

В объединенный диссертационный совет
99.2.001.02 на базе ФГБОУ ВО «УлГТУ» и
ФГБОУ ВО «ТГУ»
432700, ГСП, г. Ульяновск, ул. Северный
Венец, 32

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Якимова Михаила Владимировича «Повышение точности шпиндельных узлов на основе обеспечения изотропных упругих характеристик опор», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)»

Актуальность темы исследования

Требования к точности обработки на металлорежущих станках постоянно растут. Шпиндельные узлы станков являются одними из основных узлов, которые формируют погрешности обработки и определяют эксплуатационный ресурс оборудования. Точность шпиндельного узла определяется точностью изготовления и сборки элементов конструкции и точностью вращения под действием силовых нагрузок. Анизотропия жесткости шпиндельного узла может оказывать существенное влияние на точность обработки и долговечность подшипников, поэтому диссертационная работа Якимова М.В. имеет определенную актуальность.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, общих выводов по работе, списка литературы и приложений. Объем диссертации - 182 страницы и включает 147 рисунков и 19 таблиц. Список литературы содержит 84 наименования отечественных и зарубежных работ. Объем автореферата – 18 страниц. Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к оформлению результатов научно-исследовательских работ.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Анализ диссертационной работы показал на логическое изложение материала, правомерность постановки задач, обоснованность используемых методов их решения, выводов и рекомендаций.

Во введении сформулированы цели и задачи диссертационной работы, обоснована актуальность исследования, представлены научная новизна и практическая ценность.

В первой главе проведен аналитический обзор экспериментальных и теоретических исследований, связанных с обеспечения точности шпиндельных узлов станков, проведен анализ существующих расчетных моделей, применяемых для оценки эксплуатационных характеристик шпиндельных узлов. Обоснована необходимость обеспечения точности шпиндельных узлов, как одного из важнейших показателей, обеспечивающих точность обработки. Показано, что недостаточно раскрыты и разработаны вопросы обеспечения изотропии упругих характеристик шпиндельных узлов на этапах проектирования, изготовления и сборки. Поставлена цель работы и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе представлен анализ влияния точности изготовления и сборки элементов опоры качения на ее упругие характеристики. Численное моделирование, выполненное с использованием пакета ANSYS, позволило автору установить зависимость анизотропии упругих характеристик подшипников шпиндельных узлов от погрешностей посадочных поверхностей. На этой основе разработана модель сборки шпиндельной опоры, что позволяет снизить анизотропию и повысить точность вращения шпинделя станка.

Третья глава посвящена разработке упруго-деформационной конечно-элементной модели опоры качения с учетом погрешностей изготовления посадочных поверхностей под опору. Получены регрессионные зависимости упругих перемещений конечно-элементной модели опоры по осям X и Y, оценена адекватность этих зависимостей.

Четвертая глава посвящена разработке конечно-элементной модели корпуса шпиндельного узла станка и анализу влияния его конструкции на погрешности формы отверстий под подшипники при действии силового и температурного факторов. Построены годографы упругих перемещений отверстия под переднюю опору при действии центробежных сил и смещение оси отверстия в результате нагрева станка. Результаты исследования позволили автору разработать способ компенсации тепловых деформаций подшипников шпинделей и устройство, его реализующее, и защитить это патентом на изобретение.

В пятой главе проведен анализ влияния анизотропии жесткости опор шпинделя на динамические характеристики шпиндельного узла с

использованием пакета Ansys Workbench. Определены собственные частоты изгибных колебаний шпинделя.

Шестая глава посвящена экспериментальному исследованию анизотропии упругих характеристик опор шпинделя и оценке влияния нагрева на анизотропию. Разработано и изготовлено устройство для измерения упругих деформаций в передней опоре шпинделя токарного станка, с помощью которого получены годографы упругих перемещений на «холодном» станке и «разогретом» после часа работы на максимальной частоте вращения. Показано, что повышение температуры шпиндельного узла приводит к увеличению упругих перемещений в 2 раза и анизотропии величиной 2...2,5.

В конце каждой главы изложены выводы.

Диссертация написана грамотно с использованием принятой терминологии, оформление диссертации хорошее.

Научная новизна

В представлении автора диссертационной работы научная новизна заключается в том, что:

1. Раскрыты закономерности формирования анизотропии жесткостных характеристик опор шпиндельных узлов на подшипниках качения и получены регрессионные зависимости упругих перемещений опоры от модулей упругости и модулей сдвига.

2. Разработана математическая модель изгибных колебаний шпинделя на опорах с произвольно ориентированными анизотропными упругими характеристиками.

3. Показано влияние температурного фактора на характер анизотропии податливости опор.

4. Раскрыты закономерности влияния жесткости опор, элементов конструкции шпиндельного узла и частоты вращения шпинделя на собственные частоты и формы колебаний.

Ценность для науки и практики

На основе представленных исследований даны научно обоснованные рекомендации по повышению точности шпиндельных узлов станков на основе снижения анизотропии жесткостных характеристик опор шпинделей, разработана конструкция устройства для измерения анизотропии упругих

характеристик передней опоры шпиндельного узла токарного станка, которую можно применять в производственных условиях, а также разработана методика проведения испытаний и обработки результатов. Разработан способ компенсации деформаций шпиндельного узла из-за тепловых деформаций подшипников шпинделей и устройство, реализующее этот способ.

Степень достоверности и апробация работы

Научные и практические результаты по различным разделам диссертации докладывались и обсуждались на международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении» (Москва, 2010); на Всероссийской научно-технической конференции «Высокие технологии в машиностроении» (Самара, 2010, 2016, 2017); III Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» (Москва, 2010); международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения» (Самара, 2016); Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в металлообработке» (Ульяновск, 2017); V международной заочной научно-практической конференции «Современные проблемы теории машин» (Новокузнецк, 2017); Международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг» (Москва, 2018, Сочи, 2021).

Результаты диссертационной работы апробированы и приняты к внедрению на предприятиях ООО «Инженерный центр «Средневолжского станкозавода» (Самара) и ООО НПО «РОСИНМАШ», а также используются при подготовке бакалавров по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО СамГТУ. О внедрении результатов диссертационной работы свидетельствуют соответствующие акты.

Автореферат содержит все основные пункты: обоснование актуальности темы; цель и задачи работы; содержание научной новизны и практической значимости; реализации результатов работы; данные об апробации работы, публикациях в научной печати и сведения о структуре и объеме работы; основное содержание работы; основные результаты и выводы; список публикаций по диссертации. Автореферат полностью соответствует материалам диссертации и отражает ее основные положения.

Замечания по диссертационной работе

Не подвергая сомнению результатов работы и выводов, следует отметить следующие замечания и недостатки по работе:

1. Анизотропия жесткости исследовалась только на фланце шпинделя. Наличие оснастки (патрон и т.п.) может существенно изменить анизотропию жесткости.

2. Не проанализирована модель влияния анизотропии жесткости на параметры точности обрабатываемой детали (некруглость, волнистость и т.п.)

3. Не освещены вопросы положительного использования анизотропии упругих свойств передней опоры шпинделя за счет определенной ориентации осей жесткости с целью повышения технологической жесткости, как это реализовано в партии токарных станков на заводе «Красный пролетарий».

4. В разделе 5.3 выполнен расчет собственных частот шпиндельного узла в диапазоне частот вращения 0-20000 об/мин. Однако рассматриваемый токарный станок 16Б16Т1 имеет максимальную частоту вращения 2000 об/мин и с частотой вращения 20000 никогда работать не будет.

5. Приводится спорное положение (стр. 21), что «Шпиндель считается виброустойчивым, если собственная частота шпинделя в опорах $f_c \geq 250$ Гц (для станков нормальной точности) и $f_c \geq 500$ Гц (для станков повышенной точности)». Виброустойчивость станка, и шпиндельного узла в частности, как способность вести обработку без потери устойчивости, зависит от динамических характеристик упругой системы и шпиндельного узла, а не от класса точности станка.

6. Шифр специальности в автореферате указан не верно (02.05.05 вместо 2.5.5), но это следует рассматривать как техническую ошибку, которая не снижает достоинства работы.

7. В работе есть ряд неудачных терминов, выражений, ошибок, например, стр. 15: «Шпиндель, имеющий дисбаланс приводит к возникновению колебаний»; стр. 13 – не указан номер рисунка, на который идет ссылка; стр. 17, рис. 1.6 – не показана сила резания P ; стр. 139, табл. 5.3 – собственные частоты приведены с точностью до 5-ти значащих цифр, тогда как в модели есть упрощения и допущения и значащих цифр при таких расчетах бывает не более 3-х; стр. 57 – нечитаемые данные на рис. 2.7-2.8; плохо читаемый рис. 3.2. Кроме того, в диссертации имеются опечатки и стилистические погрешности (стр.: 5, 9, 12, 22, 34, 39, 46, 54, 55, 63, 66, 90, 113, 116, 117, 137, 146, 148 и др.).

Заключение

Диссертационная работа Якимова Михаила Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на хорошем научном уровне.

Полученные автором теоретические и экспериментальные результаты взаимосвязаны, что свидетельствует о правомерности использованных автором методов и средств исследования.

В целом диссертация представляет собой завершённую работу на актуальную тему. Содержание, научные и практические решения, полученные в результате исследования, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в части, относящейся к кандидатским диссертациям, а ее автор Якимов Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5 – «Технологии и оборудования механической и физико-технической обработки (технические науки)».

Официальный оппонент:

Сабиров Фан Сагирович

доктор технических наук,

профессор кафедры «Станки»

ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

127055, г. Москва, Вадковский переулок, д. 3а

Эл. почта: fanira5057@yandex.ru

Тел.8-916-629-15-34



(подпись)

10.12.2021г

(дата)



Подпись руки Сабирова Ф.С. удостоверяю
УД ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

визуальный контроль

Куркина М.В. 