

УДК 629.12.05

НАБМВ Н.К.

Диагностика подшипников буксовых узлов на основе метода идентификационных измерений

Большую роль в экономическом и социальном развитии государства играет железнодорожный транспорт. Повышение активности использования железнодорожного транспорта отражается на техническом состоянии ходовых частей подвижных составов. В наибольшей степени износу и различным механическим повреждениям подвержен основной узел вагонов – колесная пара. Колесные пары несут на себе массу всего вагона и груза, направляют вагон относительно рельсового пути и воспринимают жесткие и разнообразные по направлению удары от неровности пути. Исправность данного узла влияет в первую очередь на безопасность движения.

При эксплуатации колесных пар РУ1-950 (РУ1Ш-950) наибольшее количество повреждений приходится на буксовый узел (рисунок 1) с установленными роликовыми подшипниками качения.

Существует множество автоматизированных приборов для определения технического состояния буксового узла и методов диагностики. В большинстве случаев эти методы основаны на использовании анализа спектральных характеристик вибрационного сигнала и не обеспечивают достаточного диагностирования состояния подшипников буксовых узлов из-за отсутствия единой методики распознавания и идентификации всех возникающих дефектов по множеству характеристик, что приводит к их пропуску или ложному выявлению.

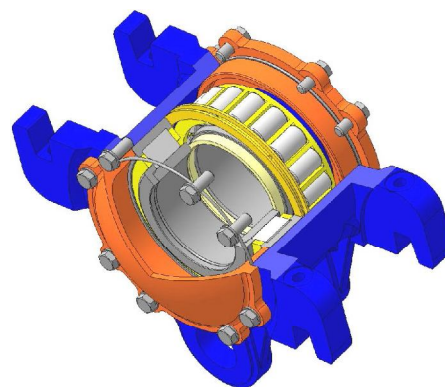


Рисунок 1 – Буксовый узел колесной пары

Целью работы стала разработка автоматизированной системы диагностики и мониторинга (АСДМ) технического состояния роликовых подшипников качения в собранной буксе на колесной паре. Авторами предложена двухуровневая система: нижний уровень отвечает за сбор информации, верхний – за принятие решения. Предложенная структура АСДМ представлена на рисунке 2.

На нижнем уровне, системе регистрации, расположен измеритель вибраций цифровой АТТ-9002 фирмы АКТАКОМ, обеспечивающий измерение, преобразование, контроль технологических параметров. Процессор виброанализатора АТТ-9002 производит

регистрацию виброскорости, виброускорения, их среднеквадратические и пиковые значения.

На верхнем уровне системы, системе обработки, располагается рабочее место оператора: IBM-совместимый персональный компьютер, оборудованный портом последовательного интерфейса RS232 для связи с виброанализатором АКТАКОМ. Компьютер находится под управлением операционной системы Windows. Программный пакет LabVIEW Run-Time Engine, установленный на компьютере, является рабочей средой, обеспечивающей функционирование программной части системы автоматизации и контроля, отвечающей за интерфейс с оператором.

Функционирование программной части АСДМ основывается на использовании интегрального метода идентификационных измерений [2], позволяющего эффективно выявлять основные дефекты на основе использования максимального количества характеристик вибросигнала для идентификации и распознавания. В настоящее время в теории обработки сигналов используются временная, вероятностная, корреляционная и спектральная характеристики. Однако авторами предлагается использовать характеристики не только основного сигнала, но и его приращения.

Следовательно, для идентификации и распознавания используется максимальное количество характеристик виброизмерений, благодаря которым можно получить более объективную и точную информацию о дефекте.

Каждая характеристика вибросигнала и ее приращения измеряется путем преобразования

$$IdP = IdP[X_i], \quad (1)$$

где IdP – идентификационный параметр;

X_i – квантованные или дискретизированные значения характеристик сигнала.

Полученные численные значения называются идентификационными параметрами соответствующих характеристик, которые сводятся в базу данных вибросигналов.

На первоначальном этапе (этапе обучения) искусственно создаются различные типичные дефекты в подшипниках с получением эталонного значения характеристик сигналов, которые сводятся в эталонную базу данных, реляционная модель которой приведена в таблице 1.

После создания баз данных эталонных измерений проводят измерение идентификационных параметров Id^iP исследуемого вибросигнала $X_{it}(t)$. Полученные численные и классификационные оценки идентификационных параметров исследуемого сигнала последовательно сравниваются со всеми эталонами по принципу «один – со всеми».

При этом для числовых параметров вычисляются отклонения ΔId_iM и ΔId_iB :

$$\Delta Id_i^p = \frac{Id_i^u - Id_i^э}{Id_i^э} 100 \%. \quad (2)$$

По идентификационной шкале эталонных сигналов [2] составляется реляционная модель классификационной части базы данных эталонных вибросигналов дефектов и исследуемых вибросигналов подшипников буксовых узлов колесных пар.

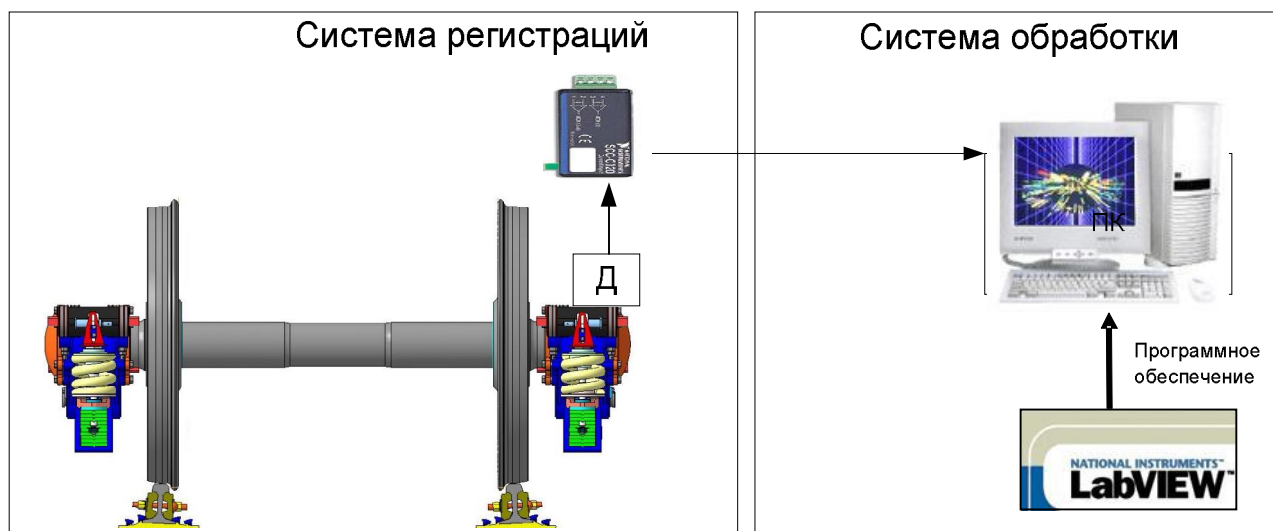


Рисунок 2 – Структура автоматизированной системы диагностики и мониторинга подшипников буксовых узлов

Таблица 1 – Реляционная модель базы данных по измерениям распределения мгновенных значений

Имя файла	Дефект подшипника	Измерения распределения мгновенных значений			
		Функции сигнала			
		временная	вероятностная	корреляционная	спектральная
File-name1.txt	Дефект 1	$IdM_{1(T)}^p$	$IdM_{1(H)}^p$	$IdM_{1(C)}^p$	$IdM_{1(S)}^p$
...
File-nameI.txt	Дефект I	$IdM_{i(T)}^p$	$IdM_{i(H)}^p$	$IdM_{i(C)}^p$	$IdM_{i(S)}^p$
...
File-nameN.txt	Дефект N	$IdM_{N(T)}^p$	$IdM_{N(H)}^p$	$IdM_{N(C)}^p$	$IdM_{N(S)}^p$

Полученные идентификационные параметры $IdM_{i<F>}^{\ominus}$ путем интерполяции будем сравнивать с отметкой шкалы, и в результате полученные значения будут являться комплексными эталонными характеристиками $\pm \langle A_{i<F>}^{\ominus} \rangle$. Знак « \pm » перед лингвистической характеристикой определяется

$$\langle \pm \rangle = \begin{cases} +1, & \text{если } 0 < IdB_{iF}^{\ominus} < 1 \\ -1, & \text{если } IdB_{iF}^{\ominus} > 1 \end{cases} \quad (3)$$

Классификационные параметры исследуемого сигнала и эталонов сравниваются между собой по принципу дихотомии «равен – не равен»:

$$d_{i<F>}^M = \begin{cases} 1, & \text{если } \pm \langle A_{i<F>}^{\ominus} \rangle = \pm \langle A_{i<F>}^{\ominus} \rangle \\ 0, & \text{если } \pm \langle A_{i<F>}^{\ominus} \rangle \neq \pm \langle A_{i<F>}^{\ominus} \rangle \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, формируются массивы в виде баз данных результатов сравнения, которые служат предметом дальнейшего анализа.

Далее получаем таблицу сравнения эталонных и исследуемых вибросигналов и составляем интегральные оценки:

- интегральная оценка критерия минимума ΔIdM ;
- интегральная оценка критерия минимума ΔIdB ;
- интегральная оценка критерия максимума $MeanP$.

В таблице 2 приведена экспериментальная модель базы данных интегральных оценок, полученная после проведения диагностики колесной пары.

Согласно данным приложенного метода для постановки диагноза могут быть сформулированы следующие правила.

1. По критерию минимума $\Delta IdM = \min$: ($\Delta IdM = 32,5\% = \min$; $\Delta IdB = 11,6\%$; $meanP = 0,875$; $Mean = 22\%$), в соответствии с которым тестовый подшипник

имеет дефект в виде сломанного сепаратора с пропилом внешнего кольца.

2. По критерию минимума $\Delta IdB = \min$: ($\Delta IdB = 38,7\%$; $\Delta IdM = 6,8\% = \min$, $meanP = 0,75$; $mean = 22,7\%$), в соответствии с которым тестовый подшипник имеет дефект в виде сломанной перегородки.

3. По критерию максимума $MeanP = \max$: ($\Delta IdM = 42,1\%$; $\Delta IdB = 19,5\%$, $meanP = 1 = \max$; $mean = 30,8\%$), в соответствии с которым тестовый подшипник имеет дефекты в виде сломанной перегородки и раковины внешнего кольца.

4. По критерию минимума $Mean = \min$: ($\Delta IdM = 32,5\%$; $\Delta IdB = 11,6\%$, $meanP = 0,875$; $mean = 22\% = \min$), в соответствии с которым тестовый подшипник имеет дефект в виде сломанного сепаратора с пропилом внешнего кольца.

Предложенная автором автоматизированная система мониторинга и диагностики позволяет выявлять основные дефекты подшипников в собранной буксе, возникающие при эксплуатации подвижных составов: перекос внутреннего кольца, перекос наружного кольца, износ наружного кольца, раковины на наружном кольце, износ внутреннего кольца, раковины на внутреннем кольце, износ тел качения (роликов) и сепаратора, раковины, сколы на телах качения (роликах), дефекты смазки.

Предложены критерии выбора, на основании которых оператор-эксперт выносит заключение о причинах неисправности в виде дефекта.

Автоматизированная система мониторинга и диагностики подшипников буксовых узлов была разработана на кафедре «Радиоэлектроники и телекоммуникаций» СКГУ им. М. Козыбаева и в настоящее время внедряется в технологический процесс по обслуживанию и ремонту колесных пар на АО «ЗИКСТО», г. Петропавловск.

Таблица 2 – Модель базы данных интегральных оценок

Наименование дефекта	Файл исследуемого сигнала	Интегральные оценки			
		ΔIdM	ΔIdB	$MeanP$	$Mean$
Сломанный сепаратор с пропилом внешнего кольца	1t_0.txt	32,467	11,562	0,875	22,014
Износ наружного кольца	1t_0.txt	34,567	14,784	0,625	24,675
Износ внутреннего кольца	1t_0.txt	41,173	8,1875	0,5	24,68
Сломанная перегородка	1t_0.txt	38,66	6,7867	0,75	22,723
Сломанная перегородка и раковина внешнего кольца	1t_0.txt	42,118	19,487	1	30,803
Перекос внутреннего кольца	1t_0.txt	43,791	13,998	0,75	28,895
Раковины, сколы на телах качения (роликах)	1t_0.txt	46,426	23,492	0,75	34,959
Дефект смазки	1t_0.txt	57,841	25,696	0,5	41,769

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швалов Д.В., Шаповалов В.В. Системы диагностики подвижного состава. М.: Маршрут, 2005. 286 с.
2. Кликушин Ю.Н., Кошеков К.Т. Методы и средства идентификационных измерений сигналов. Петропавловск: Изд-во СКГУ им. М. Козыбаева, 2007. 186 с.