

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Шегедіна Петра Анатолійовича** на тему: **«Комп'ютеризована система контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу»**, яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

**Актуальність теми.** За оцінкою спеціалістів, технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж в основних галузях економіки України досяг критичної межі, що загрожує її сталому функціонуванню, підвищує імовірність виникнення аварій і надзвичайних ситуацій техногенного характеру. З огляду на надзвичайно низькі темпи відновлення першочерговим завданням є забезпечення надійної експлуатації існуючого фонду транспортних засобів, споруд і конструкцій. Одним із напрямків вирішення цієї проблеми є створення сучасних методів та засобів контролю і діагностики різних технічних об'єктів, що знаходяться в експлуатації.

Особливо гостро ця проблема стосується різноманітних видів транспорту, оскільки надійність його експлуатації безпосередньо пов'язана з життям і безпекою людей. Як відомо, Україна має дуже розвинену мережу залізничних шляхів (експлуатаційна довжина їх складає понад 22 тис. кілометрів) і значна кількість пасажирських (38%) та вантажних (до 60%) від загального об'єму перевезень здійснюється саме залізничним транспортом. Однак, на даний час переважна більшість рухомого складу, шляхового господарства та інших об'єктів інфраструктури залізниці знаходяться у незадовільному стані.

Виходячи з цього, саме ефективна діагностика дозволяє контролювати технічний стан вузлів та знаходити несправний або такий елемент конструкції, що потребує ремонту чи вдосконалення. В свою чергу своєчасний ремонт та вдосконалення проблемних елементів конструкції тягово-рухомого складу (ТРС) допомагає зберегти справний стан усієї конструкції та продовжити термін служби інших частин ТРС. Все це необхідно для забезпечення надійності та безперервності перевезення вантажів та пасажирів. Моніторинг та діагностика технічного стану об'єктів тягово-рухомого складу (ОТРС) значно підвищує економічну ефективність експлуатації залізничного транспорту та допомагає перевізникам застрахувати себе від нещасних випадків на залізниці та поломок під час експлуатації. У випадку пасажирських перевезень необхідно здійснювати постійний контроль санітарно-гігієнічних норм для забезпечення необхідного

рівня комфорту та безпечності перевезень пасажирів та умов праці залізничного персоналу. Суттєву роль в забезпеченні необхідного рівня плавності ходу та безпеки руху відіграють гасники коливань рухомого складу. Однак стендові випробування даних гасників не дозволяють з необхідною точністю оцінити демпфувальні характеристики в експлуатаційних умовах.

При проведенні ходових динамічних випробувань рухомого складу на визначення показників плавності ходу і запасу міцності необхідно проводити аналіз великої кількості вимірювальних даних, отриманих при певних умовах руху об'єкта. Залежно від особливості поставленої задачі може виникнути потреба вибрати з множини даних, зареєстрованих в процесі динамічних випробувань, тільки ті які були отримані при русі в певному швидкісному діапазоні і при русі по ділянці заданої кривизни. Для пошуку реалізацій, що відповідають даним умовам, інженеру може знадобитися велика кількість часу. Також проблемою є неможливість точно зіставити результати вимірювань із записами параметрів руху за часом без використання додаткових спеціальних засобів. В свою чергу навіть чітко детерміновані часові реалізації не завжди можуть надати дослідникам об'єктивну інформацію про стан об'єкту контролю через можливу не стаціонарність та неоднорідність даних. Дана проблема вирішується шляхом використання попередньої обробки вимірювальних даних на предмет стрибкоподібної зміни властивостей інформаційного сигналу – так званої розладки.

Виходячи з цього, актуальність теми дисертаційної роботи П.А.Шегедіна «Комп'ютеризована система контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу», яка спрямована на підвищення достовірності контролю фізичного стану елементів конструкції тягово-рухомого складу за рахунок застосування більш завадо захищених методів обробки інформації та попередньої обробки вимірювальних даних, не викликає сумніву.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, п'яти додатків та списку використаних джерел із 116 найменувань. Основний зміст подано на 154 сторінках. Робота містить 68 рисунків та 8 таблиць.

У вступі проведено обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження і наукову новизну. Наведено практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях та семінарах, висвітлення їх в

друкованих спеціалізованих виданнях. Показаний зв'язок отриманих результатів з науковими програмами і планами НДР, а також особистий внесок дисертанта.

*Перший розділ* дисертаційної роботи присвячено огляду основних методів, що використовуються при діагностуванні та контролю функціональних параметрів ТРС. Здійснено аналіз нормативних документів, що використовуються на залізницях України та Європи та визначають вимоги до умов реєстрації інформаційних сигналів.

Наведено основні завдання діагностування параметрів рухомого складу, що вирішуються в ході спеціальних та динамічних випробувань. Наведено основні вимоги, що ставляться до комп'ютеризованих систем діагностики технічних параметрів функціональних вузлів залізничного транспорту. Представлено приклади існуючих систем, що вирішують аналогічні завдання.

Описано ефективний засіб знаходження рішення в багатьох складних системах і засобом підтримки прийняття відповідальних рішень у різних сферах діяльності, а саме інструментарій комп'ютерного моделювання з застосуванням новітніх програмних засобів.

*У другому розділі* реалізовано та описано результати дослідження процесу вимірювання демпфувальних характеристик гасників коливань рухомого складу. Досліджено існуючий метод визначення демпфувальних параметрів гасників коливань ОТРС та проаналізовано точнісні характеристики даного методу, його недоліки та обмеження в застосуванні.

Наведено розроблений автором альтернативний заводо захищений метод визначення демпфувальних характеристик на основі аналізу форми огинаючої спектру вимірювального сигналу. Здійснено аналіз метрологічних характеристик розробленого методу та порівняння з існуючим на основі обробки програмно синтезованого сигналу у відповідності з представленою в розділі математичною моделлю сигналу.

На основі дослідження фізичної природи інформаційних сигналів наведено метод підвищення точності визначення логарифмічного декременту затухань з застосуванням сплайн-інтерполяції спектральної огинаючої.

Наведено розроблену методику та відповідне програмне забезпечення обробки даних віброакустичних сенсорів при проведенні спеціальних випробувань по скиданні рухомого складу з клинів та здійснено обробку експериментальних даних, отриманих при діагностуванні демпфувальних характеристик пасажирського вагону та локомотиву ЧС8.

*У третьому розділі* описано методику та програмне забезпечення підсистеми попередньої обробки вимірювальної інформації при проведенні ходових динамічних випробуваннях. Метою проведеного дослідження є розробка програмного інструментарію для проведення автоматизованої попередньої обробки множини вимірювальної інформації. Вхіді даної обробки здійснюється сортування даних у відповідності до умов реєстрації даних та аналіз отриманих підвбірок на предмет стрибкоподібних змін властивостей сигналів, що можуть бути викликані рядом впливових факторів, що не несуть інформативного навантаження щодо характеристик досліджуваного об'єкту. Дана обробка базується на використанні алгоритмів виявлення аномальної (стрибкоподібної) зміни властивостей процесу – так званої розладки в вибраних для аналізу часових реалізаціях.

Наведено та проаналізовано критерії вибору і налаштування алгоритмів пошуку розладки. Запропоновано та обґрунтовано доцільність застосування алгоритмів пошуку розладки інформаційного сигналу датчиків віброприскорення, а саме алгоритмів Ш'юхарта, кумулятивних сум та алгоритму перевірки однорідності Лемана-Розенблата. Здійснено перевірку відпрацювання детекторів розладки на програмно змодельованому сигналі, що за формою та спектральним складом максимально наближений до реальних.

Описано розроблене автором програмне забезпечення та наведено результати перевірки роботи підсистеми на експериментальних даних ходових динамічних випробувань швидкісного потягу.

*В четвертому розділі* дисертаційної роботи представлено приклад практичної реалізації комп'ютеризованої системи діагностики технічного стану залізничного транспорту. В розділі наведено опис основних складових апаратного і програмного забезпечення системи. Детально розглянуто принципи роботи розробленої комп'ютеризованої системи контролю, особливості її структури та будови програмного забезпечення. Наведено та описано такі складові програмного забезпечення, як підсистема градування акселерометричних сенсорів, підсистема збору даних, підсистеми обробки даних ходових динамічних та спеціальних випробувань. Описано алгоритм визначення кривизни ділянок траєкторії руху досліджуваного об'єкту. Наведено структурну схему програмної архітектури розробленої системи.

*В додатках* представлено акти впровадження результатів роботи, патент України на корисну модель та опис програмного забезпечення комп'ютеризованої системи.

## **Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації.**

Наукова новизна дисертаційної роботи Шегедіна П.А. у відповідності з поставленою метою, направленою на розробку комп'ютеризованої системи контролю параметрів рухомого складу з покращеними метрологічними характеристиками шляхом використання альтернативних заводостійких методів та алгоритмів обробки даних та аналіз даних на предмет локальної стаціонарності, ґрунтується на наступних отриманих результатах:

1. Розроблено новий метод та алгоритмічне забезпечення визначення демпфувальних характеристик, який дозволив підвищити точність та заводозахищеність вимірювань логарифмічного декременту затухань при проведенні спеціальних випробувань.

2. Набув подальшого розвитку метод віброакустичної діагностики тягово-рухомого складу та метод статистичної обробки даних.

3. Набули подальшого розвитку методи моделювання інформаційних сигналів при спеціальних та динамічних випробуваннях тягово-рухомого складу.

4. Вперше розроблено комп'ютеризовану систему контролю технічного стану вузлів залізничного транспорту, що дозволяє разом з записом інформаційних сигналів здійснювати реєстрацію просторових координат знаходження об'єкта діагностики та вимірювати його швидкість руху на основі GPS-навігації.

5. Новизна отриманих автором результатів підтверджується патентом України на корисну модель.

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи П.А.Шегедіна** полягає у створенні нової комп'ютеризованої системи контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу. В основу роботи системи покладено розроблені автором методи визначення демпфувальних характеристик гасників коливань рухомого складу шляхом переведення розрахунків з часової в частотну область.

Розроблено методику та програмне забезпечення обробки сигналів динамічних випробувань, що дозволяють виділяти їх кластери для врахування локальної стаціонарності та інформації про умови проведення випробувань.

Результати дисертаційного дослідження Шегедіна П.А. впроваджено в дослідному процесі відділення інжинірингу державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України»

(ДП «ДНДЦ УЗ) та у навчальний процес кафедри інформаційно-вимірювальних систем.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи**

Ступінь обґрунтованості нових положень та висновків, покладених в основу розробленої комп'ютеризованої системи діагностики технічного стану залізничного транспорту, у дисертаційній роботі достатньо висока. Вона обумовлена коректністю застосування теоретичних основ методів технічної діагностики та неруйнівного контролю, що використовувалися при дослідженні функціональних параметрів об'єктів тягово-рухомого складу, методів математичної статистики, теорії ймовірностей та випадкових процесів, цифрової обробки сигналів.

Проведені теоретичні та практичні натурні експериментальні дослідження відомих підходів та методів визначення характеристик об'єкту контролю віброакустичним методом. Здійснено дослідження фізичної природи інформаційних сигналів та проведено оцінку метрологічних характеристик існуючих методів та програмно-апаратних засобів проведення випробувань тягово-рухомого складу. На основі отриманих результатів запропоновано використання альтернативного методу визначення демпфувальних параметрів гасників коливань рухомого складу, що дало можливість визначати логарифмічний декремент затухання з похибкою на 35% меншою в порівнянні з існуючим методом.

Достовірність основних положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується проведеними експериментальними дослідженнями системи, яке здійснювалося на програмно синтезованих сигналах та реальних експериментальних даних випробувань рухомого складу. Розроблена система і програмне забезпечення впроваджені та використовуються при виконанні науково-дослідних робіт у відділенні інжинірингу державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» (ДП «ДНДЦ УЗ).

Розроблено комп'ютеризовану систему контролю технічного стану тягово-рухомого складу, що дозволяє здійснювати реєстрацію просторових координат знаходження об'єкта діагностики та вимірювати його швидкість руху на основі GPS-навігації. Розроблене програмне забезпечення дозволяє чітко співставити результати обробки даних характеристикам кривизни колії та режимам руху досліджуваного об'єкту.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.** Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено в 23 наукових працях, серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях України з них три, що входять до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Bielefeld Academic Search Engine, Simple Search Metadata (SSM), Research Bible, Citefactor, Sjournals Index, Universal Impact Factor, Directory of Research Journal Indexing (DRJI), Driver, Ulrichsweb global serial directory та інші.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації доповідались й обговорювалися на 16 міжнародних та національних науково-технічних конференціях.

**Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації.** Основний зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації.

**Відповідність роботи встановленим вимогам оформлення дисертацій**

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Робота виконана на високому науковому рівні, становить завершену наукову працю, має суттєве практичне значення та містить рішення актуальної наукової задачі підвищення достовірності контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу за рахунок застосування альтернативних методів обробки вимірювальних даних.

Зміст дисертації досить виважений та цілісний, робота відповідає темі досліджень, оформлення дисертаційної роботи та автореферату відповідає вимогам п. 9, 11, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., та ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення», а також паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

#### **Зауваження по дисертаційній роботі і автореферату**

За матеріалами роботи слід зазначити наступне:

1. Огляд існуючих систем та підходів до проведення вібраційних випробувань (розділ 1) не можна вважати повним, оскільки не враховано останні розробки таких лідерів в галузі віброакустичної діагностики, таких як Brüel & Kjær, PCB та інші.

2. У розділі 1.5. наведено можливості застосування комп'ютерного модулювання в середовищі «Універсальний механізм» для вимірювання

функціональних параметрів тягово-рухомого складу, але відсутні приклади взаємодії розробленої автором системи з моделями об'єктів рухомого складу в даному середовищі.

3. У другому розділі (підрозділ 2.3) наведено приклад застосування розробленої систем при випробуваннях пасажирського вагону та локомотиву ЧС8 на основі аналізу даних п'яти повторень експерименту по імітації коливань «галопування». Але не описано результати обробки даних експериментів по імітації коливань бокової хитаючи та підстрибування.

4. В описі застосування алгоритму Лемана-Розенблата (підрозділ 3.4) не наведено знайдене значення статистики критерію  $T_{гр}$ .

5. При представленні результатів статистичної обробки даних отриманих в ході відпрацювання детекторів розладки, наведено гістограми розподілу лише по тестовому змодельованому сигналу (стор.105, рис.3.17) , але не наведено гістограми, побудовані по вибірках з реальних даних ходових динамічних випробувань.

6. Відсутній детальний опис елементів управління та індикаторів в інтерфейсі користувача розробленої системи, що наведені на рис. 4.9 та 4.10. Даний опис варто було б надати в додатку Е, аналогічно до опису елементів інтерфейсу підсистеми визначення демпфувальних характеристик гасників коливань, що наведено в додатку Д.

7. В тексті зустрічаються орфографічні помилки, некоректність у підписах до рисунків (наприклад, стор. 26, рис. 1.2) та у назві алгоритмів..

### **Висновки**

Оцінюючи дисертаційну роботу у цілому, можна зробити наступні висновки:

1. Зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Шегедіна П. А., що є завершеною науково-дослідною працею, яка присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – підвищення достовірності контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу шляхом удосконалення існуючих та впровадження нових методів обробки вимірювальних даних та створення комп'ютеризованої системи контролю з покращеними метрологічними характеристиками.

Вперше представлено метод визначення демпфувальних характеристик гасників коливань в частотній області за формою огибаючої спектру сигналу та запропоновано метод попередньої обробки даних для забезпечення вищої достовірності контролю шляхом обробки локально стаціонарних даних.



2. Тема дисертації «Комп'ютеризована система контролю параметрів технічного стану тягово-рухомого складу» відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти».

3. За актуальністю, обсягом проведених досліджень, науковою новизною, практичною цінністю отриманих результатів та обґрунтованістю дисертація відповідає вимогам (пункти 9, 11, 13) "Порядку присудження наукових ступенів", затверджену постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – «Комп'ютерні системи та компоненти».

Автор дисертаційної роботи, Шегедін Петро Анатолійович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

#### ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач відділу теоретичної  
електротехніки Інституту  
електродинаміки НАН України

М.В.Мислович

*27 квітня 2016р.*

*Мислович М.В.*  
Засвідчую  
Початковий  
відділу кадрів *Кривошляк І.В.*

