

## ВІДГУК

офіційного опонента  
на дисертаційну роботу **Стадник Наталії Богданівни** на тему  
**«Моделювання та ефективні методи опрацювання циклічних  
сигналів на базі ізоморфних циклічних випадкових процесів»**,  
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні  
методи

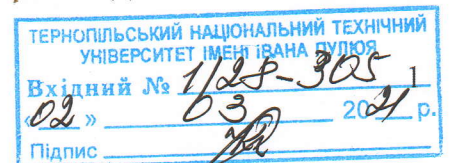
### Актуальність теми дослідження

Сучасна методологія та технології розробки таких комп'ютеризованих систем автоматизованого опрацювання циклічних сигналів ґрунтуються на відповідних математичних моделях циклічних сигналів. Від якості математичної моделі циклічних сигналів суттєво залежить точність та достовірність методів їх опрацювання та імітації в інформаційній системі, рівень інформативності діагностичних, аутентифікаційних, ідентифікаційних та прогностичних ознак, достовірність прийнятих рішень.

Розробка та використання інформаційних систем автоматизованого аналізу циклічних процесів та сигналів із застосуванням сучасних програмно-апаратних засобів, суттєво підвищує ефективність вирішення багатьох важливих завдань в галузі медицини, економіки та техніки. Зокрема, такими інформаційними системами є комп'ютеризовані системи функціональної кардіодіагностики за циклічними сигналами серця, автоматизовані системи аналізу та прогнозування за циклічними економічними процесами, автоматизовані системи аналізу та прогнозування електро-, газо-, водо-, нафто-споживання.

У дисертаційній роботі автором розв'язується таке актуальне наукове завдання, а саме розвиток теорії моделювання та методів статистичного опрацювання циклічних сигналів у рамках теорії циклічних випадкових процесів у напрямі удосконалення концепції їх ізоморфізму та встановлення базових властивостей і співвідношень між різними класами їх еквівалентності, а також полягає у розробці математичної моделі цифрових циклічних сигналів із подвійною стохастичністю та розробки методів їх статистичного опрацювання із низькою обчислювальною складністю в цифрових системах із обмеженими обчислювальними ресурсами.

Результати дисертаційного дослідження використовувались при виконанні НДР Класи інформаційних технологій в проєктах "Розумне місто" інвентарний номер державної реєстрації № 0117U002241 (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 07.10.2019) – де здобувачу належить система комп'ютерних програм для статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик кардіосигналів для телемедицини в проєкті «Розумне місто».





## **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхня достовірність**

Теоретичні результати в дисертації в цілому обґрунтовані. Для доведення викладених положень автор застосувала теоретико-множинні підходи, базові принципи і припущення при постановці завдань, використала засади теорії моделювання циклічних випадкових процесів та опрацювання циклічних сигналів в рамках стохастичного формалізованого підходу. В цілому наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є обґрунтованими.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, одержаних у дисертації, підтверджується результатами чисельного моделювання та експериментальних досліджень циклічних випадкових процесів, а також впровадженням розробок в практику.

## **Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження**

Отримано такі наукові результати:

1. Вперше означено ізоморфізм на множині моделей циклічних випадкових процесів, їх ритміку, класи, відношення еквівалентності та порядку, що дало змогу до конвергенції структур континуальних та дискретних циклічних випадкових процесів, розвитку теорії їх моделювання та зменшення складності оцінювання через його формалізацію.

2. Вперше, базуючись на понятті ізоморфізму відносно порядку та значень між циклічними випадковими процесами дискретного аргументу та враховуючи факт існування відповідного класу їх еквівалентності, розроблено математичну модель циклічних цифрових сигналів із подвійною стохастичністю (морфології та ритмічної структури) у вигляді умовного циклічного випадкового процесу дискретного аргументу, що уможливило логічне узгодження та коректне одночасне застосування двох взаємодоповнювальних цифрових методів аналізу циклічних сигналів в рамках їх єдиної математичної моделі, а саме, застосування статистичних методів морфологічного аналізу та статистичного аналізу ритму циклічних сигналів із подвійною стохастичністю у цифрових інформаційних системах.

3. Набули подальшого розвитку методи статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик дискретних циклічних випадкових процесів, шляхом зведення їх до відомих методів оцінювання ймовірнісних характеристик періодичних випадкових послідовностей, ізоморфних за відношенням порядку, що дало змогу зменшити складність оцінювання статистик у комп'ютеризованих системах з обмеженими обчислювальними ресурсами.

4. Вперше побудовано асимптотичні функції для означення обчислювальної складності відомих та нових методів статистичного оцінювання початкового моменту першого порядку та кореляційної функції дискретних циклічних випадкових процесів, що дало змогу у рамках теорії ймовірності другого порядку досліджувати обчислювальну складність методів статистичного оцінювання.



## **Значущість отриманих результатів для науки і практики**

Значущість отриманих результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що одержані теоретичні результати розширюють область застосування відомого математичного забезпечення сучасних комп'ютеризованих систем аналізу циклічних сигналів для медицини, техніки та економіки, а також для проведення дослідницької роботи в науково-експериментальних лабораторіях.

Практичне значення дисертаційної роботи підтверджено використанням результатів досліджень на основі розробки системи комп'ютерних програм для статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик циклічних сигналів, яку впроваджено ТОВ "Медичний центр «МЕВІЗ»", а також впроваджено у навчальний процес Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та в науково-дослідну роботу Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського.

## **Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах**

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 19-и наукових працях з них: 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні, 7 статей у наукових фахових виданнях України, 11 публікацій матеріалах і тезах доповідей наукових конференцій (з них 4 публікації у виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus). Рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

## **Структура та зміст дисертації**

Дисертацію викладено на 230 сторінках. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури із 119 найменувань та трьох додатків (з тестом коду програмного застосування, списком публікацій Стадник Н.Б. за темою дисертаційних досліджень та актами впровадження результатів дисертаційної роботи).

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету роботи та основні завдання досліджень, викладено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів. Подано інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та наявні публікації.

У першому розділі виконано порівняльний аналіз та класифікацію математичних моделей процесів в просторово-часових структурах автоматизованих інформаційних систем з метою удосконалення методів ефективного опрацювання цих процесів як циклічних сигналів.

Для формулювання наукового завдання даного дисертаційного дослідження було проведено аналіз основних недоліки відомих результатів в сфері математичного моделювання та опрацювання циклічних сигналів в рамках теорії циклічних випадкових процесів.

У другому розділі здійснено структурування класу циклічних випадкових процесів, шляхом формування його різних розбиттів на взаємопов'язані класи



еквівалентності, які ґрунтуються на означених видах ізоморфізму та на властивості строгої ритмічної пов'язаності циклічних випадкових процесів. Встановлено базові властивості та співвідношення між різними класами еквівалентності циклічних випадкових процесів, що розвиває теорію моделювання та опрацювання циклічних сигналів в рамках стохастичного формального підходу. А саме, у формі діаграми Венна подано співвідношення між різними класами еквівалентності циклічних випадкових процесів, що представлені різними видами їх ізоморфізму, а саме, ізоморфізму відносно порядку та значень, ізоморфізму відносно порядку та їх змішаних початкових та центральних моментних функцій, ізоморфізму відносно порядку та сімейства функцій розподілу, ізоморфізму відносно порядку та перших двох моментних функцій.

Ґрунтуючись на понятті ізоморфізму відносно порядку та значень між циклічними випадковими процесами, дано означення умовному циклічному випадковому процесу дискретного аргументу як математичної моделі циклічних сигналів із подвійною стохастичністю.

У третьому розділі розроблено методи статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик дискретних циклічних випадкових процесів, шляхом зведення їх до відомих методів оцінювання ймовірнісних характеристик періодичних випадкових послідовностей, ізоморфних за відношенням порядку, що дало змогу зменшити складність оцінювання статистик у комп'ютеризованих системах з обмеженими обчислювальними ресурсами.

Побудовано аналітичні вирази для функцій обчислювальної складності відомих та нових методів статистичного оцінювання початкової моментної функції першого порядку та кореляційної функції циклічних випадкових процесів дискретного аргументу характеризуються значно більшою обчислювальною складністю ніж нові, що часто є перешкодою для їх застосування у інформаційних системах аналізу, діагностування та прогнозування за циклічними сигналами.

У четвертому розділі представлено систему комп'ютерних програм для статистичного оцінювання ймовірнісних характеристик циклічних сигналів на основі нових обчислювально ефективних методів.

Створення такої системи комп'ютерних програм є підставою для підвищення швидкодії статистичного опрацювання циклічних сигналів в рамках їх таких математичних моделей як циклічний випадковий процес та умовний циклічний випадковий процес дискретного аргументу, що має місце у комп'ютеризованих системах діагностування стану серцево-судинної системи та інформаційних системах аналізу та прогнозування економічних циклічних процесів. Програмний комплекс реалізовано на мові програмування Object Pascal.

### **Оформлення дисертації та автореферату**

Дисертаційна робота написана грамотно. Матеріали досліджень подано логічно, послідовно та доказово. Оформлення автореферату та дисертації



відповідає вимогам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України. Текст автореферату відповідає змісту дисертаційної роботи, а дисертація – паспорту спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

### **Зауваження до дисертації:**

1. У ВСТУПІ (див. «Актуальність теми») недостатньо уваги приділено критичному аналізу з визначенням сутності поставленого наукового завдання.

2. У вступній частині роботи у пункті «публікації» зазначено 8 статей у наукових фахових періодичних виданнях України, зокрема у списку публікацій зазначено посилання на номери [2-5, 10-13]. Проте, у списку виявлено всього 7 таких статей: під номером 10 є посилання на матеріали конференції IntelITSIS-2020, а під номером 13 – на матеріали конференції ТНТУ ім. І.Пулюя. Однак є ще посилання на фахову статтю під номером 17.

3. Деякі посилання у списку використаних джерел оформлені згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, який втратив чинність. Доцільно було б скористатися Національним стандартом України ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».

4. У висновках роботи доцільно було б навести числові значення результатів підвищення ефективності розроблених у роботі методів у порівнянні з відомими.

5. На графіках, що відображають перерізи функцій обчислювальної складності, у роботі (рис. 3.1-3.17) та в авторефераті (рис. 2) не наведено позначення розмірностей на осях.

6. У четвертому розділі роботи описано комплекс програм, який працює із такими циклічними сигналами як електрокардіосигнали, магнітокардіосигнали, фонокардіосигнали, різні типи циклічних економічних процесів, а також циклічні процеси рельєфоутворення на поверхні матеріалу, проте на віконних інтерфейсах не наведено шкалу та одиниці виміру значень величин, що моделюються.

7. У роботі не обґрунтовано використання мови програмування Object Pascal для розробки та реалізації програмного комплексу.

Висловлені зауваження не впливають на високу позитивну характеристику дисертаційної роботи, не зменшують актуальність, наукову та практичну цінність дисертаційних досліджень.

### **Загальні висновки**

Дисертаційна робота Стадник Н.Б. на тему «Моделювання та ефективні методи опрацювання циклічних сигналів на базі ізоморфних циклічних випадкових процесів» є завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне завдання, яке полягає в розвитку моделювання та методів статистичного опрацювання циклічних сигналів у рамках теорії циклічних випадкових



процесів у напрямі удосконалення концепції їх ізоморфізму та встановлення базових властивостей і співвідношень між різними класами їх еквівалентності, а також у напрямі розробки математичної моделі цифрових циклічних сигналів із подвійною стохастичністю та розробки методів їх статистичного опрацювання із низькою обчислювальною складністю в портативних цифрових системах із обмеженими обчислювальними ресурсами.

Опубліковані наукові праці Стадник Н.Б. за темою дослідження повністю відображають основні положення дисертації.

За актуальністю теми, теоретичною цінністю та практичною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема “Порядку присудження наукових ступенів” (п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), а її автор, Стадник Наталія Богданівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри комп'ютерних наук  
Західноукраїнського національного університету  
кандидат технічних наук, доцент



Андрій ПУКАС

Підпис *Андрій Пукас*  
Завіряю: *Н.Б. Стадник*  
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ  
ОРГАНІЗАЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО ТА  
ДОКУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ *Наталія Стадник*