

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Гаспарова Эрика Сергеевича

(фамилия, имя, отчество – при наличии (полностью))

на тему «Обеспечение динамического качества высокоскоростных

шпиндельных узлов на основе моделирования

и безразборной оценки состояния опор»

(название диссертации)

по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и

физико-технической обработки

(шифр и наименование специальности)

на соискание ученой степени кандидата технических наук

(отрасль науки)

Актуальность темы исследования

Конкурентоспособность металлообрабатывающего оборудования в значительной степени определяется параметрами его работоспособности, к которым относятся: точность, жесткость, виброустойчивость и др. Производительность обработки и качество изготавливаемых деталей зависят от ряда факторов, в частности, от динамических процессов, происходящих в технологическом оборудовании.

Особенностью современного технического прогресса в машиностроении является повышение скоростей резания, увеличение частот вращения шпинделей станочного оборудования, сокращение времени холостых ходов и вспомогательных перемещений. Всё это направлено на увеличение производительности при обработке деталей. Исследования, связанные с повышением геометрической, кинематической и динамической точности оборудования и его узлов остаются актуальными.

Устройством металлообрабатывающего станка, в значительной степени определяющим показатели его работы, является шпиндельный узел. Основные требования, предъявляемые к ШУ: высокая точность, высокая быстроходность, высокая нагрузочная способность, высокая статическая жесткость, виброустойчивость, малые статические, динамические и температурные смещения конца шпинделя, высокий ресурс работы. В станкостроении наблюдается тенденция оснащения станков мехатронными узлами, особенно – шпиндельными мехатронными модулями, обладающими высокими скоростями вращения. Важными элементами шпиндельных узлов

являются их подшипниковые узлы. Жёсткость опор в значительной степени определяет жёсткость шпиндельного узла, тем самым оказывая решающее влияние на точность и производительность станка. Постоянная тенденция к повышению скоростей резания обуславливает разработку и применение гидростатических, гидродинамических, аэростатических, электромагнитных опор. Из них, каждый тип имеет свои характеристики, достоинства и недостатки. Области использования этих подшипников зависят от условий работы, а также точностных, скоростных и других эксплуатационных показателей. В настоящее время 90% высокоскоростных шпиндельных узлов оснащаются классическими или гибридными (со стальными кольцами и керамическими шариками) подшипниками качения.

Шарикоподшипник представляет собой систему с весьма большим числом степеней свободы. По шесть степеней свободы имеют ротор, корпус, тела качения, сепараторы. Поэтому описание и математический расчёт данных систем является сложной задачей, чаще всего при этом учитывается одновременное влияние большого количества факторов, таких как центробежные силы, гироскопические моменты, параметры смазки, дефекты деталей, температурные деформации, особенности работы и т.д.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертационная работа Гаспарова Э.Д., посвященная исследованию динамического качества высокоскоростных шпиндельных узлов является актуальной для машиностроения.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы (190 источников) и 7 приложений. Объем диссертации – 174 страницы, включая 62 рисунка и 15 таблиц в тексте.

По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы и сформулирована цель работы. Обоснована научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Изложены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о публикациях и апробации результатов работы.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы обеспечения динамического качества шпиндельного узла. Основное внимание уделено методам обеспечения динамического качества шпиндельных узлов

(методы математического моделирования шпиндельных узлов, методы обеспечения технологичности изготовления и удобной сборки шпиндельных узлов, обеспечение динамического качества шпиндельных узлов путем применения методов технической диагностики и уточнения условий эксплуатации).

Результатами исследований, изложенных, во **второй главе** являются полученные аналитические функциональные зависимости колебаний элементов опоры от силовых воздействий, с учетом предварительного натяга и жесткостных характеристик.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям с целью поиска диагностических признаков для оценки значения оптимальной величины предварительного натяга. В итоге на основе анализа спектра виброускорений определен эффективный критерий в виде «относительной частоты пика».

Также в данной главе проведен экспериментальный поиск диагностических точек шпиндельного узла для проведения мероприятий, связанных с диагностикой опор шпиндельного узла.

В четвертой главе проведена оценка возможности исследования спектра виброускорений шпиндельного узла для оценки предварительного натяга при его работе на холостых ходах. Уточнены диагностические критерии:

- критерий по частоте (вычисляемый как абсцисса «центра тяжести»);
- критерий по мощности (вычисляемый как ордината «центра тяжести» выбранного частотного участка спектра).

В итоге проведенных экспериментов подтверждена эффективность выбранных диагностических критериев и доказано, что использование двух критериев позволяет повысить точность при определении предварительного натяга.

Также, в данной главе показана возможность оценки величины предварительного натяга методом биспектрального анализа вибрационного сигнала.

В заключении диссертационной работы, на основе полученной соискателем совокупности результатов исследований, приведены основные выводы по работе, показывающие достижение поставленной цели.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключения, приведенных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического анализа, приведенными результатами натурных экспериментов, апробацией основных результатов на конференциях и семинарах, в опубликованных работах и актами внедрения результатов диссертационной работы.

Достоверность и новизна полученных результатов

К новым научным результатам относятся:

- разработанная структурно-параметрическая и математическая модель опоры качения шпиндельного узла с нелинейной упругой характеристикой типа Герца, позволяющая дать качественную оценку вибровозмущений в зависимости от условий работы опоры;
- предложенный и обоснованный выбор диагностических критериев, позволяющих без разборки шпиндельного узла, оценить значение предварительного натяга его опор и назначить рациональные частоты вращения шпинделя.

Достоверность результатов подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

Разработанные структурно-параметрическая и математическая модель опоры качения ШУ с нелинейной упругой характеристикой типа Герца и аналитическое решение математической модели несут несомненную значимость для науки и практики в вопросах нахождения оптимального решения при проектировании шпиндельного узла или внесения в нём конструктивных изменений.

Предложенный автором диагностический критерий (относительная частота пика) позволяет проводить оценку значения величины предварительного натяга опор шпиндельного узла. Применение данного критерия и учёт собственных частот колебаний шпиндельного узла позволяет

разрабатывать рекомендации по назначению величины предварительного натяга опор и рабочих диапазонов частот вращения шпиндельного узла, с целью снижения его виброактивности и повышения точности обработки.

Замечания по диссертационной работе

1. Не проведена оценка в количественном виде адекватности разработанных математических моделей по сравнению с результатами экспериментальных исследований.

2. Не уделено внимание вопросам формирования базы эталонных значений критериев.

3. В тексте работы не показано, каким способом осуществлялось крепление датчика виброускорения на элементы шпиндельного узла.

4. В работе приведены различные значения предварительного натяга при исследованиях (стр. 100, стр. 130, стр. 134).

5. Неясно, почему на графике зависимости относительной частоты пика от предварительного натяга (рис 3.12) исследуется натяг до 126 Н а на рисунке 3.15 до 57 Н?

6. Отсутствуют ссылки в тексте диссертации на использованную литературу под номерами 37, 148, 184, 187, 190.

7. Автор использует различные размеры символов в формулах и обозначениях (стр. 31, 56, 69, 96, 126).

Заключение

К достоинствам данной работы относятся разработанные:

- структурно-параметрическая и математическая модель опоры качения шпиндельного узла с нелинейной упругой характеристикой типа Герца;

- методика диагностирования и алгоритмы проведения анализа диагностических данных исследуемого объекта посредством цифровой обработки вибрационных сигналов.

Работа отражает высокий профессиональный уровень и знания соискателя в области вибродиагностики, динамики оборудования и программирования.

Отмеченные замечания не снижают достоинств работы в научном и практическом плане.

Диссертация Гаспарова Эрика Сергеевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи обеспечения динамического качества высокоскоростных шпиндельных узлов, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, а именно для станкостроительной и металлообрабатывающей отраслей, что соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней». Автор работы Гаспаров Э.С. заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент

канд. техн. наук, Башаров Рашит Рамирович

доцент кафедры «Мехатронные станочные системы»

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный технический университет»

Кандидатская диссертация Башаровым Р.Р. защищена по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Адрес места основной работы: 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12.

Рабочий телефон: +79272330732

Адрес эл. почты: Zrash@mail.ru

Подпись *Башаров Р.Р.*
Удостоверяю « *10* » *05* 20*16*
Начальник управления по делопроизводству
и референтуре УГАТУ *Алиф Тулебаков*

