований                             |  | mT | 3 | Лінзований зворотній конус                        |  | UL | 3 |

### Обговорення та висновки

Визначення узагальнених класифікаційних ознак та підознак за типом або принципом дії волоконно-оптичного інструмента дозволяє оптику-конструктору ще на початковій стадії розробки БОІ оцінити можливості їх застосування з використанням рейтрейсінгового методу розрахунку оптичних систем. З цією метою може використовуватись спеціальна програма SPERA (Scapel and Probes Evaluation, Raytracing, Analysis), розроблена на кафедрі ООЕП НТУУ «КПІ» [3], або інші розрахункові програмні продукти, наприклад: ZEMAX, LightTools, TracePro.

Завдяки зазначеній можливості збільшується вірогідність прийняття оптиком-конструктором технічного рішення, оптимізованого для реалізації заданої цільової функції у відповідності до конкретного медичного призначення. Крім того, зважаючи на невідомий прогрес в галузі оптичного приладобудування, існує можливість синтезу новітніх схемних рішень волоконно-оптичного інструмента для мінімально інвазивної клінічної медицини.

Запропонована класифікація може бути корисною для розробників волоконно-оптичних систем клінічного застосування.

Подальші дослідження мають бути спрямованими на виконання порівняльного аналізу та оцінку ефективності клінічного застосування різноманітного волоконно-оптичного інструмента, як існуючих зразків, так і перспективних розробок.

### Література

1. [www.oceanoptics.com](http://www.oceanoptics.com)
2. [www.microquartz.com](http://www.microquartz.com)
3. Denisov N.A., and Griffin S.E. Contact fiber probes for in-vivo optical spectroscopy: comparative analysis // Optical Biopsy II, Robert R. Alfano; Ed., Proc. SPIE – 1998 – V. 3250 –P. 44-55.

|   |   |
|---|---|
| <p>Денисов Н.А. Системный подход к разработке волоконно-оптического инструмента клинического применения.</p> <p>В работе предложен системный подход к разработке волоконно-оптического инструмента (ВОИ) для минимально инвазивной клинической медицины. Для системной классификации ВОИ использовались девять формализованных признаков и четыре конструктивных параметра.</p> | <p>Denisov N.A. The system-defined method to fiber optic instrument development for clinical application.</p> <p>The system approach to develop fiber optic instruments (FOI) for minimally invasive clinical medicine has been suggested. Nine formalized signs and four design factors have been applied for FOI's systemic classification.</p> |
|---|---|

Надійшла до редакції  
21 червня 2006 року

УДК 617.55-089-78

## РЕЗУЛЬТАТИ ОБРАХУНКУ ПОШИРЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ РЕМІСІЇ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ В БІОТКАНИНІ ЗА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Дец С.М., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна; Vortek Industries Ltd., м. Ванкувер, Канада

*В роботі проведене моделювання сферичної опроміненості флуоресценції в біотканині для випадку різної геометрії опромінення від контактних оптичних волокон. Результати моделювання показують, що ослаблення флуоресцентного сигналу внаслідок поглинання в біотканині може бути певною мірою виправлене вибором відповідної конфігурації волоконно-оптичних каналів опромінення та збору флуоресцентного сигналу*

### Вступ

Метод Монте-Карло (ММК) є загально визнаним для моделювання розповсюдження оптичного випромінювання в біотканинах (БТ) [1-3]. Його широкому застосуванню сприяє відсутність точного аналітичного рішення рівняння переносу енергії в БТ в спектральному діапазоні реєстрації випромінювання флуоресценції (0.6-1.2 мкм), який характеризується співрозмірним внеском в ослаблення оптичного випромінювання явищ поглинання та розсіяння.

### Постановка задачі

В процесі моделювання методом Монте-Карло для практичних задач флуоресцентної діагностики із застосуванням волоконно-оптичних систем ставилася задача віднайдення абсолютних значень густини потужності флуоресцентного сигналу з причини передбачення проведення діагностичної процедури в біотканині. Моделювання передбачає використання результатів попереднього обрахунку поширення випромінювання збудження в біотканині від оптичного волокна. При цьому геометричні характеристики біотканини збігаються з попередніми, а оптичні характеристики набувають відповідних значень для довжини хвилі емісії флуоресценції.