

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ШВИДКОХІДНИХ БАРАБАНІВ

1. Постановка проблеми

Діагностика вузлів і агрегатів підйомно-транспортних машин (ПТМ), яка здійснюється при розбиранні, має велику трудомісткість через велику кількість розбирально-складальних робіт. Крім того, виконання передчасних розбирально-складальних робіт зменшує міжремонтний строк вузлів і агрегатів.

Застосування безрозбірного контролю якості ремонту ПТМ, а саме методів вібродіагностики, сприяє підвищенню надійності при одночасному зниженню вартості обладнання за рахунок відмови від розбирання його після обкатки, зв'язаного з візуальним контролем якості монтажу.

Вибір, розробка та використання науково обґрунтованих методів та приладів для вібродіагностики швидкохідних барабанів, що відповідають вимогам універсальності, відповідності діагностування до рівнів і частот вібрації, властивим барабанам ПТМ, дають можливість достовірно оцінити їх основні параметри є актуальною.

2 Аналіз останніх досліджень і публікацій

2.1 Аналіз методів діагностування технічного стану та підвищення надійності швидкохідних барабанів

Нині діагностування технічного стану та підвищення надійності агрегатів і вузлів ПТМ зводиться до двох типів [1].

- методи діагностування і прогнозування роботи вузлів і агрегатів при розбиранні (подетальне діагностування);

- методи діагностування і прогнозування роботи вузлів і агрегатів без розбирання (безрозбірне діагностування).

Діагностування вузлів і агрегатів ПТМ, яке здійснюється при розбиранні, має велику трудомісткість через велику кількість розбирально-складальних робіт. Крім того, виконання передчасних розбирально-складальних робіт зменшує міжремонтний строк вузлів і агрегатів.

Використання великої кількості діагностичних засобів значно підвищує трудомісткість контрольних-діагностичних операцій, при цьому клас точності засобів, які використовуються, та достовірність даних не є достатньо високими. Тому більш ефективними є методи безрозбірного діагностування.

Одним із самих поширених методів безрозбірного діагностування – є вібродіагностика: метод діагностування технічних систем та обладнання, який базується на аналізі параметрів вібрації працюючого обладнання [2]. Вібродіагностика, як і інші методи діагностування машин і вузлів, вирішує завдання пошуку несправностей та оцінки

технічного стану машин та вузлів.

Ефективність методів вібродіагностики обумовлена високою чутливістю характеристик коливальних процесів до зміни параметрів технічного стану. Однак акустичний підхід який базується на розгляданні явищ збудження і розподілення коливань по конструкції, як хвильового процесу (особливо в області високих частот) є більш універсальним, оскільки базується на закономірностях загальних для пружних хвиль в будь-якому середовищі.

Термін «вібродіагностика» не слід розглядати як дослідження вібрації, а як найменування наукового напрямку технічного діагностування стану машин і механізмів. В вібродіагностиці використовується інформація, яка міститься в коливальних процесах у вузлах і деталях машин (відносно та абсолютне переміщення, швидкість та прискорення), розподілення пульсацій швидкості, акустична емісія матеріалу в вузлах тертя і т. ін. Частотний діапазон віброакустичних сигналів є достатньо широким: від долей герц до кілогерц.

Практично всі види дефектів, які визначають надійність машин, мають власні параметри віброакустичного сигналу, тому саме віброакустичні параметри можуть бути основними при діагностуванні дефектів вузлів ПТМ та підвищення її надійності.

Застосування методів вібродіагностування з метою забезпечення безрозбірного контролю якості ремонту ПТМ сприяє підвищенню надійності при одночасному зниженню вартості обладнання за рахунок відмови від розбирання його після обкатки, зв'язаного з візуальним контролем якості монтажу. Використання методів вібродіагностики в період експлуатації ПТМ сприяє забезпеченню безвідмовної роботи, не за призначеним ресурсом, а за фактичним технічним станом.

Технічні засоби вимірювання параметрів вібрації, які випускаються серійно, є компонентами автоматизованих систем або універсальними вібровимірювальними приладами [3]. Існує потреба в простих у застосуванні вібродіагностичних засобах, функціональні можливості й параметри яких відповідають особливостям діагностування ПТМ, а також в засобах для післяремонтного балансування обертових складальних одиниць транспортних машин і кранів, що є істотним резервом підвищення їхньої надійності [4].

Технології вібродіагностування техніки і методики нормування вібрації для всіх видів машин істотно не відрізняються [5]. Але ПТМ, як об'єкт вібродіагностування, має суттєво відмінні риси: компактне розташування механізмів, відсутність спеціально передбачених місць для установки датчиків вібрації, нестабільні частоти обертання валів, значна доля відмов через зношування деталей [6], робота в широкому діапазоні навантажень і несприятливих умов експлуатації, що впливають на ресурс агрегатів [7].

Існуючі технічні засоби й технології вібродіагностування не повною мірою враховують особливості ПТМ як об'єкта діагностування. Це обумовлює необхідність досліджень, спрямованих на створення методів і приладів для діагностування ПТМ і технології виявлення дефектів, які призводять до збільшення динамічних навантажень і зниження їхнього ресурсу.

Таким чином, аналіз можливості застосування існуючих вібровимірювальних приладів і методів для вібродіагностування ПТМ в експлуатації виявив необхідність розробки методу і приладу для вібродіагностування ПТМ, які б відповідали таким вимогам: відносна універсальність апаратних засобів, забезпечувана відповідністю робочих діапазонів, рівнів і частот вібрації діапазонам, властивим ПТМ; розроблення програмного забезпечення для обробки результатів діагностування і видачі результатів у вигляді класу технічного стану або категорії якості [8].

2.2 Вібродіагностичні прилади

Для діагностування ПТМ в підприємствах необхідні вібродіагностичні прилади та програмне забезпечення, що дозволяють аналізувати вібрацію і прогнозувати ресурс складальних одиниць [9]. Одним із факторів, що стримують застосування універсальних вібровимірювальних приладів при вібродіагностуванні ПТМ, є їхня висока вартість (вартість вібровимірювальних приладів виробництва країн далекого зарубіжжя складає не менше 50 тис. грн., країн СНД - не менше 20 тис. грн.), що є неприйнятним для більшості аграрних підприємств через диспаритет цін на промислову продукцію.

Основні параметри сучасних універсальних вібровимірювальних приладів, вироблених у різних країнах наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні параметри цифрових вібровимірювальних приладів

Назва та виробник	Кількість синхронних вимірювальних каналів	Робочі діапазони		Погрішність вимірювання, %	Ціна, тис. грн. (поч. 2012р)
		частот, Гц	рівнів вібрації, мм/с (дБ*)		
2144, Bruel & Kjaer	2	0,35.. 22400	0, 3.. 180 (20..185)	1**; 1***	71
Кварц СУ60, Діамех	1	0,3.. 40000	1.. 100 (30.. 130)	5	81,5
Агат, Діамех	1	5.. 10000	1.. 100 (30..130)	5	63,5
795М, НВП «Машинобудування»	1	4..8000	1..200 (30..136)	5****	27
Диана-2М Вібро-Центр	2	3..10000	0,5..100 (25..130)	5	60

* – відносно базового рівня віброприскорення $3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$;

** – нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (без акселерометра);

*** – нестабільність показань при вимірюванні рівня вібрації;

**** – без акселерометра.

Для проведення динамічного балансування необхідно мати апаратуру, що дозволяє об'єктивно оцінювати вібрацію підшипникових опор. Як відомо, вібрація оцінюється

векторною величиною, тому вимірювання лише абсолютного значення цього вектора недостатні для того, щоб можна було судити про зміни вібрації в процесі балансування. Всі методи балансування передбачають використання апаратури, яка може вимірювати вібрацію як вектор, тобто як амплітуду, так і фазу вібрацій. Під фазою мається на увазі зсув фаз вимірюваної вібрації і опорного процесу, що протікає синхронно з обертанням балансованого ротора.

Найбільше розповсюдження мають електронні прилади з сейсмічними вібродатчиками і фазометрами, які діють за принципом стробоскопічного ефекту. На рис. 1. приведена структурна схема такого приладу в процесі вимірювання вібрації. Корпус вібродатчика балансувального приладу притискається до підшипника або вручну через щуп, або шляхом закріплення (приклеювання, пригвинчування тощо) і коливається разом з підшипником. Рухома система датчика підвішується всередині корпусу на пружних елементах і сконструйована таким чином, що в діапазоні частот вимірюваних коливань вона залишається практично нерухомою (сейсмічний підвіс).

Взаємне переміщення корпусу і сейсмічної маси датчика *ВД* перетворюється в електричний сигнал, який подається на вхід підсилювача *П*. Після підсилення сигнал випрямляється детектором *Д* і надходить до стрілочного показника *СП*, який показує розмах вібрації.

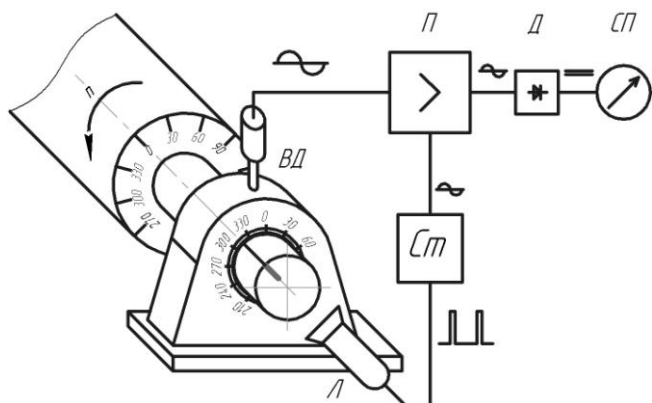


Рис. 1 – Структурна схема балансувального приладу в процесі вимірювання вібрації

Паралельно з підсилювача надходить сигнал на блок стробоскопа *Ст*, де він перетворюється в імпульсну напругу, яка керує спалахом без інерційної лампи *Л*. Якщо на торці ротору нанести відмітку, то при стробоскопічному освітленні вона буде видаватись нерухомою. Її кутове положення визначається фазою напруження вібродатчика (фазою вимірюваної вібрації).

Якщо поблизу торця ротора розташувати нерухому кругову шкалу, то кут, на який вказує відмітка, можна вважати початковим фазовим кутом вимірюваної вібрації. При зміні фази вібрації відмітка зсовується відносно колишнього положення на кут, що відповідає зсуву фази вібрації.

Складніші прилади, крім вказаних елементів, забезпечуються фільтрами для частотного аналізу кривої вібрації, частотомірами або тахометрами для контролю частоти обертання та іншими засобами, які дозволяють отримувати важливу додаткову інформацію при складних балансуванні і вібраційних дослідженнях. Однак наявність приладу, який має тільки вимірювачі розмаху вібрації і фази, є необхідною і достатньою умовою для можливості врівноваження роторів ПТМ.

Для проведення динамічного балансування ротора в власних підшипникових опорах необхідна не тільки апаратура, його методика теж має деякі відмінності. Не можна починати

балансування машини, не маючи чіткого уявлення про послідовність майбутніх операцій, або розраховувати на те, що вдасться випадково знайти місце встановлення коригуючої маси.

Існує декілька методів балансування, в яких вектор потрібної коригуючої маси знаходиться розрахунковим шляхом на підставі прирощування вібрацій від встановлення на ротор пробних коригуючих мас. Кожен з цих методів дозволяє досягнути потрібної збалансованості ротора машини, однак між ними є суттєві відмінності, як в послідовності операцій процесу балансування, так і в обсязі необхідних розрахунків.

Сучасні методи балансування базуються на припущенні, що при незмінній частоті обертання ротора розмахи основної гармонічної складової вібрації підшипників на кожному кроці балансування, а саме від одного пуску до наступного, пропорційні збуджуючим силам, що викликають ці розмахи, і що зсув фаз збуджуючої сили і вібрації при цьому не змінюється.

Швидкохідні барабани ПТМ в більшості випадків мають симетричне виконання і для них найбільш ефективною є метод динамічного двохплощинного балансування, ротор при цьому розглядається як жорсткий. Маючи достатню наочність і простоту розрахункових операцій він дозволяє проводити балансування з малою кількістю пусків.

Висновки

Таким чином, застосування безрозбірного контролю якості ремонту ПТМ, а саме методів вібродіагностування, сприяє підвищенню надійності при одночасному зниженню вартості обладнання за рахунок відмови від розбирання його після обкатки, зв'язаного з візуальним контролем якості монтажу.

Використання методів та приладів для вібродіагностування ПТМ, що відповідають вимогам універсальності, відповідності діагностування до рівнів і частот вібрації, властивим барабанам ПТМ, дають можливість достовірно оцінити їх основні параметри. Для швидкохідних барабанів ПТМ найбільш ефективним є метод динамічного двохплощинного балансування. Маючи достатню наочність і простоту розрахункових операцій він дозволяє проводити балансування з малою кількістю пусків. Наявність прибору, який має тільки вимірювачі розмаху вібрації і фази, є необхідною і достатньою умовою для можливості врівноваження роторів ПТМ.

Перелік використаних джерел:

1. Ляшенко С. А. Математические модели роторов в системах диагностики вращающихся узлов сельскохозяйственных машин : дис. ... канд. техн. наук : 01.05.02 / С. А. Ляшенко. – Х., 2002. – 193 с.
2. Знайдюк В. Г. Аналіз точності вимірювання параметрів вібрації при вібродіагностуванні молотильних барабанів / В. Г. Знайдюк, О. С. Островський // Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Х. : УПА, 2011. – Вип. 7/8 – С. 116–125.
3. Овсянников С. И. Анализ технических средств измерения вибрации вращающихся деталей / С. И. Овсянников, В. Г. Знайдюк // Вісник Харківського національного технічного

університету сільського господарства ім. Петра Василенка : зб наук. пр.– Х. : ХДТУСГ, 2004. – Вип. 21.

4. Назаров А. Д. Нормирование дисбаланса и повышение надежности автотракторных двигателей / А. Д. Назаров ; АН ТССР, Туркм. с.-х. ин-т им. М. И. Калинина. – Ашхабад : БІлым, 1986. – 295 с.

5. Генкин М. Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М. Д. Генкин, А. Г. Соколова. – М. : Машиностроение, 1987. – 282 с.

6. Когаев В. П. Прочность и износостойкость деталей машин / В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. – М. : Высшая школа, 1991. – 319 с.

7. Бажинов О. В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації : автореф. дис. ... доктора техн. наук : 05.22.20 / О. В. Бажинов. – Х., 2001. – 32 с.

8. Шевченко С. А. Контроль технического состояния сельскохозяйственной техники вибрационно-диагностическим методом / С. А. Шевченко // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Новые решения в современных технологиях. – Х. : ХГПУ, 1999. – Вып. 55. – С. 33–35.

9. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара : справ. : в 2 кн. / под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1978. – . – Кн. 2. – 1978.– 440 с.

Знайдюк В.Г., Островський О.С. «Діагностика технічного стану швидкохідних барабанів».

Актуальними є використання науково обґрунтованих методів та приладів для вібродіагностики швидкохідних барабанів підйомно-транспортних машин, що відповідають вимогам універсальності, відповідності діагностування до параметрів вібрації. Проведено аналіз методів діагностування швидкохідних барабанів та вібродіагностичних приладів, що використовуються при діагностиці їх технічного стану з метою підвищення надійності.

Ключові слова: діагностика технічного стану, ПТМ, швидкохідний барабан, вібродіагностичні прилади.

Знайдюк В.Г., Островский О.С. «Диагностика технического состояния быстроходных барабанов».

Использование научно обоснованных методов и приборов для вибродиагностики быстроходных барабанов подъемно-транспортных машин, отвечающих требованиям универсальности, соответствия диагностирования к параметрам вибрации – актуальная проблема. Проведен анализ методов диагностирования технического состояния, и вибродиагностических приборов, которые используются для диагностики технического состояния быстроходных барабанов с целью повышения их надежности.

Ключевые слова: диагностика технического состояния, ПТМ, быстроходный барабан, вибродиагностические приборы.

Znajduk B.G., Ostrovskiy O.S. “Diagnostics technical state speed drums”.

The use of scientific methods and instruments for vibration monitoring of high-speed drum hoisting machines that meet the requirements of universality, matching diagnosis of vibration parameters – current problems. The analysis methods for diagnosis of the technical state and vibrodiagnostic devices that are used for the diagnosis of the technical state of high-speed reels to increase their reliability.

Key words: technical condition diagnostics, HTM, speed drum, vibrodiagnostic device.

Стаття надійшла до редакції 26 квітня 2013 р.