

Розглядається залежність складу та результативності відбору інформативних ознак в портретах сигналів від альтернативних образів, розрізненість образів в конкретних парах, локалізація інформативних відліків характеристики форми сигналів, комплексування різнорідних портретів медико-біологічних сигналів. Представлений варіант аналізу особливостей використання характеристики форми медико-біологічних сигналів при їх розпізнаванні раніше не розглядався. Подальші розробки доцільно направити на оцінку ефективності комплексування різнорідних ознак у образах, що розпізнаються.

Ключові слова: медико-біологічні сигнали, аналіз структури, розпізнавання, навчання з учителем.

A. D. Shachykov, A. P. Shulyak

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

FEATURES OF THE USE OF THE FORM CHARACTERISTICS OF BIOMEDICAL SIGNALS DURING THEIR RECOGNITION

Selection of informative features as part of portraits of biomedical signals is directed to increase the probability of correct decisions of diagnostic system during their recognition. The selection is based on the accounting of features' influence in the signals' portraits on the quality of task solution. The impact is estimated on the training samples. The system is trained with the teacher.

The aim of this work is to reveal the features of the use of such characteristics in the design, development and usage of tools for the analysis of a priori data of biomedical signals for recognition systems training.

We consider the dependence of performance and feature selection in signals' portraits from alternative images, fragmentation of images in specific pairs, localization of informative samples in form characteristics, combining of heterogeneous portraits of biomedical signals.

The presented version of the analysis of these features is presented for the first time. Further development is expedient to direct the evaluation of the effectiveness of combining of heterogeneous features in recognizable images.

Keywords: biomedical signals, structure analysis, recognition, supervised learning.

Надійшла до редакції 17 лютого 2016 року

Рецензовано 03 березня 2016 року

© Шачиков А. Д., Шуляк А. П., 2016

УДК 615.84

СПОСІБ АДАПТИВНОЇ МАГНІТОТЕРАПІЇ

Рудик В. Ю., Терещенко М. Ф., Рудик Т. О.

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

E-mail: rudikval88@mail.ru

Практична реалізація адаптивного керування в магнітотерапевтичних апаратах набуває актуального значення на сучасному етапі розвитку магнітотерапії. Запропоновано структурну схему способу адаптивної імпульсної магнітотерапії та алгоритм адаптивного керування сигналом зворотного зв'язку під час процедури магнітотерапії. Зворотний зв'язок в магнітотерапевтичному комплексі реалізується внаслідок контролю магнітної індукції та аналізу фізіологічних показників (температури, пульсу, артеріального тиску, сатурації) людини. Проведено порівняльний аналіз лікувальної ефективності запропонованого способу адаптивної імпульсної магнітотерапії та промислових магнітотерапевтичних апаратів, який показує переваги використання адаптивного зворотного зв'язку.

Ключові слова: адаптивне керування, магнітотерапія, магнітотерапевтичний апарат, лікувальна ефективність.

Вступ. Постановка проблеми

При створенні сучасних магнітотерапевтичних апаратів (МТА) актуального значення набуває реалізація принципу адаптивного керування із за-

стосуванням безперервної оцінки стану пацієнта протягом лікувального сеансу та пошуком оптимальних параметрів впливу [1]. Рішення задачі адаптивного керування біотропними параметрами

магнітотерапевтичного впливу полягає в тому [1], що перед початком лікування встановлюються початкові значення параметрів електричних сигналів, що визначають початкові параметри магнітотерапевтичного впливу, виходячи з апріорної інформації про захворювання.

Протягом кожного сеансу періодично вимірюються та оброблюються функціональні та фізіологічні показники пацієнта та порівнюються з заданою «нормою», з початковими показниками та з тими, що отримані у попередніх сеансах. Розраховані відхилення вводяться в персональний комп'ютер, відповідно до яких блоком керування МТА змінюються біотропні параметри магнітотерапевтичного впливу на організм людини.

Наразі біотехнічний зворотній зв'язок (ЗЗ) здебільшого використовується в магнітотерапевтичних комплексах загальної дії та реалізується внаслідок контролю фізіологічних показників організму людини за допомогою датчиків пульсу, дихання, температури («Аврора МК», «Магнитор АМП», «Мультимаг МК-04») та синхронізації впливу МП з біологічними ритмами пацієнта («Магнитотурботрон Люкс»), під час біорезонансної терапії («Градиент-4М», «BEMER3000») та визначення оптимальних параметрів магнітотерапевтичного впливу (параметричний вид ЗЗ – апарати «Сета Д», «АТМТ-01 М», «BTL 5940 Magnet», «Magnetomed 8400», «DIMAP D2000»).

Серед діючих апаратів магнітотерапії відсутні компактні переносні апарати локального впливу зі ЗЗ та контролем магнітної індукції з комбінованою дією магнітних полів (МП) та фізичних полів.

Для реалізації принципу ЗЗ в МТА необхідно здійснювати контроль за об'єктивними фізіологічними показниками людини (пульсом, артеріальним тиском (АТ), температурою, параметрами електрокардіограми (ЕКГ) та електроенцефалограми (ЕЕГ)) та провести математичний опис фізичного процесу (сеансу магнітотерапії): моделювання взаємодії МП з організмом людини (врахування біотропних параметрів МП та біофізичних показників людини).

Метою роботи є порівняльна кількісна оцінка лікувальної ефективності запропонованого способу адаптивної імпульсної магнітотерапії та серійних МТА.

Спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії

Розглянемо практичну реалізацію адаптивного керування ЗЗ в МТА. Нами запропоновано спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії [2], що полягає у впливі на пацієнта імпульсним МП з використанням біполярних імпульсів МП, що періодично змінюється за амплітудою з магнітною індукцією 5,0 – 80,0 мТл і частотою проходження імпульсів 0,1 – 20,0 Гц. У даному способі, на відміну від аналогів, додатково до, під час та після процедури магнітотерапії вимірюють значення параметрів АТ, частоти серцевих скорочень та сатурації в ділянці

біологічного об'єкта (БО), що найближче розташована до зони впливу діючого МП.

На рис. 1 зображена структурна схема запропонованого нами комплексу [2], що реалізує даний спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії (використовується біотехнічний ЗЗ на основі аналізу фізіологічних показників та значень магнітної індукції людини).

Спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії реалізується наступним чином.

Крок 1. Магнітний індуктор (МІ) установлюють в заданій зоні БО.

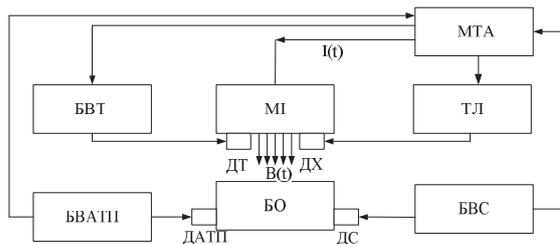


Рис. 1. Структурна схема комплексу, що реалізує спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії

Крок 2. З електронного блоку МТА для формування МП з заданими нормованими параметрами $B(t)$ по котушці індуктора пропускають імпульсний струм $I(t)$, що змінюється відповідно до заданих законів (синусоїдального чи трапецеїдального), з нормованими параметрами та формою.

Крок 3. Під час процедури точно нормоване МП заданої форми діє на задану ділянку БО.

Крок 4. Датчиком Холла (ДХ) вимірюється магнітна індукція $B(t)$ на БО, яка обробляється і індидується на табло тесламетра (ТЛ) (наприклад, 43205). У зоні дії МП датчиком температури (ДТ) реєструються значення температури з початку фізіопроцедури до її закінчення та її поверхневий розподіл. Блок вимірювання температури (БВТ) обробляє та індікує значення температури БО в зоні дії МП та її поверхневий розподіл. Блоки вимірювання АТ і пульсу (БВАТП) та сатурації (БВС) проводять реєстрацію відповідними датчиками АТ і пульсу (ДАТП) та сатурації (ДС) до, під час та після процедури магнітотерапії та індікують значення даних фізіологічних показників пацієнта на табло.

Дослідження лікувальної ефективності способу адаптивної імпульсної магнітотерапії

Досягнення високої терапевтичної ефективності апаратів магнітотерапії є актуальною проблемою на сучасному етапі розвитку медичного приладобудування. Рішення цієї проблеми полягає в створенні МТА, здатних забезпечити найкращий лікувальний ефект. Важливим етапом та однією з необхідних умов рішення цієї проблеми є кількісна оцінка лікувальної ефективності МТА, що здійснюється за допомогою вибору спеціального пока-

зника – критерію ефективності, який визначається за формулою [3]:

$$E_a = \frac{(1 - P_a) \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^n P_{ji}}{P_a + \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^n P_{ji}}, \quad (1)$$

де P_{ji} – ймовірність успішного виконання j -м блоком i -ї операції обчислюється за формулою

$$P_{ji} = 1 - \left(1 - \frac{k_j}{K}\right)^{n_i}, \quad (2)$$

де n – кількість блоків апарату,
 K – кількість всіх операцій, що виконуються МТА,
 k_j – кількість операцій, що виконуються j - блоком,
 n_i – кількість блоків, що призначені для виконання i -ї операції,

$P_a = e^{-\lambda t}$ – ймовірність прояву ефекту звикання,

$\lambda = (N - N_a)/(N \cdot \Delta t)$ – інтенсивність ефекту,

N – загальна кількість процедур,

N_a – кількість процедур без підвищення лікувального ефекту,

Δt – тривалість кожної процедури лікування МП.

Відповідно до [4] кількість процедур магнітотерапії під час курсу лікування пацієнта складає 10 – 20 (оберемо $N=15$), тривалість кожної процедури складає 10 - 20 хвилин. Для МТА зі 33 $N_a=0$, $N-N_a=5$.

Приведемо основні блоки МТА, що входять до складу МТА та операції, що виконуються блоками (табл. 1):

1 – програмований блок керування (ПБК);

2 – магнітний індуктор (МІ);

3 – блок вимірювання сигналу зворотного зв'язку (БВСЗ);

4 – блок індикації (БІ).

В табл. 2 представлено число операцій ($k_j, j = \overline{1,4}, j$ – номер блоку), що виконуються кожним блоком комплексу для реалізації способу адаптивної імпульсної магнітотерапії, серійних МТА «МАГ-30-4», «Полус-4» та «МИТ-11», вважаємо, що $n_i=n$.

Показники P_{ji} розраховуються за формулою (2) з врахуванням табл. 2 для МТА.

Для «МАГ-30-4»: $P_2 = P_{21}$.

Для «Полус-4»:

$$P_1 = P_{11}; P_2 = P_{21}; P_4 = P_{41}.$$

Для «МИТ-11»:

$$P_1 = P_{11}; P_2 = P_{21} \cdot P_{22}; P_4 = P_{41}.$$

Для комплексу, що реалізує спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії:

$$P_1 = P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}; P_2 = P_{21};$$

$$P_3 = P_{31} \cdot P_{32} \cdot P_{33}; P_4 = P_{41}.$$

Значення $P_j, j = \overline{1,4}$ та коефіцієнтів лікувальної

ефективності МТА E_a за формулою (1) представлено в табл. 3.

З приведених розрахунків слідує, що введення 33 в МТА дозволяє підвищити лікувальну ефективність до 53,22%.

Алгоритмізація процедури адаптивної магнітотерапії

Приведемо алгоритм (рис. 2), який показує принцип адаптивного керування в запропонованому комплексі для реалізації способу адаптивної імпульсної магнітотерапії. В алгоритмі запропонована процедура оптимізації біотропних параметрів МП відповідно до фізіологічних показників стану організму людини (швидкості зміни температури БО T'_t , частоти серцевих скорочень Р або АТ) під час сеансу магнітотерапії [5].

Перед початком сеансу магнітотерапії з бази даних відповідно до захворювання та стану пацієнта обираємо методику лікування МП.

Основні кроки алгоритму.

Крок 1. Задача адаптивного керування біотропними параметрами магнітотерапевтичного впливу досягається тим, що перед початком лікування введено методику магнітотерапії з встановленими біотропними параметрами МП $X^j = \{x_l\}^j$,

де j – спосіб лікування МП пацієнта П, $x_l, l = \overline{1, m}$

– набір біотропних параметрів МП (магнітна індукція, частота, час процедури магнітотерапії t_0 , форма імпульсу та т.п.). З бази даних вибираються значення основних фізіологічних показників, що характеризують «норму» ($T'_t \text{ norm}$, P_{norm} , AT_{norm}), до якої потрібно прагнути при даному захворюванні для даного пацієнта, враховуючи основні та супутні захворювання. Значення «норми» отримують внаслідок набору та усереднення великих масивів статистичної інформації, отриманої як результат лікування захворювання.

Крок 2. До процедури магнітотерапії вимірюються фізіологічні показники пацієнта (початкові фізіологічні показники P_0, T_0, AT_0) та запом'ятовуються в якості вихідних даних.

Крок 3. Під час сеансу магнітотерапії вимірюються поточні фізіологічні показники P, T'_t, AT .

Крок 4. Поточні фізіологічні показники порівнюються з гранично допустимими $P_{\text{сп}}, T_{\text{сп}}, AT_{\text{сп}}$. Якщо поточні значення фізіологічних показників пацієнта та часу процедури t перевищили гранично допустимі значення $t \geq t_0, T \geq T_{\text{сп}}, P \geq P_{\text{сп}}, AT \geq AT_{\text{сп}}$, (що відповідає погіршенню стану пацієнта), то в МТА спрацьовує звукова сигналізація, записується протокол роботи та лікар припиняє процедуру магнітотерапії.

Крок 5. Розраховуються швидкість зміни температури БО T'_t , усереднені значення частоти серцевих скорочень (за вибіркою) \bar{P} та \bar{AT} , $\Delta P, \Delta AT$ визначаються в першому наближенні як похибка вимірювання частоти серцевих скорочень та АТ.

Таблиця 1. Операції, що виконуються блоками МТА

№	Блок апарату	Операції
1	ПБК	1 - установка та корегування біотропних параметрів МП 2 - визначення оптимальних параметрів МП в процесі лікування 3 - оцінка ефективності лікування за зміною фізіологічних показників, магнітної індукції та часових залежностей пацієнта
2	МІ	1 - генерація сигналів МП 2- комбінований вплив МП та фізичних полів
3	БВСЗЗ	реєстрація фізіологічних показників та магнітної індукції: 1 - температури 2 - магнітної індукції і температури 3 - пульсу і АТ 4 - пульсу і сатурації 5 - сатурації
4	БІ	1 - індикація біотропних параметрів МП та фізіологічних показників пацієнта

Таблиця 2. Число операцій, що виконуються блоками МТА

МТА	k_1	k_2	k_3	k_4	n	K
Спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії	3	1	3	1	4	8
«МАГ-30-4»	-	1	-	-	1	1
«Полюс-4»	1	1	-	1	3	3
«МИТ-11»	1	2	-	1	3	4

Таблиця 3. Лікувальна ефективність МТА

МТА	P_1	P_2	P_3	P_4	P_a	E_a (%)
Спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії	0,5461	0,4138	0,5461	0,4138	0,3678	53,61
«МАГ-30-4»	-	1	-	-	0,7165	16,5
«Полюс-4»	0,7037	0,7037	-	0,7037	0,7165	21,2
«МИТ-11»	0,5781	0,7656	-	0,5781	0,7165	20,7

Крок 6. Залежність швидкості зміни температури БО (T'_t) від значення амплітуди магнітної індукції B_0 обрана для оцінки стану здоров'я пацієнту як фізіологічний показник, необхідний для розрахунку та задавання поправочних коефіцієнтів до методики його лікування.

Якщо умова $T'_t \leq T'_{t \text{ norm}}$ не виконується, то вноситься поправка до методики лікування: корегуються параметри процедури. Встановлюються нові значення біотропних параметрів. Процедура магнітотерапії продовжується з новими біотропними параметрами МП.

Крок 7. Відбувається перевірка умови

$$\overline{P} - \Delta P \leq P_{norm} \leq \overline{P} + \Delta P \text{ або}$$

$$\overline{AT} - \Delta AT \leq AT_{norm} \leq \overline{AT} + \Delta AT,$$

тобто нормальне значення частоти серцевих скорочень P_{norm} та артеріального тиску AT_{norm} повинні знаходитися в коридорі шириною, відповідно, $2\Delta P$ та $2\Delta AT$.

Якщо дана умова виконується, то процедура магнітотерапії закінчується записом протоколу роботи, куди заносяться значення фізіологічних показників пацієнта та біотропних параметрів МП, а також виправлене значення $T'_t \text{ norm}$ з метою використання в наступних сеансах магнітотерапії для даного пацієнта.

При реалізації даного алгоритму можна обмежитися тільки одним біотропним параметром. Найбільш важливим біотропним параметром, який піддається оптимізації під час сеансу магнітотерапії, є середня магнітна індукція [1], яка визначається як

$$B_{cp} = \left(\sum_{i=1}^n B_i t_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n t_i \right),$$

де B_i – магнітна індукція протягом i -го такту; t_i – довжина i -го такту; B_{cp} – оцінка середнього значення магнітної індукції, n – число тактів в одному циклі методики.

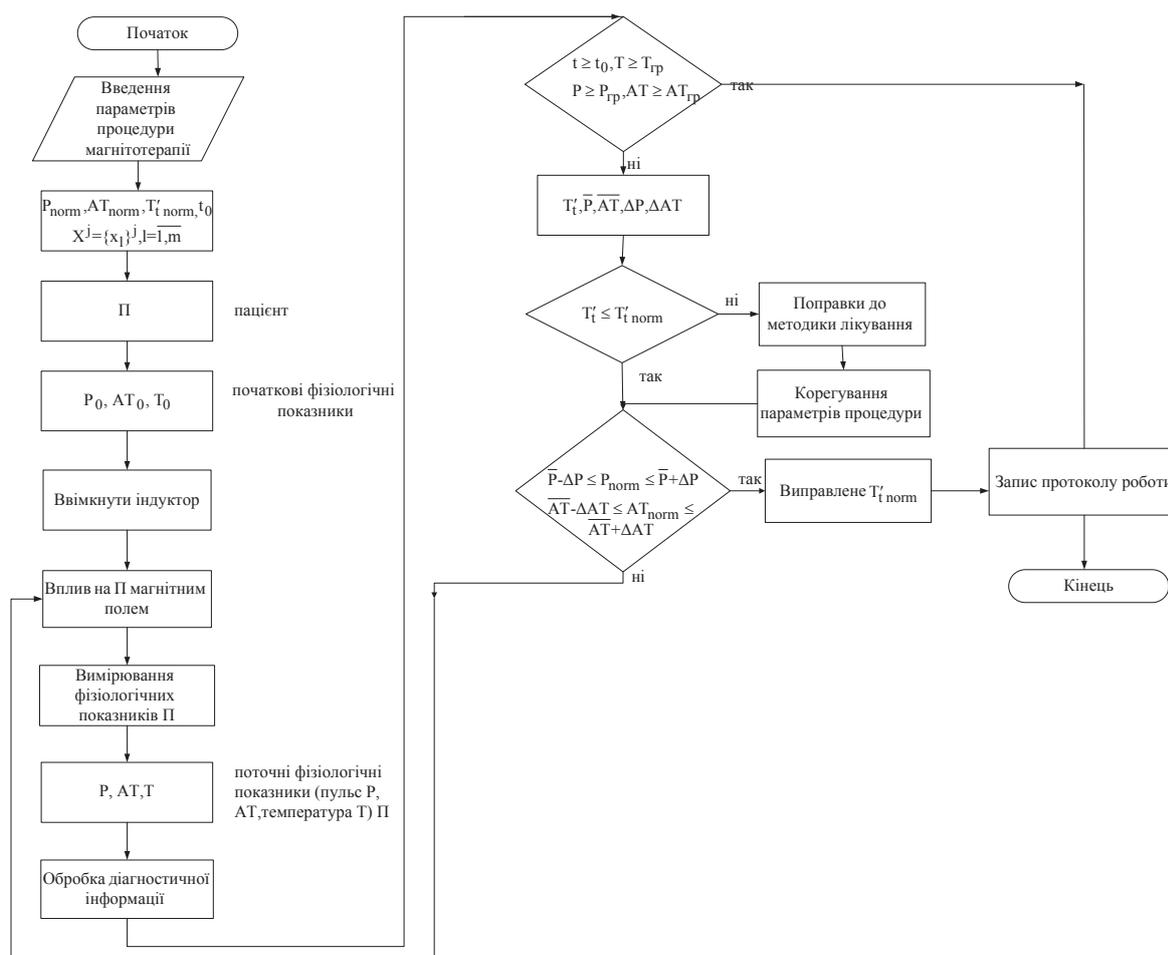


Рис. 2. Алгоритм адаптивного керування сигналом в апараті магнітотерапії

I такт: $B_{cp} = B_1$;

II такт: $B_{cp} = \frac{B_1 t_1}{t_1} \rightarrow B_2$;

III такт:

$$B_{cp} = \frac{B_1 t_1 + B_2 t_2}{t_1 + t_2} \rightarrow B_3;$$

n такт:

$$B_{cp} = \frac{B_1 t_1 + B_2 t_2 + \dots + B_{n-1} t_{n-1}}{t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}} \rightarrow B_n.$$

Переваги використання в якості біотропного параметра середнього значення магнітної індукції [1]:

- можливість простої та ефективної оптимізації лікувальної методики магнітотерапії;
- суттєвий вплив даного біотропного параметру на зміну фізіологічних показників людини;
- низька ймовірність негативного ефекту від корегування даного біотропного параметра.

Висновки

Запропоновано принцип здійснення біотехнічного ЗЗ в комплексі для реалізації способу адаптив-

ної імпульсної магнітотерапії на основі контролю магнітної індукції (датчик Холлу) та аналізу фізіологічних показників (температури, пульсу, АТ, сатурації) людини.

Проведено порівняльний аналіз лікувальної ефективності промислових МТА та запропонованого нами способу адаптивної імпульсної магнітотерапії, який показує, що використання апарату магнітотерапії з адаптивним ЗЗ покращує лікувальну ефективність у порівнянні з діючими серійними МТА: у 2,53 («Полус-4»), у 2,59 («МИТ-11») та у 3,25 разів («Маг-30-4»).

Розроблено алгоритм оперативного керування МТА на основі аналізу фізіологічних показників пацієнта, що дозволить підвищити результати лікування МП захворювань організму людини та може бути використаний для створення нового покоління адаптивних апаратів магнітотерапії, які корегують параметри лікувальної дії у відповідності з апріорними показниками пацієнта.

Література

1. Борисов А. Г. Адаптивное управление в магнитотерапевтических системах на основе комплексной

- оценки состояния пациента / А. Г. Борисов, В. И. Жулев, О. В. Кирьяков // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2001. - № 7. – С. 14 – 19.
2. Патент України на корисну модель 97907, МПК А61N 2/04. Спосіб адаптивної імпульсної магнітотерапії / М. Ф. Терещенко, В. Ю. Рудик, Т. О. Рудик. – заявка № и 201411483, заявл. 22.10.2014, опубл. 10.04.2015.- Бюл. №7.
 3. Шликов В. В. Комп'ютерний комплекс адаптивної магнітотерапії: Автореф. дис. канд. техн. наук, Київ, 2004. – 20 с.
 4. Боголюбов В. М. Техника и методики проведения физиотерапевтических процедур. Справочник / В. М. Боголюбов, М. Ф. Васильева, М. Г. Воробьев. – М.: Медицина, 2001. – 403 с.
 5. Рудик Т. О. Алгоритмізація адаптивного керування зворотним зв'язком в магнітотерапевтичному апараті локальної дії / Т. О. Рудик, М. Ф. Терещенко, В. Ю. Рудик // Збірник ЛНТУ «Перспективні технології та прилади» науково-практичної конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми і тенденції розвитку», 14 - 16 листопада 2014р. – Луцьк. – 2014. – С. 161 – 167.

УДК 615.84

В. Ю. Рудик, Н. Ф. Терещенко, Т. А. Рудик*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина***СПОСОБ АДАПТИВНОЇ МАГНІТОТЕРАПІЇ**

Практическая реализация адаптивного управления в магнитотерапевтических аппаратах приобретает актуальное значение на современном этапе развития магнитотерапии. Предложена структурная схема способа адаптивной импульсной магнитотерапии и алгоритм адаптивного управления сигналом обратной связи во время процедуры магнитотерапии. Обратная связь в магнитотерапевтическом комплексе реализуется за счет контроля магнитной индукции и анализа физиологических показателей (температуры, пульса, артериального давления, сатурации) человека. Проведен сравнительный анализ лечебной эффективности предложенного способа адаптивной импульсной магнитотерапии и промышленных магнитотерапевтических аппаратов, который показывает преимущества использования адаптивной обратной связи.

Ключевые слова: адаптивное управление, магнитотерапия, магнитотерапевтический аппарат, лечебная эффективность.

V. Rudyk, M. Tereshchenko, T. Rudyk*National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnic Institute», Kyiv, Ukraine***METHOD OF ADAPTIVE MAGNETOTHERAPY**

Practical realization of adaptive control in magnetotherapy apparatus acquires an actual importance on the modern stage of development of magnetotherapy.

The structural scheme of method of adaptive impulsive magnetotherapy and algorithm of adaptive control of feedback signal during procedure of magnetotherapy is represented.

A feed-back in magnetotherapy complex will be realized with control of magnetic induction and analysis of man's physiological indexes (temperature, pulse, blood pressure, saturation).

The comparative analysis of medical effectiveness of proposed adaptive method of impulsive magnetotherapy and industrial apparatus, that shows advantages of the use to adaptive feed-back, is represented.

Keywords: adaptive control, magnetotherapy, magnetotherapy apparatus, medical effectiveness.

*Надійшла до редакції
24 листопада 2015 року*

*Рецензовано
10 грудня 2015 року*

© Рудик В. Ю., Терещенко М. Ф., Рудик Т. О., 2016