

І.М. Огородник<sup>1</sup>, О.В. Висоцька<sup>2</sup>, М.Е. Тернюк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Міжнародна академія наук і інноваційних технологій, Київ

<sup>2</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків

## РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ РЕГУЛЯТОРНОГО МЕХАНІЗМУ БІОСИСТЕМ ТА ЇХ РЕАКТИВНОСТІ

*Розглянуто особливості створення багатоконтактного біосенсора для виміру імпедансу шкіри в системі неінвазивного діагностування, в основі якої лежить бінарна ідентифікація стану організму людини. Біосенсор забезпечує отримання і первинну обробку інформації, яка з'являється в процесі реактивності біосистеми на дію інформаційних маркерів. Проведено огляд теоретичних передумов та практичного застосування неінвазивних методів діагностики на основі вимірювання біосигналів та імпедансу біотканин. Показані перспективи розробки і розвитку достовірних методів скринінгу біосистем та впровадження дистанційного контролю за станом організму людини.*

**Ключові слова:** біологічний об'єкт, імпеданс, біосенсор, бінарна ідентифікація, неінвазивна діагностика.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Вихідні вимоги до умов функціонування біологічної системи досить суперечливі: система повинна зберігати стійкість і, разом з тим, бути чутливою до чинників, що впливають на неї ззовні. Принцип Гельфанда-Цетліна постулює необхідність максимальної автономності роботи підсистем, при якій біологічна система функціонує оптимально і окремі її частини мінімально взаємодіють один з одним. Але, цей принцип не знімає необхідності існування зворотного зв'язку, що забезпечує стійкість біосистеми [1].

Гільберт Лінг в своїх дослідженнях доводить, що накопичена величезна кількість даних, які свідчать на користь того, що системи, які містять ізольовані білки і поліпептиди, є зовсім не жорсткі тверді конструкції, а навпаки, характеризуються високим ступенем нестабільності, є динамічними системами. При припиненні впливу на таку систему білків повернення в початковий стан відбувається не відразу, а після низки коливань між протилежними конфігураціями, що вказує на реактивність регуляторного механізму біооб'єктів. Ці коливання можуть посилюватися або згладжуватися такими факторами, як зміни атмосферного тиску, зовнішні вібрації, електромагнітні поля або навіть просто гучний шум. Саме так флуктуаційний стан, що реагує на найменші зміни в середовищі, забезпечує можливість максимально прецизійного стеження за навколишнім оточенням [2].

Організм людини є відкритою інформаційною, термодинамічно нерівноважною системою, що знаходиться в квазістабільному стані і легко переходить в інший квазістабільний стан під впливом зовнішніх інформаційно-хвильових факторів, що збільшують або зменшують ентропію біосистеми [3]. У

зв'язку з цим будь-який предмет, слово, образ, символ, музика, текст можуть викликати зміну внутрішніх енергоінформаційних процесів, переводячи біосистему в новий квазістабільний стан. Така зміна може відбуватися як за участю когнітивних функцій із залученням органів відчуттів, так і без них, базуючись на здатності організму реагувати на введення в його інформаційний простір польових або матеріальних структур, що впливають на його ентропійність. Завдяки таким здібностям організм людини може адаптуватися і самовідновлюватися під впливом навколишнього середовища без участі органів відчуттів і свідомості індивідуума.

Реагування тіла на тонкі польові впливи фіксується розумом з моменту народження. З віком, під впливом деструктивних чинників, таких як жорсткі техногенні поля, потужний інформаційний потік, що переводить мозок людини в стан підвищеної активності, збільшення рівня загальної зашумленості, який приглушує слабкі натуральні сигнали, спотворення матриці натурального поля, що оточує людину, втрачається здатність "чути" своє тіло, а значить і "читати" інформаційні посили від тіла щодо зміни навколишнього середовища. Тому переважна більшість людей, що живуть в техногенному соціумі, не в змозі оцінити, що організму корисно, а що йому шкодить. Слабкі сигнали тіла залишаються нерозшифровані нашою свідомістю і не будуть переведені в реакції і дії, спрямовані на самозбереження і забезпечення важливих життєвих процесів.

У зв'язку з цим постає питання технічного забезпечення сучасної людини можливістю отримання інформації від свого організму на предмет корисно/шкідливо. Це стосується як дотику до різного роду предметів, таких як продукти харчування, трави, медикаменти, хімічні речовини, так і оцінки на кори-

сність чи шкідливість впливу на організм навколишнього середовища, музики, зображень і т.д. Важливим є надання людині можливості визначення навантаження організму в цілому та окремих його систем хімічним, радіаційним та стресовим фактором.

Оскільки організм реагує на вплив зовнішнього середовища тимчасовою зміною деяких фізичних параметрів (в даному випадку імпедансу шкіри), або ж навіть переходом в інший квазістабільний стан, постає задача зафіксувати ці зміни і дати для людини зрозумілу для неї інформацію: як саме реагує її організм на вплив.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день існує багато систем для електричного та електромагнітного діагностування. При цьому отримуються: електрокардіограма (ЕКГ), що відображає електричну активність серця [4], електроенцефалограма (ЕЕГ), яка детермінує електричну активність головного мозку [5], електроміограма (ЕМГ) для визначення електричної активності м'язів [6] тощо. Ці методи довели свою здатність неінвазивно виявляти патологічні процеси.

Енергоскануючі пристрої аналізують частоти хімічних речовин, тканин і органів людського тіла. Здорові та хворі тканини мають різні електромагнітні властивості, які можуть бути виявлені з допомогою відсканованих зображень. Головною вадою цих методів є неможливість визначення причини виявлених функціональних порушень та деструктивних змін в організмі людини. Крім того, вони недоступні для пересічного користувача у повсякденному житті.

В основі роботи вищеназваних методів є фіксація та обробка біосигналів з певних ділянок тіла людини. Одним з головних параметрів при вимірюванні біосигналів є вимір імпедансу тіла, тобто активного та реактивного електричного опору для змінного електричного струму в біологічних структурах. Вимірювання імпедансу тканин живих організмів має велике практичне значення для діагностики та науково-медичних досліджень [7]. На вимірі імпедансу заснований метод імпедансної реографії, за допомогою якого реєструються зміни повного електричного опору досліджуваної ділянки тіла або органу, залежного від кровонаповнення судин, з метою оцінки функціонального стану серцево-судинної системи та виявлення прихованої патології, як один з методів експрес-діагностики [8–9].

Окрім точних вимірів імпедансу існує також метод бінарної ідентифікації стану біосистеми, який базується на електродермальній активності (EDA), або симпатичній реакції шкіри (SSR) [10]. При цьому немає значення конкретна величина імпедансу, враховується тільки величина його до реакції організму на отриману специфічну інформацію і після неї. Іншими словами, можна цю зміну назвати: інформаційний "0" та інформаційна "1".

Враховуючи той факт, що організм людини є відкритою інформаційною біосистемою – все, що відбувається в оточенні людини і до чого вона дотримується, миттєво фіксується лімбічною системою і відображається на стані вегетативної нервової системи, від якої залежить імпеданс [11]. Це створює можливість застосування бінарної ідентифікації для визначення наявних дисфункцій чи деструктивних процесів в організмі людини, не беручи до уваги її свідомість і функції сприйняття, такі як зір, слух чи нюх [12].

Досить відомим і доступним методом, що використовує вимір імпедансу для визначення стану організму людини в цілому, чи окремих його систем, є метод вегетативно-резонансного тесту (ВРТ), запропонований в 1978 році німецьким лікарем Гельмутом Шиммелем (Dr Helmut Schimmel) [13]. Метод базується на електропунктурному вимірюванні змін імпедансу шкіри на пальцях рук у відповідь на вібраційний чи енергетичний вплив матеріальної субстанції, що торкається тіла або вводиться в контур вимірювання [14]. Отримання діагностичної інформації полягає на бінарній ідентифікації стану біосистеми, такої як організм людини, за принципом "так-ні" [15]. Цей метод відрізняється від інших методів високою чутливістю та інформативністю.

Відомо, що все, що нас оточує, також наше тіло є своєрідною енергією, а енергія – це вібрація з певними фізичними параметрами, які можна вимірювати, копіювати і зберігати у відповідних електронних пристроях. Тому для методу створювалися спеціальні препарати з біологічних тканин – нозоди [16], які потім моделювалися у вигляді просторових зарядів до інтегральних електронних схем запам'ятовуючих пристроїв [17]. Таким чином, коливання всіх органів, клітин, мікроелементів, вітамінів, амінокислот, а також вібрації майже всіх відомих мікроорганізмів і паразитів були скопійовані і збережені в електронних пристроях. Всі ці інформаційні одиниці отримали загальну назву "маркер" і складають так званий електронний медичний селектор, який містить більше 50 000 маркерів.

Перевіряючи різні маркери, відібрані для тестування за спеціальними алгоритмами, оператор знаходить хворі органи за принципом: є реакція організму на маркер певного органу – в цьому органі є проблема; є реакція на вірус – вірус є в організмі.

Великим плюсом методу ВРТ є те, що, об'єднуючи різні маркери в певній конфігурації, можна побачити, які є навантаження і в якому органі. Також можна визначити рН тканин даного органу, які патологічні мікроорганізми і токсичні субстанції знаходяться в цьому органі, і найважливіше – є можливість вибрати оптимальний терапевтичний вплив для конкретної проблеми, прогнозуючи при цьому його ефективність. Крім того, є можливість в процесі лікування

ня і після, здійснювати моніторинг організму пацієнта, використовуючи спеціальні маркери, які показують, як підвищується його імунітет і адаптивні резерви, як змінюється рН інфікованих органів, чи змінюється біологічний вік організму, тощо.

Одною з головних позитивних якостей ВРТ є реалізація ефекту Фолля, а саме фіксація реакції організму на ліки чи інші речовини, якщо вони торкаються шкіри. Тому саме цей метод, як еталонний, найближче відповідає завданню створення приладу для фіксації слабких реакцій організму на зміну оточення чи дотик до предмету [18–19].

Необхідно однак врахувати, що суттєвим недоліком методу ВРТ є суб'єктивізм при тестуванні і необхідність великого досвіду роботи оператора. Це робить неможливим стандартизацію методу для використання в широкому колі фахівців медицини. Крім того, мануальний тест є одно-контактним і потребує багато часу на його виконання, тому така діагностика є малопродуктивною.

**Формулювання мети статті.** Розглянути доцільність розробки і особливості створення багатоконтактного біосенсора для виміру імпедансу шкіри в системі неінвазивного діагностування організму людини.

Біосенсор має забезпечити отримання і первинну обробку інформації, яка з'являється в процесі реактивності біосистеми на дію інформаційних маркерів при бінарній ідентифікації стану організму.

## Виклад основного матеріалу

З наведеного аналізу можна встановити, що крім загальних вимог щодо функціональності, надійності та безпеки, при створенні сенсора необхідно врахувати наступне. По-перше, у межах загальної схеми вегетативно-резонансного тесту сенсор повинен дозволяти автоматизувати бінарний спосіб отримання динамічних реакцій організму на дію маркерів. По-друге, сенсор, який накладається на певні частини тіла і подає на комп'ютеризований пристрій сигнал про зміну імпедансу шкіри, повинен бути багатоконтактним для позиціонування на біологічно-активних точках. По-третє, сенсор повинен дозволяти виконувати, крім бінарної діагностики, також спектральну діагностику. Останнє потрібне для скорочення алгоритму дії комплексу на першому етапі автоматичної діагностики – визначенні систем і органів, що мають відхилення від норми [20].

Вказане дозволяє сформулювати загальну задачу оптимізаційного структурно-параметричного синтезу сенсора. У формалізованій постановці ця задача може мати наступний вигляд: забезпечувати максимальну продуктивність при обмеженнях, згідно з якими:

- виконуються умови електричної безпеки;
- рівень достовірності результату діагностики повинен бути не нижчим заданого.

Така задача описується наступними залежностями:

– критерій:

$$t_z = t_{pzs} + t_s^n + t_{pzb} + t_b^m \rightarrow \min ; \quad (1)$$

– обмеження:

$$(1 - q_s^n q_b^m) \geq [P_z]; \quad (2)$$

$$n \geq 1; \quad 4 \geq m \geq 1; \quad 5 \geq V \geq 1,$$

де:  $t$  – час; нижні індекси  $p_z$  означають підготовчо-заклучний час,  $s$  та  $b$  – відношення параметру до операцій спектральної та бінарної діагностики, відповідно;  $t_s$ ,  $t_b$  – основний (машинний) час на вказаних операціях;  $q_s$ ,  $q_b$  – ймовірності похибок при отриманні інформації з двох незалежних каналів: спектрального та бінарного, відповідно  $n$  та  $m$  кількості повторів спектрального та бінарного замірів;  $[P_z]$  – мінімально допустиме значення рівня достовірності діагностики;  $V$  – значення напруги електричних імпульсів.

Число 4 означає, що кількість повторень замірів на одній біологічно-активній зоні не повинна перевищувати 4-х, а числа 5 та 1 – експериментально встановлені верхній і нижній допуски на напругу електричних імпульсів (вольт).

Обмеження (2) формують блокуючий контур, у межах якого знаходиться оптимальне по критерію продуктивності рішення.

Виходячи з залежностей (1), (2), можна зробити висновок, що процес діагностики, який складається з двох операцій і оптимізується по критерію продуктивності, має досить широкі можливості впливу на рівень достовірності його результатів діагностики. Цей рівень забезпечується, у першу чергу, наявністю повторних вимірів. Наприклад, при заданому нормативному рівні  $[P_z] = 0,99$  та при реальних досить широким значеннях  $q_s = q_b = 0,1$  умова (2) виконується при  $n = m = 1$  ( $P_z = 10,1 \cdot 0,1 = 0,99$ ). Збільшення, наприклад,  $m$  до 2-х за рахунок повторення вимірів при  $q_b = 0,1$  зменшує загальну похибку у 10 разів.

Враховуючи сумарний симетричний вплив добутку параметрів у степенях  $n$  та  $m$  на  $P_z$ , можна встановити, що при збільшенні одного з них є можливість зменшити другий.

По залежностях (1), (2) можна виконувати аналіз придатності різних варіантів сенсорів, що використовуються при спектральній та бінарній діагностиці, як по рівню достовірності діагностики, так і по рівню продуктивності процесу. Наприклад, перехід від ручного одноконтактного сенсора до автоматизованого багатоконтактного сенсора може забезпечувати скорочення часу діагностики в 20 і більше разів [20]. Головним чинником скорочення загального часу ви-

конання діагностики є практична ліквідація підготовчо-заклучних складових часу:  $t_{pzs}$  та  $t_{pzb}$ .

Оптимальним по критерію продуктивності є рішення, при якому мінімальну кількість повторень замірів має та операція, у якої довший основний (машинний) час її виконання.

Загальна схема одного із варіантів багатоконтактного сенсора наведена на рис. 1.

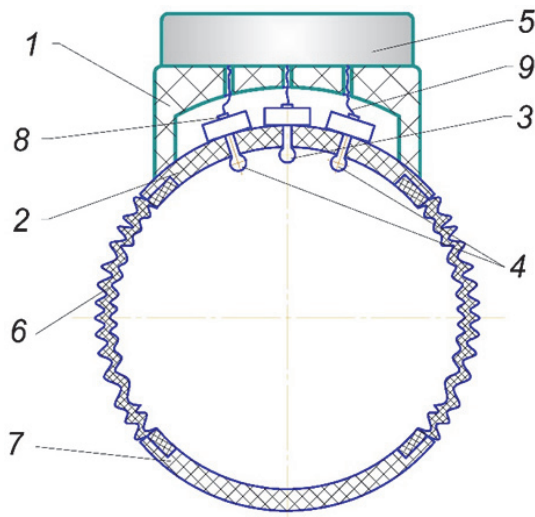


Рис. 1. Варіант багатоконтактного сенсора

Сенсор, що має корпус 1, має еластичний притискувач з базовою пластиною 2, у якій розташовані центральні 3 та периферійні 4 контактні елементи, поєднані з мультиплексором 5, який, у свою чергу, з'єднується з комп'ютерною системою переробки та відображення інформації. Більш еластичні частини 6 та 7 притискувача призначені для забезпечення прилягання контактних елементів до біологічно-активних точок (БАТ) на пальцях рук. Для передачі електричних сигналів від контактних елементів до мультиплексора передбачені комутаційні засоби 8, 9.

Основна функція сенсора – ввести контактні елементи 3, 4 у зіткнення з шкірою пальця в області розташування БАТ для забезпечення надійного електричного контакту та послідувочої первинної обробки діагностичних сигналів.

Загальний притискувач сенсора виконаний у вигляді здатного до подовження еластичного елемента

нту – полоси або непарної кількості полос, забезпечуючи при цьому мінімальну структурну складність пристрою. Використання еластичного елемента-полоси зі змінною по довжині пружністю дає можливість регулювати силу притиску контактних елементів до шкіри пальця.

Після позиціонування сенсора на пальці вмикається електронно-аналітичний модуль діагностичного пристрою з аналогово-цифровим перетворювачем, електричними фільтрами та мультиплексором, поєднаними з контактними елементами електричними комутаційними засобами 8, 9. Пристрій приймає аналогові сигнали, відфільтровує, перетворює їх у цифрові та, внаслідок наявності мультиплексора, що проводить певний алгоритм дії, подає у підсумку сигнал-відповідь організму на діагностичну інформацію, яка відображається згідно з програмним забезпеченням.

Послідовно підключаючи за допомогою апаратного комплексу пристрою до тіла людини електронні маркери в певному алгоритмі, сенсор дає можливість відслідковувати реакцію організму на вплив запиту, забезпечуючи при цьому можливість автоматичної діагностики. Похибка, яка може бути при мануальному вимірюванні значень імпедансу, при цьому зводиться практично до нуля.

## Висновки

Створення багатоконтактного біосенсора для неінвазивного діагностування організму людини можливо з використанням ефекту реактивності регуляторного механізму біооб'єктів.

Такий сенсор забезпечує отримання і первинну обробку інформації, яка з'являється в процесі фіксації зміни імпедансу шкіри як об'єктивної реакції організму на дію інформаційних маркерів при бінарній ідентифікації стану біосистеми.

Конструктивні особливості багатоконтактного біосенсора дозволяють:

- зменшити до мінімуму залежність процесу діагностування від досвіду оператора;
- забезпечувати належний рівень достовірності та вищий рівень продуктивності процесу діагностики за рахунок автоматизації отримання інформації та гранично малих витрат часу на виконання підготовчих і заключних дій.

## Список літератури

1. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения / Д.А. Новиков. – М.: Институт проблем управления РАН, 1998. – 77 с.
2. Линг Гильберт. Физическая теория живой клетки: незамеченная революция / Гильберт Линг. – Санкт-Петербург: Наука, 2008. – 376 с.
3. Механические колебания и резонансы в организме человека [Электронный ресурс] / А.Б. Тимофеев, Г.А. Тимофеев, Е.Е. Фаустова, В.Н. Федорова. – Режим доступа: Ozon.ru. – 2008.
4. Миронов С.Л. Полный курс по расшифровке ЭКГ / С.Л. Миронов. – ООО "Издательство АСТ", 2017. – 224 с.
5. Liang Hualou. Biosignal Processing: Principles and Practices / Hualou Liang, Joseph D. Bronzino, Donald R. Peterson. – CRC Press, 2013. – 202 p. <https://doi.org/10.1201/b12941>.
6. Siao Peter. Practical Approach to Electromyography / Peter Siao, Didier Cros, Dr. Steve Vucic. – Springer Publishing Company, 27.01. 2011. – 318 p.

7. Архипська М.О. Оцінювання біогідратності людини за векторним аналізом частотних параметрів біоімпедансу / М.О. Архипська. – Київ: НТУ України “КПІ ім. І. Сікорського”, 2017.
8. Holder David S. Brief Introduction to bioimpedance / David S. Holder // *Electrical Impedance Tomography. Methods, History and Applications*. – London, USA: IOP Publishing, 2005. – pp. 411-422.
9. Макарова М.С. Метод медицинской реографии [Электронный ресурс] / М.С. Макарова // iLab. – 2012. – Режим доступа: <https://ilab.xmedtest.net/?q=node/4758&page=158>.
10. Sympathetic skin response. Basic mechanisms and clinical applications / Roberto Vetrugno, Rocco Liguori, Pietro Cortelli, Pasquale Montagna // *Clinical Autonomic Research*. – 2003. – Vol. 13. – No. 14. – P. 256-270. <https://doi.org/10.1007/s10286-003-0107-5>
11. Фізіологія. Короткий курс / В.М. Мороз, М.В. Йолтухівський, Н.В. Белік та ін. – Вінниця: Нова Книга, 2015. – 408 с.: іл.
12. Патент України на корисну модель № 128776, опубл. 10.10.2018. Спосіб відновлення функціонально-фізіологічного стану людини / Огородник І.М., Крутов В.В., Семенов В.П., Тернюк М.Е.
13. Kessler Wolf-Dieter. Elektroakupunktur [Electronic resource] / Wolf-Dieter Kessler. – URL: <https://www.dr-kessler.net/diagnostics-and-therapies/elektroakupunktur-vega-test/>.
14. London Centre For Integrative Complementary Medicine And Vegatesting. Vegatest Expert Device [Electronic resource]. – URL: <https://www.vegatest.info/vegatesting>.
15. Паламарчук М.И. Электропунктурный Вегетативный Резонансный Тест – Новые Возможности Диагностики [Электронный ресурс] / М.И. Паламарчук, Т.Ю. Егорова // Оригинальные Исследования: Журнал ГРГМУ. – 2006. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/elektropunkturnyy-vegetativnyy-rezonansnyy-test-novye-vozmozhnosti-dagnostiki>.
16. Нозоды – “микривакцины” [Электронный ресурс] / Московский ветеринарный вебцентр. – Режим доступа: <http://webmvc.com/show/show.php?sec=7&art=3>.
17. Пресс Ф.П. Фоточувствительные микросхемы с зарядовой связью / Ф.П. Пресс // Итоги науки и техники. Сер. Электроника. – М., 1986. – Т. 18.
18. Лупичев Н.Л. Электропунктурная диагностика, гомеопатия и феномен дальнего действия / Н.Л. Лупичев. – М.: СП “Альфа-Эко”, 1990. – 124 с.
19. Сергеев В. Метод Р. Фолля в діагностиці та лікуванні / В. Сергеев, Н. Сергеева // Лікувальна фізична культура, спортивна медицина й фізична реабілітація. – Луцьк: СНУ ім. Л. Українки, 2013. – С. 105-108.
20. Ogorodnyk I. Ensuring A Specified Reliability Level Of Complex Spectral-Binary Diagnostics By The “Quanton” Method / I. Ogorodnyk // *Technology Audit And Production Reserves*. – 2019. – № 2/2(46). – С. 32-36. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.169630>.

## References

1. Novikov, D.A. (1998), “*Zakonomernosti iterativnogo naucheniya*” [*Patterns of iterative learning*], Institut problem upravleniya RAN, Moscow, 77 p.
2. Ling, Gil'bert (2008), “*Fizicheskaya teoriya zhivoy kletki: nezamechennaya revolyutsiya*” [*Physical Theory of Living Cells: An Unnoticed Revolution*], Nauka, Sankt-Peterburg, 376 p.
3. Timofeyev, A.B., Timofeyev, G.A., Faustova, Ye.Ye. and Fedorova, V.N. (2008), “*Mekhanicheskiye kolebaniya i rezonansy v organizme cheloveka*” [*Mechanical vibrations and resonances in the human body*], available at Ozon.ru.
4. Mironov, S.L. (2017), “*Polnyy kurs po rasshifrovke EKG*” [*Complete ECG Decoding Course*], AST, 224 p.
5. Liang, Hualou, Bronzino, Joseph D. and Peterson, Donald R. (2013), *Biosignal Processing: Principles and Practices*, CRC Press, Boca Raton, 202 p. <https://doi.org/10.1201/b12941>.
6. Siao, Peter, Didier, Cros and Dr. Vucic, Steve (2011), *Practical Approach to Electromyography*, Springer Publishing Company, 318 p.
7. Arkhypts'ka, M.O. (2017), “*Otsinyuvannya biohidratnosti lyudyny za vektornym analizom chastotnykh parametriv bioimpedansu*” [*Assessment of human biohydration by vector analysis of frequency parameters of bioimpedance*], NTU Ukrainy “KPI im. I. Sikors'koho”, Kyiv.
8. Holder, David S. (2005), Brief Introduction to bioimpedance, *Electrical Impedance Tomography. Methods, History and Applications*, IOP Publishing, USA, pp. 411-422.
9. Makarova, M.S. (2012), “Metod meditsinskoj reografii” [Medical Rheography Method], *iLab*, available at: <https://ilab.xmedtest.net/?q=node/4758&page=158>.
10. Vetrugno, R., Liguori, R., Cortelli, P. and Montagna, P. (2003), Sympathetic skin response. Basic mechanisms and clinical applications, *Clinical Autonomic Research*, Vol. 13, No. 14, pp. 256-270. <https://doi.org/10.1007/s10286-003-0107-5>.
11. Moroz, V.M., Yoltukhiv's'kyy, M.V. and Byelik, N.V. (2015), “*Fiziolohiya. Korotky kurs*” [*Physiology. Short course*], Nova Knyha, Vinnytsya, 408 p.
12. Ogorodnyk, I.M., Krutov, V.V., Semenov, V.P. and Ternyuk, M.E. (2018), “*Sposib vidnovlennya funktsional'no-fiziolozhichnoho stanu lyudyny*” [*Method for restoration of functional and physiological state of a person*], Ukraine's patent for utility model No. 128776.
13. Kessler, Wolf-Dieter, *Elektroakupunktur*, available at: <https://www.dr-kessler.net/diagnostics-and-therapies/elektroakupunktur-vega-test/>.
14. London Centre For Integrative Complementary Medicine And Vegatesting, *Vegatest Expert Device*, available at: <https://www.vegatest.info/vegatesting>.
15. Palamarchuk, M.I. and Egorova, T.Yu. (2006), “Elektropunkturnyj Veghetativnyj Rezonansnyj Test – Novye Vozmozhnosti Dyagnostyky” [Electropuncture Vegetative Resonance Test – New Diagnostic Capabilities], *Original Research: Journal of the State State Medical University*, No.1, available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/elektropunkturnyy-vegetativnyy-rezonansnyy-test-novye-vozmozhnosti-dagnostiki>.
16. Moscow Veterinary Web Center (2009), “*Nozody – “mykrovakcyny*” [*Nosodes – “Microvaccines”*], available at: <http://webmvc.com/show/show.php?sec=7&art=3>.

17. Press, F.P. (1986), "Fotochuvstvytel'nye mykroskhemy s zarjadovoj svyazju" [Photosensitive charge-coupled microcircuits], *Itogi Nauki i Tekhniki. Ser. Electronics*, Vol. 18, Moscow.
18. Lupichev, N.L. (1990), "Elektropunktur'naja dyaghnostyka, ghomeopatyya y fenomen daljnodejstvyya" [Electropuncture diagnostics, homeopathy and the phenomenon of long-range action], Alfa-Eco, Moscow, 124 p.
19. Serheyev, V. and Serheyeva, N. (2013), "Metod R. Follya v diahnostytsi ta likuvanni" [R. Foll's method in diagnosis and treatment], *Likoval'na fizychna kul'tura, sportyvna medytsyna y fizychna reabilitatsiya*, SNU im. L. Ukrayinky, Luts'k, pp. 105-108.
20. Ogorodnyk, I. (2019), Ensuring A Specified Reliability Level Of Complex Spectral-Binary Diagnostics By The "Quanton" Method, *Technology Audit And Production Reserves*, No. 2/2(46), pp. 32-36. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.169630>.

Надійшла до редколегії 11.09.2019

Схвалена до друку 15.10.2019

#### Відомості про авторів:

##### Огородник Ігор Миколайович

інженер-винахідник завідувач відділу  
Міжнародної академії наук і інноваційних  
технологій,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-0659-2460>

##### Висоцька Олена Володимирівна

доктор технічних наук професор  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М.С. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут",  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-3723-9771>

##### Тернюк Микола Емануїлович

доктор технічних наук професор президент  
Міжнародної академії наук  
та інноваційних технологій,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-3485-8748>

#### Information about the authors:

##### Igor Ogorodnyk

Engineer-Inventor Head of Department  
of International Academy of Science  
and Innovation Technologies,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-0659-2460>

##### Olena Vysotska

Doctor of Technical Sciences Professor  
of National Aerospace University  
named after M.Je. Zhukovskiy  
"Kharkiv Aviation Institute",  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3723-9771>

##### Mykola Ternyuk

Doctor of Technical Sciences Professor President  
of International Academy of Science  
and Innovation Technologies,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-3485-8748>

### РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ РЕГУЛЯТОРНОГО МЕХАНИЗМА БИОСИСТЕМ И ИХ РЕАКТИВНОСТИ

И.Н. Огородник, Е.В. Высоцкая, Н.Э. Тернюк

*Рассмотрены особенности создания многоконтактного биосенсора для измерения импеданса кожи в системе неинвазивной диагностики, в основе которой лежит бинарная идентификация состояния организма человека. Биосенсор обеспечивает получение и первичную обработку информации, которая появляется в процессе реактивности биосистемы на действие информационных маркеров. Проведен обзор теоретических предпосылок и практического применения неинвазивных методов диагностики на основе измерения биосигналов и импеданса биотканей. Показаны перспективы разработки и развития достоверных методов скрининга биосистем и внедрения дистанционного контроля за состоянием организма человека.*

**Ключевые слова:** биологический объект, импеданс, биосенсор, бинарная идентификация, неинвазивная диагностика.

### DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC SENSORS BASED ON THE REGULATORY MECHANISM OF BIOSYSTEMS AND THEIR REACTIVITY

I. Ogorodnyk, O. Vysotska, M. Ternyuk

*It is known that the human body is an open information biosystem. This means that everything that happens in the person's environment and what he touches is instantly fixed by the limbic system and displayed on the state of the autonomic nervous system, on which the skin resistance depends. Arises a so-called sympathetic skin response (SSR). This is due to the openness of biosystems and, in connection with this, the relative instability of their state, which is necessary to maintain a balance of internal entropy and homeostasis. The influence of external information on the body can be estimated through a change in the entropy of the state. The more this influence increases or decreases internal entropy, the greater the sympathetic skin reaction. Such reactivity makes it possible to use binary testing to determine existing dysfunctions or destructive processes in the human body. The article reviews the theoretical background and practical application of non-invasive diagnostic methods based on the measurement of biosignals and the impedance of biological tissues. The prospects of design and developing reliable methods for screening biosystems and the introduction of remote monitoring of the human body are shown. Also considered are the features of creating a multi-contact biosensor for measuring skin impedance in a non-invasive diagnostic system, which is based on binary identification of the state of the human body. The biosensor provides the receipt and primary processing of information that appears during the reactivity of a biosystem to the action of information markers. Creating a biosensor will eliminate subjectivity in testing and the need for extensive operator experience. This will make it possible to standardize the method for use in a wide range of medical specialists.*

**Keywords:** biological object, impedance, biosensor, binary identification, non-invasive diagnostics.