

УДК 006.91

Скорняков Е.С., д.т.н. Шматко Д.З., к.т.н., Авер'янов В.С., к.т.н., Коровкін А.А., магістрант Дніпродзержинський державний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ НА ЛАБОРАТОРНІЙ УСТАНОВЦІ МЕТОДОМ СПІВСТАВЛЕННЯ ДІАГРАМ ТА СПЕКТРОГРАМ

Для проведення експериментальних досліджень акустичного неруйнівного контролю підшипників кочення, з застосуванням метода Пік-чинника та співставлення діаграм та спектрограм, була створена лабораторна установка. В результаті проведених експериментальних досліджень контролю початкового стану підшипника кочення і після його напрацювання у 1000 годин були отримані спектрограми та діаграми станів підшипника за допомогою програм GoldWave та Spectrogram 16. Співставлення та аналіз отриманих діаграм та спектрограм дозволяє зробити висновки про стан підшипника кочення та розвиток його специфічних дефектів. Застосування даного метода діагностики підшипників кочення дозволяє отримати уявлення про дефекти та ступінь зношування виключаючи при цьому операції розбирання-збирання, що значно підвищує ресурс роботи підшипника та здешевлює ремонтно-діагностичні роботи

Ключові слова: підшипник, метод, спектрограма, лабораторна установка, експеримент, діаграма, неруйнівний контроль

Постановка проблеми. Відомо, що в автомобільному транспорті, та взагалі в будь-яких механізмах, використовується велика кількість рухомих частин. Основна частина з них у рух приводиться різними типами підшипників. Аналіз різних статистичних даних вказує на те, що саме підшипники часто стають причиною відказів та поломок вузлів або механізмів.

Підшипник являється розповсюдженим і в той же час найуразливішим елементом конструкції, який визначає надійність та довговічність вузла або механізму в цілому. Наприклад, аналіз даних по відказах задньої маточини автомобіля ВАЗ 2101 показав, що зазвичай відмова цього вузла відбувається через поломку підшипника 108306, який там встановлено. Особливістю руйнування підшипників являється те, що воно проходить без істотних проявів зовні, а це у разі поломки, тягне за собою відмову вузла, втрату часу та великі фінансові витрати на ремонт.

Все вищенаведене обумовлює актуальність діагностування підшипників методами безрозбірного та неруйнівного контролю. Рішення проблеми раннього діагностування підшипників дозволить вирішити задачу прогнозування строку безвідмовної роботи та виключити серйозні поломки.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Питаннями визначення причин руйнування підшипників кочення займаються багато вчених. Останній час набуває поширення застосування пристроїв та приладів неруйнівних способів контролю підшипників кочення [1-4].

Аналіз даних літературних джерел показав, що проблема неруйнівного контролю підшипників має велике практичне значення для автомобільного транспорту, так як цей метод діагностики виключає необхідність розбирання-збирання вузлів, що мають підшипники кочення, а значить підвищується термін роботи вузла та зменшується вартість ремонту.

Метою роботи є розробка методу і інформаційної системи для контролю стану підшипників по шумо-вібраційним параметрам на основі статичних критеріїв співставлення діаграм та спектрограм. Цілі досягаються рішенням наступних задач:

- визначити найбільш інформативні критерії, що дозволять знайти дефекти в підшипнику по шумо-вібраційного контролю;
- розробити алгоритм знаходження дефектів у підшипниках по шумо-вібраційним параметрам;
- розробити експериментальну установку та провести експериментальні дослідження шумо-вібраційних параметрів підшипників;
- на основі експериментальних та теоретичних досліджень розробити метод контролю підшипників з використанням отриманих даних на основі критеріїв порівняння.

Матеріали досліджень. Неруйнівні способи контролю (НСК), або дефектоскопія – це узагальнююче найменування методів контролю матеріалів, деталей, виробів, які використовуються для виявлення дефектів або неоднорідності макроструктури, відхилень

хімічного складу і інших цілей, які не вимагають руйнування зразків матеріалу або деталі в цілому [5].

Акустичні методи, що використовуються в експерименті ділять на дві великі групи: що використовують випромінювання і прийом акустичних коливань і хвиль (активні методи) і засновані тільки на прийомі коливань і хвиль (пасивні методи). Детальна класифікація представлена у таблиці 1.

Таблиця 1

Існуючі акустичні неруйнівні способи контролю деталей

Акустичні способи																
Засновані на випромінюванні і прийманні											Засновані на прийманні					
Біжучих хвиль							Колівань				Біжучих хвиль	Колівань				
Проходження			Комбінування			Відображення				Вільних		Вимущених		Акустико-емісійний	Вібраційно-діагностичний	Шумодіагностичний
Тіньовий(амплітудний)	Тимчасовий тіньовий	Велосиметричний	Дзеркально-тіньовий	Луна-тіньовий	Лунанаскрізний	Луна	Луна-дзеркальний	Дельта	Ревербацийний	Імпедасний	Локальний	Інтегральний	Локальний(резонансний)			

В нашому експерименті використовується пасивний акустичний метод неруйнівного контролю підшипників, а саме метод Пік-чинника[6-7].

Для контролю технічного стану підшипників даним методом необхідно мати звичний віброметр, що дозволяє вимірювати два параметри вібросигналу: середньоквадратичне значення (СКЗ) рівня вібрації, тобто енергію вібрації; пікову амплітуду (ПіК) вібрації (позитивну, негативну або повний розмах – значення не має). Відношення двох цих параметрів ПіК/СКЗ називається пік-чинником.

У осцилограмі нового добре змазаного підшипника присутній стаціонарний сигнал шумового характеру (рис. 1.а.). З часом, у міру утворення дефектів на деталях підшипника, в сигналі почнуть з'являтися окремі короткі амплітудні списи, відповідні моментам зіткнення дефектів (рис. 1. б.). Надалі з розвитком дефекту спочатку зростає амплітуда піків, потім поступово збільшується і їх кількість (рис. 1.в.). Наприклад, що з'явився на одній з кульок дефект створює згодом вибоїну на кільці, яка переноситься на іншу кульку; дефекти кульок починають виробляти сепаратора і т.д. до повного руйнування.

Спочатку у міру появи і розвитку дефекту зростає функція ПіК, а СКЗ змінюється дуже мало, оскільки окремі дуже короткі амплітудні списи практично не приводять до зміни енергетичних характеристик сигналу. Надалі у міру збільшення амплітуд і кількості піків починає збільшуватися енергія сигналу, зростає СКЗ вібрації. Відношення ПіК/СКЗ через тимчасовий зсув між ними має явно виражений максимум на тимчасовій осі. На цьому і ґрунтується метод пік-чинника.

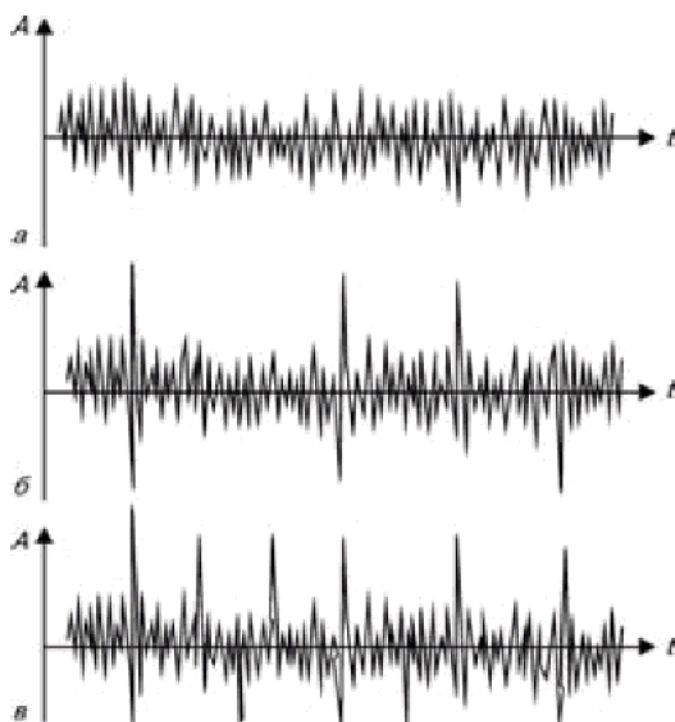


Рис. 1. Характеристика вібросигналів при роботі підшипника, отриманих методом ПІК-чинника

Плюсом цього методу є його простота (для реалізації потрібен звичний віброметр загального рівня).

Недоліки методу – слабка перешкодозахисна здатність і необхідність проведення багатократних вимірювань в процесі експлуатації. Встановити датчик безпосередньо на зовнішній обіймі підшипника практично неможливо, тому сигнал вібрації характеризує не тільки підшипник, але і інші вузли механізму, що в даному випадку розглядається як перешкоди. Чим далі встановлений датчик від підшипника і складніше кінематика самого механізму, тим менше достовірність методу. Крім того, одержати оцінку стану по одному виміру неможливо [8-9].

З ціллю проведення експериментальних дослідів, по неруйнівному контролю підшипників кочення та оцінки їх технічного стану в лабораторії ААГ Дніпродзержинського державного технічного університету було створено лабораторну установку (рис. 2).



Рис. 2. Лабораторна установка для шумо-діагностичного контролю підшипників

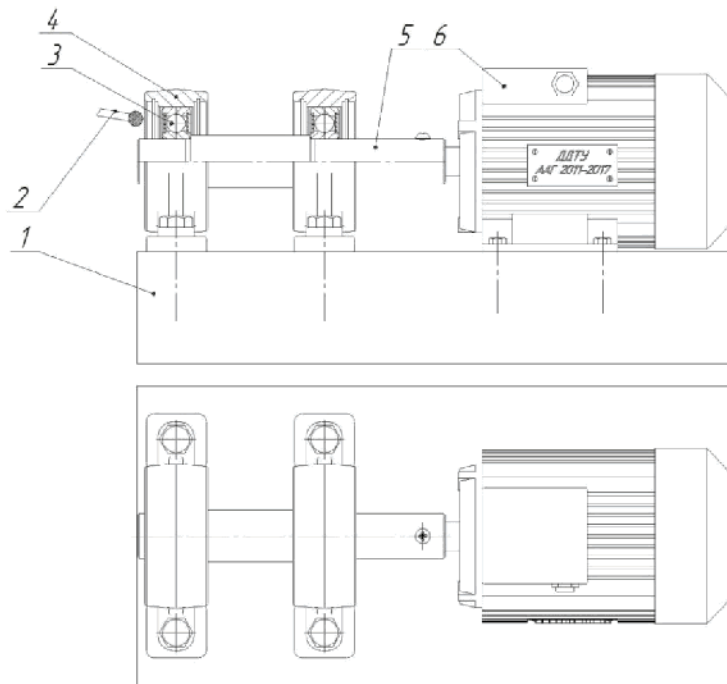


Рис. 3. Креслення лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 3) складається з опори 1, датчика шуму та вібрації 2, підшипників кочення 3, опор підшипників 4, проміжного валу 5, електродвигуна АИР 6.

Дана установка працює наступним чином: підшипники встановлюються в опори і фіксуються на валу, потім вал приєднують до електродвигуна і подається струм, починається обертання, що створює певні коливання у підшипниках, що фіксується приладом.

Для запису та відображення використовуються програми GoldWave та Spectrogram 16.

GoldWave – комп’ютерна програма, що оснащена всіма необхідними функціями аудіо редагування та аудіо запису з різних доступних джерел (системний звук, мікрофон, лінійний вихід). Редагування здійснюється завдяки стандартним функціям пост мастерингу аудіо, а також завдяки великій бібліотеці допоміжних плагінів.

Spectrogram 16 – комп’ютерна програма, для двоканального спектрального аналізу звукових сигналів. Програма забезпечує часово-частотний або осцилографічний дисплей для відображення звукових сигналів у реальному часі, або при аналізованні звукового файлу. Spectrogram дозволяє необмежено записувати або відтворювати звуковий спектр з високою роздільною здатністю від різних джерел звуку.

Експеримент на установці проводиться наступним чином: проводимо змащення підшипників одним із дослідних мастил, встановлюємо підшипники в корпус, встановлюємо вал у підшипники з опорами та приєднуємо його до електродвигуна, підводимо датчик до лабораторної установки та запускаємо відповідне програмне забезпечення, подаємо струм на електродвигун, він обертає підшипники у яких, в свою чергу, створюються певні вібрації, в залежності від зносу, сигнал фіксується приладом та оброблюється програмним забезпеченням з наступним виводом на екран монітора. Даний сигнал зберігається на жорсткому диску комп’ютера для подальшої обробки.

У наслідку проведеного експерименту були отримані дві спектрограми (Рис.3 та Рис.4) та діаграми (Рис. 5 та Рис. 6.). На першій спектрограмі та діаграмі - початковий стан підшипника кочення, а на другій - його стан після 1000 годин напрацювання. На даних спектрограмах та діаграмах просліджується наступне. Підшипник у початковому стані має певний стаціонарний сигнал шумового характеру та деякі специфічні дефекти, що можна спостерігати піками амплітудного сигналу на першій спектрограмі та діаграмі.

На другій спектрограмі та діаграмі, де підшипник напрацював 1000 годин, спостерігаємо збільшення амплітуди стаціонарного шумового сигналу та розвиток специфічного дефекту, що відображається збільшенням щільності пікових амплітудних коливань.

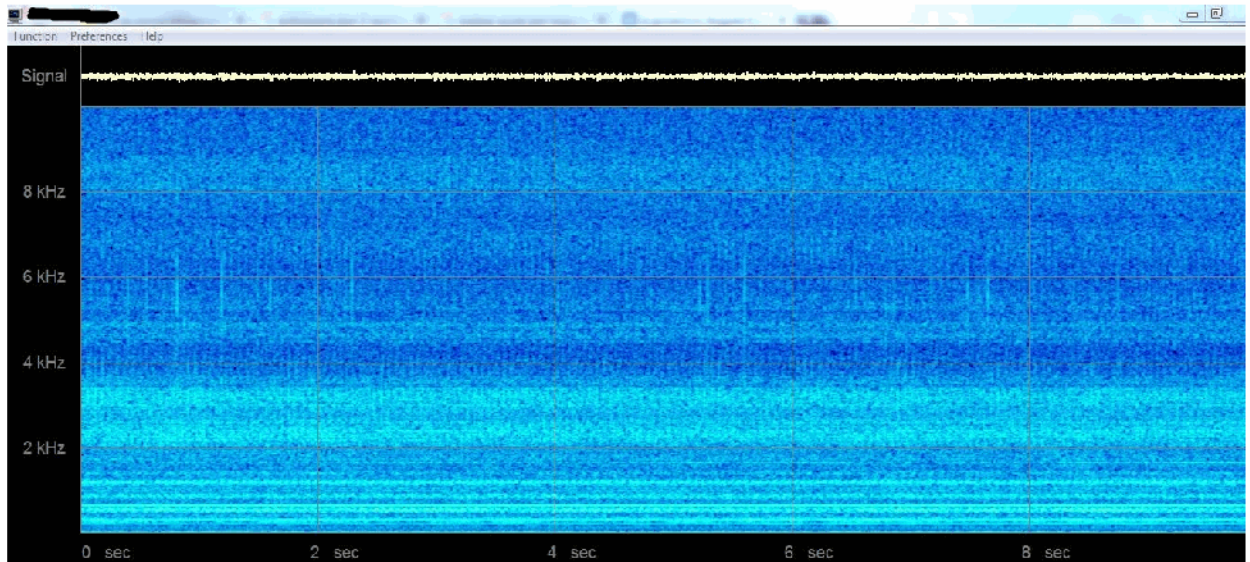


Рис. 4. Спектрограма початкового стану підшипника

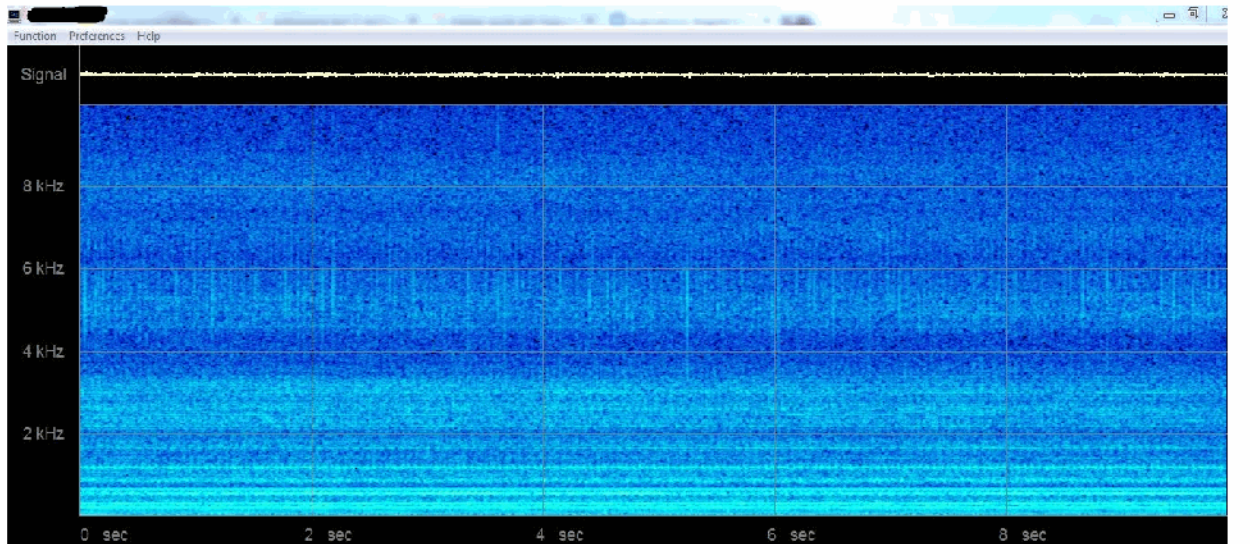


Рис. 5. Спектрограма напрацьованого підшипника з розвитком дефекту

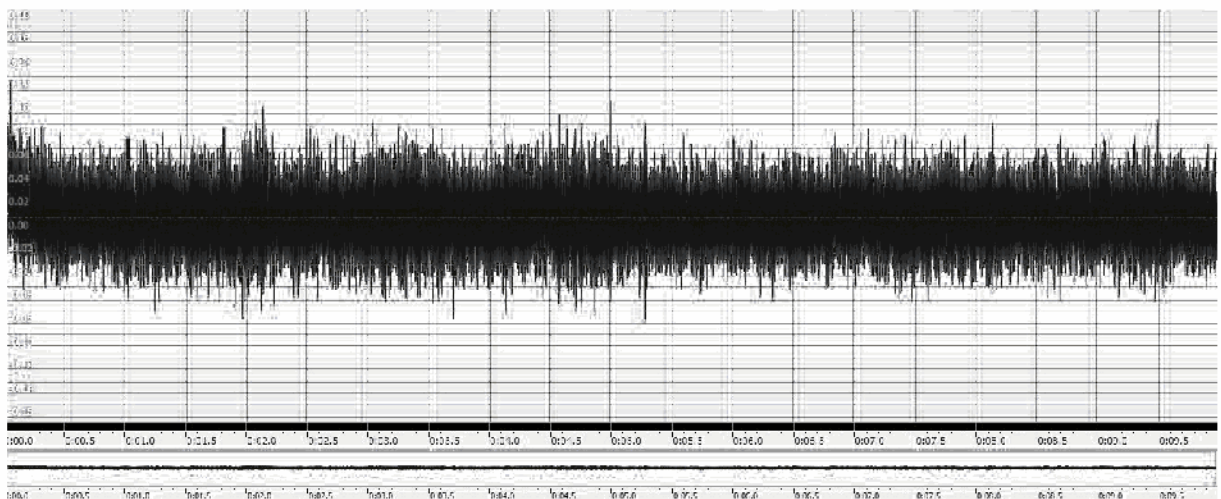


Рис. 6. Діаграма початкового стану підшипника

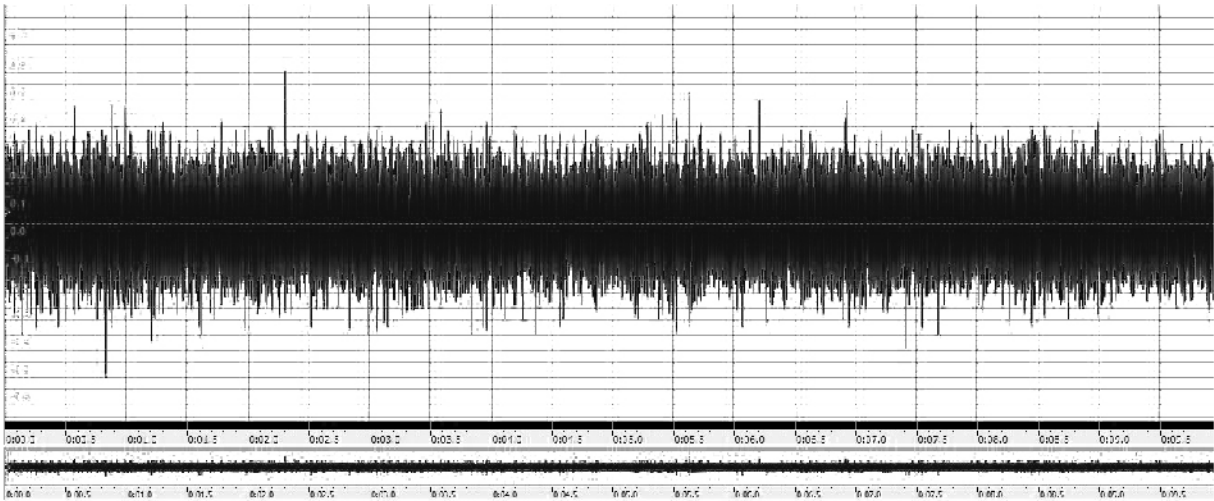


Рис. 7. Діаграма напрацьованого підшипника з розвитком дефекту

Співставляючи та аналізуючи спектрограми та діаграми видно, що у напрацьованого підшипника йде збільшення загального шумо-вібраційного фону, також, у інтервалі від 4 kHz до 6 kHz простежується збільшення та ущільнення піків амплітуди, що свідчить про розвиток специфічного дефекту у підшипнику кочення.

Висновки. На основі проведеного експерименту та аналізу отриманих даних (спектрограм та діаграм), ми можемо зробити наступний висновок, що застосований нами метод неруйнівного діагностичного контролю підшипників кочення з застосуванням комп'ютерних програм год верв та спектрограм, дозволяє отримати найбільш достовірні данні про специфічні дефекти підшипників кочення та попередити руйнування всього вузла в цілому. При цьому ми не отримуємо даних про вид дефекту руйнування, а тільки можемо контролювати загальний стан, що є недоліком цього методу.

Наступним кроком експериментальних досліджень на лабораторній установці буде проведення експерименту впливу мастильних матеріалів на термін спрацювання підшипника з застосуванням контрольного методу Пік-чинника.

Інформаційні джерела

1. Неруйнівні випробування: Довідник. / Під.ред. Р. Мак-Мастера. Кн.1. – М . – Л.: Енергія. 1965. – 504 с.
2. Білокур І.П. Дефектологія та неруйнівний контроль. – Київ: Вища шк., 1990. – 207 с.
3. Неруйнівний контроль металів та виробів: Довідник. / Під. ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машинобудування, 1976. – 456 с.
4. Білокур І.П., Коваленко В.А. Дефектоскопія матеріалів та виробів. – Київ: Техніка, 1989. – 192 с.
5. Альошин Н.П., Білий В.Е., Вопілкін А.Х. та ін. Методи акустичного контролю металів. – М.: Машинобудування, 1989. – 465 с.
6. Єрмолов І.Н., Альошин Н.П., Потапов А.І. Неруйнівний контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустичні методи контролю: Практ. Посібник. – М.: Виш. Шк., 1991 – 283 с.
7. Неруйнівний контроль та діагностика: Довідник / В.В. Клюєв, Ф.Р. Соснін, А.В. Ковальов та ін.; Під ред. В.В. Клюєва. 2-е вид., випр.. та доп. – М.: Машинобудування, 2003. 656 с., іл.
8. Крауткремер Й., Крауткрамер Г. Ультразвуковий контроль матеріалів: довідник. Вид. – М.: Металургія, 1991. 752 с.
9. Мартыновский В.А. Использование спектра огибающей высокочастотной вибрации для диагностики подшипников качения / В.А. Мартыновский // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – №3. – С. 17-22.
10. Горбунов А.Г. Диагностика технического состояния подшипниковых узлов / Горбунов А.Г. // Труды ВНИИЭМ, 2000, №2, с. 54-60.

Скорняков Э.С., д.т.н. Шматко Д.З., к.т.н., Аверьянов В.С., к.т.н., Коровкин А.А., магистрант
Днепродзержинский государственный технический университет

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ
КАЧЕНИЯ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ МЕТОДОМ СОПОСТАВЛЕНИЯ
ДИАГРАММИ СПЕКТРОГРАММ**

Для проведения экспериментальных исследований акустического неразрушающего контроля подшипников качения с применением метода Пик-фактора и сопоставления диаграмм и спектрограмм была создана лабораторная установка. В результате проведенных экспериментальных исследований контроля начального состояния подшипника качения и после его наработки в 1000 часов были получены спектрограммы и диаграммы состояний подшипника с помощью программ GoldWave и Spectrogram 16. Сопоставление и анализ полученных диаграмм и спектрограмм позволяет сделать выводы про состояние подшипника качения и развитие его специфических дефектов. Применение данного метода диагностики подшипников качения позволяет получить представление про дефекты и степень износа исключая при этом операции по разборке-сборке, что значительно повышает ресурс работы подшипника и удешевляет ремонтно-диагностические работы.

Ключевые слова: подшипник, метод, спектрограмма, лабораторная установка, эксперимент, диаграмма, неразрушающий контроль.

E. Skornjakov, D. Shmatko, V. Averyanov A. Korovkin
Dneprodzerzhinsk State Technical University.

**EXPERIMENTAL STUDY OF DEFECTS OF ROLLING BEARINGS IN A
LABORATORY BY COMPARING DIAGRAMS AND SPECTROGRAPH**

For the leadthrough of experimental researches of acoustic non-destructive control of bearings of wobbling with the use of method of peak-factor and comparison of diagrams and spectrographs the laboratory setting was created. As a result of the conducted experimental researches of control of the initial state of bearing of wobbling and after his work at 1000 o'clock spectrographs and bubble of bearing diagrams were got by the programs of Goldwave and Spectrogram 16. Comparison and analysis of the got diagrams and spectrographs allows to do destroy about the state of bearing of wobbling and development of his specific defects. Application of this method of diagnostics of bearings of wobbling allows to get presentation about defects and degree of wear except here operations on sorting-assembling, that considerably promotes the resource of work of bearing and reduces in price repair-diagnostic works.

Keywords: bearing, method, spectrograph, laboratory setting, experiment, diagram, non-destructive control.