

А.Е. Кобитянский, А.В. Шафранов, А.В. Пепельшев

Пермский государственный технический университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА

Изложена методика проведения натурных испытаний шпиндельного узла станка. Рассмотрены особенности проведения эксперимента по исследованию динамических характеристик элементов шпиндельного узла.

Ключевые слова: металлорежущие станки, шпиндель, динамика, натурные испытания, математическое моделирование.

В работах [1, 2] проведено теоретическое изучение и моделирование динамических характеристик шпиндельных узлов станков. С целью подтверждения теоретических положений проведено экспериментальное исследование шпиндельного узла станка 3В642. В процессе эксперимента измерялись и регистрировались следующие характеристики: виброперемещения, виброскорости и виброускорения, а также спектры вибрации элементов шпиндельного узла при различных режимах плоского шлифования.

Приборное оснащение представляло собой систему вибрационного мониторинга и диагностики роторных машин ОАО ВАСТ («Виброакустические системы и технологии», г. Санкт-Петербург), включающую в себя средства измерения: переносной анализатор сигналов – сборщик данных СД–11, персональный компьютер и программное обеспечение для вибрационного мониторинга машин и оборудования. Для регулирования скорости двигателя и, соответственно, шпинделя применен частотно-регулируемый привод, управляющий скоростью электродвигателя путем изменения частотной характеристики его питания. С этой целью использовался инвертор SJ200-015NFEF/NFU фирмы Hitachi.

В процессе измерений виброперемещений, виброскоростей и виброускорений пьезоэлектрический датчик устанавливался с помощью специального магнита на корпусе шпиндельной бабки в непосредственной близости от опор в вертикальном и горизонтальном направлении. Схема проведения эксперимента представлена на рис. 1.

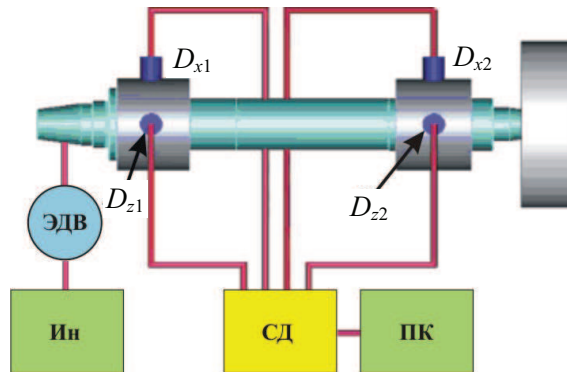


Рис. 1. Схема проведения эксперимента:
 ЭДВ – электродвигатель; Ин – инвертор SJ200;
 D_{x1} , D_{x2} , D_{z1} , D_{z2} – пьезоэлектрический акселерометр
 типа AP-54 без встроенного усилителя (ICP);
 СД – переносной анализатор сигналов –
 сборщик данных СД-11; ПК – персональный компьютер
 для обработки и анализа результатов измерения

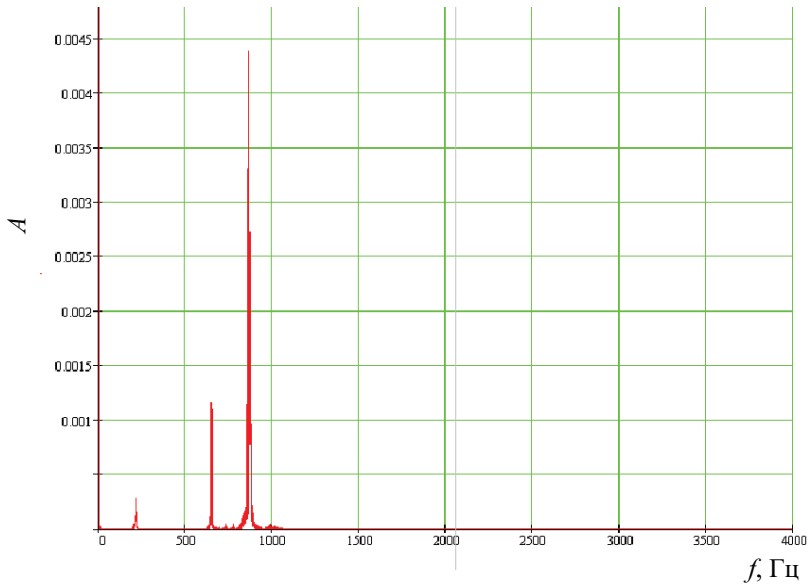
Последовательность и основные этапы эксперимента следующие:

- 1) тарировка преобразователя;
- 2) непосредственное проведение замеров;
- 3) обработка результатов испытаний.

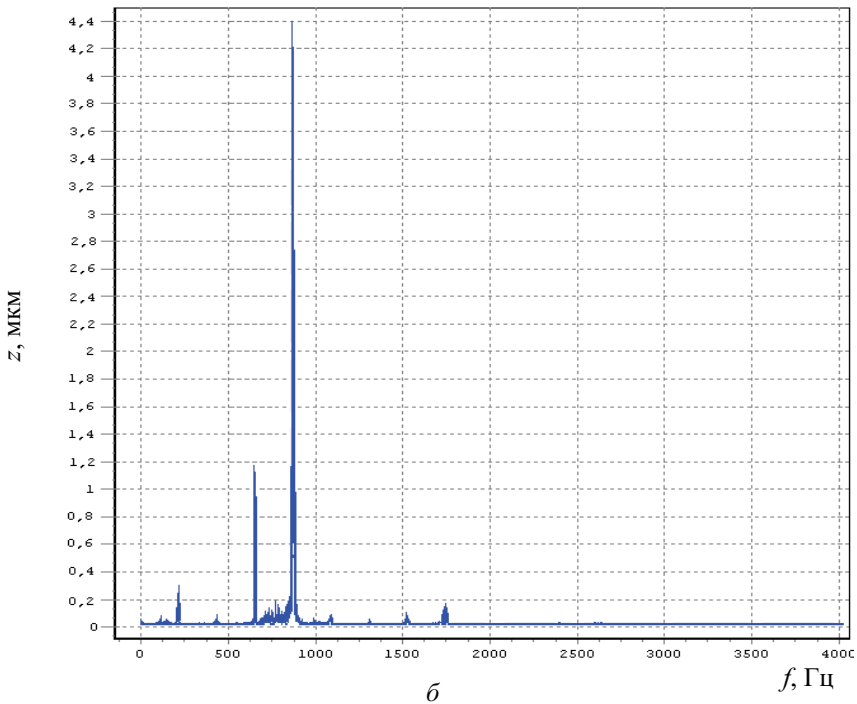
Предварительная тарировка проводилась механическим тахометром, уточнялась с помощью стробоскопа и дополнительно контролировалась инфракрасным фотодатчиком оборотов ФД-1 (TTL) сборщика данных СД-11 в режиме цифрового осциллографа. Погрешность измерения частоты опорного сигнала вращения шпинделя не более 1 %. В результате тарировки получено значение коэффициента усиления $K_y = 93$ (рис. 2).



Рис. 2. Зависимость частоты вращения шпинделя от выходной частоты инвертора



a



b

Рис. 3. Вертикальные колебания левой опоры при частоте вращения шпинделя 500 об/мин: *a* – спектр собственных частот, полученный при моделировании, – 212; 649,5; 861,5 Гц; *b* – спектр собственных частот, полученный из эксперимента, – 236; 632; 784 Гц

Результаты замеров обрабатывались с помощью микропроцессора прибора СД-11. Каждый опыт проводился по 10 линейным усреднениям, что гарантирует надежность измерения. В каждом замере определялись характеристики общего уровня виброперемещения, виброскорости, виброускорения типа пик, пик – пик и среднеквадратичное отклонение, а также усредненный спектр указанных характеристик. По результатам проведенных измерений отслеживались величины вибрации на выбранной частоте по имеющемуся спектру при помощи анализатора СД-11 или на персональном компьютере, после передачи данных со сборщика.

По результатам эксперимента наблюдается удовлетворительная сходимость спектров собственных частот системы с данными, полученными моделированием. На рис. 3 в качестве примера приведены спектр собственных частот, полученный при моделировании динамики шпиндельного узла (рис. 3, а), и результаты замера автоспектра виброперемещения (рис. 3, б) левой опоры шпинделя в вертикальном направлении при частоте вращения 500 об/мин.

По результатам экспериментальных исследований погрешность определения собственных частот с рядом результатов численных расчетов составляет не более 26 % во всем диапазоне изменения частоты вращения шпинделя.

Список литературы

1. Система для имитационного моделирования динамики шпиндельных узлов / А.М. Ханов [и др.] // Прогрессивные технологические процессы в машиностроении: сб. материалов международной научно-технической конференции. – 30 нояб. 2007 г. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2007. – С. 233–239.

2. Автоматизированный расчет динамических характеристик узлов технологических систем / А.М. Ханов [и др.] // Перспективные технологии и материалы: сб. материалов международной научно-технической конференции. – 24 нояб. 2008 г. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2008. – С. 463–471.

Получено 19.01.2011