

ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

про дисертаційну роботу Слєпка Романа Тарасовича
“Аналіз стану поверхонь пар тертя за характеристиками вібраційних сигналів”, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 11 – Математика та статистика
за спеціальністю 113 – Прикладна математика

Актуальність теми дисертації. Вивчення взаємодії контактних поверхонь шляхом аналізу вібрацій, котрі виникають в процесі тертя з залученням методів трибології, механіки вібрацій та теорії сигналів дають можливість суттєво розширити знання про фізичні процеси на межі контактуючих поверхонь та запропонувати розв’язання ряду важливих практичних задач по підвищенню зносостійкості контактуючих поверхонь, підвищення їх довговічності та зменшенню рівня вібрацій у механічних динамічних системах.

Важливим аспектом таких робіт є розробка математичних моделей процесів фрикційної взаємодії поверхонь, моделей сигналів вібрацій, котрі виникають унаслідок такої взаємодії, та підходів до їх обробки. Не менш важливим є проведення експериментальних досліджень та обробка отриманих вібраційних сигналів, котрі дають можливість верифікувати запропоновані методи та підходи.

З огляду на це, дисертаційна робота Слєпка Р. Т. “Аналіз стану поверхонь пар тертя за характеристиками вібраційних сигналів”, у якій розвинуто математичну модель вібраційного сигналу фрикційної пари, запропоновано підходи до обробки та аналізу такого сигналу, проведено експериментальні дослідження, має важливе науково-практичне значення. У роботі розвинуто модель вібраційного сигналу як періодично нестационарного випадкового процесу (ПНВП), проведено аналіз спектральної та кореляційної структури цього процесу, аналіз виділених

квадратурних складових. Проведено лабораторні та натурні дослідження вібраційних сигналів, що виникають у результаті фрикційної взаємодії за різних режимів тертя.

Проведені дослідження мають важливе значення для проведення трибологічних досліджень та діагностування стану фрикційних пар методами вібродіагностики. Представлені дослідження виконані у рамках науково-дослідних робіт (тем), виконавцем яких був дисертант у Фізико-механічному інституті ім. Г. В.Карпенка НАН України згідно з планами Національної Академії Наук України.

Наукова новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень. Наукова новизна результатів досліджень перш за все полягає у розвитку моделей сигналів вібрації поверхонь тертя у процесі їх фрикційної взаємодії у вигляді ПНВП та підходів до обробки і аналізу таких сигналів методами спектрально-кореляційного аналізу з використанням перетворення Гільберта та виділення квадратур сигналу. Основні наукові здобутки Слєпка Р. Т., котрі відзначаються суттєвою новизною полягають у наступному:

1. Вдосконалено стохастичну нелінійну модель фрикційно збудженого вібраційного сигналу, аналіз спектрального складу стохастичних коливань якого може бути проведений на основі характеристик стаціонарного наближення, що визначаються за допомогою часового усереднення.

2. Проведено дослідження кореляційно-спектральних властивостей вібраційного сигналу, що описується моделлю Райса, квадратурні складові якої є високочастотними стаціонарно зв'язаними випадковими процесами

3. Доведено, що аналітичний сигнал є комплекснозначним ПНВП і виведені формули для його кореляційних компонент. Для випадку, коли модуляція є вузькосмуговою, отримано представлення у вигляді суми стаціонарних високочастотних компонент. Показано, що ці компоненти є зв'язаними ПНВП.

4. Проведено експериментальні результати дослідження вібрацій фрикційних пар за різних режимів тертя.

Наукова обґрунтованість та достовірність представлених теоретичних та експериментальних результатів досліджень. Проведено детальний аналіз робіт по вивченню вібрацій збуджених фрикційною взаємодією поверхонь. Розглянуто відомі основні фізичні механізми генерування вібраційних сигналів, які залежать від умов контакту, а саме: низького рівня адгезійної взаємодії (нормальне тертя) та високого рівня – з елементами локального схоплювання між поверхнями, що призводить до інтенсивного руйнування поверхонь. Чітке формулювання завдань теоретичних та експериментальних досліджень, використання апробованих фізико-математичних моделей генерування коливань, методів обробки стохастичних нестационарних сигналів, ґрунтовний аналіз отриманих результатів та порівняння їх з результатами відомих передових досліджень у цій галузі свідчать про високий рівень обґрунтованості основних наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації Р. Т. Слєпка.

Достовірність сформульованих висновків забезпечується застосуванням фізично коректних верифікованих трибологічних моделей та параметрів, верифікованих методів обробки стохастичних сигналів та слухністю отриманих результатів.

Отримані результати узгоджуються з відомими результатами та висновками інших дослідників та відомими закономірностями, що підтверджує правильність трактування отриманих даних.

Рівень виконання поставленого наукового завдання. Робота виконана на високому науковому рівні, викладення матеріалу структуроване, зрозуміле, грамотне, логічне і послідовне. Отримані висновки базуються на результатах виконаних теоретичних та експериментальних досліджень.

Основні положення, результати та висновки, отримані у дисертаційній роботі висвітлені у ряді фахових публікацій, у тому числі цитованих у

наукометричній базі SCOPUS. Результати дисертації були апробовані під час доповідей на відповідних авторитетних фахових наукових конференціях.

Рівень володіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Здобувач продемонстрував високий рівень методології наукового пошуку, аналізу відомих результатів здатності виокремити вузлові невирішені питання та запропонувати ймовірні напрямки та способи їх вирішення. Мета і завдання дослідження сформульовані грамотно, логічно витікають і узгоджуються з відомими результатами отриманими іншими дослідниками, що дозволило сформулювати та вирішити основну задачу з побудови стохастичної моделі вібраційного сигналу фрикційної пари та розвитку методів аналізу такого сигналу.

Основні наукові положення та висновки відповідають поставленим завданням наукових досліджень, а саме: розвиток та дослідження на основі ПНВП-моделі вібраційного сигналу фрикційної взаємодії поверхонь тертя; встановлення способів використання перетворення Гільберта для аналізу структури ПНВП сигналу; аналіз квадратур при високочастотній вузькосмуговій модуляції ПНВП; дослідження кореляційних та спектральних властивостей коли квадратури є високочастотними стаціонарно зв'язаними випадковими процесами.

Здобувачем виконало лабораторні дослідження котрі дозволили верифікувати запропоновані моделі сигналів вібрацій та підходи до їх обробки і аналізу. Також виконано польові діагностичні дослідження на промисловому об'єкті – портовому крані котрі підтвердили правильність розроблених підходів та ефективність їх практичного застосування.

Поставлені задачі Р. Т. Слепко вирішив правильно завдяки використанню верифікованих коректних методів аналізу періодично нестационарних стохастичних процесів, методів аналізу модульованих сигналів.

Практичне значення отриманих результатів. Методи, розроблені Р. Т. Слепком дають можливість проводити експрес-діагностування

механізмів з фрикційними парами в процесі їх експлуатації шляхом використання недорогого ефективного обладнання, у тому числі за потреби моніторингове спостереження процесів роботи відповідальних механізмів. Також можливе їх лабораторне використання для трибологічних експериментів з дослідження фрикційної взаємодії матеріалів, випробування лубрикатів та інших досліджень.

Відповідність роботи вимогам, що ставляться до дисертації.

Дисертаційна робота Р. Т. Слєпка за важливість вирішених наукових завдань, повнотою теоретичного та експериментального обґрунтування, обсягом проведених досліджень, глибиною сформульованих висновків відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії” затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 та “Вимогам до оформлення дисертації” затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. На сторінці 109, дисертаційної роботи, відсутній підпис рисунка 3.15.
2. У роботі було б добре навести більш детальніше обґрунтування вибраної математичної моделі ПНВП.
3. Методи статистичного аналізу ПНВП, які використовує автор доцільно було б коротко охарактеризувати в роботі, а не обмежуватися тільки посиланнями.
4. Фрикційні вібрації описуються ПНВП, проте, було б добре, описати їх структуру.
5. У роботі слід повніше представити результати експериментальних досліджень, наприклад у додатку.

Висновок. Зазначені недоліки не впливають на високу оцінку роботи в цілому. Дисертаційна робота “Аналіз стану поверхонь пар тертя за характеристиками вібраційних сигналів” є завершеною науковою роботою у

якій вирішена важлива наукова і практична задача побудови моделі вібросигналу фрикційної пари та розробки методів аналізу такого сигналу. За новизною отриманих результатів та ступенем їх обґрунтованості відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017р. № 40 “Про затвердження Вимог до оформлення дисертації” та вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії” затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, а її автор заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 11 “Математика та статистика” за спеціальністю 113 “Прикладна математика”.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри комп’ютерних наук

Тернопільського національного технічного

університету імені Івана Пулюя



Я.В. Литвиненко

Підпис професора Литвиненка Я.В. засвідчую:

Вчений секретар Тернопільського національного технічного

університету імені Івана Пулюя

кандидат технічних наук, доцент



Г.М. Крамар