

3. *Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці* / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук. – Житомир : ЖІТІ, 2000. – 232 с.

4. *Кальченко В. И. Научные основы шлифования криволинейных поверхностей с управляемой ориентацией абразивного инструмента* : дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Кальченко. – Х. : ХГПУ, 1994. – 329 с.

5. *Грабченко А. И. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали* : монография / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Чернигов : ЧДТУ, 2009. – 256 с.

6. *Кальченко В. В. Модульне 3D моделювання інструментів, формоутворення та зняття припуску при токарній обробці орієнтованими непереточуваними пластинами* / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко, Д. В. Кальченко // Вісник Черкас. держ. технол. ун-ту. – 2012. – № 1. – 7 с.

7. *Решетов Д. Н. Точность металлорежущих станков* / Д. Н. Решетов, В. Т. Портман. – М. : Машиностроение, 1996. – 336 с.

8. *Луців І. В. Основи створення багатолезового оснащення з міжінструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання* : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / І. В. Луців. – К., 2006. – 37 с.

УДК 621.92.01

В.Н. Тихенко, д-р техн. наук

В.И. Старцев, канд. техн. наук

А.А. Анисимов, аспирант

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса, Украина

С.В. Пчелинский, инженер

Дорожный экспертно-технический центр управления Одесской железной дороги, г. Одесса, Украина

ВИБРОДІАГНОСТИКА СТАНКА ДЛЯ ОБРОБОТКИ КОЛЕСНИХ ПАР

В.М. Тіхенко, д-р техн. наук

В.І. Старцев, канд. техн. наук

О.О. Анісімов, аспірант

Одесский национальный политехнический университет, м. Одеса, Украина

С.В. Пчелінський, инженер

Дорожный экспертно-технический центр управления Одесской железной дороги, м. Одеса, Украина

ВИБРОДІАГНОСТИКА ВЕРСТАТА ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ КОЛІСНИХ ПАР

Valentin Tikhenko, Doctor of Technical Sciences

Vladimir Startsev, PhD in Technical Sciences

Aleksey Anisimov, PhD student

Odessa National Politechnic University, Odessa, Ukraine

Sergey Pchelinskiy, engineer

Travelling expertly-technical center of management of the Odessa railway, Odessa, Ukraine

VIBRODIAGNOSTICS OF A MACHINE TOOL FOR PROCESSING OF WHEEL PAIRS

Проведена вибродіагностика станка для обробки колесних пар с помощью специально разработанной аппаратуры. Своевременная диагностика и оценка технического состояния станков для обработки колесных пар, которые используются на железнодорожных предприятиях, поможет избежать сбоев в проведении профилактического обслуживания. В процессе диагностирования особое внимание уделяется вибрационным характеристикам: перемещению, виброскорости и виброускорению, сравнение которых однозначно определяет тип дефекта.

Ключевые слова: станок для обработки колесных пар, шпиндель, вибродіагностика, спектрограмма.

Проведено вибродіагностику верстата для оброблення колісних пар за допомогою спеціально розробленої апаратури. Своєчасна діагностика та оцінювання технічного стану верстатів для оброблення колісних пар, які використовуються на залізничних підприємствах, допоможе уникнути збоїв у проведенні профілактичного обслуговування. У процесі діагностування особливу увагу приділено вібраційним характеристикам: вібропереміщення, віброшвидкості і віброприскоренню, порівняння яких однозначно визначає тип дефекту.

Ключові слова: верстат для оброблення колісних пар, шпиндель, вибродіагностика, спектрограма.

Vibrodiagnostics of machine tool for processing of wheel pairs using specially designed equipment is considered. Timely diagnosis and evaluation of the technical state of machine tools for processing of wheel pairs that are used at railway enterprises will help avoid failures by carrying out preventive maintenance. During the diagnosing process special attention

is paid to the vibration characteristics: vibration displacement, vibration velocity and vibration acceleration, the comparison of which unambiguously defines the type of defect.

Key words: *machine tool for processing of wheel pairs, spindle, vibrodiagnostics, spectrogram.*

Постановка проблеми. Для безопасной эксплуатации железнодорожного транспорта необходимо осуществлять периодическую обработку профиля изношенных колес вагонов, электровозов, тепловозов, вагонов метрополитена, моторвагонных секций [1]. Для этого используют специальные станки двух типов: с выкаткой колёсной пары из-под тележки в процессе обработки и без выкатки (подрельсовые).

Колесофрезерный специальный станок модели КЖ20 предназначен для выполнения фрезерных работ по ремонту профиля двух бандажей колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта без выкатки из под локомотивов, электровозов, тепловозов и моторвагонных секций. Он устанавливается в котловане на заглубленном фундаменте и позволяет единице подвижного состава свободно проходить над ним, не препятствуя перемещениям подвижного состава в депо. Станок имеет симметричную компоновку (левая и правая сторона имеют одинаковые по назначению узлы), работает в автоматическом цикле, основными элементами которого являются подъем, установка и крепление колесной пары в корпусах букс, позиционирование суппортов, измерение профиля поверхности катания колес, собственно обработка, опускание колесной пары на рельсы.

Процесс получения точного профиля, овальности и равенство диаметров колёс по кругу катания обеспечивается путём скоростного фрезерования одновременно двух бандажей колёсной пары специальными фасонными фрезами. Цикл полного фрезерования двух бандажей осуществляется за один оборот колёсной пары под локомотивом.

Станок эксплуатируется в одном из депо Одесской железной дороги более 15 лет. Приобретение нового станка в ближайшие годы не представляется возможным, а остановка процесса обработки на уже имеющемся станке для его разборки, с целью визуальной диагностики состояния узлов и деталей, приведет к срыву плановых ремонтов подвижного состава и увеличению производственных затрат. Аналогичная ситуация складывается и с другими станками во многих депо Одесской железной дороги.

Анализ последних исследований и публикаций. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования промышленного оборудования. Несмотря на значительный прогресс в теории и практике автоматизации выявления дефектов машин и оборудования, оценка технического состояния промышленного оборудования на большинстве украинских предприятий по-прежнему выполняется на основе субъективного метода оценки высококвалифицированными специалистами-диагностами, обслуживающими объекты диагностирования на протяжении длительного времени и получивших опыт ориентирования во внешних признаках изменения технического состояния. Однако последние достижения науки определяют необходимость перехода от субъективных методов оценки состояния к объективным.

Назначением технической диагностики является не только определение причин, но и предотвращение отказов благодаря своевременному обнаружению повреждений и отслеживанию характера их развития, поддержание нормальных регулировок эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование изменения состояния в целях полного использования доремонтного и межремонтного ресурса. Этим требованиям в полной мере отвечает виброакустическая диагностика машинного оборудования, базирующаяся на принципе бездемонтажного определения технического состояния станков во время эксплуатации по параметрам колебательных процессов, сопровождающих их функционирование [2]. Однако, несмотря на общность методов виб-

родиагностики, каждый вид промышленного оборудования требует учета его специфических особенностей при эксплуатации. Например, при виброакустическом диагностировании металлорежущих станков следует учитывать, что источником колебаний являются не только их механические и гидравлические системы, а также и процесс резания [3; 4].

Нерешенные части проблемы. Адекватность поставленного диагноза реальному состоянию объекта определяется как качеством алгоритма диагностирования, так и уровнем технических средств измерения и обработки вибрационного сигнала. Анализ серийно выпускаемых диагностических систем показал, что в настоящее время сложно найти готовые устройства, которые бы полностью удовлетворяли требованиям промышленных предприятий с точки зрения стоимости и адаптированности к производственным условиям. Для их адаптации необходимо проводить дополнительные исследования, модернизировать программное обеспечение, вводить в штат обслуживающего персонала дополнительного специалиста по диагностике. Кроме того, некоторые типы вибродиагностической аппаратуры разрабатывались как специализированные, например, для автотракторной техники, что затрудняет или делает невозможным их использование для диагностики металлорежущих станков.

Целью исследования являлось определение технического состояния станка для обработки колесных пар железнодорожного транспорта методом вибродиагностики с помощью портативной аппаратуры, которая адаптирована к проведению измерений в железнодорожных депо.

Изложение основного материала. Для этой цели была использована аппаратура, разработанная в лаборатории диагностики Одесского национального политехнического университета, блок-схема которой представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема аппаратных средств снятия и обработки вибрационных сигналов

В качестве датчика использован миниатюрный вибропреобразователь АВС 132, который предназначен для измерения вибрационных и ускорений в широком диапазоне частот на объектах ракетно-космической техники, летательных аппаратах; для контроля вибрации станков и малогабаритных механизмов, а также для использования в других видах промышленности. Чувствительный элемент вибропреобразователя – изгибного типа. Вибропреобразователь выполнен по однопроводной электрической схеме. Диапазон рабочих частот от 10 до 10000 Гц. Его отличительная особенность – малый вес, высокая помехозащищенность, вибропрочность и надежность. Корпус вибропреобразователя герметично уплотненный.

Датчик АВС 132 преобразует величину виброускорения в заряд. Величина заряда зависит от чувствительности датчика и для данного экземпляра составляет 7 пКл/г. Зарядочувствительный усилитель с коррекцией АЧХ в области низких частот [5] преобразует заряд в сигнал, пропорциональный чувствительности усилителя. Коррекция АЧХ в области низких частот необходима для исключения влияния быстрых перепадов температуры на показания аппаратуры.

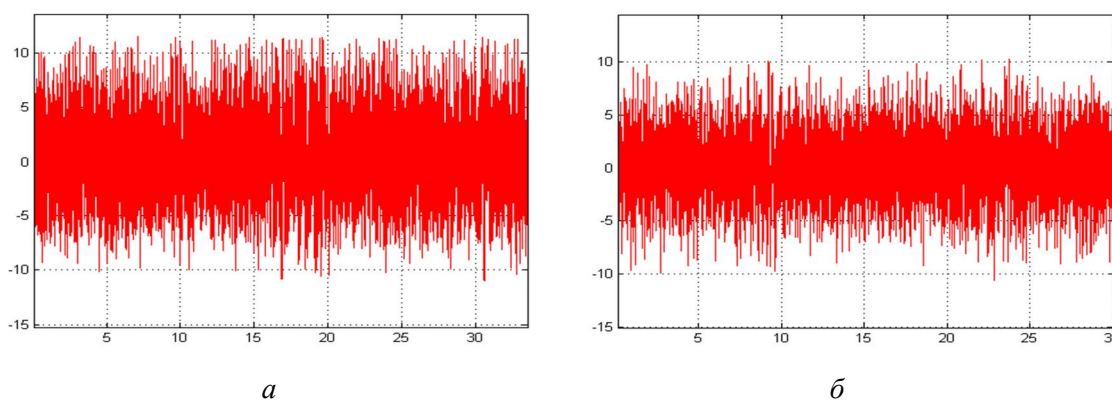
Чувствительность усилителя определяется ёмкостью обратной связи, которая равна 100 пФ, что соответствует коэффициенту чувствительности, равному [6]:

$$U_{\text{вих}} = -\frac{q}{C} = \frac{7 \cdot 10^{-12}}{100 \cdot 10^{-12}} = 0,07 \text{ В/г}.$$

С помощью нормирующего усилителя (входит в состав зарядочувствительного усилителя) эта величина приводится к величине 0,1 В/г для удобства последующих расчетов.

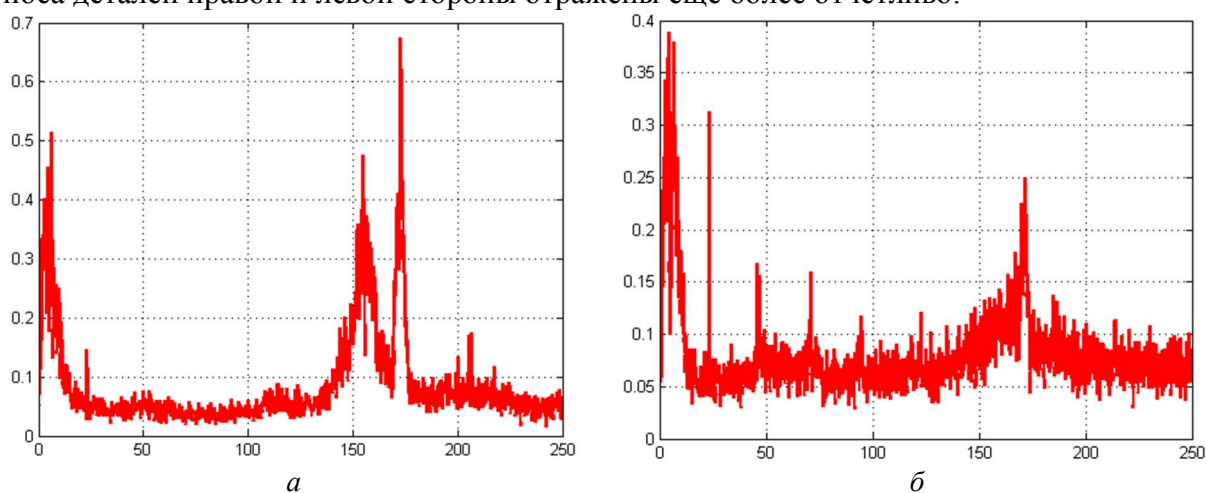
Набор перестраиваемых фильтров позволяет выделить необходимую полосу частот. Первичное отображение информации выполняется с помощью индикатора, а затем с помощью блока аналогоцифрового преобразователя (АЦП) и персонального компьютера (ПК) выполняется оцифровка данных, визуализация, обработка, а также запись данных на жёсткий носитель.

Измерения проводились на холостом ходу (без резания) и под нагрузкой (при обработке профиля колес) в одних и тех же точках контроля вибраций узлов для левой и правой стороны станка. Для шпиндельных узлов такие точки выбирались возле передних и задних опор шпинделей. Уже при записи сигналов отмечалось различие их параметров для узлов правой и левой стороны станка, что свидетельствует о разной степени износа деталей этих узлов (рис. 2).



*Рис. 2. Запись сигнала на переднем подшипнике шпинделя:
а – правая сторона станка, б – левая сторона станка*

В дальнейшем после обработки информационных сигналов были получены спектрограммы для указанных выше точек шпиндельного узла (рис. 3). Различия степени износа деталей правой и левой стороны отражены еще более отчетливо.



*Рис. 3. Спектрограммы записанных сигналов на передней опоре шпинделя:
а – правая сторона станка, б – левая сторона станка*

Аналогично проводились замеры других механических, гидравлических и электрических узлов станка. Изучение кинематических и гидравлических схем станка позволило определить частоты подвижных элементов (шпинделя, подшипников, зубчатых ко-

лес, муфт, роторов гидравлических насосов и др.), а затем сравнить их с данными вибродиагностики.

Комплексное сравнение значений параметров виброперемещения, виброскорости и виброускорения однозначно указывает на виды дефекта, что будет способствовать их устранению и позволит избежать отказов или аварийной ситуации при эксплуатации станков, своевременно выполнив предупредительный ремонт.

Выводы. Анализ проведенных исследований с помощью разработанной аппаратуры дал возможность не только выдавать диагноз в явном виде, прогнозировать изменение технического состояния станка для обработки колесных пар, но и представить рекомендации по виду и срокам технического обслуживания и ремонта, рассчитывать оптимальные сроки последующих диагностических обследований.

Список использованных источников

1. Тихенко В. Н. Повышение эффективности обработки на колесотокарных станках / В. Н. Тихенко, С. В. Пчелинский // Труды Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2012. – Вып. 1(38). – С. 84–87.
2. Махов Ф. Ф. Вибродиагностика станков / Ф. Ф. Махов. – М. : Lap Lambert Academic Publishing, 2011. – 204 с.
3. Савинов Ю. И. Определение параметров механических систем станков / Ю. И. Савинов // Станки и инструмент. – 2010. – № 10. – С. 8–10.
4. Тихенко В. Н. Использование вибродиагностики в станках для обработки колесных пар / В. Н. Тихенко, С. В. Пчелинский // Материалы регионального многоотраслевого научно-техн. форума-конкурса «Экономотехническое развитие Одесского региона и инновационные инженерные решения» (20–22 февраля 2012 г., Одесса). – Одесса, 2012. – С. 95–98.
5. Патент України № 101749. Вимірювальний підсилювач / В. І. Старцев, О. О. Анісімов та інші. – № а201113649 ; заявл. 21.11.2011 ; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8/2013.
6. Максимов В. П. Измерение, обработка и анализ быстропеременных процессов в машинах / В. П. Максимов, И. В. Егоров, В. А. Карасев. – М. : Машиностроение, 1987. – 208 с.

УДК 621.9

Д.Ю. Федориненко, д-р техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ЕНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРОБНИХ ВЕРСТАТИВ

Д.Ю. Федориненко, д-р техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Dmytro Fedorynenko, Doctor of Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

THE ENERGY EFFICIENCY OF MACHINE TOOLS

Запропоновано методологію підвищення енергоефективності верстатів на основі системного підходу. Розглянуто застосування методів аналізу та синтезу конструкцій верстатів на двох ієрархічних рівнях. Розроблені перспективні шляхи підвищення енергоефективності верстатів, які можуть бути використані для широкої номенклатури промислового обробного обладнання. Проаналізовано методи підвищення енергоефективності, які ґрунтуються на скороченні оперативного часу на оброблення, зменшенні енергоспоживання та рекуперації енергії. Запропоновано критерії оцінювання проектних рішень стосовно їх енергоефективності.

Ключові слова: енергоефективність, методологія, верстат, втрати потужності, рекуперація енергії.

Предложена методология повышения энергоэффективности станков на основе системного подхода. Рассмотрено применение методов анализа и синтеза конструкций станков на двух иерархических уровнях. Разработаны перспективные пути повышения энергоэффективности станков, которые могут быть использованы для широкой номенклатуры промышленного обрабатывающего оборудования. Проанализированы методы повышения энергоэффективности, основанные на сокращении оперативного времени на обработку, уменьшении энергопотребления и рекуперации энергии. Предложены критерии оценки энергоэффективности проектных решений относительно их энергоэффективности.