

**ЗАТВЕРДЖУЮ**



Ректор Західноукраїнського  
національного університету  
Оксана ДЕСЯТНЮК

“ 25 ” грудня 20 24 р.

**ВИСНОВОК**

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів  
дисертації Личака Олега Васильовича  
на тему “Математичне моделювання нестационарних випадкових сигналів  
для виявлення дефектів механізмів на початкових стадіях розвитку”,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за науковою спеціальністю  
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи**

**Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок з планами  
наукових робіт.**

Технічна діагностика є важливою складовою частиною сучасних технологій прогнозування й управління життєвим циклом продуктів, процесів, систем. Застосування діагностики і прогнозування стану досліджуваної структури на основі діагностичних даних дозволяє суттєво знизити видатки на обслуговування об'єктів чи процесів та надає корисну інформацію, яка уможлиблює прийняття обґрунтованих правильних рішень для підвищення їх продуктивності, безпеки, надійності та ремонтоздатності. При цьому критично важливим для управління життєвим циклом системи, оцінювання її стану та прогнозування надійності є момент часу виявлення дефектів у ній. Раннє виявлення дефектів дозволяє точніше оцінювати і прогнозувати надійність системи, а також суттєво оптимізувати її технічну підтримку, у тому числі видатки на ремонт та обслуговування. Існуючі розвинуті методи і технології діагностування не передбачають виявлення дефектів на ранніх стадіях їх розвитку, також не існує означення ранньої стадії розвитку дефекту чи способів оцінювання ступеня його розвитку.

Діагностичні сигнали від машин і механізмів мають складну структуру, що породжується наявністю одночасно багатьох джерел сигналів регулярної (у тому числі періодичних, квазіперіодичних, малоциклових) та стохастичної (у тому числі стаціонарних та нестационарних процесів) природи, та їх складними амплітудно-фазовими взаємними модуляціями. Це призводить до того, що в галузі обробки та аналізу таких сигналів домінують евристичні підходи на кшталт визначення їх середньоквадратичної величини, аналізу “тренду поведінки”, аналізу сигналів на основі прямого використання швидкого перетворення Фур'є, методу “спектру квадрату огибаючої” чи методу декомпозиції мод сигналу (методу Хуанга-Гільберта).

Аналіз діагностичного сигналу з метою виявлення та оцінки ступеня розвитку дефекту на ранній стадії розвитку слід вести, виходячи з його

означення, коректного вибору моделі сигналу та застосування відповідного методологічного математичного апарату, що дозволять в комплексі вирішити цю проблему. Означення ранньої стадії розвитку дефекту як стохастичного нестационарного процесу, побудова моделі сигналу як періодично нестационарного випадкового сигналу (ПНВС) і використання перетворення Гільберта для аналізу складної амплітудно-фазової структури взаємних модуляцій дозволять вирішити задачу аналізу діагностичних сигналів для виявлення та оцінювання ранніх стадій розвитку дефектів.

Дослідження за темою дисертації проводились у Фізико-механічному інституті ім. Г. В. Карпенка НАН України при виконанні ряду держбюджетних тем НАН України: “Розроблення нових інформаційних технологій спекл-кореляції і фазозсувної спекл-інтерферометрії для дослідження напружено-деформованого стану поверхонь зразків конструкційних матеріалів та динаміки їх руйнування” (2004-2006, держреєстраційний номер 0104U004176); “Дослідження структури просторових полів переміщень і деформацій поверхонь конструкційних матеріалів методами спекл-метрології та інтерферометрії” (2007-2009, 0107U004068); “Розроблення методів визначення параметрів локального руйнування конструкційних матеріалів під дією статичних і циклічних навантажень на основі фазозсувної інтерферометрії і спекл-кореляції” (2010-2012, 0110U000432); “Встановлення методами спекл-метрології та інтерферометрії деформаційних характеристик матеріалів для оцінювання параметрів їх руйнування з урахуванням локальних зон пружно-пластичного стану” (2013-2015, 0113U000306); “Розроблення технологій діагностування елементів конструкцій та локального руйнування засобами оптичної спекл-метрології, фазозсувної інтерферометрії та цифрової голографії” (2016-2018, 0116U004952); “Розроблення інформаційних технологій та засобів вібраційної діагностики на основі періодично нестационарних нелінійних моделей з використанням перетворення Гільберта” (2019-2021, 0119U101061); “Розроблення методів кореляційного аналізу поліритмічної структури вібраційних сигналів для підвищення ефективності діагностики елементів вузлів механізмів з різними швидкостями обертання” (2022-2024, 0122U002138); науково-дослідних робіт програми “Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин” (РЕСУРС), в рамках цільової програми наукових досліджень НАН України “Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд” (РЕСУРС-2) “Спеціалізовані пристрої для виявлення дефектів на ранніх стадіях їх зародження при визначенні технічного стану механізмів” (2018-2020, 0119U101190); ряду господарських договорів з діагностування вугільних конвеєрів у морському торговому порту ЮЖНИЙ (2019, 2023); приводу стрілового конвеєру судно-навантажувальної машини на ТОВ “ТІС-РУДА”, с. Візирка, Одеська обл. (2018, 2020); головних механізмів приводу контейнерних перевантажувачів та механізмів кабельних барабанів спредерів причальних контейнерних перевантажувачів “ЗРМС” інв. № 7001, № 7002 та № 7003, що належать ТОВ “Бруклін-Київ Порт”, оператору контейнерного терміналу на базі причалів № 42-43 ДП “Одеський морський торговельний порт” (2019, 2023), діагностики підшипникових вузлів візків трамвайного вагона Т5L641 на ТОВ “ЗАВОД ЕЛЕКТРОНМАШ” (2023, 2024), вібраційного стану підшипникових вузлів приводів фрез дисольверів ТОВ

“Флексорес” (2023), “Дослідження сигналів вібрації методами нестационарних випадкових процесів для встановлення стану елементів обертових вузлів газотурбінних двигунів ДП “Івченко-Прогрес” (2024-2025).

**Мета, завдання та методи дослідження. Об’єкт та предмет дослідження.** Мета дисертаційної роботи – підвищення ефективності виявлення і визначення параметрів пошкоджень у системах на ранніх стадіях розвитку на основі дослідження моделей діагностичних сигналів у вигляді періодично нестационарних випадкових процесів зі стохастичною амплітудно-фазовою модуляцією несучих гармонік і розроблення методів їх аналізу, базуючись на перетворенні Гільберта для встановлення характерних особливостей модуляції.

Досягнення означеної мети зумовило постановку і вирішення таких завдань:

- провести аналіз процесів генерації нових стійких станів (дефектів) на основі моделей нелінійних динамічних систем зі збуренням;
- провести порівняльний аналіз когерентних і компонентних ПНВС-методів виявлення прихованих періодичностей та отримання оцінки похибок періоду нестационарності;
- дослідити перетворення Гільберта багатоконponentного ПНВС і кореляційної структури аналітичного сигналу;
- провести теоретичний аналіз моделі ПНВС за широкосмугової, вузькосмугової та амплітудно-фазової модуляції несучої;
- провести аналіз смугової фільтрації високочастотно-модульованого багатоконponentного ПНВС і розробити метод розділення компонент;
- обґрунтувати та показати, що фільтрація сигналу ПНВС повинна базуватися на оцінці взаємних кореляцій вузькосмугових високочастотних компонент; показати, що використання смуги, що охоплює не всі корельовані гармоніки призводить до зниження ефективності діагностування;
- обґрунтувати та показати, що періодична нестационарність другого порядку ПНВС викликана взаємними кореляціями різних високочастотних компонент, а взаємні кореляції їх квадратур можна використати для опису пошкодження та його специфічних особливостей;
- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для реалізації ПНВС-методу обробки діагностичних сигналів на основі перетворення Гільберта та аналітичного сигналу;
- провести симуляцію реалізації ПНВС та аналіз симульованих даних запропонованими методами;
- провести обробку реальних діагностичних сигналів на основі розробленої моделі та порівняльний аналіз отриманих результатів з кращими відомими методами;
- проаналізувати властивості амплітудних спектрів детерміністичних коливань і часових змін дисперсії для розподіленого та локалізованого дефектів.

**Методологічною основою дисертаційної роботи** є теорія випадкових процесів, математична статистика, методи неперервного та дискретного Фур’є аналізу, методи обчислювальної математики; методи статистичної теорії періодично нестационарних випадкових процесів, методи розв’язування

нелінійних рівнянь, метод малого параметру, комп'ютерне моделювання, експериментальні дослідження.

**Об'єктом дослідження** є діагностичні сигнали мішаної природи від машин і агрегатів зі складними взаємними модуляціями та потужними регулярними і стохастичними компонентами.

**Предметом дослідження** є математичні моделі періодично нестационарних випадкових сигналів, побудовані на основі перетворення Гільберта та аналітичного сигналу, методи оцінювання їх спектральних та імовірнісних характеристик і встановлення зв'язків між кореляційними, спектральними характеристиками сигналів та ранніми стадіями розвитку дефектів в системах.

**Формування наукової проблеми, нове вирішення якої отримано в дисертації.** Дисертаційна робота спрямована на вирішення нової науково-прикладної проблеми – обґрунтуванні математичної моделі діагностичних сигналів у вигляді багатокомпонентних періодично нестационарних випадкових процесів з амплітудно-фазовою модуляцією несучих гармонік, встановленні з використанням перетворення Гільберта характерних особливостей структури низько- та високочастотної модуляції, визначенні її параметрів, що дало можливість суттєво підвищити ефективність діагностики пошкоджень на ранніх стадіях розвитку.

**Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їхня новизна.** Наукова новизна одержаних результатів полягає у вирішенні важливої науково-прикладної проблеми – обґрунтуванні математичної моделі діагностичних сигналів у вигляді багатокомпонентних періодично нестационарних випадкових процесів з амплітудно-фазовою модуляцією несучих гармонік, встановленні з використанням перетворення Гільберта характерних особливостей структури низько- та високочастотної модуляції, визначенні її параметрів, що дало можливість суттєво підвищити ефективність діагностики пошкоджень на ранніх стадіях розвитку.

Основні положення дисертаційної роботи, що визначають її наукову новизну, полягають у наступному, а саме:

*вперше:*

– сформульовано означення ранньої стадії розвитку дефекту як періодично нестационарного випадкового процесу в околі точки біфуркації нелінійної динамічної системи зі збуренням, котрий супроводжується появою в поведінці системи прихованих коливань, що дало можливість сформулювати вимоги до побудови моделі діагностичних сигналів;

– встановлено, що до періодичної нестационарності (прихованої періодичності) досліджуваного сигналу призводять взаємні кореляції між модулюючими процесами, що дозволило визначити діагностичні параметри сигналів для виявлення та оцінки ступеня розвитку дефектів;

– розроблено теоретичні основи використання перетворення Гільберта для аналізу діагностичних ПНВС, що характеризуються широкосмуговою високочастотною модуляцією несучих. Показано, що перетворення Гільберта безпосереднього не може використовуватися для демодуляції такого сигналу;

– показано, що аналітичний сигнал від ПНВС з високочастотною широкосмуговою та амплітудно-фазовою модуляцією несучих є також ПНВС, а



квадрат модуля аналітичного сигналу, який називають “квадратом обвідної”, є випадковим процесом, моментні функції якого змінюються періодично з часом, тому його аналіз необхідно проводити методами ПНВС, та встановлено, що застосування відомих методів “обвідної”, “спектру квадрату обвідної” для аналізу багатокомпонентних ПНВС є некоректним;

– показано, що стохастично амплітудно-фазово модульовані коливання ПНВС представляються суперпозицією високочастотних компонент, які є стаціонарними і взаємно періодично нестационарно зв’язаними випадковими процесами, що зводить дослідження властивостей сигналу до аналізу кореляційних компонентів вищих порядків квадратур високочастотних несучих;

– показано, що фільтрація сигналу ПНВС повинна базуватися з врахуванням оцінок взаємних кореляцій високочастотних компонент вищих порядків, що дозволило сформулювати вимоги до коректного вибору смуги обробки ПНВС та підвищити ефективність діагностування;

– показано, що використання смугової фільтрації і перетворення Гільберта для виділення та аналізу кореляцій квадратур високочастотних гармонік дає змогу побудувати карту кореляцій, котра має характерні особливості для різних дефектів і служить основою для обґрунтованого вибору смуги частот при аналізі сигналу;

– обґрунтовано процедури відбору та обробки діагностичних сигналів, які дають можливість виявити і описати в рамках моментних функцій ПНВС першого і другого порядків їх структуру, в тому числі структуру високочастотної, широкосмугової та амплітудно-фазової модуляції, що забезпечило вищу ефективність діагностики у порівнянні з відомими підходами;

– розроблений підхід застосований до аналізу розподіленого і локального дефектів механізмів в рамках моментних функцій першого і другого порядків, описані основні закономірності та відмінності між сигналами таких дефектів, проведено демодуляцію високочастотних компонент та описана їх кореляційна структура на основі побудованих карт кореляцій;

– встановлено, що високочастотна модуляція несучих гармонік ПНВС моделі вібрацій підшипника є вузькосмуговою і може бути описана суперпозицією представлень сигналу за формулами Райса;

– показано, що кореляції квадратур модуляцій є повільно зникаючими осциляційними функціями часового зсуву, що зумовлює схожу форму кореляційних компонентів, а інтервал зникання кореляційних компонентів є набагато більшим, ніж період нестационарності.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.**

Автором на високому рівні, у достатньому обсязі проведені теоретичні та експериментальні дослідження. Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів, рекомендацій і висновків підтверджується коректною постановкою завдань досліджень, заданою точністю результатів, що отримані в результаті моделювання, та результатами проведених симуляційних та натурних експериментів з обробки реальних діагностичних сигналів. Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані на належному рівні, опубліковані в періодичних наукових виданнях, підтверджені патентами України на винахід, апробовані на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

Про належний ступінь теоретичної обґрунтованості та достовірності наукових результатів, що наведені у дисертаційній роботі, свідчать відповідні методологічні засади дослідження.

### **Наукове та практичне значення роботи.**

*Наукова цінність* дисертаційної роботи полягає в тому, що отримані результати в області аналізу характеристик періодично нестаціонарних випадкових процесів і сигналів є суттєвим внеском в теорію нестаціонарних випадкових процесів, розроблені методи їх кореляційного аналізу дають можливість отримати слушні незміщені оцінки параметрів цих сигналів.

Введені моделі періодично нестаціонарного випадкового сигналу на основі перетворення Гільберта і аналітичного сигналу дають можливість кількісно характеризувати взаємозв'язки між складовими діагностичного сигналу, на основі експериментальних даних виявляти, типізувати та оцінювати стан дефектів у системах на ранніх стадіях розвитку, встановити їх походження та фізичну природу.

Отримані наукові результати доцільно використовувати в галузі діагностики систем різної природи та в якості підсистем в системах управління життєвим циклом.

*Практична цінність* роботи полягає, насамперед, у створенні моделей, методів ПНВС та програмно-алгоритмічного забезпечення для аналізу діагностичних сигналів різного походження. Це забезпечення надає можливість виокремлювати сигнал від дефекту, встановлювати оптимальні параметри обробки цього сигналу, отримувати оцінку розвитку дефекту, ідентифікувати його тип та походження. Такі дані є важливими як для встановлення поточного стану систем, так і прогнозування цього стану на заданий період часу. Рання діагностика дефектів у системах є важливим аспектом забезпечення їх надійності і працездатності, зменшення затрат на підтримку працездатності; планування і забезпечення ремонтів та технічного обслуговування.

### **Використання результатів роботи.**

Результати дисертаційних досліджень використано у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України при виконанні держбюджетних тем.

Практична цінність запропонованих у дисертаційній роботі моделей періодично нестаціонарних випадкових сигналів, методів їх декомпозиції та аналізу для виявлення, локалізації та оцінювання ступеня розвитку дефектів в механізмах підтверджується результатами їх практичного використання при проведенні діагностичних робіт на ряді промислових підприємств України, зокрема, на теплових електростанціях у смт. Добротвір (Львівська обл.), ДП “Одеський морський торговельний порт”, ДП “Морський торговельний порт “Южний” (Одеська обл.), ТОВ “ЗАВОД ЕЛЕКТРОНМАШ”.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у ряді підприємств України: спеціалізований експертно-технічний центр ТОВ Фірма “ДІАЛАБ” ЛТД, ТОВ “ПОРТТЕХЕКСПЕРТ”, ТОВ “ДП Ворлд ТІС Південний”, ТОВ “КИПЕР-ПЛАСТ”, що підтверджено відповідними актами.

Результати дослідження можуть бути застосовані при виконанні науково-дослідних робіт у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України, а також при виконанні робіт для встановлення технічного стану механізмів паливно-енергетичного сектору, виявлення рівня підвищеної вібрації складних

машинних комплексів на промислових підприємствах України, діагностування газотурбінних двигунів на підприємствах-виробниках та експлуатантах відповідної техніки.

**Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора.** Всі наукові результати, висновки і пропозиції, викладені у дисертації та винесені на захист, одержано автором особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї і положення, що є результатом особистої роботи здобувача. Результати аналізу публікацій здобувача за темою дисертаційної роботи вказують на повноту викладу основних наукових положень та дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності у процесі підготовки докторської дисертації. Загальна кількість публікації та їх зміст достатньою мірою висвітлюють результати дисертаційної роботи.

За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 77 наукових праць, серед яких 29 у наукових фахових виданнях України та закордонних виданнях (статті задовольняють вимогам про публікацію однієї статті в одному номері журналу), з них 10 статей включено в наукометричні бази Scopus та/або Web of Science (з них, відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports, 6 статей віднесено до квартилю Q1-Q2, та 4 – до квартилю Q3), та 44 публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій (з них 11 публікацій включено в наукометричні бази Scopus), 4 патенти. Загалом 21 публікацію, що відображають основні результати роботи, включено до наукометричної бази Scopus та/або Web of Science.

Наукові праці, які відображають основні наукові результати дисертації:

Статті:

1. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Matsko I. Hilbert transform for covariance analysis of periodically nonstationary random signals with high-frequency modulation. *ISA Transactions*, 144, 452–481, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.isatra.2023.10.025>

ISSN 0019-0578, періодичність – щомісяця; індексується у міжнародній наукометричній базі даних SCOPUS. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/isa-transactions>

2. Javorskyj I., Matsko I., Yuzefovych R., Lychak O., Lys R. Methods of Hidden Periodicity Discovering for Gearbox Fault Detection. *Sensors*, 2021, 21, 6138. <https://doi.org/10.3390/s21186138>.

ISSN 1424-8220, періодичність – щомісяця; засновник наукового видання – MDPI, Open Access, індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus, SCIE (Web of Science), PubMed, MEDLINE, PMC, Ei Compendex, Inspec, Astrophysics Data System та ін. URL: [URL: https://www.mdpi.com/journal/sensors](https://www.mdpi.com/journal/sensors)

3. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Trokhym G., Varyvoda M. Methods of periodically non-stationary random processes for vibrations monitoring of rolling bearing with damaged outer race. *Digital Signal Processing: A Review Journal*, 145, 2024, 104343. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2023.104343>.

ISSN: 1051-2004 (друкована версія), 1095-4333 (електронна версія). Періодичність: щомісяця. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Science Citation Index, INSPEC, EBSCOhost.

URL: <https://www.journals.elsevier.com/digital-signal-processing>

4. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Slyepko R., Semenov P. Detection of distributed and localized faults in rotating machines using periodically non-stationary covariance analysis of vibrations. *Measurement Science and Technology*, 2023, 34, 065102. <https://doi.org/10.1088/1361-6501/acbc93>

ISSN: 0957-0233 (друкована версія), 1361-6501 (електронна версія). Періодичність: щомісяця. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://iopscience.iop.org/journal/0957-0233>

5. Lychak O., Holyns'kiy I. Evaluation of random errors in Williams' series coefficients obtained with digital image correlation. *Measurement Science and Technology*, 2016, 27(3), 035203. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/27/3/035203>

ISSN: 0957-0233 (друкована версія), 1361-6501 (електронна версія), Періодичність: щомісяця. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://iopscience.iop.org/journal/0957-0233>

6. Lychak O., Holyns'kiy I. Improving the accuracy of derivation of the Williams' series parameters under mixed (I+II) mode loading by compensation of measurement bias in the stress field components data. *Measurement Science and Technology*, 2016, 27(12), 125203. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/27/12/125203>

ISSN: 0957-0233 (друкована версія), 1361-6501 (електронна версія), Періодичність: щомісяця. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://iopscience.iop.org/journal/0957-0233>

7. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P., Varyvoda M. Vibration analysis of the damaged bearing unit of the port crane lifting mechanism. *Materials Science*, 2024, 59(4), 395 – 404.

<https://doi.org/10.1007/s11003-024-00790-x>

ISSN: 1068-820X (друкована версія), 1573-885X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://link.springer.com/journal/11003>

8. Sakharuk O., Muravs'kyi L., Holyns'kiy I., Lychak O. Determination of the field of local displacements by the digital speckle correlation method with adaptive segmentation of the images. *Materials Science*, 2014, 49(5), 660–666.

<https://doi.org/10.1007/s11003-014-9660-4>

ISSN: 1068-820X (друкована версія), 1573-885X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://link.springer.com/journal/11003>

9. Lychak O., Holyns'kyi I. Estimation of the accuracy of determination of the Williams coefficients under the conditions of normal cleavage. *Materials Science*, 2013, 48(5), 664–670.

<https://doi.org/10.1007/s11003-013-9552-z>

ISSN: 1068-820X (друкована версія), 1573-885X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://link.springer.com/journal/11003>

10. Voronyak T., Kmet A., Lychak O. Single-step phase-shifting speckle interferometry. *Materials Science*, 2007, 43(4), 554–567.

<https://doi.org/10.1007/s11003-013-9552-z>

ISSN: 1068-820X (друкована версія), 1573-885X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Scopus, Web of Science. URL: <https://link.springer.com/journal/11003>



11. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P. Methods and means of early vibration diagnostics of rotating components of mechanisms of quay container handlers. *The Paton Welding Journal*, 2022, 01, 48–58.

<https://doi.org/10.37434/tpwj2022.01.09>

ISSN 0957-798X (друкована версія), 3041-2293 (електронна версія). Періодичність: щомісяця. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: CROSSREF, EBSCO, Google Scholar, INDEX COPERNICUS, IET Inspec, ULRICHSWEB. URL: <https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/>

12. Yuzefovych R., Javorskyj I., Lychak O., Trokhym G., Varyvoda M., Semenov P. Diagnostics of gear pair damage using the methods of biperiodically correlated random processes. Part 2. Investigation of vibration signals of the wind power generator gearbox. *The Paton Welding Journal*, 2023, 4, 45–53.

<https://doi.org/10.37434/tpwj2023.04.06>

ISSN 0957-798X (друкована версія), 3041-2293 (електронна версія). Періодичність: щомісяця. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: CROSSREF, EBSCO, Google Scholar, INDEX COPERNICUS, IET Inspec, ULRICHSWEB. URL: <https://patonpublishinghouse.com/eng/journals/tpwj/>

13. Lychak O., Holyns'kyi I. Evaluation of stress field reconstruction errors near the crack tip of body under plain strain conditions. *Information extraction and processing*, 2014, 41(117), 63–69.

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідectво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

14. Яворський І., Юзефович Р., Личак О. Перетворення Гільберта багатокомпонентних періодично нестационарних випадкових сигналів. *Доповіді Національної академії наук України*, 2022, 1, 20–33.

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.020>

ISSN 1025-6415 (друкована версія), 2518-153X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Open Access. Індексується в міжнародній наукометричній базі даних: CrossRef. Журнал був заснований у 1939 році. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні, біологічні, хімічні, фізико-математичні спеціальності – 091, 102, 104, 105, 111, 113, 121, 122, 124, 132, 141, 171, наказ МОН України від 28.12.2019 № 1643).

URL: <https://dopovidi-nanu.org.ua>

15. Яворський І., Юзефович Р., Личак О. Аналіз високочастотної модуляції несучих гармонік періодично нестационарного випадкового сигналу. *Доповіді Національної академії наук України*, 2022, 2, 21–31.

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.02.021>

ISSN 1025-6415 (друкована версія), 2518-153X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Open Access. Індексується в міжнародній наукометричній базі даних: CrossRef. Журнал був заснований у 1939 році. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття

наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні, біологічні, хімічні, фізико-математичні спеціальності – 091, 102, 104, 105, 111, 113, 121, 122, 124, 132, 141, 171, наказ МОН України від 28.12.2019 № 1643).

URL: <https://dopovidi-nanu.org.ua>

16. Яворський І., Юзефович Р., Личак О. Стохастичні моделі прихованих періодичностей та ефективні методи їх виявлення. *Доповіді Національної академії наук України*, 2023, 6, 19–32.

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.06.019>

ISSN 1025-6415 (друкована версія), 2518-153X (електронна версія). Періодичність: 6 разів на рік. Open Access. Індукується в міжнародній наукометричній базі даних: CrossRef. Журнал був заснований у 1939 році. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні, біологічні, хімічні, фізико-математичні спеціальності – 091, 102, 104, 105, 111, 113, 121, 122, 124, 132, 141, 171, наказ МОН України від 28.12.2019 № 1643).

URL: <https://dopovidi-nanu.org.ua>

17. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Слєпко Р., Варивода М., Семенов П. Діагностика пошкоджень зубчатих пар методами біперіодично корельованих випадкових процесів. Частина 1. Теоретичні аспекти проблеми. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2022, 4, 4–11.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2022.04.01>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індукується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar. Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

18. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Трохим Г., Варивода М., Семенов П. Діагностика пошкоджень зубчатих пар методами біперіодично корельованих випадкових процесів. Частина 2. Дослідження вібраційних сигналів редуктора вітрогенератора. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2023, 1, 13–21.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2023.01.02>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індукується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar. Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

19. Юзефович Р., Яворський Р., Личак О., Гнатишин В., Варивода М. Виділення та аналіз детермінованої складової вібрацій методом найменших квадратів. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2023, 2, 17–21.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2023.02.02>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar. Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

20. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Комарницький Б., Хміль Р., Смірнова О. Дослідження кореляційної структури вібраційного сигналу підшипникових вузлів декантера. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2024, 2, 3–10.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2024.02.01>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

21. Юзефович Р., Яворський І., Мацько І., Личак О., Трохим Г., Дзерин О., Стецько І. Пристрої для виявлення дефектів на ранніх стадіях їх зародження при визначенні технічного стану механізмів. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2020, 4, 8–16.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2020.04.02>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar. Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

22. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Варивода М., Стецько І. Методи та засоби ранньої вібродіагностики підшипникових вузлів обертових механізмів. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2021, 2, 30–37.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2021.02.04>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індексується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar. Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

23. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Семенов П. Методи та засоби ранньої вібродіагностики обертових вузлів механізмів причальних контейнерних перевантажувачів. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 2021, 4, 25–34.

<https://doi.org/10.37434/tdnk2021.04.03>

ISSN 3041-2358 (друкована версія від 2024), 0235-3474 (друкована версія до 2024), 3041-2366 (електронна версія). Періодичність: щоквартально. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Open Access. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ 4787 від 09.01.2001 р. Журнал зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення 09.05.2024 р., ідентифікатор медіа R30-04568. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, 151, 152, наказ МОН України від 17.03.2020 № 409). URL: <https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/tdnk>

24. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Trokhym G., Varyvoda M. Stochastic model of the gearbox pair vibration. *Information extraction and processing*, 2021, 49 (125), 26–31. <https://doi.org/10.15407/vidbir2021.49.026>

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

25. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Слєпко Р., Варивода М. Демодуляція нестационарного випадкового сигналу з використанням перетворення Гільберта. *Відбір і обробка інформації*, 2022, 50 (126), 26–33.

<https://doi.org/10.15407/vidbir2022.50.026>

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

26. Яворський І., Юзефович Р., Личак О., Комарницький Б. Переваги моделі періодичного нестационарного випадкового процесу при обробці вібраційного сигналу. *Відбір і обробка інформації*, 2023, 51(127), 23–31.

<https://doi.org/10.15407/vidbir2023.51.023>

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132,



наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

27. Личак О., Глова З., Кметь А. Спектральні перетворення сигналів в різницевому спекл-інтерферометрі Ліндерця. *Відбір і обробка інформації*, 2004, 21 (97), 74–79.

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індукується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

28. Личак О., Глова З., Кметь А. Порівняльний аналіз методів виділення корисного сигналу в фазозсувних спекл-інтерферометрах. *Відбір і обробка інформації*, 2006, 25(101), 91–98.

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індукується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

29. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Khmil R. The covariance analysis of the periodically non-stationary random signal with narrow-band modulation of carrier harmonics. *Information Extraction and Processing*, 2024, 52(128), 19–26.

<https://doi.org/10.15407/vidbir2024.52.019>

ISSN 0474-8662. Англomовна назва журналу: Information Extraction and Processing. Періодичність: 1-4 рази на рік. Індукується в міжнародних наукометричних базах даних: Google Scholar, Vernadsky National Library of Ukraine, CrossRef, WorldCat. Журнал був заснований у 1965 році. Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ, № 3297 від 15 червня 1998 р. Журнал внесено до Категорії Б Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (технічні спеціальності – 132, наказ МОН України від 02.07.2020 № 886, технічні та фізико-математичні спеціальності – 113, 122, 132, 152, наказ МОН України від 26.11.2020 № 1471). URL: <http://vidbir.ipm.lviv.ua>

#### Патенти:

30. Личак О.В. Спосіб виявлення місць розміщення дефектів у матеріалі або місць руйнування матеріалу чи елемента конструкції при навантаженні (варіанти). Патент України на 20 років № 114116, опубл. 25.04.2017, бюл. № 8/2017.

31. Личак О.В. Спосіб виявлення місць розміщення дефектів у матеріалі або місць руйнування матеріалу чи елемента конструкції за механічного навантаження чи іншого виду руйнування матеріалу (варіанти). Патент України на 20 років № 121586, опубліковано 25.06.2020, бюл. № 12/2020.



32. Личак О.В. Спосіб підвищення точності визначення коефіцієнтів розкладу поля механічних напружень в околі вершини тріщини у степеневі ряди Вільямса. Патент України на корисну модель № 92126, опубліковано 11.08.2014, бюл. № 15/2014.

33. Личак О.В. Спосіб виявлення та визначення положення вершини наскрізної тріщини у матеріалі або конструкції. Патент України на корисну модель № 98606, опубліковано 27.04.2015, бюл. № 8/2015.

*Матеріали конференцій:*

34. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Matsko I., Semenov P. Evaluation of the mechanism damage using model of vibration signal as a periodically correlated random process. *Procedia Structural Integrity*, 2022, 36, 122–129.

<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.013> (SCOPUS)

35. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Kurapov P. Hilbert Transform for Analysis of Daily Changes of the Earth Magnetic Field // 2021 IEEE XII International Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT). P. 181–185.

<https://doi.org/10.1109/ELIT53502.2021.9501150> (SCOPUS)

36. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P. Hilbert Transform of Multicomponent Narrow-band Periodically Non-stationary Random Signal // Proceedings of XI International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Deggendorf, Germany, ACIT–2021. P. 57–60.

<https://doi.org/10.1109/ACIT52158.2021.9548456> (SCOPUS)

37. Yuzefovych R., Javorskyj I., Lychak O., Trokhym G., Semenov P. Bi-periodically correlated random processes as a model for gear pair vibration // First International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP–2021), November 16-18, 2021, Ternopil, Ukraine. CEUR Workshop Proceeding, 2021, 3039, P. 47–54. (SCOPUS)

38. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Sliepko R., Semenov P. Hilbert transform for analysis of amplitude modulated wide-band random signals // Proceedings of XII International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Spišská Kapitula, Slovakia, 26-28 September 2022. P. 68–71. Electronic ISSN: 2770-5226. Print ISSN: 2770-5218.

<https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913131> (SCOPUS)

39. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Sliepko R., Varyvoda M. Hilbert transform of periodically non-stationary random signals: narrow-band high frequency amplitude modulation // Proceedings of 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, Kharkiv, Ukraine, 3–7 October 2022. P. 273–277.

<https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916452> (SCOPUS)

40. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P., Sliepko R., Romanyshyn Yu. Model for analysis of high-frequency modulated random signals // Proceedings of 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Wrocław, Poland, 21-23 September 2023. P. 96–99.

<https://doi.org/10.1109/ACIT58437.2023.10275456> (SCOPUS)

41. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P., Varyvoda M. Analysis of the periodically non-stationary structure for modulated vibration signal // 2023 IEEE 13th International Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT), September 26-28, 2023. P. 252–256. (SCOPUS)

<https://doi.org/10.1109/ELIT61488.2023.10310718>

42. Yuzefovych R., Javorskyj I., Lychak O., Semenov P. Method of periodically non-stationary random signals demodulation with Hilbert transform // 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2023), November 22-24, 2023, Ternopil, Ukraine and Opole, Poland. CEUR Workshop Proceeding, 2023. 3628, P. 548–553. (SCOPUS)

43. Javorskyj I., Yuzefovych R., Lychak O., Semenov P., Sliepko R. Demodulation of the simulated periodically non-stationary random signal with Hilbert transform // CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0, CITI 2024, 12–14 June 2024, Ternopil, Ukraine, 3742, P. 127–136. (SCOPUS)

44. Yuzefovych R., Javorskyj I., Lychak O., Torba Yu., Sbrodov Ye., Komarnytskiy B. Correlation matrix for analysis of the covariance and spectral structures of PNRP // Proceedings of 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, Ceske Budejovice, Czech Republic, 19-21 September 2024. P. 158–161. <https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712471> (SCOPUS)

45. Javorskyj I., Torba Yu., Yuzefovych R., Sbrodov Ye., Lychak O. Periodically non-stationary properties of vibrations for gas-turbine engine with unbalanced rotor // VII International conference “Welding and related technologies” 7–10 October 2024, Yaremche, Ukraine: Abstracts of plenary and poster papers. Kyiv, International Association “Welding”. P. 17.

46. Трохим Г.Р., Юзефович Р.М., Личак О.В., Варивода М.З., Бойко М.В., Лисенко О.М. Діагностування підшипників кочення методами ПКВП. Праці XX Міжнародної науково-технічної конференції “Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта”. Київ : Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2019. С. 167–168.

47. Яворський І.М. Застосування кореляційного аналізу вібраційних сигналів для дослідження трибокорозії / І.М. Яворський, Р.Т. Слєпко, Р.М. Юзефович, О.В. Личак // Праці XX Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ : Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2021. С. 155–156.

48. Юзефович Р.М. Розроблення систем вібраційної діагностики обертових механізмів з використанням методів теорії періодично нестационарних випадкових процесів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, І.Г. Стецько // Збірка тез чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ІРТК-2021). Київ: Національний авіаційний університет, 2021. С. 228–229.

49. Встановлення технічного стану обладнання з використанням вібродіагностичних систем відбору та обробки вібраційних сигналів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, І.Г. Стецько, М.З. Варивода // Праці XX Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2021. С. 146–147.

50. Система відбору вібраційних сигналів для діагностики обертових механізмів / Р.М. Юзефович, І.Г. Стецько, І.М. Яворський, О.В. Личак // Збірка

тез доповідей другої міжнародної конференції “Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану”. Одеса, 2021. С. 43–44.

51. Юзефович Р.М. Підходи до побудови систем вібродіагностики / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, П.О. Семенов, О.В. Личак, І.Г. Стецько // Збірка тез доповідей другої міжнародної конференції “Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану”. Одеса, 2021. С. 44.

52. Дослідження спектральних властивостей вібраційного сигналу від елементу механізму з тріщиною / Р.М. Юзефович, І.М. Мацько, О.В. Личак, Г.Р. Трохим, І.М. Яворський // Праці XXI Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2022. С. 191–193.

53. Юзефович Р.М. Дослідження технічного стану механізмів з використанням методів періодично корельованих випадкових процесів / Р.М. Юзефович, О.В. Личак, П.Р. Курапов, М.З. Варивода, І.М. Яворський // Праці XXI Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2022. С. 196–198.

54. Дослідження процесів трибокорозії поверхні тіл обертання із застосуванням кореляційного аналізу вібраційних сигналів / О.В. Личак, Р.Т. Слепко, І.М. Яворський, Р.М. Юзефович // Праці XXI Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2022. С. 200–201.

55. Сучасні методи вібраційної діагностики обертових механізмів основані на теорії періодично корельованих випадкових процесів / Р.М. Юзефович, О.В. Личак, І.М. Яворський, І.Г. Стецько // Збірка тез п’ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ІРТК-2022). Київ: Національний авіаційний університет, 2022. С. 202–203.

56. Обробка вібраційних сигналів методами періодичних нестационарних випадкових процесів для виявлення дефектів підшипників / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, О.В. Личак, Г.Р. Трохим, І.М. Мацько // Збірка тез міжнародної науково-практичної конференції “Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій” присвячена 70-ти річчю з дня народження член-кореспондента НАН України, проф. П. Яснія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. С. 219–221.

57. Діагностування механізмів на основі аналізу вібраційних сигналів / Р.М. Юзефович, О.В. Личак, І.М. Яворський, І.Г. Стецько, І.Я. Стецько // Збірка тез міжнародної науково-практичної конференції “міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій” присвячена 70-ти річчю з дня народження член-кореспондента НАН України, проф. П. Яснія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. С. 222–223

58. Модель стохастичної модуляції вібраційних сигналів для виявлення дефектів підшипників / Г. Трохим, О. Личак, Р. Юзефович, І. Яворський, Р. Слепко // Збірка тез міжнародної науково-практичної конференції “міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій” присвячена 70-ти річчю з дня народження

член-кореспондента НАН України, проф. П. Яснія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. С. 224–225.

59. Застосування вібродіагностичних систем відбору та обробки вібраційних сигналів для визначення технічного стану промислового обладнання / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, Р.Т. Слепко, О.В. Личак, І.Г. Стецько, М.З. Варивода, Г.Р. Трохим // Збірка тез конференції “Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України”. Київ: Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, 2022. С. 22.

60. Періодично корельовані випадкові процеси як модель циклічних навантажень у механізмах та конструкціях / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, М.З. Варивода, Р.Т. Слепко // Праці ХХІІ Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2023. С. 222–223.

61. Дослідження обертових механізмів без спеціальних фундаментів методами періодично корельованих випадкових процесів / Р. Юзефович, І. Яворський, О. Личак, В. Симоненко, Р. Слепко // Праці ХХІІ Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2023. С. 262–263.

62. Застосування нестационарного підходу до аналізу вібраційних сигналів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, І.Й. Мацько // Збірка тез шістнадцятої міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ПРТК-2023). Київ: Національний авіаційний університет, 2023. С. 302–304.

63. Застосування методів періодично корельованих випадкових процесів для аналізу вібраційних сигналів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, І.Й. Мацько, П.О. Семенов // Матеріали 16-й міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків у Львові. Львів: Національний Університет “Львівська Політехніка”, 2023. С. 124–125.

64. Аналіз вібраційних сигналів від тонкої пластини з тріщиною / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, О.В. Личак, І.Й. Мацько // Матеріали ХІІІ міжнародної науково-практичної конференції “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. Національний університет “Чернігівська політехніка”, 2023. Т. 1. С. 236.

65. Імовірнісна модель вібраційних сигналів у вигляді періодичного нестационарного випадкового процесу / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, О.В. Личак, Р.Т. Слепко, П.О. Семенов // Збірник тез доповідей ІІІ Міжнародної науково-технічної конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023”, 1-3 червня 2023 року. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2023. С. 301–302.

66. Дослідження технічного стану авіаційних двигунів методами періодично нестационарних випадкових процесів / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, Ю.І. Торба, О.В. Личак, Є.В. Сбродов // Праці ХХІІІ Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2024. С. 236–237.

67. Триканальний портативний пристрій для відбору та обробки вібраційних сигналів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, І.Г. Стецько, О.В. Личак, І.Я. Стецько, М.З. Варивода // Праці XXIII Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2024. С. 238–239.

68. Метадані при відборі та дослідженні вібраційних сигналів / Г.Р. Трохим, О.В. Личак, Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, В.С. Янішевський // Праці XXIII Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2024. С. 244–245.

69. Дослідження структури вібраційних сигналів методами ПКВП у підшипниках підданих наводненню / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, Б.Р. Комарницький, О.В. Личак, Р.Т. Слепко // Праці XXIII Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2024. С. 253–254.

70. Дослідження поширення вібрації в транспортній колісній машині / Г.Т. Черчик, О.В. Личак, Г.Р. Трохим, Р.М. Юзефович, І.М. Яворський // Праці XXIII Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. Київ: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, 2024. С. 257.

71. Побудова сучасних систем вібраційної діагностики складних механізмів / Р.М. Юзефович, І.М. Яворський, Б.Р. Комарницький, О.В. Личак // Збірка тез сімнадцятої Міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ІРТК–2024). Київ: Національний авіаційний університет, 2024. С. 436–437.

72. Діагностування дефектів у механізмах портових кранів / І.М. Яворський, П.О. Семенов, Р.М. Юзефович, О.В. Личак // Збірка тез сімнадцятої Міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (ІРТК–2024). Київ: Національний авіаційний університет, 2024. С. 438–439.

73. Вібраційна діагностика обертових вузлів машинних комплексів / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, Б.Р. Комарницький, О.В. Личак, І.Й. Мацько // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. Чернігів: Національний університет “Чернігівська політехніка”, 2024. С. 240.

74. Спосіб пониження вібраційного навантаження на опори конструкцій / Г.Т. Черчик, І.М. Яворський, О.В. Личак, Р.Т. Слепко, Р.М. Юзефович // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. Чернігів: Національний університет “Чернігівська політехніка”, 2024. С. 241.

75. Переваги вібраційних методів діагностики механізмів порталних кранів / П.О. Семенов, І.М. Яворський, О.В. Личак, Р.М. Юзефович, Б.Р. Комарницький // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем”. Чернігів: Національний університет “Чернігівська політехніка”, 2024. С. 242.



76. Спеціалізовані системи для задач вібраційної діагностики обертових механізмів / І.М. Яворський, Р.М. Юзефович, О.В. Личак, І.Й. Мацько, Г.Р. Трохим, І.Г. Стецько // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ”. Львів: Національна академія сухопутних військ імені Гетьмана Петра Сагайдачного, 2024. С. 407–408.

77. Model of the diagnostic signals in the form of bi-periodically non-stationary random process /R.M. Yuzefovych, I.M. Javorskyj, O.V. Lychak, M.Z. Varyvoda // Матеріали міжнародної наукової конференції “Математика та інформаційні технології”, присвяченої 55-річчю факультету математики та інформатики, 28-30 вересня 2023 р. Чернівці: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, 2023. С. 131–132.

У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – аналіз властивостей аналітичного сигналу за різних видів і типів модуляцій, обробка даних, представлення та аналіз матриці кореляцій; [2] – оцінка прихованої періодичності в складі сигналу, аналіз та обробка даних; [3] – модель сигналу ПНВС пошкодженого підшипника; [4] – модель дефектів і спосіб аналізу нестационарного сигналу кореляційним методом; [5] – метод оцінювання похибок параметрів Вільямса визначених на основі даних цифрової кореляції зображень; [6] – метод оцінювання похибок параметрів Вільямса, визначених на основі даних цифрової кореляції зображень; [7] – модель вібросигналу, отримання та обробка даних; [8] – отримання та обробка даних спекл-зображень; [9] – метод моделювання й оцінки похибки визначення параметрів Вільямса; [10] – метод виділення корельованих сигналів квадратур фазової модуляції; [11] – дослідження й аналіз сигналу віброприскорення; [12] – обґрунтування вибору моделі сигналу віброприскорення; [13] – метод моделювання й оцінки похибки визначення параметрів Вільямса; [14] – модель ПНВС сигналу та його перетворення Гільберта; [15] – модель високочастотно модульованого сигналу; [16] – метод оцінювання прихованого періоду в структурі сигналу; [17] – модель модульованого біперіодичного сигналу; [18] – обробка даних віброприскорення; [19] – побудова моделі детермінованої складової сигналу; [20] – обробка даних, модель несучої сигналу; [21] – принцип попередньої обробки зареєстрованого сигналу; [22, 23] – модель сигналу віброприскорення; [24] – модель модуляції сигналу; [25] – перетворення Гільберта від моделі сигналу; [26] – модель ПНВС; [27] – модель і метод визначення спектру перетвореного сигналу; [28] – методи детектування фазової модулюючої складової; [29] – модель вузькосмугової високочастотної модуляції ПНВС; [34] – виділення та кореляційний аналіз складових квадратур ПНВС вищих порядків; [35] – модель виділення квадратур моделюючої складової; [36] – метод виділення квадратур; [37] – обробка сигналу віброприскорення; [38] – модель широкосмугової високочастотної модуляції сигналу віброприскорення; [39] – модель вузькосмугової високочастотної модуляції в структурі сигналу; [40] – модель високочастотної модуляції сигналу; [41] – модель та визначення базової частоти ПНВС; [42] – виділення квадратур модулюючих складових; [43] – виділення квадратур модулюючих складових; [44] – обробка даних віброприскорення, побудова та аналіз кореляційної матриці

відібраного сигналу; [45] – методи діагностики двигуна; [46] – опис сигналів підшипника методами ПКВП; [47] – принцип відбору діагностичного сигналу; [48–51, 76] – структура вібродіагностичної системи; [52] – метод виділення спектральних компонент; [53, 55–59, 69] – структура методу обробки сигналу; [54] – постановка експерименту; [60] – модель модуляції діагностичного сигналу; [61–63] – дослідження впливу нестационарності на аналіз вібраційних сигналів; [64] – метод відбору сигналу; [65, 66] – особливості об’єктів діагностики; [67, 71] – структура системи відбору сигналів; [68] – опис структури параметрів сигналів; [70, 72–74] – методи відбору сигналів; [75] – вібраційний метод діагностики; [77] – модель модуляції несучих гармонік.

**Текст дисертаційної роботи пройшов перевірку на наявність текстових запозичень антиплагіатної системи Turnitin Similarity.** За результатами перевірки не виявлено текстових запозичень без належного посилання на джерело та встановлено, що дисертаційна робота Личака Олега Васильовича на тему “Математичне моделювання нестационарних випадкових сигналів для виявлення дефектів механізмів на початкових стадіях розвитку” відповідає принципам академічної доброчесності.

#### **Апробація матеріалів дисертації.**

Основні положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, зокрема: 3 KhPI Week on Advanced Technology (Харків, 2022); 11, 12, 13 і 14 International Conferences on Advanced Computer Information Technologies (Germany, 2021; Slovakia, 2022; Poland, 2023; Czech Republic, 2024); 12 і 13 International Conferences on Electronics and Information Technologies (Львів, 2021, 2023); XX Міжнародній науково-технічній конференції “Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта” (Київ, 2019); XX, XXI, XXII і XXIII Міжнародних науково-технічних конференціях “Приладобудування: стан і перспективи” (Київ, 2021, 2022, 2023, 2024); 14, 15, 16 і 17 Міжнародних науково-практичних конференціях “Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси” (Київ, 2021, 2022, 2023, 2024); 2 Міжнародній конференції “Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану”. (Одеса, 2021); Міжнародній науково-практичній конференції “Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій” присвяченій 70-ти річчю з дня народження член-кореспондента НАН України, проф. П. Яснія (Тернопіль, 2022); конференції “Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України” (Київ, 2022); 16-й міжнародному симпозиумі українських інженерів-механіків (Львів, 2023); III Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту” (Вінниця, 2023); XIV Міжнародній науково-практичній конференції “Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем” (Чернігів, 2024); Міжнародній науково-практичній конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ” (Львів, 2024).

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Зміст дисертації відповідає визначеним завданням дослідження, розкриває тему роботи і свідчить про її цілісність і завершеність. Дисертація написана діловою українською мовою, у

ній простежується авторський стиль, матеріал викладено з дотриманням наукової фахової термінології.

**Відповідність дисертації нормативно встановленим вимогам та можливість подання до захисту.** Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість отриманих результатів, наукову новизну, теоретичне та практичне значення дисертаційної роботи, повноту викладення матеріалів дисертації в наукових публікаціях, фаховий семінар констатує відповідність дисертаційної роботи Личака Олега Васильовича на тему “Математичне моделювання нестационарних випадкових сигналів для виявлення дефектів механізмів на початкових стадіях розвитку”, яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, паспорту наукової спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи та вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197.

**Рекомендація дисертації спеціалізованій вченій раді.** У результаті розгляду дисертації Личака Олега Васильовича на тему “Математичне моделювання нестационарних випадкових сигналів для виявлення дефектів механізмів на початкових стадіях розвитку”

**УХВАЛИЛИ:**

Рекомендувати спеціалізованій вченій раді Д 58.082.02 Західно-українського національного університету прийняти дисертаційну роботу до розгляду.

**Рецензенти:**

доктор технічних наук, професор



Мирослав КОМАР

доктор технічних наук, професор



Михайло КАСЯНЧУК

доктор технічних наук, професор



Андрій МЕЛЬНИК