

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Передерка Анатолія Леонтійовича „Розвиток методології вібровипробувань та удосконалення засобів вимірювань вібрації об'єктів складної техніки”, представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин

### ***1. Актуальність теми дисертації.***

Необхідність точного вимірювання і аналізу параметрів вібраційних коливань, а також вібраційних випробувань виникла з перших кроків розробки та конструювання, які враховують питання тривалої, безаварійної експлуатації машин і збільшення їх ресурсу.

Уникнути вібраційних коливань на практиці майже не можна, так як вони обумовлені динамічними явищами, присутністю допусків, зазорів і поверхневих контактів окремих деталей машин і механізмів, а також сил, що виникають при обертанні і зворотно-поступальному русі нерівноважених елементів і деталей. Навіть механічні коливання з малою амплітудою часто викликають резонансні коливання інших елементів конструкцій, посилюються і стають важливим джерелом вібрації і шуму.

Раніше дослідження вібраційних коливань машин ґрунтувалося на досвіді багаторічної роботи інженерів-конструкторів і операторів із застосуванням найпростіших приладів, що вимірюють характеристики механічних коливань.

В останні 15-20 років технічні засоби для вимірювання і аналізу вібраційних параметрів стрімко розвивалися і зазнали значних змін, як в точності і універсальності, так і в конструктивному відношенні.

Застосування п'єзоелектричних акселерометрів, що перетворюють механічні коливання в електричні сигнали, розкрило нові можливості точного виміру і аналізу механічних коливань електронними вимірювальними приладами - спочатку аналоговими, потім цифровими. Поява і широке поширення мікропроцесорів відкрило нову еру вимірювальної техніки: високоточної, універсальної, мініатюрної і легкої, яка придатна для вимірювання і аналізу механічних вібрацій будь-яких сучасних швидкодіючих машин і устаткування.

Актуальність даної роботи полягає у впровадженні нових методів та алгоритмів обробки вимірювальної інформації, подальшому розвитку теорії та принципів побудови засобів і методів забезпечення вимірювання, аналізу вібраційних сигналів при діагностиці, відтворенні параметрів вібраційних сигналів при вібраційних випробуваннях на основі досягнень електронної та обчислювальної техніки.

***2. Наукова новизна отриманих результатів*** полягає у розвитку теоретико-методологічних засад створення приладів та методів вимірювання механічних величин при вимірюванні механічних вібрацій та

вібраційних випробувань, яка реалізована в отриманні таких наукових результатів:

Вперше розроблено математичну модель механічного фільтра з можливістю переналаштування, що забезпечує розширення частотного діапазону вимірювального каналу, дозволяє запобігти впливу на п'єзоелектричний акселерометр високочастотних вібрацій, та унеможливорює руйнування його чутливого елемента при ударних випробуваннях.

Розроблено метод розширення частотного і динамічного діапазонів та підвищення точності динамічних вимірювань ударних сигналів, який відрізняється тим, що дає можливість проводити вимірювання без комутації сигналу у вимірювальному каналі.

Вперше розроблено вимірювальну систему п'єзоелектричного акселерометра з пристроєм компенсації і системою керування для зменшення похибки вимірювання, внесеної температурним впливом середовища, яка відрізняється від раніше відомих пристроєм автокомпенсації.

Розвинуто теорію структурних методів забезпечення динамічного процесу вимірювання і алгоритмів функціонування при розробці засобів вимірювання для дослідження вібраційних та ударних процесів у технічних об'єктах в широкому діапазоні температурного і механічного впливу на первинні перетворювачі приладів вимірювання і об'єкт дослідження, заснованих на застосуванні швидкодіючих «сигма-дельта» АЦП, алгоритмів фільтрації та відновлення сигналів за допомогою методів з застосуванням вейвлет перетворення.

Удосконалено гідравлічний вібростенд шляхом застосування п'єзоелектричних клапанів в системі управління гідравлічними потоками, що дає можливість розширити частотний діапазон відтворення механічних коливань.

### ***3. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.***

Обґрунтованість наукових положень у роботі забезпечується коректним використанням фундаментальних положень теорії вимірювань для аналізу та зменшення похибок, обробки сигналів для вдосконалення системи керування шляхом аналізу спектрального складу вібраційного впливу та його подальшої обробки; теорії автоматичного управління для лінійних систем для побудови систем та алгоритмів керування; теорії інформаційно-вимірювальних систем для побудови моделей та

моделювання; сучасної теорії оптимального управління (використовується для вдосконалення системи управління, комп'ютерної обробки інформації, обробки даних); теорії похибок перетворювачів, методів вимірювання механічних величин, частоти та фази сигналу, а також аналізу їх похибок для отримання відповідних параметрів сигналу; методів вимірювання прискорення, спектральних методів обробки сигналу, методів фізичного, математичного моделювання та симуляції з використанням пакетів прикладних програм.

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректністю і строгістю постановки наукової проблеми та коректністю використаних математичних перетворень при доведенні основних наукових положень. Усі наукові положення ґрунтуються на математичному моделюванні реальних процесів, глибокому аналізу об'єкту вимірювання та підтверджуються збігом запропонованих теоретичних тверджень з результатами практичних розрахунків.

#### ***4. Апробація та повнота опублікування результатів роботи.***

Основні результати докторської дисертації Передерка А. Л. опубліковано у 29 наукових роботах, у тому числі: 1 монографія, 1 колективна монографія, 20 статей у наукових фахових виданнях, з них 14 одноосібних (з них 1 стаття входить до бази Scopus, 2 статті - у виданнях іноземних держав, 19 – у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз), 1 стаття - в інших виданнях України. Основні положення роботи апробовані на 7 міжнародних конференціях. Результати роботи впроваджені у 3 установах, що підтверджено актами впровадження.

#### ***5. Мова та стиль дисертації й автореферату.***

Дисертація та автореферат написані у загальноприйнятому для наукових видань стилі державною мовою, на достатньо науково-професійному рівні. Виклад результатів досліджень, висновків та рекомендацій є чітким і доступним для сприйняття.

Автореферат вірно відображає основні положення дисертаційної роботи.

#### ***6. Значення результатів роботи для науки і техніки.***

Наукове значення роботи полягає у вдосконаленні механізму фільтрації високочастотних вібрацій шляхом застосування адаптивного приладу у складі вимірювального каналу, використання методу забезпечення частотного і динамічного діапазонів і точності динамічних

вимірювань ударних сигналів без застосування комутації сигналу в вимірювальному каналі, зменшення похибки вимірювання прискорення від змін температури середовища, розробки пристрою автоматичної компенсації температурного впливу на первинний перетворювач, вдосконалення структурних методів забезпечення вимірювання динамічного процесу, вдосконалення алгоритмів функціонування при розробці засобів вимірювання для дослідження вібраційних та ударних процесів в технічних об'єктах у широкому діапазоні температурного і механічного впливу, використання алгоритмів фільтрації та відновлення сигналів за допомогою методів із застосуванням вейвлет перетворення, розробки гідравлічного вібростенду з п'єзоелектричними приводами в управлінні гідравлічними потоками. Обґрунтовано доцільність проектування актюаторів, заснованих на п'єзоелектричному ефекті для швидкодіючих електромеханічних приводів системи керування гідравлічних вібраційних стендів.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено рекомендації по побудові структури вимірювального тракту систем вібраційної діагностики і забезпечення його захищеності від "завад"; сформульовано умови коректного вимірювання спектрів при проведенні вібраційної діагностики; рекомендації щодо визначення параметрів реалізації сигналу вібраційного прискорення, визначено частоти дискретизації і розрядності АЦП, та їх практичної реалізації; запропоновано нові методи забезпечення надійності і точності динамічних вимірювань, які використані при розробці вимірювальних систем для забезпечення ударних випробувань; запропоновано автономний реєстратор ударних сигналів, що забезпечує підвищену надійність реєстрації в широкому діапазоні температур і жорстких механічних впливів у процесі проведення випробувань; розроблено обчислювальну методику, яка дозволяє вирішити завдання фільтрації за допомогою вейвлет перетворення (пониження рівня шумів) стосовно до просторово-часових даних при обробці вібраційного сигналу; удосконалено схему гідравлічного вібростенду з системою керування, в якому використовуються п'єзоелектричні актюатори, що дозволяє розробляти приводи для адаптивних оптичних систем, систем управління і віброзахисту, а також інших прецизійних приводів.

### ***7. Недоліки та зауваження до дисертації:***

1. У дисертації в підрозділі 1.5.1 автором запропоновано класифікацію вібраційних стендів за способом збудження вібрації, але не визначено: чи ця

класифікація розроблена вперше, чи є удосконаленням вже існуючих класифікацій;

3. У роботі не наголошено, чому для приладової системи в якості датчика прискорення вибрано п'єзоелектричний акселерометр із зарядовим виходом, а не більш сучасний акселерометр з виходом по напрузі;

3. У підрозділі 2.3.1 у виразі (2.40) не конкретизовано, яка саме отримана похибка;

4. При реалізації приводів на п'єзоелектричних актюаторах, у підрозділі 3.5 дисертації, не вказано: як система керування враховує нелінійність їх характеристик (гістерезис);

5. У тексті дисертації трапляються окремі пропуски знаків пунктуації, стилістичні помилки та не розшифровані деякі позначення;

6. У п'ятому розділі дисертації, автором запропоновано новий метод керування електрогідравлічним вібростендом, який апробовано на макеті. У зв'язку з цим, виникає питання щодо області застосування запропонованого вібростенду.

#### **8. Загальна оцінка та висновки.**

На основі розглянутих дисертації та автореферату, вважаю, що дисертаційна робота Передерка Анатолія Леонтійовича є завершеною науково-дослідною працею, в якій вирішено важливу науково-технічну проблему створення наукових основ розробки та вдосконалення методів та засобів з покращеними метрологічними характеристиками для вимірювання, реєстрації та аналізу вібраційних параметрів при проведенні вібраційної діагностики та вібраційних випробувань.

Автореферат вірно відображає основні положення дисертаційної роботи.

Основні положення дисертації впроваджено у виробничий процес на ПАТ «НВО «Київський завод автоматики», ТОВ «АРАМІС» та у навчальний процес в Одеській державній академії технічного регулювання та якості.

Результати досліджень мають наукову новизну і практичне значення, висновки і рекомендації дисертації досить аргументовані. Основні теоретичні положення підтверджено експериментальними дослідженнями.

Дисертація Передерка Анатолія Леонтійовича за сукупністю науково-дослідних положень відповідає вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема, пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету

Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, та паспорту спеціальності 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин. Зроблені зауваження не знижують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи, а автор дисертаційної роботи Передерко Анатолій Леонтійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент:

професор кафедри приладобудування  
Національного технічного університету

«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»,

МОН України

доктор технічних наук, професор,

Заслужений діяч науки і техніки України

О.М. Безвесільна

Підпис засвідчую

Вчений секретар

КПІ ім. Ігоря Сікорського



В.В. Холявко