



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **82858** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
**A61N 1/00**

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

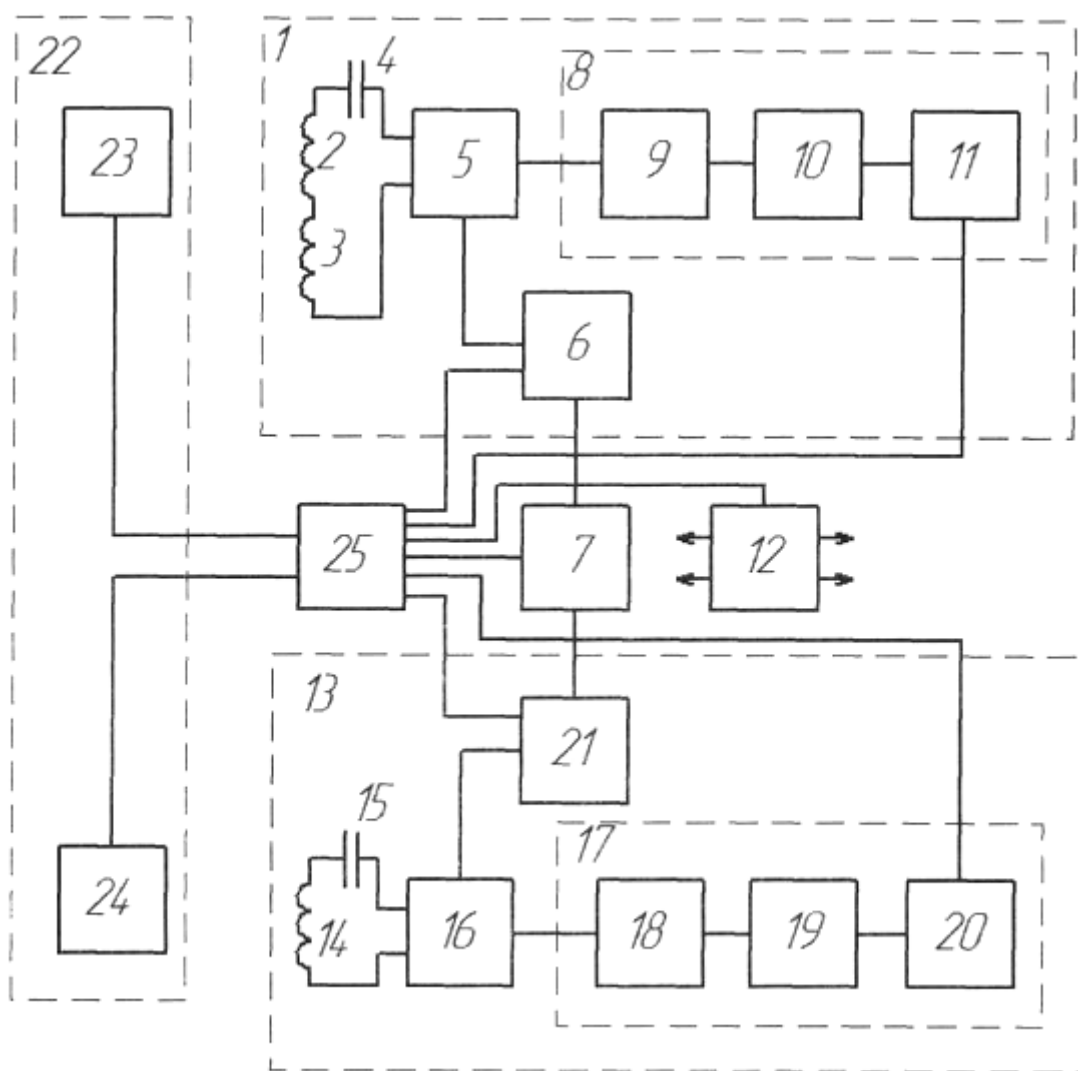
(21) Номер заявки: <b>а 2012 04309</b>	(72) Винахідник(и): <b>Терещенко Микола Федорович (UA), Надточій Сергій Юрійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>06.04.2012</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>27.08.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Терещенко Микола Федорович, вул. Градинська, 6, кв. 76, м. Київ, 02097 (UA), Надточій Сергій Юрійович, вул. Янгеля Академіка, 7, кв. 418, м. Київ, 03056 (UA)</b>
(41) Публікація відомостей про заявку: <b>10.12.2012, Бюл.№ 23</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>27.08.2013, Бюл.№ 16</b>	

## (54) СПОСІБ УВЧ ФІЗІОТЕРАПІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб фізіотерапії, здійснюваний шляхом впливу на живі біологічні тканини пацієнта фізичними факторами, а саме електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні 100-1000 кГц і частотою модуляції в діапазоні 50-8000 Гц при допомозі елемента впливу, що містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру, і розміщеного під спиною, і одночасно впливають електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні 100-2000 кГц і частотою модуляції в діапазоні 50-8000 Гц за допомогою одного або декількох елементів впливу, кожен з яких містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру. В зоні дії електромагнітного поля вимірюють температуру біологічного об'єкту до, під час впливу і по закінченню, а по її значенню оцінюють і корегують ефективність терапевтичної процедури.

UA 82858 U



Корисна модель належить до медичної техніки, а саме до фізіотерапевтичних апаратів, що використовують енергію електромагнітного поля ультрависокочастотних (УВЧ) терапевтичних апаратів.

Змінне електромагнітне поле - суттєвий фізичний фактор, що діє на біологічні тканини має, як природне, так і технічне походження. Електромагнітне поле, утворене синусоїдальним сигналом в діапазоні частот 50 Гц - 1000 кГц, проходить через біологічні тканини з незначним поглинанням і ефективно діє на клітини. Крім цього, електромагнітне поле невеликих потужностей практично не відчувається пацієнтом.

Найближчий аналог корисної моделі являється патент на винахід РФ № 2250787 С2, кл А61N2/02 Способ физиотерапии и устройство для его осуществления // опубл. 27.04.2005, бюл. 12; заявка №2003107551/14 від 10.11.2004/ Рябоконт Д. С. та ін., базується на способі фізіотерапії шляхом впливу на живі біологічні тканини пацієнта фізичними факторами, що впливають на тіло пацієнта електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з несучою частотою в діапазоні 100 кГц-1000 кГц і частотою модуляції, що постійно змінюється в діапазоні 50-8000 Гц за допомогою елемента впливу, виконаного у вигляді резонансного коливального контуру і розміщеного під спиною, причому одночасно впливають локально електромагнітним полем, створеним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні 100 кГц-2000 кГц і частотою модуляції в діапазоні частот 50 Гц-8000 Гц, за допомогою одного або декількох елементів впливу, кожен з яких містить випромінювач, виконаний у вигляді резонансного коливального контуру.

Цей спосіб реалізується пристроєм для терапевтичного впливу, який містить джерело живлення, генератор синусоїдального сигналу, виконаний в вигляді автогенератора, що містить коливальний контур з послідовно з'єднаними конденсатором і двома котушками індуктивності, обмотки яких включені послідовно, при цьому обмотки одночасно виконують роль випромінювача елемента впливу, а джерело низькочастотного сигналу, вихід якого через модулятор з'єднаний із схемою автогенератора, що включає блок контролю, вхід якого з'єднаний зі схемою автогенератора, який містить послідовно з'єднані амплітудний детектор, підсилювач постійного струму і індикатор, містить один чи декілька локальних елементів впливу, кожен з яких складається з автогенератора синусоїдальних коливань. Індуктивний елемент коливального контуру автогенератора одночасно виконує роль випромінювача, схема автогенератора через окремий модулятор з'єднана з виходом джерела низькочастотного сигналу. Кожен елемент впливу має блок контролю, вихід якого з'єднаний зі схемою відповідного автогенератора і який містить з'єднані послідовно амплітудний детектор, підсилювач постійного струму і індикатор.

Недоліками відомого способу є відсутність контролю за процесом терапевтичної дії, в заданій зоні впливу, що може привести до небажаних наслідків (опіків, ушкодження шкіряного покриву чи більш глибоких біологічних тканин). Можлива незначна ефективності терапевтичної дії чи її відсутність. Це зв'язано з тим, що при не зовсім правильній установці індукторів чи локальних елементів впливу на місце заданої зони терапевтичної дії, енергія електромагнітного поля буде витрачатись не нормовано і не ефективно, що може привести до перегріву, а то і некрозу біологічних тканин, а при незначній потужності УВЧ-випромінювання до повної відсутності лікувального ефекту.

Задачею корисної моделі є забезпечення нормованого, контрольованого терапевтичного впливу УВЧ електромагнітним полем на задану зону біологічної тканини з прогнозованим терапевтичним ефектом.

Поставлена задача досягається створенням зворотного зв'язку з зони дії УВЧ-випромінювання на організм, шляхом забезпечення постійного температурного контролю біологічну тканину до, під час та по закінченню фізіотерапевтичної процедури, а по значенню цієї температури оцінюють та корегують процес УВЧ - терапії.

Таким чином запропонований спосіб фізіотерапії, здійснюваний шляхом впливу на живі біологічні тканини пацієнта фізичними факторами, а саме електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні (100-1000) кГц і частотою модуляції в діапазоні (50-8000) Гц при допомозі елемента впливу, що містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру, і розміщеного під спиною, і одночасно впливають електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні (100-2000) кГц і частотою модуляції в діапазоні (50-8000) Гц за допомогою одного або декількох елементів впливу, кожен з яких містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру, додатково в зоні дії електромагнітного поля вимірюють температуру біологічного об'єкту до, під час впливу і по закінченню, а по її значенню оцінюють і корегують ефективність терапевтичної процедури.

Пристрій для терапевтичного впливу, що забезпечує реалізацію запропонованого способу містить джерело живлення, генератор синусоїдального сигналу, виконаний в вигляді автогенератора, що містить коливальний контур з послідовно з'єднаними конденсатором і двома котушками індуктивності, обмотки яких включені послідовно, при цьому обмотки одночасно виконують роль випромінювача елемента впливу, а джерело низькочастотного сигналу, вихід якого через модулятор з'єднаний із схемою автогенератора, що включає блок контролю, вхід якого з'єднаний зі схемою автогенератора, який містить послідовно з'єднані амплітудний детектор, підсилювач постійного струму і індикатор, містить один чи декілька локальних елементів впливу, кожний з яких складається з автогенератора синусоїдальних коливань. Індуктивний елемент коливального контуру автогенератора одночасно виконує роль випромінювача, схема автогенератора через окремий модулятор з'єднана з виходом джерела низькочастотного сигналу, кожний елемент впливу має блок контролю, вихід якого з'єднаний зі схемою відповідного автогенератора і який містить з'єднані послідовно амплітудний детектор, підсилювач постійного струму і індикатор додатково містить систему температурного контролю стану біологічного об'єкту, в складі температурних датчиків на кожний елемент впливу та мікропроцесорну систему керування, що під'єднана до температурних датчиків, джерела низькочастотного сигналу, модуляторів та індикаторів.

На кресленні наведена функціональна схема пристрою для фізіотерапії.

Пристрій для фізіотерапії містить елемент впливу 1, що складається з котушок індуктивності 2 і 3, обмотки яких розміщені на окремих плоских діелектричних каркасах і з'єднані послідовно і узгоджено. Обмотки за допомогою конденсатора 4 підключені до схеми автогенератора 5. Частота автогенератора визначається параметрами елементів коливального контуру, а саме величиною індуктивності  $L_1$ ,  $L_2$  котушок 2 та 3 і величиною ємності  $C$  конденсатора 4. Схема автогенератора 5 за допомогою модулятора 6 з'єднана з вихідними клемми джерела низькочастотного сигналу 7. Блоки 6 і 7 зв'язані з мікропроцесорною системою керування 25.

Несуча частота автогенератора 5 вибирається в діапазоні частот  $f_{\alpha 1} = (100 - 1000)$  кГц. Джерело низькочастотного сигналу 7 генерує сигнал зі змінною частотою в діапазоні частот  $f_{\alpha 2} = (50 - 8000)$  Гц, при подачі команди з блока 25. Елемент впливу 1 містить тракт контролю високочастотного сигналу 8, що містить з'єднані послідовно амплітудний детектор 9, підсилювач постійного струму 10 і індикатор 11, виконаний у вигляді керованої світлодіодної матриці, під'єднаної до мікропроцесорної системи керування 25. Всі елементи схеми пристрою живляться від джерела живлення 12, яке може бути автономним (батарейним чи акумуляторним) або мережним.

Пристрій для фізіотерапії містить один або кілька локальних елементів впливу 13. Локальний елемент впливу містить котушку індуктивності  $L_n$ , 14, яка за допомогою конденсатора  $C_n$  15 з'єднана зі схемою автогенератора 16. Частота автогенератора 15 визначається величиною індуктивності котушки  $L_n$  14 і величиною ємності  $C_n$ , конденсатора 15.

Несуча частота автогенератора 15 вибирається в діапазоні частот  $f_{n1} = (100 - 2000)$  кГц. Обмотка котушки індуктивності  $L_{n1}$ , 14 може бути розміщена на плоскому діелектричному каркасі, на бічній поверхні циліндричного діелектричного каркаса, на стрижневому феритовому сердечнику і т.д.

Елемент впливу 13 забезпечений трактом контролю високочастотного сигналу 17, з'єданого зі схемою автогенератора 16, і який містить під'єднані послідовно амплітудний детектор 18, підсилювач постійного струму 19 і індикатор 20, виконаний у вигляді керованої світлодіодної матриці, під'єднаної до мікропроцесорною системою керування 25. Схема автогенератора 16 за допомогою модулятора 21 з'єднана з вихідними клемми джерела низькочастотного сигналу 7. Модулятор 21 зв'язаний з мікропроцесорною системою керування 25. Елемент впливу 1, що містить в своєму складі котушки 2 і 3, конденсатор 4, схему автогенератора 6, схему модулятора 6 і схему тракту контролю 8, виконаний у вигляді окремого функціонального елемента і за допомогою кабелю з'єднаний з джерелом низькочастотного сигналу 7 і джерелом живлення 12.

Кожен локальний елемент впливу 13, що містить котушку індуктивності 14, конденсатор 15, схему автогенератора 16, схему тракту контролю 17 і схему модулятора 21, виконаний у вигляді окремого функціонального елемента і за допомогою кабелю з'єднаний з джерелом низькочастотного сигналу 7 і джерелом живлення 12.

Як джерело низькочастотного сигналу може бути використаний керований генератор з частотою, яка змінюється в діапазоні частот  $f_2 = (50 - 8000)$  Гц, при подачі сигналу з мікропроцесорної системи керування 25.

Для контролю температури в зоні терапевтичної дії пристрій має систему температурного контролю 22, яка включає в себе температурний датчик 23 і локальний температурний датчик 24, під'єднані до мікропроцесорної системи керування 25. Для кожного елемента впливу і локального елемента впливу використовується свій температурний датчик, які розміщуються на біологічній тканині в зоні терапевтичної дії.

Змінний струм, викликаний електромагнітним полем, - це додатковий вимушений рух іонів в біологічній тканині, і йому відповідає тепловий ефект. Усюди, де змінне поле  $E$  змушує вільні іони здійснювати коливання, відбувається місцевий нагрів тканин. Це призводить до виділення  $Q_{\Pi}$  кількість теплоти в одиниці об'єму за одиницю часу в біологічному середовищі, що має питомий опір  $\rho$ :

$$Q_{\Pi} = \frac{E^2}{2\rho} \quad (1)$$

де  $E$  - амплітудне значення напруженості електричного поля, створюваного апаратом УВЧ - терапії.

З формули (1) випливає, що теплова потужність  $Q_{\Pi}$  пропорційна квадрату амплітуди коливань напруженості зовнішнього поля  $E$ , і при цьому, чим менший питомий опір  $\rho$  тканин, тим більше потужність тепловиділення в них. Таким чином, апарат УВЧ забезпечує прогрів провідних (кровонаповнених) тканин в тіла пацієнта.

Але змінне електричне поле неминуче супроводжує виникнення вихрового магнітного поля, яке можна розглядати як вторинний фізичний фактор впливу на тканини пацієнта.

Детальний опис цих причин - наслідків призводить до наступного значення потужності  $Q_{\text{Д}}$  тепловиділення:

$$Q = \pi \cdot \nu \cdot E^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (2)$$

$$\text{тобто } Q_{\text{Д}} \sim \nu \cdot E^2 \cdot \varepsilon,$$

де  $Q$  - кількість теплоти, що виділяється в одиниці об'єму діелектрика за одиницю часу (питома теплова потужність);  $E$  - амплітудне значення напруженості зовнішнього електричного поля;  $\nu$  - частота коливань зовнішнього поля;  $\varepsilon_0$  - постійна діелектрична проникність (константа);  $\varepsilon$  - діелектрична проникність діелектрика;  $\delta$  - кут діелектричних втрат.

З формули (2) випливає, що теплова потужність  $Q_{\text{Д}}$  пропорційна квадрату амплітуди напруженості зовнішнього поля  $E$ , частоті цього поля, і крім цього - пропорційна діелектричній проникності  $\varepsilon$  діелектрика.

Отже, змінне електричне поле, створене апаратом УВЧ, забезпечує об'ємний прогрів як струмопровідних (кровонаповнених), так і струмонепровідних (суха шкіра, волосся і ін.) тканин.

Враховуючи вище сказане можна зробити висновок, що загальна теплова потужність частини тіла людини буде визначатися за формулою:

$$Q = Q_{\Pi} + Q_{\text{Д}} = \frac{E^2}{2\rho} + \pi \cdot \nu \cdot E^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (3)$$

З іншої сторони кількість теплоти  $\Delta Q$ , виділена в об'єкті, його маса  $m$ , питома теплоємність  $c$  і зміна температури  $\Delta T$  пов'язані формулою:

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (4)$$

Значення маси виражається через щільність  $\rho$  та її об'єм  $V$ :

$$m = \rho \cdot V \quad (5)$$

Ефективна потужність тепловиділення:

$$Q = \frac{\Delta Q}{V \Delta t} \quad (6)$$

- 5 Дж Величина  $Q$  матиме розмірність  $\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3 \cdot \text{с}}$ , і зміст - кількість теплоти, що виділяється в зразку в одиниці його об'єму за одиницю часу. Враховуючи (4), вираз (6) набуде вигляду:

$$Q = \rho c \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (7)$$

Порівнявши вирази (3) і (7) отримаємо:

$$10 \quad \frac{E^2}{2\rho} + \pi \cdot v \cdot E^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \text{tg}\delta = \rho c \frac{\Delta T}{\Delta t},$$

Звідки

$$\Delta T(E, t) = \frac{E^2 \cdot t(1 + 2\rho \cdot \pi \cdot v \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \text{tg}\delta)}{2\rho \cdot \rho \cdot c} \quad (8)$$

- 15 Функція (8) показує залежність зміни температури опромінюваного об'єкту від часу опромінення та напруженості електричного поля випромінювача.

Таким чином, вимірюючи температуру біологічної тканини  $T_1$  до початку терапевтичної процедури, протягом часу  $t$  дії УВЧ поля  $T_2$ , та по закінченню сеансу  $T_3$ , контролюємо значення зміни температур  $\Delta T_1 = T_2 - T_1$  під час фізіопроцедури. При досягненні значення

- 20  $T_2 \geq 40^\circ$  мікропроцесорний блок керування 25 відключить пристрій з індикацією на блоках 11 і 20 поточних значень температур біологічної тканини  $T_i$  в зоні дії УВЧ поля конкретного елемента впливу 1 чи локального елемента впливу 13, щоб не допустити пошкодження біологічної тканини. При незмінній температурі  $T_2$  на протязі часу  $t_i$  (не ефективність дії УВЧ поля), на світловому індикаторі 11 чи 20 індикуються необхідність налагодження положень елементів 1 чи 13 і зміну напруженості  $E$  поля. По значенню зміни температур  $\Delta T_2 = T_3 - T_1$  по формулі 8 обраховується ефективне значення напруженості  $E$  поля за час сеансу  $t$ , що отримала біологічна тканина в зоні впливу електромагнітного поля.

- 30 Температурними датчики 22 та 23, які в режимі моніторингу знімають показання температури з опромінюваної частини біологічного об'єкту, з мікропроцесорною системою керування 25 та світлодіодних матриць 11 і 20 забезпечується робота системи температурного контролю під час фізіопроцедури. Це дає можливість не допускати перегрівання тканин, а також, за допомогою програмних засобів більш точно визначати поглинену дозу випромінювання. Датчик влаштований так, що може працювати не залежно від того, проводиться процедура чи ні, таким чином, дає змогу оцінювати початкову температуру об'єкту. Сигнали від температурних датчиків надходять на обробку на елементи керування, створені на базі мікропроцесорної системи, де опрацьовується, і на основі закладеного алгоритму приймається рішення про ефективність процедури та можливі зміни в налаштуваннях. Температурний датчик 22 відповідає за контроль основного елемента впливу 1, локальний температурний датчик 23 - за контроль локального елемента впливу.

- 40 Введення мікропроцесорної системи блока керування 24 - є кроком в напрямку оптимізації швидкодії, точності, а також зручності та ефективності роботи пристрою.

Пристрій для фізіотерапії працює таким чином.

При подачі сигналу з мікропроцесорної системи керування 25 включається джерело живлення 12 та автогенератор 5 елемента впливу 1 виробляє високочастотні коливання з частотою в діапазоні частот 100 кГц - 1000 кГц, які за допомогою модулятора 6 модулюються по

амплітуді. Модуляційний сигнал надходить з виходу джерела низькочастотного сигналу 7 при подачі необхідного сигналу мікропроцесорною системою керування 25.

При наявності високочастотного сигналу індикатор 11, керована світлодіодна матриця, індикуює стан включення пристрою. Котушки індуктивності 2 і 3 елементи впливу 1 виконують роль випромінювача електромагнітних коливань в навколишній простір.

Одночасно автогенератор 16 локального елементу впливу 13 виробляє високочастотні коливання з частотою в діапазоні частот (100-2000) кГц, які за допомогою модулятора 21 модулюються по амплітуді. Модуляційний сигнал надходить на модулятор з виходу джерела низькочастотного сигналу 7. При наявності високочастотного сигналу індикатор - світлодіодна матриця 20 інформує про стан включення УВЧ поля на локальному елементі впливу 13.

Котушка індуктивності 14 локального елементу впливу 13 виконує роль випромінювача електромагнітних коливань в навколишній простір.

Температурні датчики 22 і 23 відповідають кожен за свій елемент впливу.

Сигнали від них надходять на мікропроцесорну систему керування 25, яка, будучи з'єднаною з основними блоками налаштування (модулятор 6, генератор низькочастотного сигналу 7, локальний модулятор 21), а також з блоками індикації (індикатор 11, локальний індикатор 20), має змогу автоматично змінювати налаштування системи, одразу ж сигналізуючи про це.

Спосіб фізіотерапії здійснюється наступним чином.

Елемент впливу 1 розміщується на платі, яка покладена на ізоляційний матеріал. Зверху елемент впливу 1 закривається поролоном і простирадлом. Пацієнт з закріпленим температурним датчиком 23 на тілі укладається на простирадлі так, щоб його спина та датчик 23 розміщувалася над елементом впливу 1. Зверху на осередок пошкоджених біологічних тканин накладається локальний температурний датчик 24 і стерильна серветка, на яку встановлюють контактну або, над якою підвішують локальний елемент впливу 13.

Включають мікропроцесорну систему керування 25, яка запускає джерело 12 живлення пристрою. Включається генерація УВЧ випромінювання в елементах впливу 1 і локальному елементі впливу 13.3 температурного датчика 23, що знаходиться на біологічній тканині напроти елементу впливу 1, вимірюється температура і через мікропроцесорну систему керування 25 індикуюється на індикаторі 11. При досягненні максимально допустимого значення

$T_{\text{макс.доп.}}$  температури біологічної тканини, мікропроцесорна система керування 25 відключає джерело живлення 12.

Таким же чином працює і локальний елемент впливу 13. Температура вимірюється локальним температурним датчиком 24, що знаходиться на біологічній тканині напроти локального елементу впливу 13. Виміряна температура індикуюється на локальному індикаторі

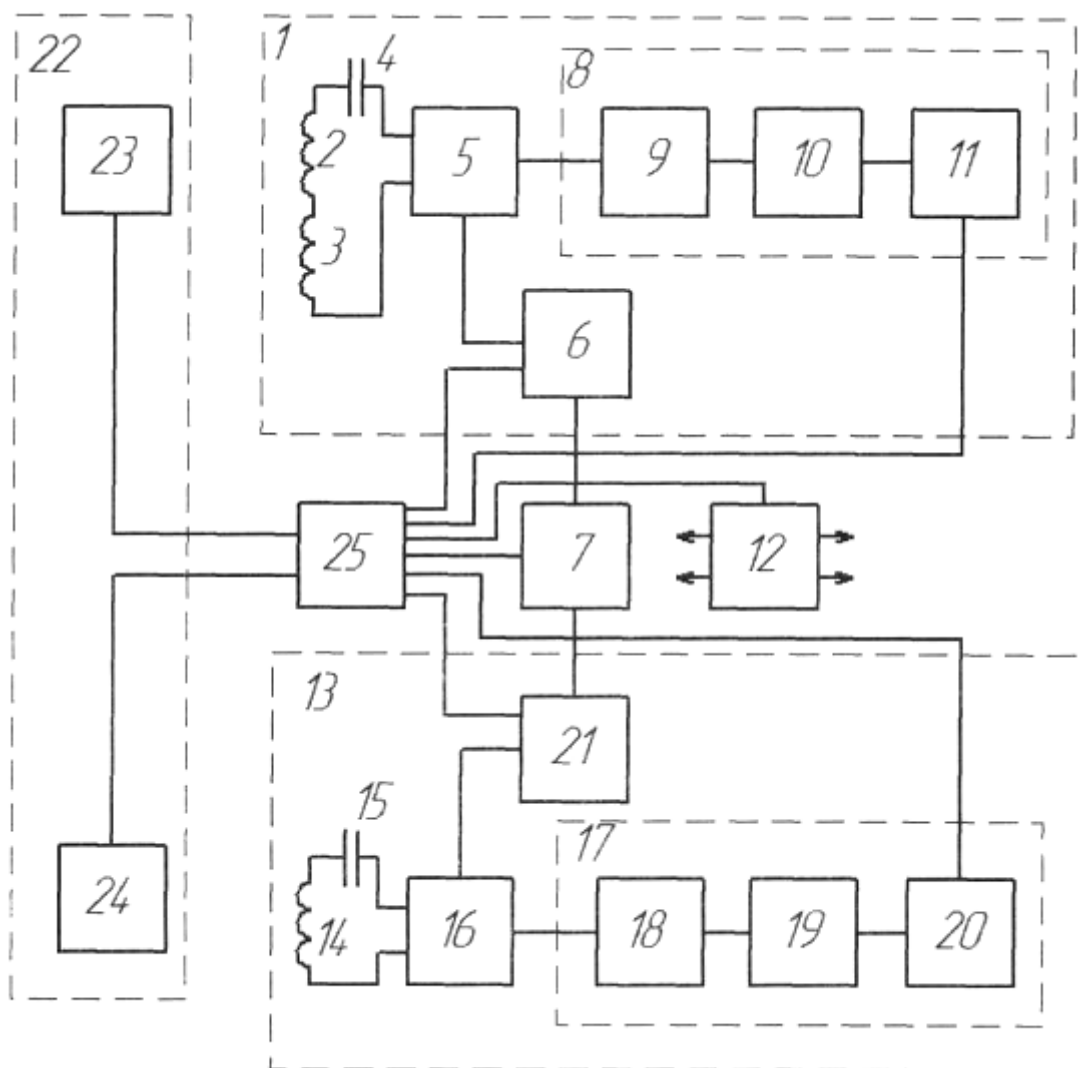
20. При досягненні максимально допустимого значення  $T_{\text{макс.доп.}}$  температури біологічної тканини, мікропроцесорна система керування 25 відключає джерело живлення 12.

Мікропроцесорна система керування 25 містить в своєму складі таймер і елемент світлової та звукової індикації.

Отже запропонований спосіб фізіотерапії дозволяє завдяки зворотному зв'язку з зони дії УВЧ-випромінювання на організм забезпечити постійний температурний контроль біологічну тканину до, під час та по закінченню фізіотерапевтичної процедури, а по значенню цієї температури нормувати, оцінювати та корегувати процес УВЧ-терапії. Це дало можливість, по-перше, не допускати перегрівання, а в результаті і пошкодження тканин, що піддаються опроміненню, по-друге, за допомогою програмно-технічних засобів більш точно визначати поглинену дозу випромінювання.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб фізіотерапії, здійснюваний шляхом впливу на живі біологічні тканини пацієнта фізичними факторами, а саме електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні 100-1000 кГц і частотою модуляції в діапазоні 50-8000 Гц при допомозі елемента впливу, що містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру, і розміщеного під спиною, і одночасно впливають електромагнітним полем, утвореним амплітудно-модульованим синусоїдальним сигналом з частотою в діапазоні 100-2000 кГц і частотою модуляції в діапазоні 50-8000 Гц за допомогою одного або декількох елементів впливу, кожен з яких містить випромінювач, який виконаний у вигляді резонансного коливального контуру, який **відрізняється** тим, що в зоні дії електромагнітного поля вимірюють температуру біологічного об'єкту до, під час впливу і по закінченню, а по її значенню оцінюють і корегують ефективність терапевтичної процедури.



Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601