

## ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації В'юницького Олега Геннадійовича на тему «Вдосконалені методи обробки біомедичних сигналів для оцінки фізіологічних показників людини», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка**

На засіданні кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського за участі: голови засідання – д-р техн. наук, професора Лукіна В.В.; канд. техн. наук, доцента Васильєвої І.К., канд. техн. наук, доцента Зряхова М.С., д-р техн. наук, професора Тоцького О.В., канд. техн. наук, доцента Абрамова К.Д., канд. техн. наук, доцента Абрамова С.К., канд. техн. наук, доцента Хуторненко С.В., канд. техн. наук, доцента Кривенко С.А., канд. техн. наук, доцент Науменко В.В., канд. техн. наук, доцента Абрамової В.В., канд. техн. наук, доцента Єремеева О.І., канд. техн. наук, доцента Рубеля О.С., канд. техн. наук, доцента Проскури Г.А., канд. техн. наук, доцента Роєнко О.О., канд. техн. наук, доцента Воробйова А.В., канд. техн. наук, доцента Макарічева В.О., канд. техн. наук, ст. викладача Кожемякіної Н.В., інженера 1 кат. Бондаря В.В., д-р філос. наук, ст. викладача Рубеля А.С., с.н.с. Кривенко С.С., м.н.с. Чернової Г.А., інженера 1 кат. Міхеєвої Т.В., зав. лаб. Волчанського О.О., асистента Олійника В.О., ст. викладача В'юницького О.Г., провідного інженера Семенова В.П., асистента Коваленко Б.В., аспіранта Цехмістро Р.В., аспіранта Реброва В.С., аспіранта Дзюбенко С.І., аспіранта Брисіна П.В., аспіранта Аль-Сенайх Р.Ж., аспіранта Науменко В.М., аспіранта Мірошниченко О.І., аспіранта Архіпова О.В., аспіранта Присяжнюка О.В., аспіранта Солодовніка М. С., а також запрошених фахівців: завідувача кафедри аерокосмічних радіоелектронних систем, д-р техн. наук, доцента Жили С.С., канд. техн. наук, професора, професора кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Куліша С.М., д-р техн. наук, професора, професора кафедри електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій Національного університету «Львівська політехніка», Голяка Р.Л., канд. техн. наук, доцента, завідувача кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя, Яворська Є.Б., відбулася публічна презентація дисертаційної роботи В'юницького Олега Геннадійовича на тему «Вдосконалені методи обробки біомедичних сигналів для оцінки фізіологічних показників людини».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи, ухвалено висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

**1. Актуальність теми дослідження.** В даний час активно розвиваються системи стеження за здоров'ям дорослих і дітей, проте методи і системи для аналізу показників здоров'я плоду практично відсутні. Дані системи необхідні, оскільки майбутнє здоров'я людини безпосередньо закладається ще в утробі

матері, і своєчасне виявлення захворювань може дозволити уникнути великої кількості смертей новонароджених дітей. Одними із важких патологій в даний час є гіпоксія плоду, або кисневе голодування, а також передчасні пологи. Гіпоксія плоду визначається через моніторинг серцевого ритму плоду. На сьогоднішній день основним методом оцінки порушення серцевого ритму є ультразвукова ехокардіографія. Це дорогий і трудомісткий метод обстеження, який може виконуватися тільки в стаціонарних клінічних умовах. Набагато більш доступною є стандартна кардіотокографія (КТГ), проте вона не надає можливості реєструвати кардіографічні сигнали на ранніх етапах вагітності, лише з тридцятих тижнів. Крім традиційного ультразвуку та кардіотокографії, в даний час існує і магнітокардіографія плоду, яка на даний час є найточнішим методом дослідження порушень ритму серця плоду. Проте вона може використовуватись лише в амбулаторних умовах. Іншим методом, що активно розвивається є неінвазивна абдомінальна електрокардіографія плоду (НІ-ЕКГП), яка поєднує в собі всі переваги двох методів. Вона дозволяє проводити реєстрацію сигналів з двадцять другого тижня вагітності, а сигнали в своєму складі несуть інформацію про серцеву діяльність вагітної жінки, плоду, маткову активність, а також завадові компоненти, до яких відноситься інтерференція ліній зв'язку та шум підсилювачів в апаратурі, що проводить реєстрацію. Проблема методу полягає у важкості виділення кардіограми плоду з абдомінального сигналу, через наявність у останньому великої кількості завадових компонент.

Для придушення завадових компонент та виділення складових сигналу використовуються різні складні алгоритми, такі як методи аналізу незалежних компонент, методи фільтрації, їх комбінації для досягнення найкращого результату, вейвлет-перетворення, методи розкладання сигналів на емпіричні моди, методи кореляції, неадаптивні методи. В свою чергу, їх можна поділити на одноканальні методи виділення ЕКГП та багатоканальні методи. Проте немає чітко визначеної смуги частот для фільтрації абдомінальних сигналів. Для визначення ритму використовується алгоритм Пан-Томпкінса, який також має ряд недоліків.

Причиною виникнення передчасних пологів та смерті як вагітної жінки, так і плоду – є гіпертонія, яка викликана еклампсією, що може проявитись раптово при підвищенні систолічного артеріального тиску вище 150 міліметрів ртутного стовбура. Тому необхідно проводити довгий моніторинг змін артеріального тиску вагітної жінки, якщо вона має гіпертонію. Одним із методів реєстрації є реєстрація артеріального тиску за допомогою манжетного тонометра. Проте, він незручний, оскільки відбувається постійне накачування манжети, що перетискає руку. Іншим неінвазивним і безманжетним методом – є моніторинг швидкості розповсюдження пульсової хвилі від серця до руки, де скорочення серця реєструються кардіографом, а на руці встановлюється плетизмограф, що реєструє пульсову хвилю. Час від скорочення серця до реєстрації пульсової хвилі може визначати величину артеріального тиску. Однак, цей метод є індивідуальним, його необхідно налаштовувати, використовуючи довгу процедуру навчання. Розробка даних методів дозволить проводити майже повний аналіз стану роботи серця як вагітної жінки, так і плоду, і, можливо, дозволить зберегти не одне

життя. Оскільки майбутнє здоров'я людини закладається в утробі матері, а також враховуючи високу ступінь смертності при родах як вагітних жінок, так і дітей, розробка систем для даного моніторингу має сьогодні суттєву значущість, а розробка методів аналізу даних сигналів є актуальною задачею. Дані обставини зумовили актуальність досліджень, проведених В'юницьким Олегом Геннадійовичем. У зв'язку з цим, актуальне науково-прикладне завдання, яке вирішується полягає у розробці вдосконалених методів обробки біомедичних сигналів, а саме абдомінальних та фотоплетизмографічних сигналів, записаних для вагітної жінки, які враховують ступінь завад, частотні параметри сигналів при їх обробці, нелінійні спотворення у сигналах.

**2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Отримані автором результати дисертації використовувались при виконанні науково-дослідних робіт на кафедрі інформаційно-комунікаційних технологій ім. О. О. Зеленського Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» і були відображені в наступних звітах про НДР: «Розробка методів автоматизованої оцінки показників ефективності обробки багатоканальних зображень на основі прогнозування із наступним вибором параметрів алгоритмів обробки» (2021, № держреєстрації 0121U112176), «Розробка і впровадження в медичну практику телемедичної системи фетального холтерівського моніторингу» (2023, № держреєстрації 0122U200400) та «Розробка методів попереднього аналізу фотоплетизмографічних сигналів з метою визначення інформативних ознак, що характеризують зміни артеріального тиску» (2023, № держреєстрації 0123U101143).

### **3. Наукова новизна отриманих результатів.**

1) В дисертаційній роботі вперше запропоновано метод попередньої оцінки абдомінального сигналу на основі біспектральної обробки сигналів, що дозволяє виконувати адаптивний розрахунок смуги частот при використанні лінійної фільтрації. Це забезпечує, по-перше, найкраще відношення сигнал/шум, починаючи від 0 дБВт, по-друге, покращити відношення сигнал/шум після фільтрації в середньому на 1,43 дБВт по відношенню до смуги частот 0,5 – 100 Гц, по-третє, покращення на відношення сигнал/шум 5,77 дБВт відповідно до смуги частот 2 – 46 Гц, по-четверте, отримати покращення відношення сигнал/шум на 11,93 дБВт відповідно до смуги частот 25 – 40 Гц;

2) В дисертаційній роботі вперше запропоновано метод визначення характерних точок електрокардіографічного сигналу на основі вейвлет-біспектральної обробки сигналів, що забезпечує збільшення ймовірності визначення R-характерної точки на 7,24% на відміну від стандартних методів, досягаючи ймовірності вірного визначення у 99,96% даних позицій;

3) В дисертаційній роботі вперше запропоновано метод адаптивної нелінійної фільтрації сигналів на основі біспектральної обробки. Цей метод забезпечує покращення в середньому на 1 дБВт результату фільтрації у діапазоні значень відношення сигнал/шум від -20 до 0 дБВт, однак при більшому відношенні



сигнал/шум запропонований метод забезпечує гірший результат через внесок спотворень у початковий сигнал;

4) В дисертаційній роботі вперше запропоновано метод крос-біспектральної обробки абдомінальних сигналів, що дозволяє впровадити додаткові крос-канали, які можна використовувати в подальшій обробці. Результати оцінки ефективності запропонованого методу демонструють, що за умови початкового відношення сигнал/шум -20 дБВт запропонований метод дає найкращий результат та збільшує відношення сигнал/шум в середньому на 22 дБВт в порівнянні з існуючими методами. У діапазоні відношень сигнал/шум від -10 до 10 дБВт розроблені алгоритми забезпечують найкраще виділення ЕКГ сигналу на фоні завад, збільшуючи відношення сигнал/шум в середньому на 8,47 дБВт в порівнянні до існуючих методів. Перевагою розробленого методу є гарантована визначеність каналу ЕКГ сигналу після виконання процедур фільтрації;

5) Удосконалено метод виділення ЕКГ плоду із абдомінального сигналу за допомогою використання запропонованих методів. Це дозволяє збільшити ймовірність визначення R-характерних точок електрокардіограми плоду на 1,27% за умови застосування однакової кількості каналів. При використанні меншої кількості початкових каналів ймовірність визначення зменшується лише на 0,61%, проте система реєстрації при цьому суттєво спрощується;

6) В дисертаційній роботі вперше запропоновано методи аналізу сигналу ритмограми на основі вейвлет-біспектральної та вейвлет-бікогерентної обробки сигналів, та вперше запропоновано дві нові класифікаційні ознаки, які відрізняються для пацієнтів із патологіями та без патологій. Дисперсія першої класифікаційної ознаки для пацієнтів з патологіями дорівнює 0,0026, а для пацієнтів без патологій 0,0032. В свою чергу, середньоквадратичне відхилення для пацієнтів з патологіями дорівнює 0,051, а для пацієнтів без патологій – 0,059. Величини запропонованої ознаки дорівнюють  $0,4094 \pm 0,051$  та  $0,2994 \pm 0,059$  для пацієнтів з патологіями та без патологій, відповідно. Дисперсія значень другої класифікаційної ознаки для пацієнтів з патологіями дорівнює  $1,72 \cdot 10^{-10}$ , а для пацієнтів без патологій  $4,42 \cdot 10^{-10}$ . В свою чергу, середньоквадратичне відхилення для пацієнтів з патологіями дорівнює  $1,34 \cdot 10^{-5}$ , а для пацієнтів без патологій –  $2,11 \cdot 10^{-5}$ . Таким чином, можна зробити висновок, що величини другої ознаки дорівнюють  $80,6 \cdot 10^{-5} \pm 1,34 \cdot 10^{-5}$  та  $3,4 \cdot 10^{-5} \pm 2,11 \cdot 10^{-5}$  для пацієнтів з патологіями та без патологій, відповідно. Дані ознаки можуть бути використані для подальшої класифікації патологій;

7) Удосконалено метод визначення значень систолічного та діастолічного артеріального тиску шляхом розрахунку п'яти нових характерних точок та чотирнадцяти нових класифікаційних ознак фотоплетизмографічного сигналу. Результати експериментальних досліджень демонструють, що точність визначення значень артеріального тиску при використанні нових класифікаційних ознак збільшується в порівнянні з існуючими результатами інших авторів. В дисертаційній роботі вперше запропоновано нову нейронну мережу для визначення значень артеріального тиску, точність визначення значень артеріального тиску якої відповідає стандартам ААМІ та ВНС.

#### **4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи.**

1) розроблено новий метод попередньої оцінки абдомінального сигналу, який дозволяє визначити частотні параметри сигналу та отримати необхідну смугу частот, при використанні лінійної фільтрації, що дозволяє підвищити на 1,43 дБВт відношення сигнал/шум на відміну від інших методів;

2) розроблено новий метод визначення характерних точок електрокардіографічних сигналів, який дозволяє з більшою точністю визначити їх позиції, точність якого складає 99,96%;

3) розроблено новий метод адаптивної нелінійної фільтрації, який дозволяє видалити додатково залишки завад у абдомінальному сигналі після використання лінійної фільтрації;

4) розроблено новий метод крос-біспектральної обробки абдомінального сигналу, який дозволяє додатково видалити завади із абдомінального сигналу та розрахувати додаткові крос-канали, які при використанні методів сліпого поділу джерел дозволяють вирахувати більше незалежних джерел. Результати оцінки ефективності запропонованого алгоритму демонструють, що розроблений алгоритм у діапазоні SNR від -10 до 10 дБВт найкраще виділяє на фоні завад ЕКГ сигнал, збільшуючи відношення сигнал/шум в середньому на 8,47 дБВт по відношенню до інших методів;

5) комбінація розроблених методів дозволяє покращити та вдосконалити метод виділення електрокардіограми плоду з абдомінального сигналу, або дозволяє спростити систему реєстрації абдомінальних сигналів удвічі, проте з втратами точності визначення позиції R-характерних точок електрокардіограми плоду після її виділення на 0,61%;

6) розроблено нові методи вейвлет-біспектральної та вейвлет-бікогерентної оцінки сигналу ритмограми, які дозволяють виділити дві нові характерні ознаки, які можуть бути використані в діагностичних цілях;

7) визначено нові характерних точок сигналу фотоплетизмограми, які дозволяють визначити чотирнадцять нових класифікаційних ознак для визначення значень артеріального тиску, підвищуючи точність його визначення;

8) розроблено нову нейронну мережу, яка дозволяє усунути проблематику калібрування системи від людини до людини, а також додатково підвищити точність визначення значень артеріального тиску. Точність, при цьому, відповідає двом стандартам та ця система може використовуватись в медичній практиці..

#### **5. Апробація/використання результатів дисертації.**

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на:

1) міжнародній конференції «IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology» (2017, Київ, Україна);

2) міжнародній конференції «IEEE Signal Processing Symposium» (2017, Ячранка, Польща);

3) міжнародній конференції «IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies» (2018, Київ, Україна);

4) міжнародній конференції «IEEE 15th-16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering» (2020, 2022, Львів-Славське, Україна);

5) науково-практичній конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» (2018, 2019, Харків, Україна);

6) науково-практичній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій» (2019, Тернопіль, Україна);

7) міжнародній конференції «Traditional and Innovative Approaches to Scientific Research» (2020, Луцьк, Україна);

8) міжнародній конференції «Scientific Support of Technological Progress of the XXI Century» (2020, Чернівці, Україна);

9) міжнародній конференції «Modern science: concepts, theories and methods of basic and applied research» (2021, Відень, Австрія);

10) міжнародній конференції «Digital Theme UK-Ukraine Research Twinning Conference» (2023, Україна).

Розроблені автором наукові положення впроваджені в:

1) ТОВ НК «КОЛБРІ» (акт впровадження від 2 лютого 2023) при виконанні науково-дослідної роботи «Моніторинг комплексних станів за допомогою ЕКГ» для аналізу стану плоду в утробі вагітної жінки за допомогою багатоканальної електрокардіографії плоду;

2) У міському перинатальному центрі Харківської Міської Ради (акт впровадження від 20 лютого 2023) при виконанні науково-дослідної роботи «Розробка і впровадження в медичну практику телемедичної системи фетального хотлерівського моніторингу» для підвищення достовірності та точності діагностики при оцінці функціонального стану плоду і матері в ході вагітності;

3) ТОВ «ХАІ-МЕДИКА» (акт впровадження від 23 березня 2023) при виконанні науково-дослідної роботи «Розробка методів оцінки стану судинної системи людини на основі електроімпедансних вимірювань та нових методів просторово-часової обробки електрогістерографічних сигналів».

## **6. Дотримання принципів академічної доброчесності**

За результатами науково-технічної експертизи дисертація В'юницького Олега Геннадійовича визнана оригінальною роботою, яка виконана самостійно і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Зміст основних розділів дисертації перевірено 01.03.2024 р. на наявність текстових запозичень в системі «UNICHECK», в порівнянні з файлами бібліотеки корпоративного облікового запису Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут». Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства.

## **7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.**

За результатами досліджень опубліковано 21 наукову публікацію, у тому числі:



1) 4 статті у наукових періодичних виданнях іншої держави (США), які індексуються в SCOPUS (зі співавторами);

2) 1 стаття у науковому періодичному виданні України категорії Б, що індексується у SCOPUS (Q3) (зі співавторами);

3) 5 публікацій в працях міжнародних конференції, матеріали яких включено у базу даних Scopus (з співавторами);

4) 11 публікацій в працях міжнародних конференції, матеріали яких не включено до наукометричних баз, але які засвідчують апробацію наукових результатів.

#### Статті у наукових періодичних виданнях:

1) O. Viunytskyi, V. Shulgin, A. Totsky, K. Egiazarian, O. Polotska, "Extraction of fetal heart activity by using bispectrum-based electromyography signal processing", *Telecommunications and Radio Engineering, USA, Volume 78, Issue 3, 2019*, pp. 269-279, doi: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v78.i3.70> (**Scopus, Q4**).

В роботі здобувачем запропоновано використання біспектральної оцінки сигналу для визначення частотних параметрів абдомінального сигналу, які дозволили визначити максимальну частоту абдомінального сигналу.

2) O. Viunytskyi, V. Shulgin, A. Totsky, K. Egiazarian, O. Polotska, "Recognition of premature births by bispectrum-based abdominal electromyography signal processing", *Telecommunications and Radio Engineering, USA, Volume 78, Issue 1, 2019*, pp. 59-69, doi: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v78.i1.70> (**Scopus, Q4**).

В роботі здобувачем виконано розрахунок низькочастотних параметрів абдомінального сигналу, які дозволили визначити мінімальну частоту для смугового лінійного фільтру.

3) O. Viunytskyi, V. Shulgin, A. Totsky, K. Egiazarian, "Human Blood Pressure Measurement Using Machine Learning Strategy", *Telecommunications and Radio Engineering, USA, Volume 81, Issue 3, 2022*, pp. 1-21, doi: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.2022037783> (**Scopus, Q4**).

В роботі здобувачем було отримано результати комп'ютерного розрахунку артеріального тиску з використанням однієї класифікаційної ознаки, шести класифікаційних ознак, з використанням регресійних рівнянь, та за допомогою двох прямих нейронних мереж та шести класифікаційних ознак.

4) O.G. Viunytskyi, V.I. Shulgin, A.A. Roienko, A.V. Totsky, K.O. Eguiazarian, "Fetal ecg extraction from the abdominal signal using wavelet bispectrum technique", *Telecommunications and Radio Engineering, USA, Volume 82, Issue 9, 2023*, pp. 29-46, doi: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.2023047588> (**Scopus, Q4**).

В роботі здобувачем було виконано розрахунки позиції характерних R-точок сигналу ЕКГ з використанням нового вейвлет-біспектрального методу, а також результат застосування даного методу в алгоритмі виділення електрокардіограми плоду з абдомінального сигналу.

5) O. Viunytskyi, V. Lukin, A. Totsky, V. Shulgin, N. Kozhemiakina, "Continuous Cuffless Blood Pressure Measurement Using Feed-Forward Neural Network", *Radioelectronic and Computer Systems, Volume 2, Issue 106, 2023*, pp. 36-53, doi: <https://doi.org/10.32620/reks.2023.2.04> (Фахове видання категорії Б, **Scopus, Q3**).

В роботі здобувач запропонував та представив п'ять нових характерних точок фотоплетизмографічного сигналу та чотирнадцять нових класифікаційних ознак, була запропонована нова нейронна мережа для визначення значень артеріального тиску, а також проведено порівняльний аналіз з попередніми результатами та результатами інших авторів.

Статті у працях міжнародних конференцій, які проіндексовано у Scopus:

1) V. Shulgin, O. Viunytskyi, "Signal processing techniques for fetal electrocardiogram extraction and analysis", IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology, Kyiv, Ukraine, 2017, pp. 325–328, doi: <https://doi.org/10.1109/ELNANO.2017.7939772>

В роботі здобувач отримав результати аналізу сигналу ритмограми, розрахованого з виділеної електрокардіограми плоду, представлено розрахунок класичних параметрів варіабельності серцевого ритму плоду.

2) O. Viunytskyi, V. Shulgin, "Fetal ECG and heart rhythm analyzing using BabyCard", IEEE Signal Processing Symposium, Poland, Jachranka, 2017, pp. 21-24, doi: <https://doi.org/10.1109/SPS.2017.8053640>

В публікації здобувачем було запропоновано автоматичне діагностування патологій при використанні параметрів сигналу ритмограми.

3) V. Shulgin, O. Viunytskyi, "Spatio-temporal signal processing for fetus and mother state monitoring during pregnancy", IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, Kyiv, Ukraine, 2018, pp. 677-680, doi: <https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409210>

В роботі здобувач продемонстрував аналіз низькочастотної складової абдомінального сигналу, а також його частотно-фазові параметри.

4) O. Viunytskyi, V. Shulgin, V. Sharonov, A. Totsky, "Non-invasive Cuff-less Measurement of Blood Pressure Based on Machine Learning", IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 203-206, doi: <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235423>

В публікації здобувачем було виконано розширення набору даних для аналізу та виконано демонстрацію результатів розрахунку артеріального тиску з використанням двох нейронних мереж та шести класифікаційних ознак на більшій кількості пацієнтів.

5) O. Viunytskyi, A. Totsky, V. Sharonov, "Extraction of Averaged Fetal and Maternal QRS Complexes from Abdominal Signal by Using Bispectrum-Based Signal Processing", IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2022, pp. 202-205, doi: <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9766910>

В роботі здобувачем було реалізовано алгоритм біспектральної оцінки низькочастотних складових абдомінального сигналу з віконною обробкою.



## 8. Висновок наукового керівника

Дисертація здобувача містить результати завершеного наукового дослідження. Достовірність уведених у дисертації висновків підтверджена збіжністю результатів теоретичних досліджень і комп'ютерного моделювання з численними результатами натурних експериментів. Тема дисертації має важливе наукове значення. Про високий науковий рівень дисертації свідчить таке: вона спрямована на вирішення актуальної наукової проблеми створення ефективних методів обробки сигналів в біомедичних вимірjuвальних системах які інваріантні відносно нестационарного характеру змінювання параметрів сигналів і характеристик інтенсивних завад на основі розвитку біспектральних непараметричних і параметричних методів виявлення і оцінювання параметрів сигналів. Підтверджую, що здобувачем В'юницьким О.Г. було дотримано академічну доброчесність протягом підготовки наукових статей, доповідей на міжнародних конференціях та в процесі написання дисертації. Отже, з тим, що В'юницький Олег Геннадійович успішно виконав індивідуальний навчальний план та індивідуальний план наукової роботи, враховуючи досягнення результатів навчання за відповідною освітньо-науковою програмою та написання дисертації, яка є результатом самостійного дослідження, є завершеною науковою працею, містить наукову новизну, виконана на належному науковому рівні, відповідає встановленим вимогам до дисертацій докторів філософії, вважаю, що дисертація на тему «Вдосконалені методи обробки біомедичних сигналів для оцінки фізіологічних показників людини» можна рекомендувати до захисту, а її автору В'юницькому Олегу Геннадійовичу присудити ступінь доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

## 9. Загальний висновок

Вважаємо, що дисертаційна робота В'юницького Олега Геннадійовича «Вдосконалені методи обробки біомедичних сигналів для оцінки фізіологічних показників людини», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44). Відтак, може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Головуючий на засіданні кафедри  
інформаційно-комунікаційних  
технологій ім. О. О. Зеленського  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,  
доктор технічних наук, професор

11 березня 2024 р.



Володимир ЛУКІН