

УДК 615.841

## **Разработка устройства для внутриполостного воздействия с пространственным и временным совмещением пяти воздействующих факторов\***

**С.В. БЕЛАВСКАЯ<sup>1</sup>, Л.И. ЛИСИЦЫНА<sup>2</sup>, З.Н. ПЕДОНОВА<sup>3</sup>,  
Л.Г. НАВРОЦКИЙ<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент. E-mail: belavsv@gmail.com

<sup>2</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, доктор технических наук, профессор. E-mail: lisitcinali@gmail.com

<sup>3</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, ассистент. E-mail: pedonovaz@gmail.com

<sup>4</sup> 630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, аспирант. E-mail: navrotsky@ngs.ru

В современных устройствах для внутриполостного воздействия в основном используется 3–4 физических фактора, совмещенных во времени. При этом узлы, обеспечивающие физические факторы, располагаются определенным образом относительно болевого очага. Такая процедура терапии внутренних полостей, как показывает практика, оказывается довольно сложной с большими временными затратами. Разработка устройств, обеспечивающих как временное, так и пространственное совмещение воздействующих факторов, – актуальная задача для разработчиков современной медицинской техники. Такой вариант реализации смешанных физических полей не только имеет некоторые преимущества как для медицинского работника (процедура становится менее сложной), так и для пациента (уменьшается травмирующее действие, например, при лечении внутриполостных заболеваний), но и приводит к синергизму воздействия лечебных факторов. Причем известно, что увеличение числа воздействующих факторов приводит к увеличению терапевтической эффективности. В связи с этим в данной работе рассмотрены и обобщены результаты исследований авторов по разработке и созданию устройства для внутриполостного воздействия с пространственным и временным совмещением пяти физических факторов (ультразвуковые колебания, магнитное поле, лазерное и тепловое излучения, электростимуляция), состоящего из рабочего зонда, электронного блока, индифферентного электрода и блока питания. Выработаны требования к параметрам воздействующих физических факторов, оговорены технические требования к электронному блоку. Усовершенствована конструкция рабочего зонда. Особое внимание уделено разработке узла электромагнитно-ультразвукового (УЗ) воздействия, так как стержень катушки индуктора од-

---

\* Статья получена 03 июня 2015 г.

новременно является и активным электродом для электростимуляции, и концентратором УЗ колебаний. Проведен расчет длины концентратора УЗ колебаний (на длине концентратора должно укладываться целое число полуволн). Выбраны основные параметры индуктора, обеспечивающего необходимую величину индукции магнитного поля. Описаны режимы работы устройства. По результатам проведенных исследований разработано и реализовано устройство, соответствующее необходимым требованиям и основным принципам построения медицинских физиотерапевтических приборов.

**Ключевые слова:** устройство внутриполостное, сочетанное воздействие, синергизм, физические факторы, магнитное поле, электростимуляция, тепловое и лазерное излучения, ультразвуковые колебания, концентратор

DOI: 10.17212/1814-1196-2015-4-21-33

## ВВЕДЕНИЕ

В современной терапии физические поля завоевывают все более прочные позиции. Воздействия на организм человека малоамплитудными физическими полями в целях получения терапевтического эффекта, в отличие от медикаментозных методов, не вызывают аллергических реакций и эффекта «привыкания» больного, не оказывают травмирующего действия, имеют широкий диапазон управляемых параметров и обеспечивают сравнительно невысокую стоимость лечебных процедур [1, 2].

В современной физиотерапии используются в основном четыре вида физических полей: электрическое, магнитное, электромагнитное и акустическое, причем акустическое поле формирует механические колебания. Особый интерес ученых и практикующих медиков вызывает синергизм смешанных полевых воздействий на трансмембранную проницаемость. Клиническая практика показывает, что наилучший лечебный эффект соответствует наибольшему количеству биотропных параметров [1, 2] (биотропные параметры – параметры физиотерапевтических воздействий, реализуемых в современных медицинских приборах).

Реализация смешанных физических полей в современной медицинской практике возможна в двух вариантах:

- с помощью использования нескольких устройств (обеспечивающих по 1-3 биотропных параметров) и расположения их определенным образом относительно болевого очага;

- с помощью единого комплексного устройства, обеспечивающего пространственное и временное совмещение воздействующих факторов.

С точки зрения авторов, второй вариант реализации смешанных физических полей имеет некоторые преимущества как для медицинского работника (процедура становится менее сложной), так и для пациента (уменьшается травмирующее действие, например, при лечении внутриполостных заболеваний) [3].

Этот вариант реализуется в различных сочетаниях биотропных параметров, используется во многих областях медицины, позволяет повысить терапевтическую эффективность и уменьшить продолжительность лечения.

Авторами данной работы разработано устройство для внутриполостного воздействия с пространственным и временным совмещением биотропных параметров: магнитное поле, световое и тепловое излучения, механические

колебания и электромагнитное поле [4]. Это устройство опробовано при лечении хронического простатита и конгестивного простотоза Певзнера с положительным результатом [5]. Однако это устройство не нашло широкого применения в медицинской практике ввиду невысокой долговечности узла механических колебаний (вибрационный узел, работающий на частоте 8...16 Гц).

### **Постановка задачи**

Как указывалось выше, наименее долговечным узлом в устройстве [4] является виброизлучатель, который в процессе эксплуатации часто выходит из строя.

Целью данной работы является разработка устройства для внутриполостного воздействия с пространственным и временным совмещением пяти воздействующих факторов: магнитного поля, электростимуляции, теплового и лазерного излучения, механических колебаний (ультразвуковой излучатель вместо виброизлучателя) с возможностью оценки температуры очага поражения.

## **1. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНУТРИПОЛОСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Разрабатываемое устройство должно отвечать основным принципам построения медицинских физиотерапевтических приборов [6]:

- максимальная направленность воздействия на патологический очаг;
- необходимость и достаточность терапевтического воздействия;
- наглядность отображаемой информации;
- гипоаллергентность воздействующих факторов;
- максимальная фильтрация внешних воздействий на результат измерения;
- объективность результатов измерения;
- безопасность (как для пациента, так и для медицинского персонала);
- экономическая эффективность;
- использование стандартных компонентов;
- минимизация тока потребления и габаритов устройства.

Кроме того, необходимо добавить базовые принципы для разрабатываемого устройства:

- обеспечить многофакторность воздействия;
- обеспечить сочетанность воздействия используемых полей (различные физические факторы могут потенцировать друг друга и давать эффект выше суммарного, синергетическая эффективность сочетанного физического воздействия в разных областях медицины имеет клиническое подтверждение);
- обеспечить прогрев патологического очага, поскольку при этом не только ускоряются процессы ионного переноса, но и создается эффект частичной санации;
- провести микромассаж объекта лечения;

- обеспечить динамичность воздействия (процессы, протекающие в органах и тканях, имеют динамический характер, поэтому динамические физические воздействия наиболее приближены к естественным условиям и легче усваиваются теми или иными системами организма [1];
- обеспечить оценку хотя бы одного из параметров очага с патологией.

### **Выбор параметров используемых физических полей**

Обзор литературных источников по устройствам для внутрисполостного воздействия выявил широкий диапазон параметров физических факторов. Учитывая тот факт, что при сочетанном воздействии проявляется синергизм воздействующих факторов, уместно выбрать минимальные значения параметров воздействующих факторов либо значения параметров, наиболее часто используемые в медицинской практике.

Электростимуляция:

- амплитуда импульса – (1...12) В;
- длительность пачки импульсов – 8 мкс;
- частота импульсов в пачке – 2 кГц;
- частота следования пачек – (1...100) Гц;
- ограничение по току – не более 1 мА.

Лазерное излучение:

- длина волны – (0,63...0,65) мкм;
- мощность – не более 1 мВт (соответствует II классу по степени опасности генерируемого излучения [7]).

Ультразвуковое воздействие:

- возбуждающий сигнал – гармонический;
- частота воздействующего сигнала – (0,5...2) МГц;
- интенсивность – не менее 0,05 Вт/см<sup>2</sup> (уровень минимальной терапевтической интенсивности согласно ГОСТ [8]).

Магнитное поле:

- индукция магнитного поля на рабочем торце – (1...2) мТл;
- частота – (10...100) Гц.

Нагрев:

- температура – (+39 ± 2) °С;
- время нагревания – (5...10) с.

Контроль температуры:

- диапазон измерения температуры – (+35...+42) °С;
- погрешность измерения температуры – ±0,1 °С.

## **2. ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА**

Устройство состоит из рабочего зонда, электронного блока, индифферентного электрода, многожильного кабеля и блока питания, эскиз устройства изображен на рис. 1.

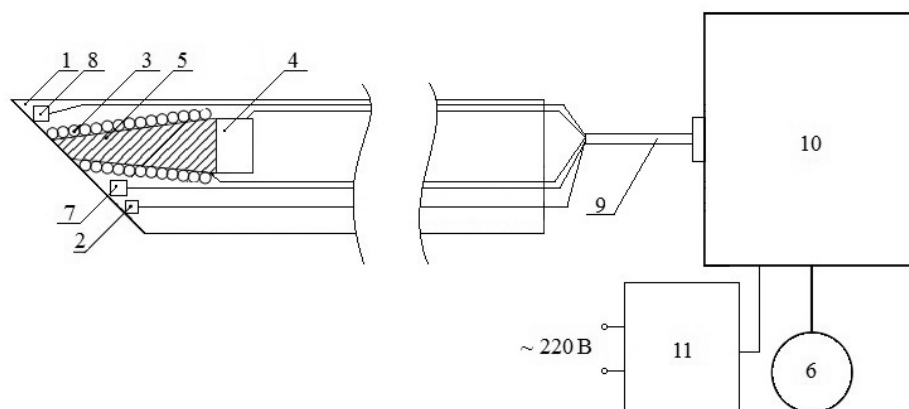


Рис. 1. Эскиз устройства для внутриполостного воздействия:

1 – полый корпус; 2 – источник лазерного излучения; 3 – индуктор; 4 – источник УЗ колебаний; 5 – активный электрод; 6 – индифферентный электрод; 7 – нагревательный элемент; 8 – термодатчик; 9 – многожильный кабель, соединенный с электронным блоком через разъем; 10 – электронный блок; 11 – блок питания

### 3. КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО ЗОНДА

Размеры рабочего зонда (выбраны исходя из размеров зондов, используемых в урологической практике):

- длина зонда – (130...155) мм;
- внешний диаметр – 6,7 мм;
- внутренний диаметр – 6 мм.

Материал зонда – медицинская сталь.

Исходя из внутреннего диаметра зонда и перечня воздействующих факторов были выбраны и размещены требуемые узлы внутри зонда.

Усовершенствованная конструкция разработанного устройства представлена на рис. 1 [9].

Разработанное устройство содержит полый корпус 1 со скошенным концом для контактирования его рабочего торца с зоной воздействия; расположенные вблизи рабочего торца устройства источник лазерного излучения 2, индуктор 3, источник ультразвуковых колебаний, представляющий собой пьезоизлучатель 4 с механически присоединенным концентратором УЗ колебаний 5, являющимся также активным электродом; индифферентный электрод 6, нагревательный элемент 7, термодатчик 8 и электронный блок 10, при этом один конец активного электрода 5, выполненного в виде расположенного внутри корпуса металлического стержня, выведен на рабочий торец устройства, а второй конец механически соединен с пьезоизлучателем 4 и подключен к электронному блоку 10; индифферентный электрод 6, также подключенный к электронному блоку 10, вынесен за пределы корпуса 1, а индуктор 3 выполнен таким образом, что активный электрод 5 проходит по его оси симметрии, причем пьезоизлучатель 4, источник лазерного излучения 2, нагревательный элемент 7, термодатчик 8 также подключены к электронному блоку 10 через соединительный многожильный кабель 9. Электронный блок подключен к блоку питания 11 и содержит узлы управления и индикации. Устройство может иметь микропроцессорное управление.

#### 4. РЕЖИМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Устройство работает следующим образом. Корпус 1 устройства для воздействия на патологический очаг промывают теплой водой и протирают спиртом. Затем корпус 1 смазывают стерильным вазелином или глицерином и медленно, вращательными движениями вводят в полость при выключенном аппарате; фиксируют место положения цилиндрического корпуса 1, после чего включают аппарат в сеть и на табло электронного блока 10 выставляют требуемые параметры физиотерапевтических воздействий (вид воздействия, интенсивность, частота). Нажимают кнопку «Вкл» для выбранного вида воздействия, после чего электронный блок 10 начинает подавать управляющие сигналы согласно заданным на табло параметрам, определяющим один из следующих режимов работы устройства.

1. Режим ультразвукового воздействия.

Сигнал с электронного блока 10 подается на пьезоизлучатель 4, ультразвуковое излучение которого воздействует на объект через концентратор 5.

2. Режим электростимуляции.

Электрический сигнал с электронного блока 10 подается между активным электродом 5 и индифферентным электродом 6, осуществляя электростимуляцию объекта воздействия.

3. Режим магнитовоздействия.

Индуктор 3 запитывается электрическим током заданных параметров, который протекает по виткам катушки, создает у рабочего торца цилиндрического корпуса 1 магнитное поле, действующее на объект. Магнитное поле может иметь как переменную, так и постоянную (при токе = const) составляющую напряженности в зависимости от рода тока, протекающего в индукторе.

Таким образом, можно задать воздействие переменным магнитным полем, воздействие постоянным магнитным полем или воздействие постоянным и переменным магнитными полями одновременно.

4. Режим лазерного воздействия.

По сигналу электронного блока 10 включается источник лазерного излучения 2, поступающего на объект воздействия.

5. Режим температурного воздействия.

Нагревательный элемент 7 запитывается электрическим током от электронного блока 10 и осуществляет нагревание рабочего торца устройства.

Все режимы можно применять одновременно.

Для оценки состояния патологического очага дополнительно производят измерение температуры его поверхности с помощью термодатчика 8. При измерении температуры сигналы с термодатчика 8 поступают на электронный блок 10, в котором после обработки сигналов высвечивается значение параметра на табло.

Длительность процедур и их количество выбираются в зависимости от симптоматики заболевания, положение больного – в зависимости от типа полости воздействия. После окончания сеанса корпус вынимают из полости также при выключенном устройстве.

## 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОННОМУ БЛОКУ

Материал корпуса – пластик, дисплей – жидкокристаллический, индикаторы – светодиодные, элементы управления – кнопочные. Виды воздействия: магнитное поле, ультразвук, электростимуляция, нагрев, лазерное излучение. Каждый вид воздействия отображается на дисплее и работает независимо от других. Измеряемая температура также отображается на дисплее. На торцы корпуса выведены разъемы для подключения рабочего зонда и для подключения индифферентного электрода, а также гнездо для подключения блока питания.

Блок питания – стандартный (АС 220/ +18 В).

Индифферентный электрод: материал – медицинская сталь, форма – пластина диаметром не менее 5 см [10].

## 6. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗОНДА

Самым сложным узлом в предложенной конструкции зонда является узел магнитного воздействия, так как стержень катушки индуктора одновременно является активным электродом для электростимуляции и концентратором УЗ излучения.

*Расчет длины концентратора (стержня)*

Прежде всего необходимо определить длину концентратора, обеспечивающего резонанс УЗ колебаний.

В работе [11] получены математические выражения, позволяющие рассчитать интенсивность УЗ излучателя как вблизи резонанса, так и вдали от него. С помощью предложенной математической модели можно определить длину концентратора УЗ поля с целью получения требуемой интенсивности в резонансе. В работе [11] приведен расчет для источника УЗ колебаний: пьезопластина – пьезокерамика ЦТС – 19,  $l_n$  (ширина пьезопластины) = 1,5 мм,  $\epsilon = 1750$ ,  $f = 1,3$  МГц. Концентратор (стержень): материал – нержавеющая сталь. Эффективное значение напряжения питания преобразователя  $U_3 = 10,7$  В.

На рис. 2 представлена рассчитанная зависимость интенсивности УЗ излучения от длины стержня. Здесь же звездочкой отмечены экспериментальные значения интенсивности УЗ излучения.

Анализ зависимости показывает, что при длине стержня, кратной половине длины волны, имеет место резонанс. Следовательно, при выборе длины активного электрода можно использовать приведенные зависимости. Для данной конструкции уместно выбрать длину стержня, соответствующую резонансу, от 7 до 15 мм, так как на такой длине стержня удобно разместить индуктор.

Оценку интенсивности УЗ излучения при работе преобразователя на любой частоте можно осуществить на основе анализа схемы замещения односторонне нагруженного преобразователя [12]:

$$I_a = (2\pi f U_3^2 \epsilon \epsilon_0 / l_n) 10^{-0,1\alpha}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота возбуждающего сигнала;

$U_3$  – эффективное значение напряжения питания преобразователя;

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость материала преобразователя;

$\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;

$l_p$  – толщина пьезопластины;

$\alpha$  – «затухание передачи», Дб.

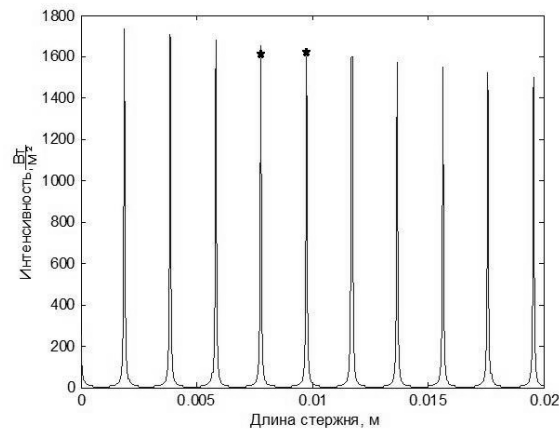


Рис. 2. Зависимость интенсивности УЗ излучения от длины стержня

Экспериментальное определение потерь можно провести по методу, описанному в работе [11], используя двойное преобразование. На одну пьезопластину подается сигнал синусоидальной формы, который преобразуется в ультразвуковые колебания. УЗ колебания передаются через такой же концентратор на вторую пьезопластину. Происходит обратное преобразование УЗ излучения в электрический сигнал. Уровень выходного сигнала регистрируется осциллографом.

Коэффициент затухания передачи  $\alpha$  рассчитывается по формуле [11]

$$\alpha = 10 \lg U_{\text{вход}} / U_{\text{выход}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{вход}}$  – напряжение, подаваемое на пьезопластину с генератора;

$U_{\text{выход}}$  – напряжение, регистрируемое осциллографом.

Расчеты показывают, что интенсивность при этом на резонансной частоте оказывается равной  $0,16 \text{ Вт/см}^2$ . Для выбранной конструкции и режима работы максимальное значение интенсивности излучения  $0,16 \text{ Вт/см}^2$ , в то время как минимальная рекомендуемая интенсивность УЗ излучения для внутрисполостного воздействия равна  $0,05 \text{ Вт/см}^2$ . При необходимости увеличения интенсивности можно увеличить значение эффективного напряжения.

#### Источник магнитного поля

Исходя из размеров зонда сконструирован источник магнитного поля (индуктор).

Параметры индуктора: материал – медицинская сталь, длина стержня (концентратора) равна 13,6 мм, диаметр стержня на рабочем торце – 1,3 мм, на противоположном торце – 2 мм,  $\mu$  медицинской стали – 3 (определено



экспериментально), обмотка индуктора – 150 витков, материал провода – ПЭВ2, диаметр провода в изоляции – 0,1 мм.

Необходимо оценить индукцию магнитного поля по поверхности катушки и на торце рабочего зонда для сконструированного индуктора.

Расчет проведен в программном пакете ELCUT Профессиональный. Распределение индукции магнитного поля по поверхности катушки и по поверхности торца зонда с учетом слоя влаги между поверхностью объекта и торцом рабочего зонда (примерно 0,2 мм) представлено на рис. 3, 4.

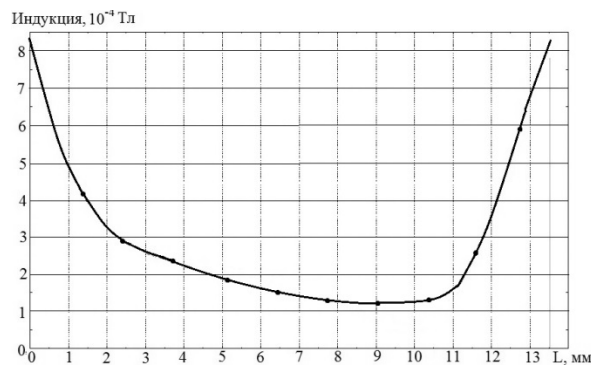


Рис. 3. Распределение индукции магнитного поля по боковой поверхности катушки

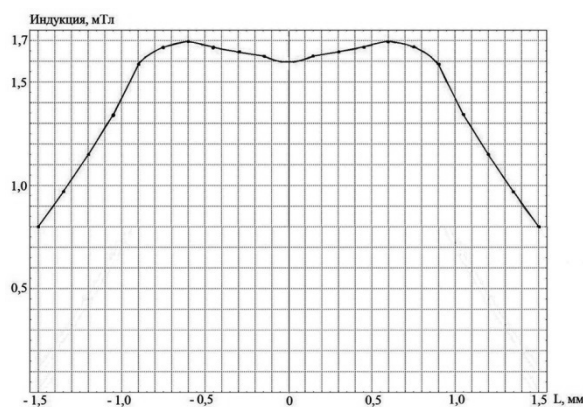


Рис. 4. Распределение индукции магнитного поля по рабочему торцу индуктора

Таким образом, проведенные расчеты показывают, что магнитное поле сконцентрировано на торцах индуктора – индуктор обеспечивает требуемую индукцию на рабочем торце зонда (0,8...1,7) мТл.

*Лазерное излучение* осуществляется лазерным светодиодом Ld 63505w с длиной волны 0,635 мкм и максимальной мощностью 5 мВт [14]. Выбор необходимой мощности производится изменением напряжения питания.

*Нагревательный элемент* выполнен на основе резистора (24 Ом), который обеспечивает нагрев рабочего торца устройства. Контроль температуры обеспечивается термодатчиком 700-102AAC-B00 компании Honeywell [15]. Максимальная допустимая температура задана программно в блоке управле-

ния. При достижении максимальной температуры (40 °С) автоматически отключается питание.

Электростимуляция осуществляется подачей электрического сигнала с электронного блока между активным электродом и индифферентным электродом.

Фотография разработанного и реализованного устройства представлена на рис. 5.



Рис. 5. Фотография устройства

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сформулированы принципы построения многофункционального физиотерапевтического устройства для внутриполостного воздействия.
2. Выбраны параметры воздействующих факторов.
3. Представлена усовершенствованная конструкция рабочего зонда.
4. Оговорены режимы воздействующих факторов.
5. Сформулированы технические требования к электронному блоку.
6. Сконструирован узел, обеспечивающий УЗ колебания. Рассчитана длина концентратора.
7. Сконструирован узел магнитного воздействия. Рассчитана индукция на рабочем торце зонда.
8. Устройство, выполненное по предложенной конструкции, отвечает всем принципам построения медицинских приборов и обеспечивает все необходимые рабочие параметры узлов воздействующих факторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райгородский Ю.М., Серянов Ю.В., Лепилин А.В. Форетические свойства физических полей и приборы для оптимальной физиотерапии в урологии, стоматологии и офтальмологии. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. – 268 с.
2. Самосюк И.З., Лысенюк В.П. Акупунктура. – М.: АСТ-Пресс Книга, 2004. – 528 с. – (Медицинская энциклопедия).

3. Современные физиотерапевтические устройства с пространственным и временным совмещением воздействующих факторов / С.В. Белавская, А.Ф. Еремина, И.М. Еремина, Л.И. Лисицына, Б.М. Рогачевский // Актуальные проблемы электронного приборостроения (АПЭП–2004): материалы VII международной конференции, 21–24 сентября 2004 г.: в 7 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – Т. 5. – С. 152–155.

4. Патент 2101998, Российская Федерация. Устройство для полостного воздействия / С.В. Лисицына, Л.И. Лисицына, В.И. Чушикина. – № 96109628/14; заявл. 06.05.1996; опубл. 20.01.1998, Бюл. № 2.

5. Многофункциональное физиотерапевтическое устройство / С.В. Лисицына, В.И. Бородин, Л.И. Лисицына, М.А. Бородин // Труды ИИЭР – Российской конференции «Микроволновая электроника больших мощностей: измерения, идентификация, применение, 1997»: ИИП – МЭ'97, 23–25 сентября 1997. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1997. – С. 222–226.

6. Лисицына Л.И., Кузьмин А.Н., Белавская С.В. Рабочий орган аппаратно-программного комплекса для рефлексотерапии // Радиопромышленность. – 2012. – № 1. – С. 158–168.

7. СанПин 5804–91. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров: утв. гл. государственным санитарным врачом СССР 31.07.1991.

8. ГОСТ 30324.5–95. Изделия медицинские электрические. Ч. 2. Частные требования безопасности к аппаратам для ультразвуковой терапии. – Введ. 1993–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 11 с.

9. Патент 2509580, Российская Федерация, МПК А 61 N 5/067. Устройство для воздействия на предстательную железу / С.В. Белавская, Л.И. Лисицына, З.Н. Педонова; патентообладатель Новосибирский государственный технический университет. – № 2012114671/14; заявл. 12.04.2012; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 8.

10. Белавская С.В., Лисицына Л.И., Мокроусов А.В. Устройство для оценки параметров кожного покрова в области биологически активных // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Радиолокационная техника. – 2014. – Вып. 2. – С. 141–147.

11. Лисицына Л.И., Белавская С.В., Педонова З.Н. Устройство для внутриполостного воздействия с пространственным и временным совмещением пяти воздействующих факторов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 1 (25), ч. 1. – С. 241–245.

12. Белавская С.В. Ультразвуковые терапевтические излучатели с малой рабочей площадью // Научный вестник НГТУ. – 2006. – № 1 (22). – С. 43–60.

13. Педонова З.Н. Разработка элементарного индуктора для системы магнитотерапии локального воздействия с дискретно-управляемой структурой поля [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. – 2015. – № 3. – URL: [http://www.iv-don.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_60\\_pedonova.pdf\\_92363813b7.pdf](http://www.iv-don.ru/uploads/article/pdf/IVD_60_pedonova.pdf_92363813b7.pdf) (дата обращения: 23.12.2015).

14. Laser diode. Specifications for approval [Electronic resource]. – URL: <http://www.lecc.com.tw/UpFiles/200961615917.PDF> (accessed: 23.12.2015).

15. 700 Series Platinum RTDs. Temperature sensors [Electronic resource]. – URL: <http://sensing.honeywell.com/700-series-009018-3-en-final-21apr10.pdf?name=700-102AAC-B00> (accessed: 23.12.2015).

*Белавская Светлана Витальевна*, кандидат технических наук, доцент Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – приборы и системы медицинского назначения. Имеет более 150 публикаций. E-mail: belavsv@gmail.com

*Лисицына Лилия Ивановна*, доктор технических наук, профессор Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – приборы и системы медицинского назначения. Имеет около 400 публикаций. E-mail: lisitcinali@gmail.com

*Педонова Зоя Николаевна*, магистр техники и технологии, ассистент кафедры систем сбора и обработки данных Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – физиотерапевтические приборы. Имеет более 20 публикаций. E-mail: pedonovaz@gmail.com

*Навроцкий Леонид Григорьевич*, аспирант кафедры электронных приборов Новосибирского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – приборы и системы медицинского назначения. Имеет около 20 публикаций. E-mail: navrotsky@ngs.ru

### ***Development of a device for an intracavitary impact with spatial and time combination of five different factors\****

S.V. BELAVSKAYA<sup>1</sup>, L.I. LISITCYN<sup>2</sup>, Z.N. PEDONOVA<sup>3</sup>, L.G. NAVROTSKY<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, Ph.D., associate professor. E-mail: belavsv@gmail.com

<sup>2</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, D.Sc. (Eng.), professor. E-mail: lisitcinali@gmail.com

<sup>3</sup> Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, assistant lecture. E-mail: pedonovaz@gmail.com

<sup>4</sup> Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073, Russian Federation, postgraduate. E-mail: navrotsky@ngs.ru

In contemporary courses of therapy physical fields have already gained a sustainable position. An impact of low-amplitude physical fields (LAPF) on a human body does not cause allergic reactions or habituation as pharmacological intervention often does. LAPFs have a wide range of control parameters, do not cause any side effects and provide relatively low-cost medical procedures. Clinical practice shows that a greater number of biotropic options result in a higher therapeutic efficiency. Biotropic options are parameters of physiotherapy effects used in modern medical devices. In up-to-date devices for intracavitary impacts three or four types of physical factors arranged in a certain way towards the treated tissue are commonly used. Such treatment of internal cavities is quite complicated and time-consuming. The development of a device which provides the combination of both influencing factors (time and spacial) is an extremely urgent task for designers of modern medical technologies. This way of using combined physical fields has a few advantages: firstly, there are fewer side effects for patients during treatment of intracavitary diseases and, secondly, the procedure becomes less complicated, which is crucial for medical staff. Moreover, it also leads to a synergistic effect of therapeutic factors. Also, it is well known that increasing the number of influencing factors leads to a higher therapeutic efficiency. Thus, the results of investigating and designing a device for intracavitary impacts with spatial and time registration of five physical factors, namely, ultrasonic vibration, magnetic field, laser and thermal radiation, and electrical stimulation are reviewed and summarized in the article. The device consists of a working probe, an indifferent electrode and a power supply.

**Keywords:** Intracavitary device, combined effect, synergy, physical factors, magnetic field, electrostimulation, thermal and laser radiation, ultrasonic vibrations, waveguide

DOI: 10.17212/1814-1196-2015-4-21-33

### **REFERENCES**

1. Raigorodskii Yu.M., Seryanov Yu.V., Lepilin A.V. *Foreticheskie svoistva fizicheskikh polei i pribory dlya optimal'noi fizioterapii v urologii, stomatologii i oftal'mologii* [Phoretic properties of physical fields and tools for optimal physiotherapy in urology, dentistry and ophthalmology]. Saratov, Saratovskii universitet Publ., 2000. 268 p.
2. Samosyuk I.Z., Lysenyuk V.P. *Akupunktura* [Acupuncture]. Moscow, AST-Press Kniga Publ., 2004. 528 p.
3. Belavskaya S.V., Yeremina A.F., Yeremina I.M., Lisitcyna L.I., Rogachevskiy B.M. [Modern physiotherapy devices with spatial and temporal registration influencing factors]. *Materialy VII mezhdunarodnoi konferentsii Aktual'nye problemy elektronnoy priborostroeniya, APEP-2004. V 7 t.* [Proceedings of 7th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE-2004). In 7 vol.], Novosibirsk, 21–24 September 2004, vol. 5, pp. 152–155. (In Russian)

---

\* Received 03 June 2015.

4. Lisitsyna S.V., Lisitsyna L.I., Chushikina V.I. *Ustroistvo dlya polostnogo vozdeistviya* [The device for the recessed exposure]. Patent RF, no. 2101998, 1998.
5. Lisitsyna S.V., Borodina V.I., Lisitsyna L.I., Borodina M.A. *Mnogofunktsional'noe fizioterapevticheskoe ustroistvo* [The multifunction device physiotherapy]. *Trudy IIER – Rossiiskoi konferentsii "Mikrovolnovaya elektronika bol'shikh moshchnostei: izmereniya, identifikatsiya, primeneniye, 1997": IIP – ME'97* [Proceedings of the IEEE – Russian conference 1997 HIGH Power microwave electronics: measurements, identification, applications MIA – ME'97], Novosibirsk, 23–25 September 1997, pp. 222–226.
6. Lisitsyna L.I., Kuz'min A.N., Belavskaya S.V. *Rabochii organ apparatno-programmnogo kompleksa dlya refleksoterapii* [Working organ of hardware and software complex for reflexotherapy]. *Radiopromyshlennost' – Radio industry*, 2012, no. 1, pp. 158–168. (In Russian)
7. *SanPin 5804–91. Sanitarnyye normy i pravila ustroystva i ekspluatatsii lazerov* [Sanitary rules and regulations and the operation of laser devices], 1991.
8. *GOST 30324.5–95. Izdeliya meditsinskie elektricheskie. Ch. 2. Chastnye trebovaniya bezopasnosti k apparatam dlya ul'trazvukovoi terapii* [State Standard 30324.5–95. Medical electrical equipment. Pt. 2. Particular requirements for the safety of ultrasonic therapy equipment]. Moscow, Standartinform Publ., 2000. 11 p.
9. Belavskaya S.V., Lisitsyna L.I., Pedonova Z.N. *Ustroistvo dlya vozdeistviya na predstatel'nyu zhelezu* [Prostate exposure apparatus]. Patent RF, no. 2509580, 2014.
10. Belavskaya S.V., Lisitsyna L.I., Mokrousov A.V. *Ustroistvo dlya otsenki parametrov kozhnogo pokrova v oblasti biologicheskii aktivnykh* [The device for estimation of the skin parameters in the area of biological active points]. *Voprosy radioelektroniki. Seriya: Radiolokatsionnaya tekhnika – Questions radio-electronics. Seria: Radar technology*, 2014, iss. 2, pp. 141–147. (In Russian)
11. Lisitsyna L.I., Belavskaya S.V., Pedonova Z.N. *Ustroistvo dlya vnutripolostnogo vozdeistviya s prostranstvennym i vremennym sovmeshcheniem pyati vozdeistvuyushchikh faktorov* [Device for intracavitary action with spatial and temporal combining five influencing factors]. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki – Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*, 2012, no. 1 (25), pt. 1, pp. 241–245.
12. Belavskaya S.V. *Ul'trazvukovye terapevticheskie izluchateli s maloi rabochei ploshchad'yu* [Ultrasonic therapeutic emitters with a small working area]. *Nauchnyi vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Science bulletin of the Novosibirsk state technical university*, 2006, no. 1 (22), pp. 43–60.
13. Pedonova Z.N. [Development elementary inductor for the system magnetotherapy local action with discrete-controlled structure of the field]. *Inzhenernyi vestnik Dona – Engineering journal of Don*, 2015, no. 3. (In Russian) Available at: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_60\\_pedonova.pdf\\_92363813b7.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_60_pedonova.pdf_92363813b7.pdf). (accessed 23.12.2015)
14. Laser diode. Specifications for approval. Available at: <http://www.lecc.com.tw/UpFiles/200961615917.PDF> (accessed 23.12.2015)
15. 700 Series Platinum RTDs. Temperature sensors. Available at: <http://sensing.honeywell.com/700-series-009018-3-en-final-21apr10.pdf?name=700-102AAC-B00> (accessed 23.12.2015)