

- регулювання, яке до них застосовується, відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», *Метрологія та прилади*, №1, С. 6 – 14, 2020.
- [8] Постанова Кабінету Міністрів України від 04.06.2015 №374 «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів виміральної техніки, що підлягають періодичній повірці»
- [9] Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 08.02.2016 № 193 «Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів виміральної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів».
- [10] Кузьменко Ю., Черепков С., Потоцький І., Несвідоміна Л., Мілковська Н. (2017) «Калібрування засобів виміральної техніки відповідно до вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» та його значення для отримання зіставних та простежуваних результатів вимірювання, їх міжнародного визнання» // *Метрологія та прилади* // – №5. – С. 3 – 12

УДК 615.849.11

АЛГОРИТМИ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЮ КОМП'ЮТЕРНО–ІНТЕГРОВАНОЮ МЕДИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Дейнеко Б.С., Терещенко М. Ф.

Національний технічний університет України

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: bogdandeyneko08@gmail.com , agfarkpi@i.ua

Ультразвукова терапія (УЗТ) займає провідне місце серед методів фізіотерапевтичного лікування завдяки своїй неінвазивності, точності впливу та здатності забезпечувати локалізовану стимуляцію біологічних тканин [1]. УЗТ дозволяє ефективно лікувати широкий спектр захворювань, зокрема патології опорно-рухового апарату, запальні процеси, спортивні травми, ревматизм, захворювання периферичної нервової системи та інші [2]. При цьому фізичне навантаження на організм пацієнта є мінімальним, а ризик побічних ефектів – значно нижчим порівняно з медикаментозним чи хірургічним втручанням [3-4]. Саме це зумовлює високу популярність ультразвукових апаратів у клінічній практиці та постійний попит на їх удосконалення з боку медичної галузі.

Сучасні тенденції розвитку медичних апаратів та приладів орієнтовані на максимальну автоматизацію, персоніфікацію лікувального процесу та впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій, які здатні забезпечити точне керування, зворотній зв'язок із сенсорними системами та гнучку адаптацію до індивідуальних параметрів пацієнта [5]. Це особливо актуально для ультразвукової терапії, де навіть незначні відхилення інтенсивності, температури або тиску можуть призвести до зниження ефективності впливу або викликати небажані фізіологічні реакції. Тому розробка систем керування, які здатні оперативно оцінювати поточні значення параметрів, приймати рішення щодо їх корекції та забезпечувати сталу якість терапевтичного сигналу, є одним з основних пріоритетів галузі [6].

Ультразвукова комп'ютерно-інтегрована медична система (УКІМС), розроблена нами (рис.1), що розглядається в даному дослідженні, є новітнім підходом до побудови інтелектуальних фізіотерапевтичних апаратів та систем [7]. Основою її функціонування є модульна архітектура, яка об'єднує генератори сигналів, керовані підсилювачі, датчики зворотного зв'язку, обчислювальні модулі та дистанційний пульт керування в єдину цілісну систему[8]. Важливою особливістю УКІМС є наявність спеціалізованих блоків захисту від зовнішніх і внутрішніх завад, які виникають під час передачі керувальних сигналів до апарату та і в зворотному напрямку. Це дозволяє підвищити надійність обміну інформацією в умовах впливу електромагнітних перешкод, що типово для лабораторно-клінічного середовища або під час мобільного використання пристрою. Для забезпечення цілісного управління процесами ультразвукової терапії в межах комп'ютерно-інтегрованої медичної системи була розроблена узгоджена архітектура логіки керування, яка враховує вимоги до безпеки, точності та адаптивності. Центральною складовою цієї архітектури є алгоритмічна модель функціонування системи, яка визначає порядок взаємодії між апаратними модулями, сенсорними блоками та засобами дистанційного керування [9].

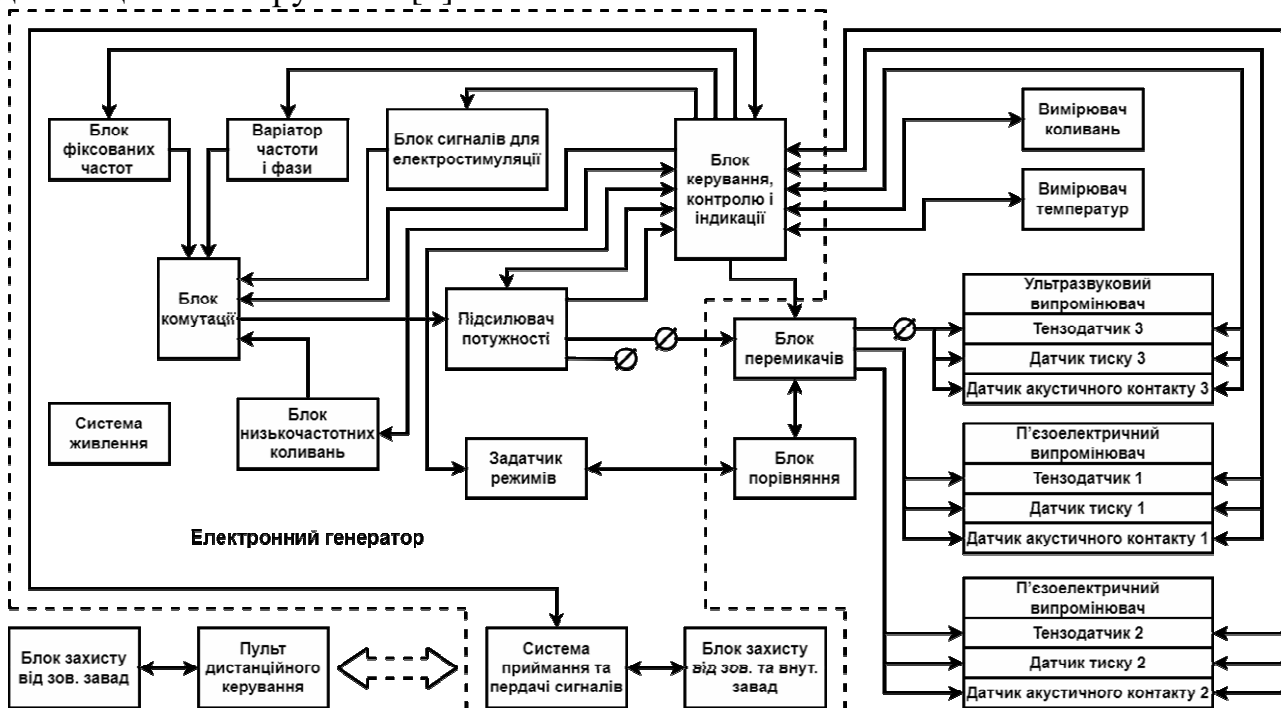


Рис. 1. Структурна схема УКІМС

Алгоритм роботи УКІМС (рис.2) починається з вибору індивідуальних параметрів пацієнта, що дозволяє враховувати індивідуальні фізіологічні особливості при формуванні терапевтичного впливу. Далі підключення системи до мережі живлення, що активує її апаратну частину. Одразу після цього проводиться тест-контроль блоків системи шляхом автоматичної самодіагностики. У випадку виявлення відхилень процедура не розпочинається, і на дисплей виводиться відповідне повідомлення. При позитивному тест-

контроль виконується активація основних блоків апарату, після чого система переходить до попереднього контролю якості акустичного контакту між аплікатором та тілом пацієнта. Якщо контакт є недостатнім або відсутній, система не дозволяє перейти до генерації сигналів, вона сповіщає про недостатній акустичний контакт і чекатиме поки не поправлять аплікатор. При надійному контакту запускається блок фіксованих частот, а також активуються вимірювальні датчики — ультразвукові, температурні та тензометричні. Далі виконується генерація електричних сигналів на фіксованих частотах та активація генератора ультразвуку через керований підсилювач, після чого система переходить до встановлення основних параметрів фізіотерапевтичної процедури.

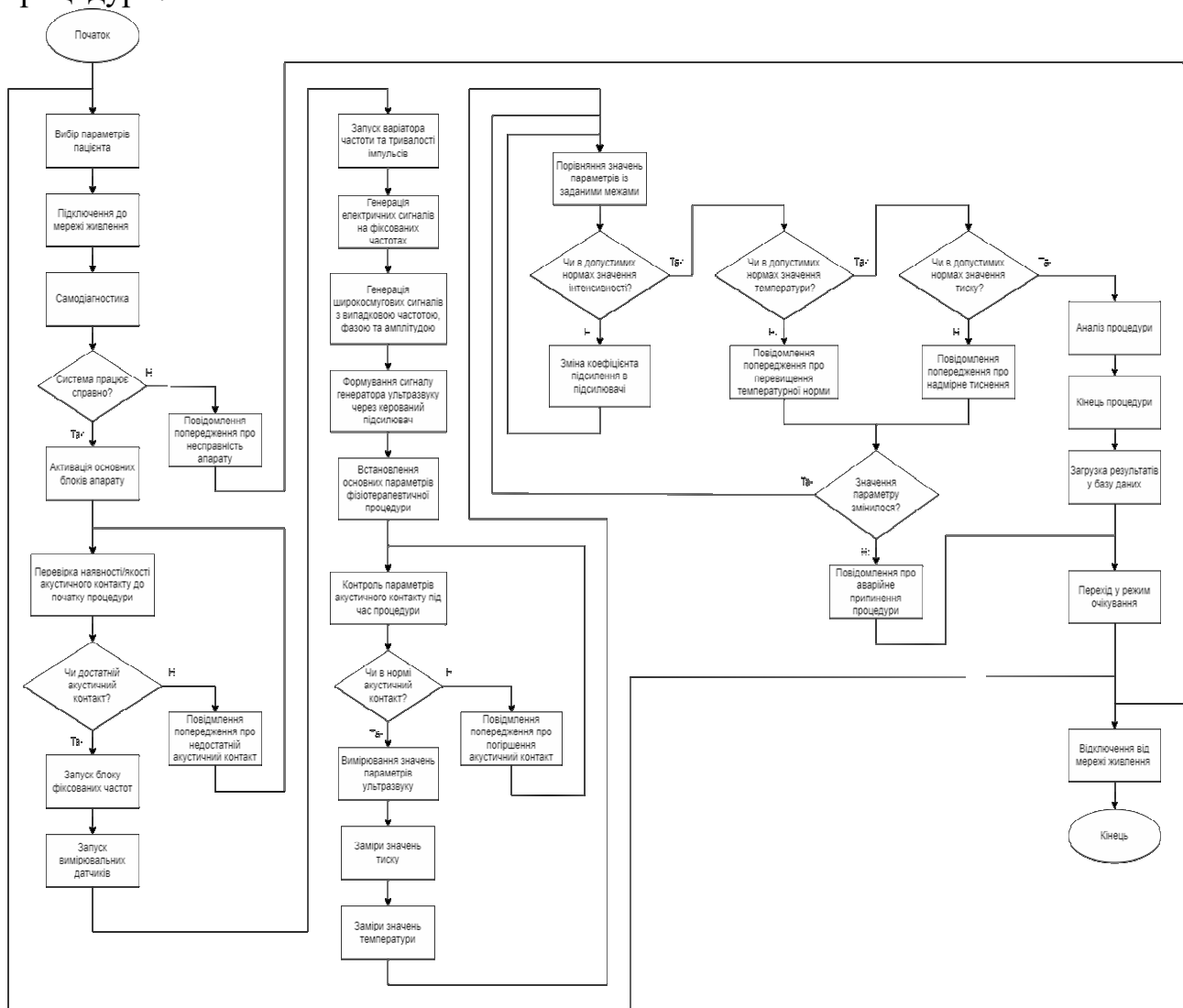


Рис. 2. Алгоритми керування та роботи УКІМС

Задаються значення інтенсивності ультразвуку I_{cp} (I_{max}), тиску P_{cp} (P_{max}), робочої частоти f , тривалості дії ультразвукового імпульсу Δt , температури тканин T_{cp} (T_{max}) та її градієнтів ΔT , амплітуди коливань шару біологічної тканини A_{max} , тиску P_{cp} (P_{max}). В ході процедури виконується постійний контроль параметрів: спочатку оцінюється, чи відповідає інтенсивність допустимим

нормам. При відхиленні система через блок перемикачів передає сигнал на мікропроцесор керування, який ініціює зміну коефіцієнта підсилення потужності, щоб повернути параметри в межі норми.

Далі перевіряється температура – якщо вона перевищує допустиме значення, система формує попередження про перегрів, а інформація надсилається на пульт дистанційного керування. У випадку ігнорування повідомлення процедура автоматично припиняється і апарат переходить в режим очікування. Аналогічно виконується перевірка тиску. Випадку його перевищення формується повідомлення про надмірне притискання аплікатора. І в разі ігнорування повідомлення процедура автоматично припиняється і апарат переходить в режим очікування.

Якщо всі параметри залишаються в межах допустимих значень, процедура триває до завершення. По її завершенні проводиться автоматичний аналіз отриманих результатів та формування звіту. Зібрані дані зберігаються у внутрішній базі системи, після чого система переходить у режим очікування. Далі можна провести процедуру іншому пацієнту або вимкнути апарат.

У результаті проведеного дослідження було розроблено та описано алгоритм функціонування ультразвукової комп'ютерно-інтегрованої медичної системи (УКІМС), який забезпечує послідовне керування всіма етапами фізіотерапевтичної процедури з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта. Запропонована система вирізняється високим рівнем автоматизації, наявністю модулів самодіагностики, багатофакторного сенсорного контролю та адаптивного регулювання параметрів впливу. Особливу увагу приділено підвищенню безпеки застосування через реалізацію перевірки критичних параметрів з можливістю автоматичного припинення процедури при відхиленнях. Таким чином, алгоритм і структура УКІМС створюють надійне підґрунтя для впровадження інтелектуальних фізіотерапевтичних систем у клінічну практику.

Ключові слова: автоматизація фізіотерапії, комп'ютерно-інтегрований комплекс, ультразвукові коливання, біосередовище, контроль параметрів температури і механічних коливань.

Література

- [1] Седов, В. В., Козлов, В. В. (2015). Фізичні основи ультразвукової діагностики. Фізика медичних технологій, 4(1), 5–14.
- [2] Паньков С.Б., Терещенко М.Ф. Залежність параметрів проникнення фармакологічних препаратів у біологічну тканину від дії ультразвукових коливань різної інтенсивності / Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 29(68), №4, ч.1, 2018. – С.61-66.
- [3] Ковальчук, П. В. (2018). Інтеграція штучного інтелекту в ультразвукові системи. Науковий вісник НТУ "ХПІ", 5, 24–30
- [4] Матвієнко С. М. Вплив процесів конвекції в рідині на похибку вимірювання теплопровідності методом прямого підігріву термістора / С. М. Матвієнко, Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, А. М. Матвієнко // Наукові вісті НТУУ —КПІ. – 2017. – № 4. – С. 121–130
- [5] O. Yanenko, K. Shevchenko, T. Klochko, R. Tkachuk, V. Kuz, “Computerized Radiometric

- System for Measuring Microwave Radiation of Biological Objects”, CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3628, pp. 483–490. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/short25.pdf>
- [6] A.V. Kyrylova, M. F. Tereshchenko, H. S. Tymchyk and V.Yu. Rudyk, “Alhorytm avtomatyzovanoho otsiniuvannia vplyvu ultrazvuku na biolohichnu tkanynu”, Visnyk of NTUU “KPI”. Series Instrument Making, vol. 5, pp. 98-102, 2013. (in Ukrainian)
- [7] Дейнеко Б.С., Боруґа М.І., Терещенко М.Ф Високоточна ультразвукова комп’ютерно-інтегрована медична система / Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика : матеріали V Міжнарод. наук.-техн. конфер., 28-29 листопада 2024 р. / Р.В. Кривобок (голова оргком.) X. 2024. с.66-67.
- [8] Jain, A., & Das, S. (2023). Integrated Medical Systems: The Role of Ultrasound in Modern Diagnostics. Academic Press.
- [9] Kyrylova and N. Tereshchenko. Estimation of ultrasound influence on biological tissue, in Proc. XIII Int. Ph.D. Workshop OWD 2011, Conference Archives PTETIS, Wisla, Poland, 2011, pp. 319–323.

УДК 617.7-007.681

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИВЕДЕННЯ ВНУТРІОЧНОЇ РІДИНИ ПРИ ГЛАУКОМІ В ДИТЯЧОМУ ВІЦІ

¹⁾Ткачук Р.А., ¹⁾Ткачук Р.М., ¹⁾Дедів Л.Є., ²⁾Яненко О.П.

¹⁾Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Тернопіль, Україна

²⁾Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Київ, Україна
E-mail: romantkachuk48@gmail.com; op291@meta.ua

Авторами розроблена математична модель для розрахунку кількісної витрати рідини через дренажну систему із застосуванням формули Хагена-Пуазейля та швидкості витоку внутріочної рідини, яка дозволяє з вищою ефективністю та точністю (до 10%), враховувати реальні значення параметрів на початковому етапі розвитку глаукоми у дітей. Останнім часом випадки повної або часткової втрати зорових функцій дітей, що характеризує підвищення внутріочного тиску, все частіше виявляють серед осіб, в тому числі у дитячій офтальмології [1,2]. Авторами розглянута ця задача, яка потребує швидкого вирішення, а саме своєчасного виявлення та індивідуального підходу при лікуванні складних стадій розвитку глаукоми у дитячому віці. В цьому випадку застосування фармацевтичних засобів часто буває недостатнім, тому, як альтернатива: рекомендується хірургічне втручання. Встановлено, що існує потреба зосереджити увагу на більш точному моделюванні процесу витоку внутріочної рідини у дітей при пошкодженні їхньої трабекулярної мережі та пошук шляхів створення ефективних засобів регулювання внутріочного тиску (ВОТ). В цих складних умовах в якості технічних засобів часто використовували клапани Ахмеда, хоча у випадку дитячої хірургії, враховуючи проблему росту, необхідно більш ретельно проводити вибір елементів дренажу з враховуванням індивідуальних особливостей дитячого організму[3,4]