

УДК 62-97/-98

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ТОКАРНОГО СТАНКА

Вячеслав Алексеевич Самсонов

Научный руководитель: Сабиров Ф.С. – д.т.н., профессор

Кафедра станков МГТУ «СТАНКИН»

В современной практике металлообрабатывающего производства прослеживается тенденция роста потребности во все большей производительности и точности обрабатываемых деталей. Из этого следует, что необходимо повышать характеристики станков, направленные на улучшение требуемых факторов, такие как виброустойчивость, теплоустойчивость, точность составляющих деталей и узлов станка и др. Также необходимо контролировать свойства меняющиеся как в процессе эксплуатации оборудования, так и после проведенного ремонта.

Для контроля динамических характеристик шпиндельного узла – конечного элемента привода главного движения, существуют различные методы. Они делятся на экспериментальные и расчетные с помощью математических моделей. Первые подразумевают постановку эксперимента со снятием динамических характеристик. Проводят испытания как на холостом ходу, так и при неподвижном шпинделе, нагружая его импульсным или гармоническим воздействием. Во втором случае создают математическую модель шпиндельного узла и рассчитывают его динамические характеристики. Зачастую, при возможности, проводятся как эксперимент, так и компьютерное моделирование. Это проводится с целью улучшения качества диагностирования и выявления дефектов.

В данной статье будут рассмотрены оба метода на примере токарного станка в производственных условиях

Для контроля точности частоты вращения и нахождения возможного дисбаланса тела шпинделя были использованы: фотоэлектрический датчик оборотов, два акселерометра для снятия вибраций и программное обеспечение nkRecorder, разработанное в МГТУ «Станкин». Замеры проводились на частотах 200, 400 об/мин.

На рисунке 1 представлена запись сигналов: верхний – сигнал с фотоэлектрического датчика оборотов; средний – сигнал с 1-го датчика (акселерометра); нижний – сигнал со 2-го датчика (акселерометра).

Сигнал с датчика оборотов позволяет точно определить частоту вращения шпинделя. Например, выделено 20 оборотов, за время 6,0027 сек. Соответственно время одного оборота составило 0,300135 сек, а частота вращения 3,332 об/сек или 199,9 об/мин. Это соответствует установленной на пульте ЧПУ частоте 200 об/мин. Аналогично была проверена вторая частота, которая составила 400 об/мин. Из этого можно сделать вывод, что частота вращения стабильна и соответствует установленной оператором станка.

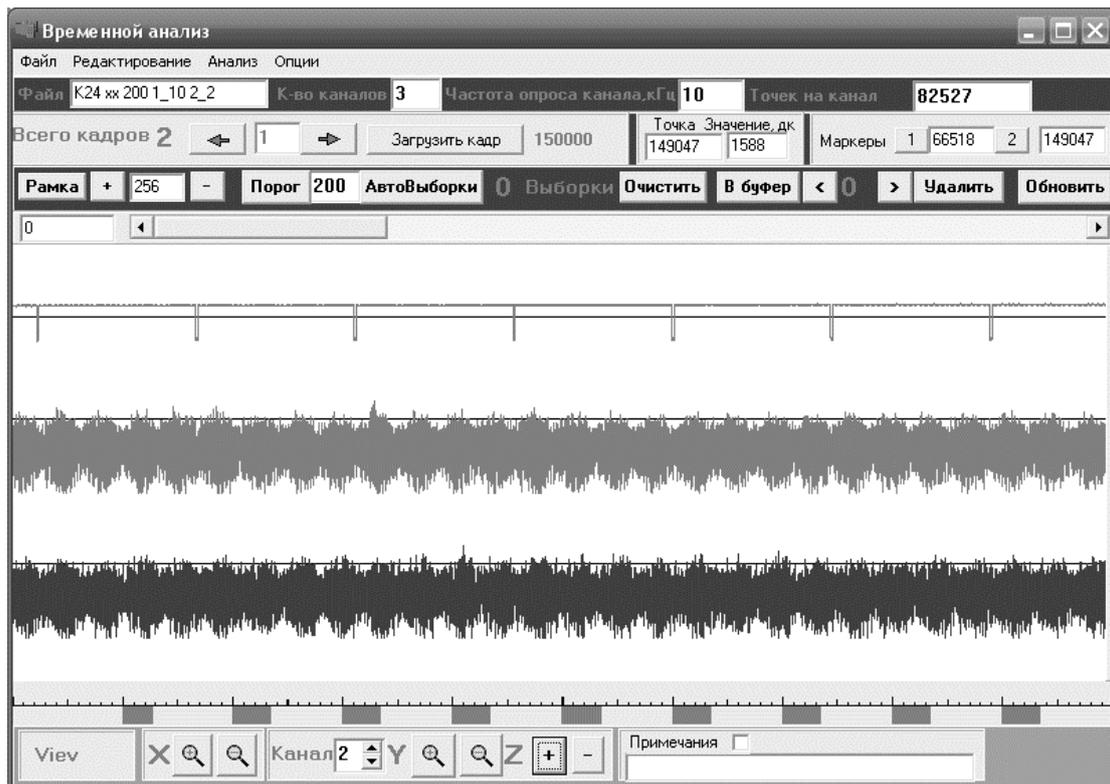


Рис.1. Сигналы с датчиков

Спектры вибраций в горизонтальном и вертикальном направлениях на частоте 200 об/мин мало отличаются друг от друга. На частоте 400 об/мин проявляются такие составляющие, как 13,7Гц, соответствующая второй гармонике оборотной частоты 6,7Гц, 27,4Гц (4 гармоника оборотной частоты). Так как значения данных гармоник невелики, можно сделать вывод о незначительном дисбалансе шпиндельного узла. Также проявляются высокочастотные колебания (402, 483Гц). Так как подробных данных о конструкции узла (кол-во тел качения в опорах, кол-во зубьев в зубчатых колесах) нет, то можно лишь сделать предположение о природе возникновения данных колебаний – вероятно они являются составляющими зубцовых частот.

Частотные характеристики ШУ определялись путем импульсного воздействия динамометрическим молотком на шпиндель и измерения реакции с помощью датчиков (акселерометров), установленных рядом с точкой удара и на корпусе шпиндельной бабки. Удары наносились как по внутренней поверхности шпинделя, так и по наружной, при этом характеристики оказались полностью идентичными. В процессе измерения были получены собственные частоты колебаний шпинделя: по вертикальной оси равная 697Гц, по горизонтальной оси 470, 624, 661, 721 Гц. Различия в собственных частотах, полученных в горизонтальной и вертикальной плоскостях связаны с тем, что в вертикальном направлении на подшипники качения действует сила тяжести увеличивающая их жесткость.

Моделирование ШУ проводилось по программе SpinDina, разработанной в МГТУ «Станкин». На рис. 2 представлена геометрическая модель ШУ с исходными данными. В результате моделирования, при указании жесткости подшипников из паспортных данных станка, была получена частота 694Гц, что близко к полученной экспериментально частоте 697Гц (в вертикальном направлении).

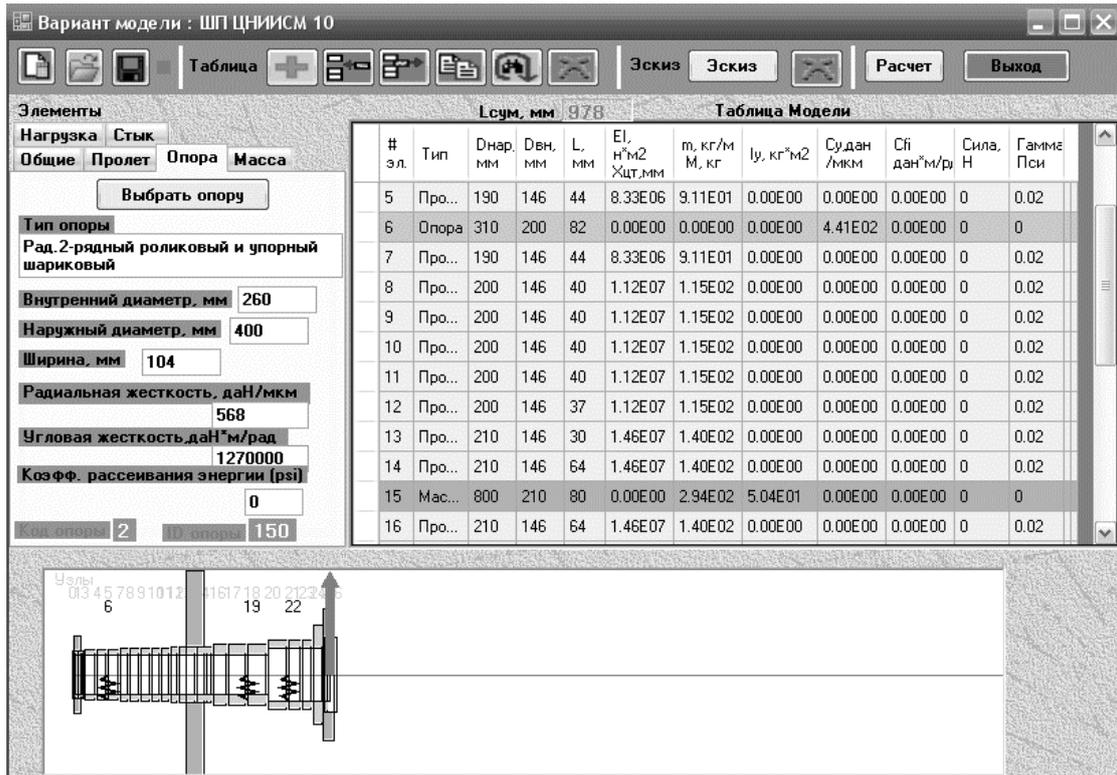


Рис.2. Геометрическая модель ШУ

Если увеличить жесткость переднего подшипника на 12%, то получим частоту 661Гц, что соответствует экспериментально определенной собственной частоте шпинделя в горизонтальном направлении. Это позволяет сделать вывод о том, что жесткость подшипников соответствует паспортным данным и что предварительный натяг в подшипниках передней опоры чуть выше рекомендуемого, что не является критичным.

Из результатов проведенного исследования можно сделать вывод, что сочетание экспериментального и расчетного исследования позволяет безразборным методом оценить состояние передней опоры шпинделя.

Литература

1. Козочкин М.П., Сабиров Ф.С. Виброакустическая диагностика шпиндельных узлов // СТИН. 2009. № 5. С. 8-12.

2. Хомяков В.С., Кочинев Н.А., Сабиров Ф.С. Моделирование и расчет динамических характеристик шпиндельных узлов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т. 12. № 2. С. 69-75.

3. Кочинев Н.А., Сабиров Ф.С., Козочкин М.П., Шемякин С.С. Программный комплекс обработки и анализа вибрационных сигналов ExpDynaXL / Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017613178, 13.03.2017. Заявка № 2016663662 от 12.12.2016.

4. Кутин А.А., Ровный Р.Г., Сабиров Ф.С., Кочинев Н.А. Программный комплекс для моделирования и расчета шпиндельных узлов станков SpinDyna_RR/ Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019660521, 07.08.2019. Заявка № 2019619279 от 26.07.2019.