

УДК 629.4.06:621.822.614

*Борзилов І. Д., к. т. н. (УкрДАЗТ)
Равлюк В. Г., ст. викладач (УкрДАЗТ)*

**ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
ЕЛЕМЕНТІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ
РУХОМОГО СКЛАДУ**

Вступ. Прагнення до зниження експлуатаційних витрат і підвищення надійності вузлів рухомого складу викликає необхідність визначати технічний стан буксових вузлів вантажних вагонів засобами вібраційного діагностування. Правильне визначення діагностичних ознак за параметрами вібрації машини дозволяє визначати технічний стан досліджуваних вузлів без розбирання. Протягом проведення регулярних вимірювань вібраційних характеристик може бути виявлена поява нових пошкоджень й простежений їх розвиток, що дозволяє прогнозувати час досягнення підвищеного рівня вібрації, для усунення аварійнонебезпечних ситуацій.

Аналіз останніх публікацій. Зареєстровані вібраційні реалізації містять багато цінної інформації, яку повністю сприйняти практично неможливо у зв'язку із чим сигнали зазнають попередньої обробки різними методами з метою виділення складових з певними характеристиками [1, 3, 4].

Встановлено [5], що з точки зору розвитку пошкоджень на ранніх стадіях доцільним є дослідження частотних діапазонів 3 – 5 кГц, а також визнана ефективність використання ексцесу [2] для діагностування пошкоджень на різних етапах розвитку. Однак стосовно вібраційного діагностування підшипників кочення не представляється можливим виділяти діагностичні ознаки технічного стану у зазначеному діапазоні внаслідок надмірної кількості гармонічних складових, а коефіцієнт ексцесу є безадресною діагностичною ознакою, що не дозволяє визначати пошкоджений елемент підшипника кочення, надаючи лише інформацію про узагальнений технічний стан.

Початково дослідження з виділення діагностичних ознак технічного стану підшипників кочення базувались на використанні в процесі аналізу

широкосмугових октавних або 1/3-октавних фільтрів [6] причому контролювали або зміну рівнів складових спектра, або наявність в ньому складових, рівень яких перевищує задані граничні величини. Теоретично дослідження вузькосмугового спектру та спектру обвідної вібрації у порівнянні з 1/3-октавним спектром представляє значно більші можливості для оцінки технічного стану підшипників кочення, проте під час практичного застосування цих заходів часто виникають труднощі із інтерпретацією окремих спектральних складових.

Мета статті – отримання залежностей дискретних складових на спектрах обвідної вібрації, що відповідають різним технічним станам елементів підшипників кочення буксових вузлів рухомого складу.

Визначення діагностичних ознак технічного стану. Згідно з [6], технічний стан буксового вузла визначається n незалежними величинами x_1, x_2, \dots, x_n . Отже, технічний стан можливо визначити, якщо відоме значення кожної із n величин x_i . Розв'язання такого завдання можливе і в тому випадку, якщо x_i будуть виражені через будь-які інші величини s_1, s_2, \dots, s_m , які відомі. Такий непрямий процес визначення невідомих параметрів стану x_i шляхом вимірювання доступних параметрів діагностичного сигналу s_1, s_2, \dots, s_m та обчисленню параметрів стану x_i за допомогою відомих заздалегідь співвідношень $x_i = x_i(s_1, s_2, \dots, s_m)$ називається діагностуванням. Таким чином, визначення залежності параметрів стану від величини параметрів сигналу складає найважливіший і самий трудомісткий етап розробки системи діагностування.

Найпростішим з точки зору ідентифікації є биття осі або обкочування зовнішнього кільця підшипника, що не являється пошкодженням підшипника, а свідчить лише про режим його роботи з підвищеним обертовим навантаженням, яке впливає на зниження його ресурсу. Ознакою цього режиму роботи підшипника є поява в спектрі обвідної вібрації невеликої (до кількості гармонічних складових вібрації (3-4) з частотами $kf_{об}$, з яких максимальні амплітуди припадають на 1-3 гармоніку (рисунок 1).

Раковини (тріщини) на зовнішньому кільці підшипника призводять до появи коротких ударних імпульсів при контакті кожного тіла кочення з раковиною (тріщиною). У результаті з'являється низка гармонік із частотами $f_{зовн}$ у спектрі обвідної вібрації, причому кількість цих гармонік є досить значною, а їхня амплітуда слабко знижується із зростанням k , (рисунок 2).

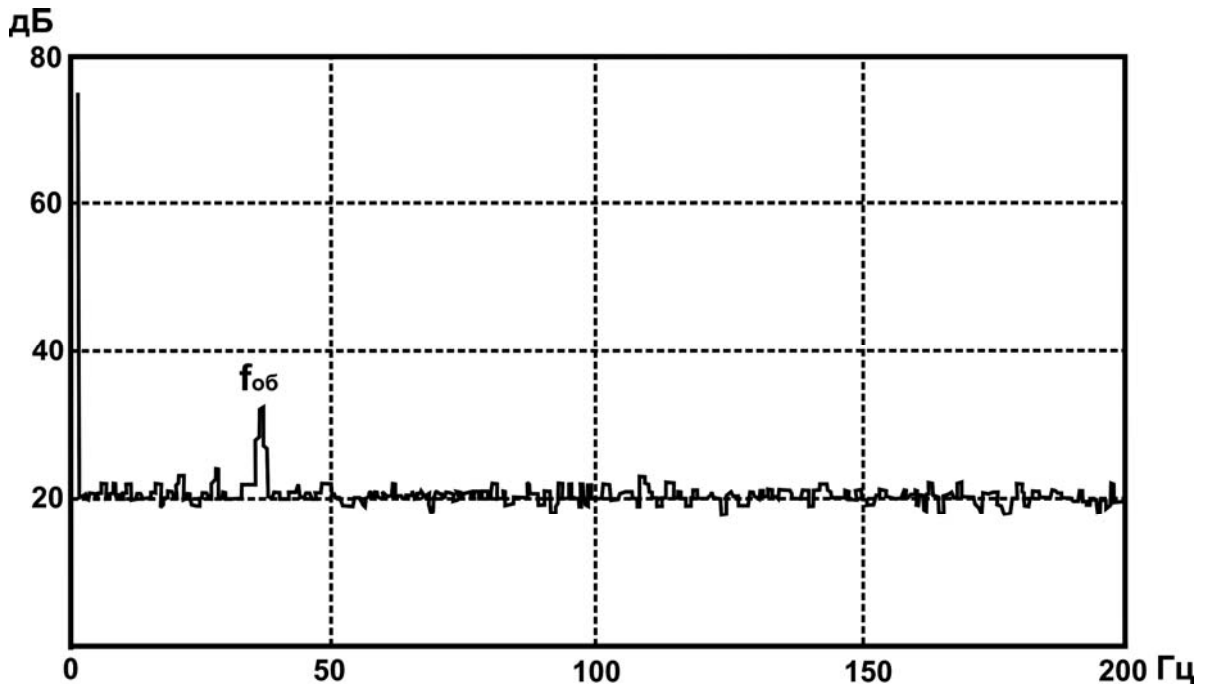


Рисунок 1 - Спектр обвідної вібрації при обкочуванні зовнішнього кільця підшипника кочення

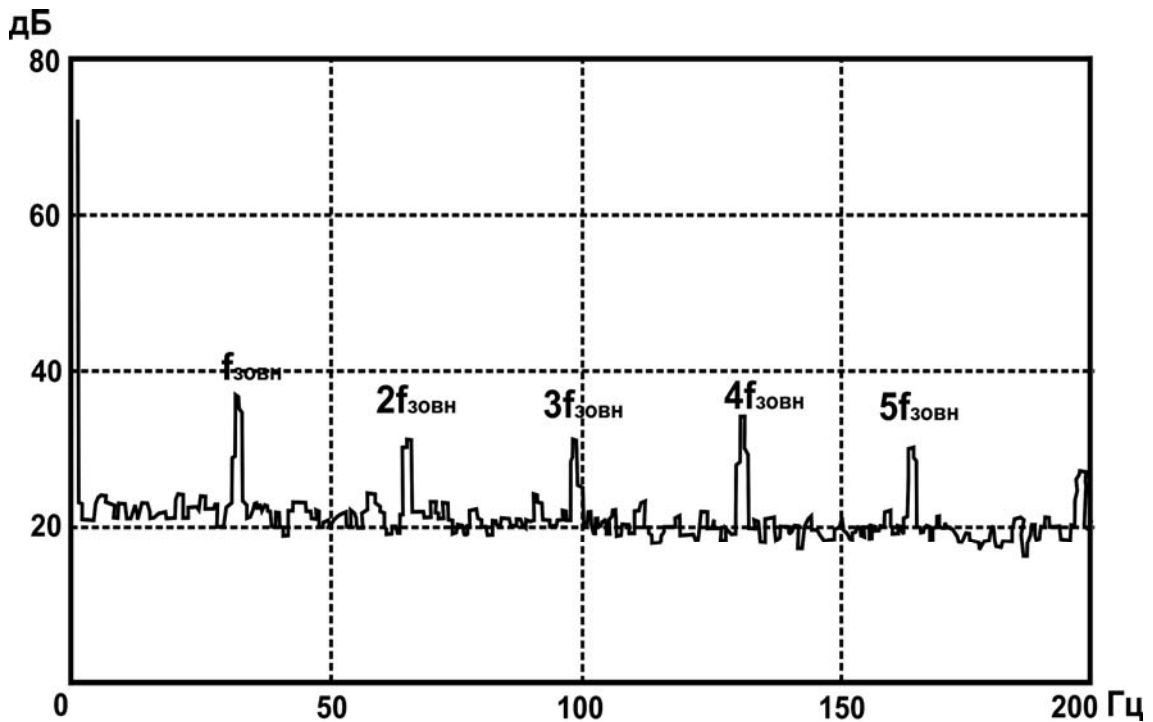


Рисунок 2 - Спектр обвідної вібрації із раковиною (тріщиною) на зовнішньому кільці підшипника кочення

Зношування тіл кочення й сепаратора в підшипнику відноситься до найнебезпечніших пошкоджень, тому що розвивається досить швидко. За спектром обвідної вібрації виявляється в першу чергу пошкодження, що представляє собою викришування поверхні одного (групи) тіла кочення і вказує на прискорене зношування тієї ділянки сепаратора, що контактує з пошкодженим тілом кочення. Саме ця ознака є загальною для розглянутих двох пошкоджень підшипника. Ознакою зношування тіла кочення є поява в спектрі обвідної вібрації гармонічної складової із частотою f_c (при статичному навантаженні на підшипник) або $f_{об} - f_c$ (при обертовому навантаженні). Складові із кратними гармоніками по мірі зростання кратності швидко зменшуються за амплітудою (рисунок 3).

Складне пошкодження підшипника визначається на підставі появи діагностичних ознак двох або більше розвинених пошкоджень в тому випадку, коли їх ознаки розглядаються не незалежно, а призводять до появи в спектрі гармонік з різними комбінаційними частотами. Такі ознаки з'являються при раковинах на зовнішньому кільці, обертовому навантаженні на підшипник із одночасним сильним зношуванням кілець, при наявності раковин на зовнішньому й внутрішньому кільцях і додатковому сильному осьовому навантаженні на підшипник.

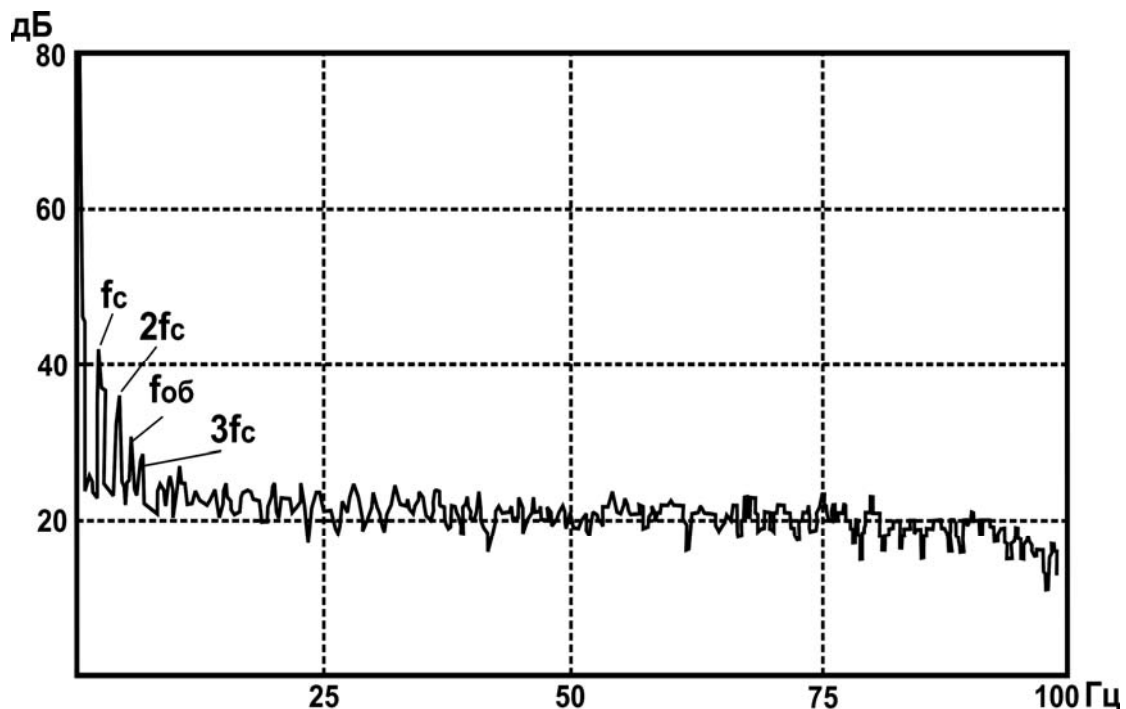


Рисунок 3 - Спектр обвідної вібрації при зношуванні тіл кочення й сепаратора

РУХОМИЙ СКЛАД

Порушення змащення підшипника кочення призводить до зростання високочастотної вібрації, що і є основною діагностичною ознакою зазначеного порушення. Як правило, якщо це пошкодження виявляється єдиним, у спектрі обвідної вібрації відсутні середні й сильні пошкодження інших типів.

В таблиці 1 наведений перелік діагностичних ознак пошкоджень, що ідентифікуються під час діагностування підшипників кочення за одноразовими вимірюваннями спектра обвідної вібрації. Ці ознаки можна використовувати для розпізнавання пошкодження у випадку, якщо воно є одиничним, тобто за умови відсутності розвинених пошкоджень в інших вузлах діагностуючого об'єкту.

Таблиця 1 - Перелік діагностичних ознак пошкоджень елементів підшипників кочення буксових вузлів

№	Вид пошкодження	Спектр вібрації		Спектр обвідної	
		основні	додаткові	основні	додаткові
1	Биття осі	$kf_{об}$	немає зростання ВЧ	$k < 10$	немає зростання ВЧ
2	Зношування зовнішнього кільця	$f_{зовн}$	$f_{зовн}, k \leq 3$, зростання ВЧ	$f_{зовн}$	$f_{зовн}, k \leq 3$, зростання ВЧ
3	Раковини, тріщини на зовнішньому кільці	$kf_3, k > 3$	зростання ВЧ	$kf_3, k > 3$	зростання ВЧ
4	Зношення внутрішнього кільця	$kf_{об}$	$kf_{об}$, зростання ВЧ	$kf_{об}$	$kf_{об}$, зростання ВЧ
5	Раковини, тріщини на внутрішньому кільці	$kf_в$	$kf_{об}$, зростання ВЧ	$kf_в$	$kf_{об}$, зростання ВЧ
6	Зношення тіл кочення й сепаратора	$f_c, (f_{об} - f_c)$	$kf_c, k(f_{об} - f_c)$, зростання ВЧ	$f_c, (f_{об} - f_c)$	$kf_c, k(f_{об} - f_c)$, зростання ВЧ
7	Раковини, відколи на тілах кочення	$2kf_{тк}$	$2kf_{тк}$, зростання ВЧ	$2kf_{тк}$	$2kf_{тк}$, зростання ВЧ
8	Проблеми змащування	зростання ВЧ			

де $f_{об}$ – частота обертання осі;

f_g – частота перекочування тіл кочення по внутрішньому кільці;

$f_{зовн}$ – частота перекочування тіл кочення по зовнішньому кільці;

f_{TK} – частота обертання тіл кочення;

f_c – частота обертання сепаратора;

ВЧ – високочастотна область спектра вібрації.

Нині, фахівцями кафедри «Вагони» проводяться дослідження з виділення й уточнення діагностичних ознак технічного стану елементів підшипників кочення буксових вузлів вантажних вагонів у вагонному депо «Основа» Південної залізниці.

Висновки. Складний характер зареєстрованої вібрації буксових вузлів рухомого складу потребує залучення сучасних методів обробки вібраційних сигналів для усунення завад та виділення корисного сигналу. Вкрай важливим завданням, розв'язання якого дозволяє вчасно виявляти передаварійний стан та підвищувати безпеку руху поїздів є проведення ґрунтовних досліджень з метою інтерпретації та класифікації отриманих дискретних частотних складових на спектрах обвідної вібрації, що ототожнюються з технічним станом підшипників кочення буксових вузлів рухомого складу.

Список літератури

1. Горбунов А. А., Диментберг Н. Ф. Некоторые задачи диагностики для колебательной системы с периодическим параметрическим возбуждением // Механика твердого тела. – 1974. – №2. – С. 49 – 52.

2. Дайер Д., Стюарт Р. Обнаружение повреждений подшипника качения путем статистического анализа вибраций // Тр. амер. о-ва инж.-мех. Конструирование и технология машиностроения. – 1978. – Т. 100, №2. – С. 23 – 31.

3. Заболотний О.В, Михайлинин В. Ю. Вібродіагностика підшипників кочення методами періодично корельованих випадкових процесів // Відбір і обробка інформації. – 2002. – №14(90). – С. 53 – 58.

4. Косенко Г. Д., Гиоев З. Г., Бабаков В. П. Техническая диагностика машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 322 с.

5. Мэтью, Альфредсон Применение вибрационного анализа для контроля технического состояния подшипников качения // Тр. амер. о-ва инж.-мех. Конструирование и технология машиностроения. – 1984. – Т. 106, – № 3. – С. 100 – 108.

6. Павлов Б. В. Акустическая диагностика механизмов. –М.: Машиностроение, 1971. – 427 с.