

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Белікова Олександра Євгеновича на тему: «Підвищення ефективності елементів комп'ютерних систем і мереж для профілактики і лікування засобами фототерапії», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Сучасні комп'ютерні та комп'ютерно-інтегровані системи використовуються для забезпечення ефективного функціонування організаційно-технічних комплексів, виконання різноманітних технологічних процесів, забезпечення автоматизації діагностичних та терапевтичних процесів в медичній галузі та повинні враховувати внутрішні та зовнішні фактори впливу на стан пацієнтів. Вимірювані сигнали медичного-біологічного походження які відображають процеси в середині біотканини як об'єкту терапевтичного впливу, містять важливу інформацію щодо ефективності терапії, в тому числі, енергетичних параметрів.

Проведені Беліковим О.Є. дослідження спрямовані на розробку методів і засобів, що забезпечать підвищення ефективності комп'ютеризованого терапевтичного впливу різного призначення за рахунок удосконалення засобів системи моніторингу параметрів про стан пацієнта, що реєструються різними датчиками синхронізовано з біологічними процесами і передаються віддалено для формування експертного висновку та прийняття рішення і реалізації керованих процедур, є актуальним з теоретичної та практичної точки зору.

Дисертація виконувалась як складова частина досліджень відповідно до програм і планів Міністерства освіти і науки України в рамках науково-дослідних робіт Чорноморського національного університету ім. Петра Могили: «Розроблення мобільних малогабаритних та стаціонарних бездротових приладів ранньої діагностики, профілактики, лікування та посттравматичних відновлень військово-цивільного застосування», номер державної реєстрації – 0119U100422; «Розробка модулів автоматизації бездротових приладів відновлення пост-інфарктних, пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації», у яких автор був виконавцем. Також протягом 2017–2020 років

автор як виконавець та керівник брав участь у ряді наукових проєктів, що спрямовані на вдосконалення комп'ютеризованих систем лікування засобами фототерапії в рамках стартапів, що також підтверджує інноваційну спрямованість роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації в дисертаційній роботі Белікова О.Є. є достатніми та належним чином обґрунтованими. Вивчені та критично проаналізовані відомі досягнення і теоретичні положення інших авторів за тематикою дослідження.

Коректно використані відомі наукові методи для обґрунтування отриманих результатів, висновків і рекомендацій. Для підтвердження теоретичних положень автором проведені відповідні експериментальні дослідження. Висновки дисертації є достатньо повними, логічними та відображають її сутність.

Характерною особливістю роботи вважаю розроблені та реалізовані елементи комп'ютеризованого обладнання практичного та дослідного призначення, що забезпечує автоматизований контроль параметрів стану пацієнта, синхронізацію та реалізацію фототерапевтичного впливу з процесами у біотканинах, впровадження новітніх методів опромінювання біотканини з активацією клітин фотонами у магнітних полях, що ґрунтуються на технічних, алгоритмічних і програмних компонентах комп'ютеризованих систем терапії та перед процедурної повірки.

Наукова новизна дисертаційної роботи:

– вперше розроблено модель комп'ютерно-інтегрованої системи, що реалізує спосіб резонансно-конформаційної терапії у середовищі Arduino контролерів, яка за рахунок формування керованого опромінення в умовах стаціонарного та імпульсного магнітних полів забезпечують задану дозу та інтенсивність опромінення за приписом лікаря;

– уперше представлено метод корекції параметрів драйвера імпульсних сигналів, що містить засоби моделювання та корекції параметрів для заданого виду імпульсного сигналу з урахуванням властивостей струмозалежних

елементів та поставленої задачі, що розв'язується;

– уперше запропонована концептуальна модель комп'ютеризованої системи передпроцедурної експрес перевірки устаткування фототерапії, що дозволяє автоматизовано в умовах стаціонару чи домашніх умовах отримувати достовірні дані про фактичний стан обладнання;

– набув подальшого розвитку метод представлення нелінійних процесів у колі зі струмозалежними індуктивностями за рахунок опису магнітних властивостей феромагнітного осереддя, що дозволяє описувати перехідні процеси в електромагнітних колах імпульсної дії;

– отримав подальший розвиток метод комп'ютеризованого контролю параметрів процедури та супроводжуючих дій, що визначають умови її проведення та динаміку стану пацієнта;

– набув подальший розвиток метод оптимального вибору геометричних параметрів матриць світлодіодів, що сформульовано на підставі розв'язку задачі нелінійного математичного програмування з обмеженнями нерівностями за методом множників Лагранжа, як задачі про мінімізацію квадрату інтенсивності.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробці і впровадженні комп'ютеризованих систем, що забезпечують терапевтичні процедури засобами фототерапії з підвищеною ефективністю, розширенню науково-технічну базу проектування комп'ютеризованих приладів на базі одноплатних комп'ютерів, лазерних далекомірів, термопарних матриць, пристроїв передпроцедурної перевірки, що дозволило реалізовувати як метод резонансно-конформаційної терапії, так і контролювати параметри процедур. Отримано аналітичний опис параметрів драйверів з урахуванням змін заряду та сили струму у колі зі змінними індуктивністю та ємністю, що дозволило синтезувати двопараметричний закон зміни зовнішньої напруги, що забезпечує досягнення необхідної величини максимального значення сили струму за заданий проміжок часу з необхідною частотою слідування імпульсів магнітного поля. Отримано результати моделювання елементів комп'ютеризованих систем і мереж, що реалізують технології профілактики та лікування, підтверджують: ефект модульованого випромінювання досягається шляхом широтно-імпульсного

моделювання та фільтрацією сигналу, апаратними засобами SPI та UART-інтерфейсів або драйверами світлодіодів WS2811 та WS2812. 5. Чисельно описані та промодельовані перехідні процеси у колі імпульсного струму, що дозволило модифікувати параметри і налаштувати сучасні драйвери крокових двигунів для розв'язку задач фототерапії. Розроблено варіанти комп'ютеризованої системи повірки, що дозволяє проводити вимірювання параметрів випромінювання як одиничних, так і груп випромінювачів на базі оцінки інтегральних величин, а також індикатрис. Розроблено та використано алгоритми та програми у середовищі програмування Arduino, що дозволило реалізовувати необхідний набір функції комп'ютеризованих систем калібрування та повірки фототерапевтичних приладів. Запропоновано пристрої передпроцедурної повірки дозволяють контролювати параметри устаткування відповідно до вимог доказової медицини.

Результати наукових і практичних досліджень впроваджено в комп'ютеризованих системах для фототерапії, а саме в дерматології та відновлювальній медицині, розроблені компоненти цих систем мають необхідні параметри для організації фототерапевтичних процедур за приписами лікаря. Розроблені конструктивні рішення було впроваджено під час розробки IoT «Ultimate mask» та «MedLED» в однойменних стартапах <https://www.facebook.com/UltimateLEDMask> <https://www.facebook.com/ledsforkids>.

Результати роботи Белікова О.Є. також впроваджено у навчальний процес Чорноморського національного університету ім. Петра Могили, науково-дослідних роботах та на приватних підприємствах ТОВ «Іннова Центр» та ТОВ «Рівер Солар», які займаються виготовленням медичного обладнання та енергоефективними технологіями.

Оцінка змісту дисертації, й завершеності. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури із 162 найменувань та 4 додатків. Загальний обсяг роботи становить 243 сторінки, у тому числі 223 сторінок основного тексту, 113 рисунків, 19 таблиць. У додатках наведені документи, що підтверджують впровадження результатів дослідження, перелік публікацій автора та лістинги програмних кодів.

Дисертація написана у науковому та науково-технічному стилі і оформлена

відповідно до чинних вимог, за отриманими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. У дисертації чітко сформульовану науково-практичну проблему, мету роботи, наукову новизну та практичне значення наукових результатів. Зміст автореферату ідентичний змістові дисертації та відображає основні положення роботи.

Результати дисертаційної роботи досить широко апробовані на міжнародних конференціях та опубліковані у фахових виданнях.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, задачі досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, відзначено наукову новизну та практичну цінність отриманих в роботі результатів, а також наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів досліджень і публікації, у яких викладено основні результати роботи.

Перший розділ дисертаційної роботи представляє аналіз науково-практичних робіт в галузі апаратних можливостей фототерапії і аналіз сучасних тенденцій розвитку комп'ютеризованих систем та їх компонентів, як основу подальшого підвищення ефективності для задач фототерапії. Розглянуто сучасні підходи щодо методик опромінювання біотканини електромагнітним випромінюванням. Сформульовано актуальність і практичну доцільність комп'ютеризованого контролю параметрів процедур фототерапії на основі даних зворотного зв'язку та за параметрами стану пацієнта і біотканини.

У другому розділі обґрунтовано та представлено блок схеми структурних рішень та архітектурні реалізації інноваційних приладів фототерапії як елементів комп'ютеризованих систем, що у сукупності реалізують технології профілактики та лікування. Відповідно до тенденцій розвитку елементної бази комп'ютеризованих систем запропоновано, задачу опромінення у ході процедур розв'язувати шляхом формування матричних нерухомих випромінювачів або системою рухомих дзеркал. Продемонстровано, що прогресивність запропонованих систем зумовлена введенням функціональних елементів, які забезпечуватимуть формування спектра опромінення та контроль величини параметрів опромінення на поверхні біотканини при стабілізації відстані від поверхні до датчика інтенсивності опромінення. Введення додаткового контролю

параметрів пульсової хвилі, концентрації кисню у крові, температури разом із формуванням додаткового магнітного поля із параметрами, що регламентовано приписом лікаря та бездротовим зв'язком принципово змінює функції і терапевтичні можливості приладів. Досліджено застосовність напівпровідникових світлодіодів з високою потужністю випромінювання, розв'язано задачу управління матрицею таких світлодіодів мікроконтролером або драйверами світлодіодів WS2811 та WS2812 із застосуванням широтно-імпульсної модуляції, схем підсилення та фільтрації. Для підвищення густини ймовірності активації клітин фотонами під час фототерапії була поставлена та розв'язана задача про струм, що тече у колі із послідовно з'єднаними струмо-залежними індуктивністю і ємністю, яка була вирішена чисельним методом. На підставі аналізу результатів моделювання встановлено, що застосування аналітичних та чисельних методів опису і моделювання перехідних процесів у колі імпульсного струму дозволяє модифікувати сучасні драйвери та розширити межі їх застосування, у тому числі для живлення випромінювачів приладів фототерапії. Поставлено та розв'язано задачу знаходження оптимальних параметрів методом множників Лагранжа, що дозволяє розраховувати оптимальні відстані між осями світлодіодів у випромінювачі, що виготовлено у вигляді матриць.

У третьому розділі виконано розробку моделей і методів, що забезпечують реалізацію завдань повірки точкових, матричних та інших систем випромінювачів на основі архітектурних реалізацій інноваційних приладів із застосуванням мережових технологій. Представлено результати 3D-моделювання елементів запропонованих систем, розроблено стенди для експериментального дослідження. Показано на прикладах розбіжності фактичних і паспортних параметрів просторового розподілу одиничних випрямлячів, що забезпечити адекватний припису лікаря терапевтичний вплив неможливо без проведення повірки та калібрування. На основі проведеного аналізу визначені недоліки існуючих методів повірки та запропоновані шляхи удосконалення за рахунок новітніх комп'ютерних компонентів та засобів. В даному розділі активно застосовувались відомі програмні продукти для моделювання, обробки зображень, розробки схем плат та програмного коду (Maple, Onshape, Photoshop, Eagle, EasyEDA, Sprint-Layout, Arduino IDE). Проведено дослідження матричних

випромінювачів за допомогою засобів отримання зображень і моделювання. Експериментально встановлено діапазон величин відстаней до біотканини для розташовування випромінювача або їх системи для забезпечення оптимальної густини розподілу енергії по поверхні. На підставі експериментальних досліджень та досвіду роботи з розробленими комп'ютеризованими стендами для перевірки характеристик випромінювачів розроблено систему передпроцедурної експрес-перевірки приладів фототерапії.

У четвертому розділі представлено практичну реалізацію пропонувананих в роботі методів та моделей у вигляді макетів та конструкції комп'ютеризованих систем фототерапії. Продемонстровано, що результати удосконалення запропонованих архітектур комп'ютеризованих систем за допомогою мобільних застосунків впроваджуються у фотодерматологію, неонатологію та відновлювальну медицину. Досліджено і визначено умови, що забезпечать перпендикулярність падаючих променів на поверхню шкіри обличчя людини. Запропоновано на підставі результатів аналізу властивостей SMD-світлодіодів застосувати спеціалізовану підложку, з фіксацією випромінювачів та придатну до дезінфекції і знезараження. Впровадження запропонованих змін та високоефективних випромінювачів дозволило реалізувати гнучкі інкапсульовані матричні випромінювачі і контактне опромінювання, убезпечити очі дитини від шкідливого яскравого світла та підвищити ефективність терапії мінімум на 15%. Продемонстровані мікроконтролерні прилади для відновлення ділянок хребта людини, портативні прилади для локального відновлення мікрокровотоку та прилад для лікування ЛОР-захворювань людини в яких використані результати дисертаційного дослідження Белікова О.Є.

Зауваження до змісту й оформлення дисертаційної роботи:

1. В першому розділі автор наголошує на синхронізації терапевтичного впливу з швидкоплинними процесами в організмі людини, наприклад пульсовими хвилями, однак в описі ніде не наведено як саме забезпечується синхронізація та як будуть синхронізовані хвилі опромінювання біотканини та пульсові хвилі.
2. В першому розділі автор достатньо докладно дослідив сучасну ситуацію

з використанням комп'ютерних та мережових засобів при розв'язанні задач фототерапії п. 1.3 «Оцінка ефективності технологій, процесів як інструмент порівняльного аналізу та задачі дослідження», але не зрозуміло чому автором не наведено кількісних результатів порівняння ефективності існуючих технологій фототерапії.

3. В пункті 2.1.1 «Розвиток засобів формування пульсового сигналу за рахунок широтно-імпульсної модуляції як режиму роботи контролерів» продемонстроване широтно-імпульсне моделювання яке проходить крізь фільтруючі RC-ланки за для досягнення плавності зростання та спадання рівня напруги на випромінювачах. Отримані значення ємності та опору таких ланок відповідають продемонстрованому сигналу за розглянутим діапазоном частот. Однак, не показане моделювання на більш високих частотах притаманних можливостям ШІМ модуляції мікроконтролерів.

4. У розділі 2, а саме пункт 2.4 не вказано чому обрано тільки один чисельний метод розрахунку процесів та визначення похибки для кіл із струмо-залежними індуктивностями і ємностями.

5. Автором пропонується передача даних про пацієнта відкритими каналами зв'язку, однак питання про апаратні та криптографічні засоби, що забезпечать захист персональної інформації взагалі в роботі не розглядаються.

Крім того, не розглянуто засоби стиснення обсягів інформації та її відбору.

6. Не зовсім коректно сформульовані деякі пункти наукової новизни, зокрема, де йдеться про створення комп'ютерно-інтегрованої системи та комп'ютеризованої системи передпроцедурної перевірки. Матеріал дисертаційної роботи (розділи 2.1 і 2.2) та публікації її результатів показують на розробку концептуальних моделей цих систем, що запропоновано вперше і дійсно складає наукову новизну роботи.

7. Зауваження стосується також пунктів новизни за ознакою «вдосконалено», оскільки вони подають технічну новизну, що доцільно віднести до практичної значимості роботи у підтвердження її інноваційної цінності.

Однак, вважаю, що зазначені зауваження не стосуються основних положень та результатів дисертаційної роботи, не знижують її наукової та практичної цінності і не впливають на загальний позитивний висновок.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам.

Детальний аналіз матеріалу дисертаційної роботи, автореферату та опублікованих наукових праць дає змогу стверджувати, що дисертаційна робота Белікова Олександра Євгеновича «Підвищення ефективності елементів комп'ютерних систем і мереж для профілактики і лікування засобами фототерапії» виконана автором на актуальну тему.

Матеріал дисертації викладено послідовно, стиль викладання доказовий, чіткий та лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому тісно пов'язані з її змістом і відображають суть виконаних досліджень. Текст автореферату відповідає змісту дисертації.

За темою і змістом, науковою новизною та практичною цінністю дисертаційна робота відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, Беліков Олександр Євгенович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидат технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент

професор кафедри «Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі» Одеського національного політехнічного університету
доктор технічних наук, професор

О. В. Дрозд

