

## Прилади і системи біомедичних технологій

УДК 615.849.11

### БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ФІЗІОТЕРАПЕВТИЧНІ АПАРАТИ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ

*Терещенко М.Ф., Кулик З.В., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Для вдосконалення сучасних принципів проектування багатофункціональних фізіотерапевтичних приладів проведено аналіз методів і засобів фізіотерапії та дослідження високоекономічних апаратів. У фізіотерапевтичній практиці для лікування серійно випускається велика різноманітність ультразвукових, магнітних, лазерних та комбінованих медичних апаратів. Для подальшого розвитку фізіотерапії доцільно звернути увагу на розширення параметрів, підвищення ефективності роботи та лікувального впливу апаратів комплексної дії. Розроблені комбіновані принципи побудови універсального багатофункціонального фізіотерапевтичного апарату ультразвукової та магнітної терапії з додатковим введенням генератора лазерного випромінювання, блоку лазерного випромінювання та датчиків режиму безпеки. Запропоновано покращити ефективність роботи фізіотерапевтичної апаратури вдосконаленням сучасних принципів її проектування та розширення діапазону основних параметрів.

**Ключові слова:** фізіотерапія, магнітне поле, лазерне випромінювання, ультразвук, ультразвукова терапія, магнітотерапія, лазеротерапія, магнітолазеротерапія, магнітолазероультразвукова терапія, фізіотерапевтичні апарати.

#### Вступ

Одночасне застосування комплексу фізичних факторів стало одним з важливих напрямків в сучасній фізіотерапії. Досить широко у наш час застосовується комбінація магнітного поля з низькоінтенсивним лазерним випромінюванням та ультразвуком. Ультразвук має низку специфічних властивостей, які визначають його широке використання в різних сферах людської діяльності. Ці особливості зумовлені високою частотою і, відповідно, малою довжиною хвилі, що визначає променевиї характер розповсюдження ультразвуку, а також можливістю досягнення великих значень інтенсивності. Вплив лазерного випромінювання на біологічні тканини, в свою чергу, призводить до теплової, ударної дії та світлового тиску. Біологічний ефект при дії на організм людини змінного магнітного поля є наслідком трьох основних складових: електродинамічної дії цього поля на іонні струми в організмі, магнітомеханічної дії магнітного поля на частинки з некомпенсованими магнітними спінами, іонного циклотронного резонансу катіонів та аніонів органічних рідин організму. Основою дії магнітного поля низької частоти на біологічні системи є зміна обміну речовин, біохімічних процесів та метаболізму. Залежно від різних обставин прояви кожного випромінювання окремо чи їхня сумарна дія можуть набувати досить різних значень [1].

Дослідженню впливу методів фізіотерапії на біологічні об'єкти присвячена значна кількість робіт [1 – 9]. У сучасному медичному приладобудуванні є досить велика кількість різноманітних концепцій розробки та проектування комбінованих фізіотерапевтичних апаратів комплексної дії, застосування комбінованого випромінювання займає досить вагоме місце, проте

багатофункціональні фізіотерапевтичні апарати комплексної дії завжди потребують вдосконалення у зв'язку зі стрімким та безупинним розвитком різноманітних медичних приладів.

Тому головним завданням при створенні фізіотерапевтичної апаратури комплексної дії є вирішення проблеми підвищення ефективності її роботи та лікувального впливу на біологічний об'єкт.

### **Постановка задачі**

Для вдосконалення принципів побудови фізіотерапевтичної апаратури та підвищення ефективності її роботи необхідно провести критичний аналіз методів та засобів фізіотерапії, а також дослідити високоекономічні апарати, які забезпечують точну дозовану та керовану дію комбінованого випромінювання на біологічний об'єкт.

### **Дослідження перспективних способів побудови фізіотерапевтичних апаратів комплексної дії**

Для лікування в фізіотерапії застосовано різноманітність ультразвукових, магнітних, лазерних та комбінованих медичних приладів: для ультразвукової терапії «УЗТ-1», «УЗТ-2», «Гамма», «ЛОР-1», «УЗТ-1.01 Ф» та ін., для магнітотерапії «МАГ-30», «МИТ-1 МР» та ін., для лазеротерапії «Рікта 04/4», «Мустанг 2000» та ін., для магнітолазеротерапії «МИТ 1 МЛТ», «Мілта Ф-8-01» та ін., для магнітолазероультра звукової терапії «МИТ-11» тощо [1]. Здебільшого ці прилади працюють у двох робочих режимах, а саме в безперервному чи імпульсному, вони є доволі портативні та мають конкретні параметри інтенсивності і частоти, але вони не завжди можуть задовольнити потреби пацієнта і потребують постійного вдосконалення. Тому для подальшого розвитку фізіотерапії доцільно звернути увагу на забезпечення гарантованого контрольованого контакту між випромінювачем і біологічною тканиною та значно розширити перелік параметрів приладів, що робить можливим суттєве підвищення ефекту фізіотерапії внаслідок нормованої дії на органи і тканини дозованим по амплітуді та тривалості ультразвуковим, магнітним і лазерним випромінюванням.

Ультразвукові терапевтичні апарати зазвичай мають дві або три фіксовані робочі частоти, часто з взаємозамінними перетворювачами і дають можливість плавно або дискретно змінювати величину інтенсивності. Більшість приладів мають можливість працювати в неперервному або одному чи багатократному імпульсному режимах. Імпульсні режими обираються головним чином у тому випадку, коли хочуть зменшити дію теплового ефекту, та більш ефективно використовувати саме дію ультразвуку чи параметрів лазерного випромінювання на живу біологічну тканину [2, 3].

Вплив лазерного випромінювання низької інтенсивності на окремі зони або тканини людини, які знаходяться під дією постійного або імпульсного магнітного поля отримало назву магнітолазеротерапія. Лікувальний ефект посилюється в магнітному полі терапевтичної інтенсивності (12 – 40) мТл внаслідок більшого поглинання інфрачервоного діапазону випромінювання при

колінеарному розташуванні молекулярних диполів, що виникають в магнітному полі [4, 5].

У 2002 році були розроблені спосіб та обладнання для комплексного фізіотерапевтичного впливу [6], що дали можливість діяти на біологічні системи комбінованим випромінюванням. Такий комбінований лікувальний вплив завдяки позитивному та досить ефективному результату дав змогу вирішити нові завдання медичної практики та надав поштовх для подальшого вдосконалення та впровадження перспективно нових принципів побудови фізіотерапевтичних приладів.

У фізіотерапевтичній практиці найчастіше використовуються методи поєднання ультразвукової терапії з магнітною терапією. Цей напрям комбінованої терапії з апаратною реалізацією поєднання ультразвукового випромінювача з магнітним індуктором наразі має провідні позиції в медичному приладобудуванні та широко використовується для досягнення максимально можливого і ефективного лікувального впливу. Подібний комбінований багатофункціональний фізіотерапевтичний апарат ультразвукової та магнітної терапії наведено у роботі [7], в якому випромінювач ультразвукових хвиль і кероване джерело магнітної індукції конструктивно виготовлені у вигляді єдиного циліндричного випромінювача, у центрі якого знаходиться випромінювач ультразвукових хвиль, що охопений пустотілим соленоїдом.

Проте недоліком цього комбінованого апарату є невисока ефективність лікувальної дії на пацієнта в порівнянні з апаратами, що додатково використовують комбіновані методи нормованого впливу на біологічні тканини. Якщо ж у правильно підібраній фізіотерапевтичній дії комплексно додаються один до одного нормовані впливи позитивних ефектів, що діють в одному напрямі кількома фізичними чинниками та послаблюють негативний вплив окремих фізіологічних компонентів, то збільшується ефективність процедурного спільного впливу на біологічну тканину.

Для вирішення проблеми апаратної реалізації приладів фізіотерапії з використанням різних режимів впливу на біологічну тканину запропоновано у роботі [8] принцип побудови комбінованого багатофункціонального фізіотерапевтичного апарату з контролем гарантованого контакту поверхні ультразвукового випромінювача з біологічною тканиною. Недоліком такого апарату є складність апаратної реалізації, а також наведений прилад працює тільки з двома фізичними факторами фізіотерапевтичної дії: випромінювачем ультразвукових хвиль та магнітної індукції.

### **Розробка вдосконалених способів побудови багатофункціональних фізіотерапевтичних апаратів комплексної дії**

На основі розглянутих способів побудови багатофункціональних апаратів комплексної дії пропонується розширення можливостей попередніх з підвищенням ефекту фізіотерапевтичної процедури, а саме ультразвукової терапії комплексною дією на органи і тканини модульованим по амплітуді та частоті ультразвуком, дозованою дією магнітної індукції та лазерного

випромінювання, з параметрами точної активації іонних реакцій, прискоренням циклу обмінних процесів у клітинах та мембранах, з додатковим нормованим одночасним впливом на організм вузькосмуговим точковим із заданою довжиною хвилі лазерним випромінюванням, що відповідає сучасному рівню медичних апаратів.

Універсальний багатофункціональний апарат ультразвукової та магнітної терапії [8] має керований генератор лазерного випромінювання, блок лазерного випромінювання та датчики режиму безпеки. Випромінювач ультразвукових хвиль, кероване джерело магнітної індукції та блок лазерного випромінювання утворюють єдиний блок комбінованого випромінювача ультразвукових хвиль, магнітної індукції та лазерного випромінювання, в який вмонтовані датчики режиму безпеки, що мають двонаправлений зв'язок з програмованим блоком керування [9]. Ультразвуковий сигнал спільно зі сигналом магнітної індукції та лазерним випромінюванням суттєво активує обмінні процеси в клітинах та їхніх мембранах у зв'язку з тим, що магнітне поле з індукцією ( $0,5 \div 35$ ) мТл діє направлено на біологічну тканину з частотою сигналу ( $0,2 \div 50$ ) Гц і скважністю імпульсів ( $2 \div 20$ ). Багатофункціональний апарат (рис. 1) містить наступні блоки: 1 – генератор; 2 – модулятор; 3 – буферний каскад; 4 – попередній підсилювач; 5 – вихідний підсилювач; 6 – інфразвуковий генератор; 7 – буферно-підсилюючий каскад; 8 – індикатор вихідної потужності; 9 – блок живлення; 10 – програмований блок керування; 11 – генератор струму; 12 – блок від'ємного зворотного зв'язку; 13 – кероване джерело магнітної індукції; 14 – випромінювач ультразвукових хвиль; 15 – циліндричний випромінювач; 16 – датчик режиму безпеки; 17 – керований генератор лазерного випромінювання; 18 – блок лазерного випромінювання; 19 – змінні високочастотні коливання; 20 – інфразвукові коливання; 21 – вихідні ультразвукові коливання (промодульований сигнал); 22 – задаючий сигнал для генератора струму; 23 – згенерований сигнал з генератора струму на вході керованого джерела магнітної індукції; 24 – сигнал випромінювання магнітної індукції; 25 – сигнал; 26 – пронормований сигнал лазерного променя.

Розглянемо роботу апарату. Задаючий генератор 1 генерує змінні високочастотні коливання 19, які поступають на перший вхід модулятора 2. Водночас на другий вхід модулятора 2 поступає сигнал з інфразвукового генератора 6 через буферно-підсилюючий каскад 7, який підсилює інфразвукові коливання 20, частота та амплітуда якого близькі до біопотенціалів органів і тканин людини. Таким чином в модуляторі 2 виконується амплітудна модуляція високочастотного сигналу низькочастотним з глибиною модуляції 80 – 95%. Промодульований сигнал надходить через буферний каскад 3 на підсилювачі попередній 4 та вихідний 5 і формується ультразвуковим перетворювачем 14 у вигляді акустичних коливань. Паралельно цьому з програмованого блока керування 10 до генератора струму 11 надходить задаючий сигнал для генератора струму 22, з якого до керованого джерела магнітної індукції 12 надходить сигнал генератора струму, на вході керованого джерела магнітної індукції 23 випромінюється сигнал магнітної індукції 24. Від програмованого блока керуван-

ня 10 сигнал поступає на керований генератор лазерного випромінювання 17, де генерується сигнал 25, і далі поступає на блок лазерного випромінювача 18, де формується заданий пронормований сигнал лазерного променя 26.

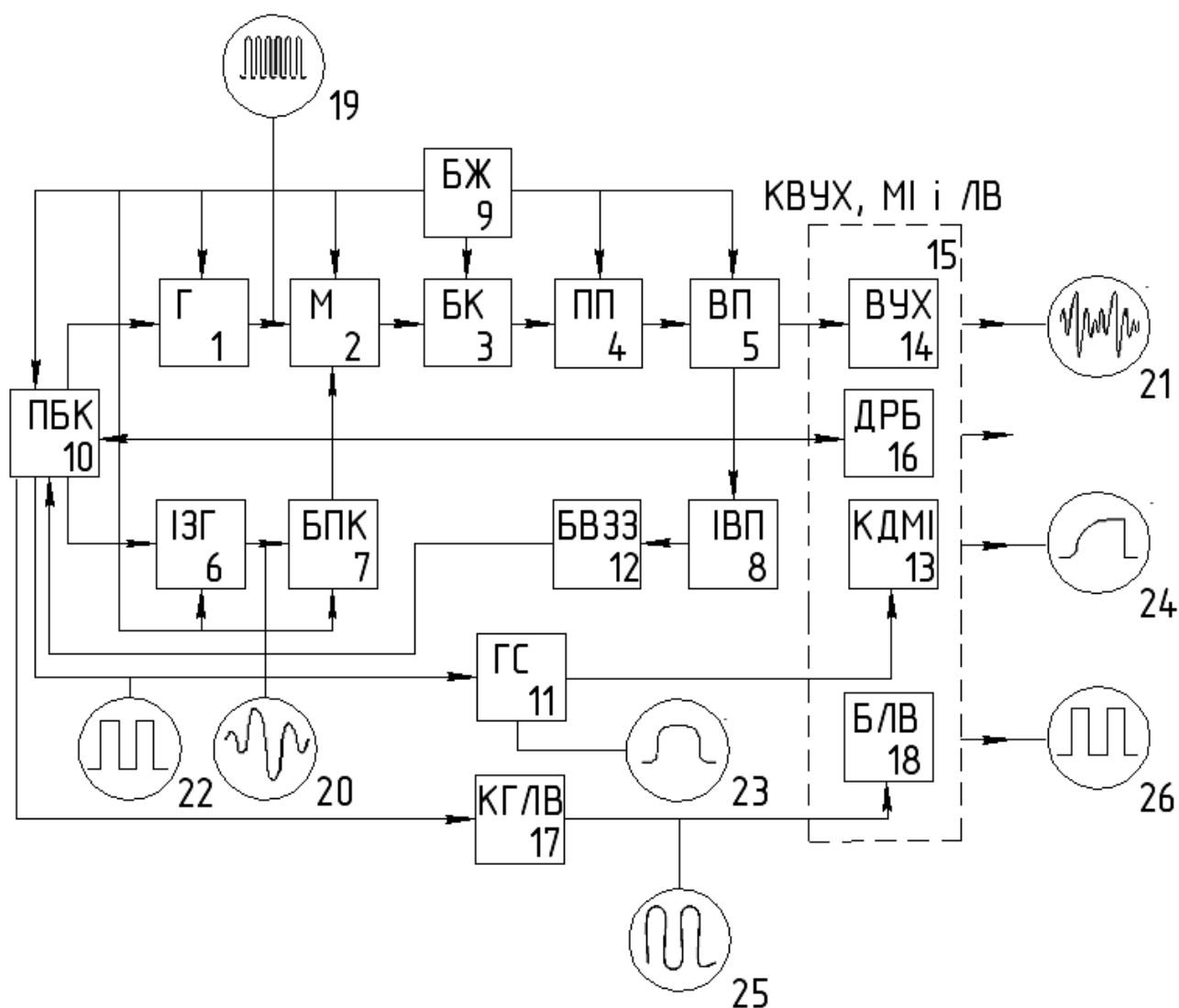


Рис. 1. Функціональна схема універсального багатофункціонального фізіотерапевтичного апарату

Отже, значно розширюються функціональні можливості апарату внаслідок додаткового введення керованого генератора лазерного випромінювання, блока лазерного випромінювання та датчиків режиму безпеки. Це дозволило автоматизувати процес фізіотерапевтичних процедур із забезпеченням нормованого впливу комплексу фізіотерапевтичних факторів: ультразвуку, магнітної індукції та лазерного випромінювання. Як при одночасній дії, так і в різних комбінаціях, при перевищенні дозволених і заданих параметрів впливу нормованих параметрів ультразвуку, магнітної індукції та лазерного випромінювання забезпечено спрацюванням датчиків безпеки впливу випромінювання на біологічну тканину.

Для подальшого розвитку фізіотерапії доцільно звернути увагу на підвищення ефективності її роботи, вдосконалення сучасних принципів проектування та розширити параметри динамічного, частотного діапазонів та інтенсивності, що може суттєво покращити лікувальний ефект.

### **Висновки**

Досліджено перспективні способи побудови багатофункціональних фізіотерапевтичних апаратів комплексної дії. Розроблені вдосконалені принципи побудови апаратів забезпечують розширені функціональні можливості впливу на біологічний об'єкт.

Запропоновано покращення ефективності роботи подібної апаратури вдосконаленням сучасних принципів її проектування та розширення переліку основних параметрів.

### **Література**

1. Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии: Учебное пособие. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. – 176 с.
2. Применение ультразвука в медицине. Физические основы / Е. Миллер, К. Хилл. – М.: Мир, 1989. – 568 с.
3. Ультразвуковая терапия / В.С. Улащик, А.А. Чиркин. – Мн., 1983. – 254 с.
4. Улащик В.С. Некоторые итоги и перспективы исследования биологического и лечебного действия магнитных полей и ультразвука // Применение магнитных полей и ультразвука в лечебных целях: Сб. науч. тр. – Л., 1985. – С. 7.
5. Звелто О. Принципы лазеров. – М.: Мир, 1990. – 559 с.
6. Пат. 49245 Україна. МКП 6. А61Н23/00, А61Н33/00. Спосіб та обладнання для комплексного фізіотерапевтичного впливу / Ключко Т.Р., Скицюк В.І., Гончаренко О.В. - u2001096480; заявл. 21.09.2001; опубл. 16.09.2002, Бюл. № 9.
7. Пат. 40266 Україна. Багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Перунін Р.О. - u200813838; заявл. 01.12.2008; опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6.
8. Пат. 53876 Україна. Автоматизований багатофункціональний пристрій для ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Кирилова. А.В.- u201003416; заявл. 24.03.2010; опубл. 25.10.2010, Бюл. № 6.
9. Заявка на патент України № u 2010 09464 Універсальний багатофункціональний апарат ультразвукової терапії / Терещенко М.Ф., Кулик З.В., Терещенко М.М. Пріоритет 28.07.2010.

### **Н. Ф. Терещенко, З. В. Кулик**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

### **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Для усовершенствования современных принципов проектирования многофункциональных физиотерапевтических приборов проведён анализ методов и способов физиотерапии и исследование высокоэкономичных аппаратов. В физиотерапевтической практике для лечения серийно выпускается большое количество ультразвуковых, магнитных, лазерных и комбинированных медицинских аппаратов. Для дальнейшего развития физиотерапии целесообразно обратить внимание на расширение параметров, повышения эффективности работы и лечебного влияния аппаратов комплексного действия. Разработаны комбинированные принципы построения универсального многофункционального физиотерапевтического аппарата ульт-

развукowej и магнитной терапии путём дополнительного введения генератора лазерного излучения, блока лазерного излучения и датчиков режима безопасности. Предложено улучшить эффективность работы физиотерапевтической аппаратуры путём усовершенствования современных принципов её проектирования и расширения диапазона основных параметров.

**Ключевые слова:** физиотерапия, магнитное поле, лазерное излучение, ультразвук, ультразвуковая терапия, магнитотерапия, лазеротерапия, магнитолазеротерапия, магнитолазеро-ультразвукотерапия, физиотерапевтические аппараты.

**N.F. Tereschenko, Z.V. Kylik**

*National technical university of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

MULTIFUNCTION PHYSICAL THERAPY VEHICLES OF COMPLEX ACTION

For the improvement of modern principles of planning of multifunction physical therapy devices the analysis of methods and means of physiotherapy and research is conducted high economical vehicles. In physical therapy practice for treatment plenty of ultrasound, magnetic, laser and combined medical devices is mass-produced. For further development of physiotherapy it is expedient to pay regard to expansion parameters, increases of efficiency works and medical influence of vehicles of complex action. The combined principles of construction of universal multifunction physical therapy vehicle of ultrasonic and magnetic therapy are developed by additional introduction of generator of laser radiation, block of laser radiation and sensors of the mode of safety. It is suggested to improve efficiency of work of physical therapy apparatus by the improvement of modern principles of its planning and expansion of range of basic parameters.

**Keywords:** physiotherapy, magnetic field, laser radiation, ultrasound, ultrasound therapy, magnetotherapy, photoradiotherapy, magnetophotoradiotherapy, magnetophotoradioultrasound therapy, physical therapy vehicles.

*Надійшла до редакції  
28 серпня 2010 року*