

## **Висновок**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на есенціальний тремор»**

**здобувача вищої освіти ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення  
(галузь знань 12 – Інформаційні технології )**

**Актуальність теми дисертації.** Тема дисертаційного дослідження є актуальною та важливою, оскільки сучасний етап інтеграції новітніх програмних продуктів та комплексів для діагностування ступеню тремору кінцівок в клініко-діагностичні потреби дозволяє суттєво підвищити якість раннього виявлення захворювання з подальшим лікуванням. А оперативний і якісний етапи збору та аналізу даних є невід'ємною частиною сучасних високотехнологічних рішень в інформаційних технологіях для медицини.

В нейромедицині особлива увага приділяється новим цифровим системам діагностики. Спроектowana наномедична нейро-біо-система орієнтована на визначення параметрів аномальних рухів пацієнтів із симптомами тремору (Т-об'єктів), викликаних негативними впливами певного набору нервових вузлів кори головного мозку. Визначення параметрів цих впливів окреслить шляхи вирішення проблеми. Програмний аналіз цих параметрів важливий для розуміння ролі дисфункції окремих структур мозку в процесах управління рухами, а також для клініки в аспектах раннього виявлення, більш точної діагностики рухових порушень, вибору та корекції оптимального методу лікування, пов'язаного з вибором ефективної терапії. Аналіз форм тремору має велике значення в неврологічній практиці, зокрема, при діагностиці синдрому Паркінсона, коли підвищений видимий неозброєним оком тремор є показником патологічного стану центральної нервової системи. Комп'ютеризований метод аналізу є надзвичайно точний та ефективний для оцінки ступеня тремору пацієнтів, а математичне моделювання дозволяє отримати частотні характеристики, амплітуду коливань, відхилення від норми та інші показники.

Складність діагностування цього типу розладу зумовлена існуванням різних видів тремтіння а також їх однотипними проявами при різних функціональних ураженнях нервової системи. Використання системного підходу на основі класифікації тремору, визначення причин виникнення й опису його нейрофізіологічних характеристик дозволяє підвищити якість діагностичного процесу та призначити ефективне лікування. В теперішніх умовах не набуло практичного застосування конкретне рішення автоматизації процесу збору та аналізу даних треморографії пацієнтів, системного підходу з використанням імітаційного моделювання для дослідження феномену різних проявів тремору.

Розроблені математичні моделі та методи, засоби ідентифікації значно полегшують роботу з пацієнтами; дають можливість оцінити ступінь захворювання з єдиної та об'єктивної сторони. Програмне та апаратне забезпечення для визначення та діагностики тремору є важливим застосуванням програмної інженерії для медичних та суспільно корисних цілей. Створення нових програмно-апаратних рішень для медицини та

автоматизованих систем діагностування з метою виявлення все нових феноменів людського організму та здоров'я є актуальною задачею.

**Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри.** Тема дисертаційного дослідження відповідає науковому напрямку кафедри програмної інженерії та галузі знань «Інформаційні технології». А саме: проектування; розробка та впровадження програмного забезпечення; автоматизація процесів з використанням програмних систем; математичне моделювання та алгоритмізація; удосконалення та обґрунтування архітектурних моделей.

Дисертація представлена у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя у рамках підготовки та виконання теми фундаментального дослідження згідно з тематичними планами наукових досліджень. Назва НДР та категорія роботи: «Високопродуктивні суперкомп'ютерні технології ідентифікації нейро-біо- та нанопористих систем з когнітивними і зворотніми зв'язками», Фундаментальне дослідження. Керівник НДР: Петрик Михайло Романович. Номер державної реєстрації: 0119U001324 (2019-2021рр.). Здобувач був виконавцем (науковим співробітником) на етапі «Моделі багатопараметричної ідентифікації feedback-систем» виконання даної держбюджетної теми фундаментального дослідження.

### **Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів.**

Основні наукові результати та висновки дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Зокрема:

Досліджено та проаналізовано проблеми складності ідентифікації АНР, які полягають в недосконалості методів діагностування, їх низькій точності, відсутності засобів ідентифікації системи зворотніх зв'язків і feedback-впливів нейронних вузлів кори головного мозку на їх динаміку та ін.

З допомогою способу ідентифікації тремтіння малюнком спіралі розроблено методику оцінювання стану пацієнтів з проявами есенціального тремору в умовах клінік та медичних центрів. Розроблено гібридну модель аналізу аномальних станів Т-об'єктів, яка побудована на основі теорії поширення хвильового сигналу та визначає посегментний опис 3D-елементів траєкторій АНР досліджуваного Т-об'єкта (кінцівки пацієнта) з урахуванням матриці когнітивних впливів груп нейро-вузлів на сегменти руху.

Розроблено математичну модель обробки сигналів, отриманих в якості вхідних даних для опрацювання (рисунок пацієнта тесту спіралі Архімеда), проаналізовано точність та ефективність методів комп'ютеризованого аналізу ступеню тремору. Описано основні результати моделювання, отримано частотні характеристики, амплітуди коливання, відхилення від норми та інші показники.

Здійснено аналіз предметної області, проектування, конструювання, реалізацію, тестування та впровадження розробки програмного забезпечення комплексу діагностування стану пацієнтів з проявами тремору, що відповідає повному та закритому процесу розробки програмного забезпечення. Описано алгоритми та найважливіші патерни, підходи до розробки програмного коду. Проаналізовано та обґрунтовано якісні характеристики продукту (software

quality), процес тестування та оцінювання результатів розробки, вибір моделі життєвого циклу розробки ПЗ.

Використано нові методи моделювання для забезпечення підходу до проектування систем цифрової діагностики стану здоров'я пацієнтів, уражених неврологічними захворюваннями.

Проведено експериментальні дослідження для підтвердження отриманих теоретичних результатів, встановлено ефективність застосування методики діагностування патології тремору з допомогою розроблених програмно-апаратних засобів.

**Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій.**

Використані в дисертаційному дослідженні методи, наукові положення та підходи забезпечують об'єктивність, наукову обґрунтованість, системність отриманих результатів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується: обґрунтованістю зроблених припущень, коректно виконаними теоретичними дослідженнями способів збору даних та оцінювання стану пацієнта в ході діагностики тремору, підходом до збору та оцінки якості даних; експериментальними дослідженнями в умовах клініко-діагностичних центрів; апробацією отриманих результатів на науково-технічних конференціях; виробничим впровадженням результатів досліджень. Розроблені в дисертації рішення мають наукову новизну та практичне значення, а зроблені висновки та рекомендації вирішують такі поставлені задачі досліджень: розроблено та реалізовано архітектуру та програмну систему для виявлення анормальних коливних рухів у пацієнтів з проявами тремору; розроблено методику діагностування з використанням апаратно-програмного комплексу; досліджено та проаналізовано кореляцію впливу сигналів нейро-вузлів кори головного мозку на механічні скорочення м'язів кінцівок.

**Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру**

Наукове значення виконаного дослідження полягає у розробці та застосуванні методів математичного моделювання, аналізі та проектуванні архітектури. У роботі отримано наступні наукові результати:

Вперше розроблено та програмно реалізовано методику оцінювання стану пацієнтів на предмет наявності есенціального тремору на основі використання гібридних математичних моделей багатокомпонентної нейро-біо-feedback-системи, що описує стан і поведінку 3D-елементів траєкторій АНР Т-об'єкта з врахуванням матриці когнітивних впливів груп нейро-вузлів кори головного мозку. Сформульовано прямі і обернені задачі багатопараметричної ідентифікації досліджуваних feedback-систем, що дозволило покращити якість та зручність збору та оцінки даних та підвищити точність діагностування стану пацієнтів медичних закладів.

Вперше розроблено гібридну математичну модель задачі ідентифікації когнітивних зворотних впливів EEG-сигналів на траєкторії анормальних неврологічних рухів на основі feedback-зв'язків нейро-вузлів кори головного

мозку. На основі гібридних інтегральних перетворень Фур'є вперше побудовано нові високошвидкісні аналітичні розв'язки feedback-моделей (прямі і обернені задачі) у векторній формі, що описують 3D-елементи АНР-траекторій на кожному сегменті в залежності від feedback-впливів векторів розподілів сигналів кори головного мозку з використанням ефективних схем декомпозиції та розпаралелювання обчислень. Це дало змогу на декілька порядків знизити обсяги обчислень у порівнянні з витратними чисельними методами. На основі цього вперше запропоновано рекурентну методику обчислення компонентів гібридної спектральної функції АНР, що складає основу запропонованого гібридного перетворення та забезпечує цілісність отримання інтегрального векторного розв'язку моделі.

Вперше побудовано високопродуктивні регуляризаційні алгоритми ідентифікації параметрів систем та зворотних feedback-впливів, що ґрунтуються на виразах градієнтів функціоналів-нев'язки і допускають розпаралелювання обчислень і покомпонентне оцінювання взаємовпливів з урахуванням багатоядерної і багатопоточної архітектури обчислювальних систем. Вони забезпечують суттєве скорочення тривалості обчислень для усіх ітераційних регуляризаційних циклів ідентифікації параметрів АНР та достатньо високий рівень розпаралелювання обчислювального процесу. Такий підхід використання алгоритмів дає можливість проведення якісного аналізу аномальних станів та поведінки реальних Т-об'єктів. Це забезпечує його велику перевагу над традиційними методами класичного спектрального аналізу, використання яких приводять до втрат від 60-80% важливої інформації за рахунок попадання в шуми, що визначає низький рівень показників і недостатню якість такого аналізу.

З використанням уніфікованих засобів моделювання та аналізу ПЗ розроблені модель предметної області та модель варіантів використання. Остання включає набір основних і альтернативних сценаріїв для задач дослідження нейро-біо-feedback-систем.

З застосуванням архітектурно-центрованого раціонального уніфікованого підходу розробки ПЗ, орієнтованого на модель варіантів використання, розроблено багаторівневу архітектуру системи, яка забезпечує стійкість для інтеграції нових вимог та потреб користувачів. Реалізовано програмний продукт для досліджуваної системи, орієнтований на структуру програмної системи для ідентифікації тремору пацієнтів на основі використання математичних моделей обробки сигналів, отриманих з рисунку пацієнта на графічному планшеті з виконанням тесту спіралі Архімеда. Це забезпечило підвищення ефективності застосування методики діагностування патології тремору з допомогою розроблених програмно-апаратних засобів в умовах клінічних досліджень. Вперше встановлено закономірності впливу застосування новітніх розроблених апаратно-програмних рішень в рамках клінічних досліджень аномального та есенціального треморів пацієнтів на точність виконання та якість, достовірність отриманих результатів оцінювання.

**Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації:**

1. Петрик М. Р., Мудрик І. Я., Михалик Д. М., Петрик О. Ю., Биць Т. П. Огляд математичних моделей аномальних неврологічних рухів з урахуванням когнітивних feedback-впливів нейровузлів кори головного мозку. *Прикладні питання математичного моделювання*. 2020. Т. 3, № 2.2. С. 221–234. URL: <https://doi.org/10.32782/kntu2618-0340/2020.3.2-2.22>. ISSN 2618-0332. (Індексується в Index Copernicus). (Здобувачем проведено аналіз моделі аномальних неврологічних рухів з врахуванням когнітивних зворотних вплив EEG-сигналів на траєкторії АНР).
2. Petryk M. R., Boyko I. V., Petryk M. M., Fraissard J., Mudryk I. Modeling of adsorption and desorption of hydrocarbons in nanoporous catalytic zeolite media using nonlinear Langmuir isotherm. *SPIE, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*, 2020. Washington USA, 113691L. DOI: 10.1117/12.2553926, ISSN 0277-786X (print) 1996-756X (web). (Індексується в Scopus). (Здобувачем реалізовано алгоритми відбору, обробки даних та візуалізації сигналів на основі бібліотеки класів java-програми з використанням ефективних схем декомпозиції та розпаралелювання обчислень).
3. Mudryk I., Petryk M.. High-performance modeling, identification and analysis of heterogeneous abnormal neurological movement's parameters based on cognitive neuro feedback-influences. *Innovative Solutions in Modern Science*. 2021. New York. TK Meganom LLC. V1(45). p. 235-249 doi: 10.26886/2414-634X.1(45)2021.16, ISSN 2414-634X (Здобувачем розроблено модель нейро-біо-системи зі зворотніми зв'язками, пов'язаними з аналізом стану та поведінки пацієнтів з ознаками тремору).

**Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо:**

4. Mudryk I., Petryk M., Petryk M., Kushnir O. Hybrid Artificial Intelligence Systems for Complex Neural Network Analysis of Abnormal Neurological Movements with Multiple Cognitive-nodes Signal. 2020 *IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*: Збараж, 23–26 верес. 2020р. P. 432–435. DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9322018 (Індексується в Scopus та Web of Science).
5. Mudryk I., Mykhalyk D., Petryk M. High-performance Analyzing Methods for Tremorobjects Abnormal States of Neuro-biosystems with Cognitive Feedbacks. 2020 *10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany, 16–18 верес. 2020 р. С. 265–268. DOI: 10.1109/ACIT49673.2020.9209013. ISBN:978-1-7281-6759-6. (Індексується в Scopus та Web of Science).
6. Mudryk I., Petryk M. Hybrid artificial intelligence systems for complex neural network analysis of abnormal neurological movements with multiple cognitive signal nodes. 2020 *IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*: Conference, Lviv, 21-25 August 2020. P. 108–111. DOI: 10.1109/DSMP47368.2020.9204341 (Індексується в Scopus).

7. Glova B., Mudryk I. Application of Deep Learning in Neuromarketing Studies of the Effects of Unconscious Reactions on Consumer Behavior. *2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP): Conference*, Lviv, 21-25 August 2020. P. 337–340. DOI: 10.1109/DSMP47368.2020.9204192 (Індексується в Scopus).
8. Mykhalyk D., Mudryk I., Hoi A., Petryk M. Modern Hardware and Software Solution for Identification of Abnormal Neurological Movements of Patients with Essential Tremor. *2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) : Conference*, Ceske Budejovice, Czech Republic, 5-7 черв. 2019. С. 183-186, DOI: 10.1109/ACITT.2019.8780078 (Індексується в Scopus та Web of Science).
9. Boyko I., Petryk M., Petryk M., Mudryk I. High-performance Modeling Methods of Feedback-nanoporous Cyber Systems using Nonlinear Adsorption Equilibrium of Gas Cleaning. *2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, Deggendorf, Germany, 16-18 Sept. 2020. P. 61-64. DOI: 10.1109/ACIT49673.2020.9208989. ISBN:978-1-7281-6759-6. (Індексується в Scopus).
10. Методи математичного моделювання та ідентифікації складних процесів і систем на основі високопродуктивних обчислень (нейро- та нанопористі кібер-фізичні системи із зворотніми зв'язками, моделі з даними розрідженої структури, паралельні обчислення): монографія / О.М. Хіміч, та ін. ; за ред. наукової ради Національної академії наук України. Київ : Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова, 2019. 176 с. ISBN: 978-966-02-9188-1, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/30745> (Здобувачем здійснювались дослідження та підготовка підрозділів 1.2 «Комплексна методика та засоби аналізу для діагностики неврологічних станів Т-об'єктів на основі гібридної моделі АНР » та 1.3 «Гібридна математична модель аналізу АНР Т-об'єкта на основі feedback-зв'язків і впливів нейронних вузлів КГР»).
11. Петрик М., Михалик Д., Петрик О., Мудрик І. Апаратні та програмні засоби ідентифікації аномальних неврологічних рухів у пацієнтів з проявами есенціального тремору. *Інформаційні системи та технології ICT-2018*: матеріали 7-ї Міжнар. наук.-техн. конф., присвяч. 55-річчю каф. Приклад. математики ХНУРЕ, 55-річчю каф. Програм. інженерії ХНУРЕ та 40-річчю каф. Приклад. математики та інформ. технологій ХНУМГ ім. О. М. Бекет, м. Коблеве-Харків, 10–15 верес. 2018 р. Харків, С. 256–260.
12. Петрик М. Р., Мудрик І. Я., Михалик Д. М., Петрик О. Ю., Биць Т. П. Огляд математичних моделей аномальних неврологічних рухів з урахуванням когнітивних feedback-впливів нейровузлів кори головного мозку. *XXI Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2020) : 3б. матеріалів конф.*, м. Херсон, 14–18 верес. 2020 р. Херсон : ХНТУ, С. 46. URL: [https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/7161/1/Тези\\_МКММ2020\\_оригінал.pdf](https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/7161/1/Тези_МКММ2020_оригінал.pdf).

13. Мудрик І. Я. Способи комп'ютеризованого збору та аналізу параметрів анормальних неврологічних рухів. *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій*: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), м. Тернопіль, 22–24 трав. 2018 р. Тернопіль : ТНТУ, С. 221–222. (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку, тези конференції).
14. Мудрик, І. Соціальні наслідки інтенсифікації застосування комп'ютерної техніки. *Збірник тез міжнародної наукової конференції молодих учених та студентів „Філософські виміри техніки“*, 30 листопада – 1 грудня 2016 р. Тернопіль, ТНТУ, С. 50-51.
15. Мудрик І. Я., Безух Д. М. Автоматизація діагностування захворювання есенціальний тремор на мобільних пристроях з використанням архітектури «клієнт-сервер». *Актуальні задачі сучасних технологій* : зб. тез доп. VI Міжнар. наук.-техн. конф. молод. уч. та студ., м. Тернопіль, 16–17 листоп. 2017 р. Тернопіль : ТНТУ, Т.2. С. 126–127. ISBN 978-966-305-086-7. (Комп'ютерно-інформаційні технології та системи зв'язку).
16. Мудрик І.Я., Безух Д.М. Автоматизація діагностування захворювання есенціальний тремор з використанням тесту спіралі Архімеда на мобільних пристроях. *Сучасні наукові інновації (частина II)*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 15-16 лютого 2017 р.: МЦНД, С. 26-28.

**Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

1. Патент на корисну модель: «Спосіб цифрового вимірювання параметрів анормальних неврологічних рухів верхніх кінцівок у пацієнтів з проявами тремору» : пат. 130247 Україна : А61В 5/11 (2006.01). М.П. Петрик, Д.М. Михалик, І.Я. Мудрик. № у 201807031; заявл. 22.06.2018; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22.

В опублікованих працях достатньо повно розкрито основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, які виконані здобувачем особисто.

**Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати** полягає у обґрунтуванні оптимального способу визначення оцінки тремору кінцівок людини з допомогою використання програмно-апаратного комплексу. Окремо варто виділити програмні елементи алгоритмізації та проектування програмного забезпечення, набір розроблених бібліотек з можливістю інтеграції в ПЗ комплексів, що існують та потребують модифікації, вдосконалення. Проведено аналіз feedback-впливів нейровузлів головного мозку на м'язові скорочення та тонус у кінцівках, що дозволяє якісно встановлювати залежності впливів сигналів мозку на ступінь тремору та критично оцінювати стан пацієнта в діагностичному процесі. Це надає можливість ефективно моніторити стан

пацієнта в режимі On-line в момент виконання тесту на графічному планшеті з використанням комплексу, спостерігати залежності та тренди під дією зовнішніх факторів, а також збереження даних спостережень для порівняння зміни стану тремору впродовж довгого періоду.

Окремі результати роботи впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» для викладання дисципліни «Рациональний уніфікований процес проектування програмного забезпечення», «Архітектура та проектування програмного забезпечення» та «Проектний практикум» в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

**Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані**

В даній дисертаційній роботі отримано нові наукові та практичні результати, розроблено програмно-апаратний комплекс а також спосіб його застосування в клініках та діагностичних центрах.

Розроблено спосіб цифрового вимірювання параметрів анормальних неврологічних рухів верхніх кінцівок з використанням графічного перового планшета та вбудованого в нього 3D-мікроакселерометра у пацієнтів з проявами тремору. Технічна новизна виконаних розробок засвідчена патентом України на корисну модель.

Розроблено методику отримання даних, виділення якісних та кількісних характеристики рухів з допомогою рисунку спіралі Архімеда, виконаних на графічному перовому планшеті, спосіб оцінювання стану тремору кінцівок.

Розглянуто та досліджено кореляцію характеристик рухів сигналам головного мозку. Застосовано електроенцефалографію та міографію з можливістю аналізу отриманих результатів та порівняння їх з показами треморографії. Побудовано математичну модель кореляції відповідності показів характеристик тремору сигналам мозку.

Запропоновано гібридну модель нейро-біо-системи, що описує стан і поведінку 3D-елементів траєкторій тремор-об'єктів з врахуванням матриці когнітивних впливів груп нейро-вузлів кори головного мозку людини. Методами гібридних інтегральних перетворень Фур'є побудовано швидкісні аналітичні розв'язки моделі у вигляді вектор-функцій, що визначають елементи траєкторій на кожному сегменті анормального неврологічного руху. На основі цього запропоновано високопродуктивні алгоритми ідентифікації параметрів досліджуваних feedback-систем для покомпонентного оцінювання взаємовпливів. Це забезпечує можливість розпаралелювання обчислень для багатоядерних комп'ютерів.

Застосовано методику аналізу вимог до розробки програмного забезпечення, його проектування та реалізації, тестування та впровадження у виробничі потреби (засвідчено довідками та актами впровадження на підприємствах ТзОВ «Міжнародні інженерні системи», Пмп «ІТ», ПАТ «Квантор»).



Результати дослідження рекомендовано до впровадження в клініко-діагностичних центрах, лікувальних закладах відповідного спрямування (неврологічні відхилення), в клініко-діагностичному центрі «Вітамін». Розроблені алгоритми та програмні модулі-бібліотеки застосовано для використання у програмних системах прикладного призначення (графічне представлення інформації, дистанційне керування, програмні алгоритми для автоматизованих систем).

Окремі результати роботи впроваджено в навчальний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр» та «магістр» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

### **Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення**

Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Мова та стиль дисертації характеризуються цілеспрямованістю та прагматизмом, ясністю і смисловою завершеністю. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України, зокрема наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та містить всі необхідні структурні елементи.

### **Висновок**

Дисертація Мудрика Івана Ярославовича на тему «Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на есенціальний тремор», що подана у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису, є актуальним завершеним науковим дослідженням. У ній розв'язано наукове завдання з дослідження, проектування, розробки апаратно-програмного комплексу системи автоматизованого визначення ступеню тремору способу збору даних та оцінювання якісних та кількісних характеристик сигналів коливних рухів. Робота демонструє новизну та практичну цінність, містить нові наукові положення та обґрунтовані теоретичні експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, має важливе значення для галузі знань 12 – Інформаційні технології. Результати підтверджуються опублікованими матеріалами в 17 наукових працях, в т.ч. у 3-х статтях у фахових виданнях, 6-ма матеріалами міжнародних конференцій (Web of Science та Scopus), 1 патентом України на корисну модель, апробацією на наукових конференціях з опублікуванням 6-ти тез наукових конференцій, 1 монографією спільного виконання, затвердженими результатами експериментальних досліджень та виробничими впровадженням, актом впровадження в освітній процес.

Дисертація виконана здобувачем особисто, характеризується єдністю змісту та відповідає освітньо-науковій програмі підготовки докторів філософії за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення», вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167.

З урахуванням вище викладеного, наукової зрілості і професійних якостей здобувача Мудрика Івана Ярославовича дисертаційна робота «Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на есенціальний тремор» рекомендується до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Рецензенти:

Д.т.н., професор,  
професор каф. програмної інженерії



Олег ПАСТУХ

К.т.н., доцент,  
завідувач каф. біотехнічних систем

Євгенія ЯВОРСЬКА

Підписи рецензентів д.т.н., професора, професора каф. програмної інженерії Олега Пастуха та к.т.н., доцента, завідувача каф. біотехнічних систем Євгенії Яворської засвідчую:

Проректор з наукової роботи Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, д.т.н., професор



Павло МАРУЩАК