

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор – проректор по
научной работе ФГБОУ ВО СамГТУ


« »
2021 г.



Ненасhev М.В.

2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Самарский государственный технический
университет»

Диссертация М.В. Якимова «Повышение точности шпиндельных узлов на основе обеспечения изотропных упругих характеристик опор», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, выполнена на кафедре «Технология машиностроения, станки и инструмент» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Якимов Михаил Владимирович, 1985 года рождения, в 2007 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по специальности 050501 «Профессиональное обучение (машиностроение)».

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Якимов Михаил Владимирович работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический университет» в должностях ведущего инженера и старшего преподавателя. В 2020 году поступил в очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по направлению 15.06.01. Машиностроение, где обучается в настоящее время.

Справка о сроках обучения в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов № Сп-02.03-388 выдана 17.05.2021 федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Научный руководитель – Денисенко Александр Федорович, профессор, д.т.н., профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность работы определяется тем, что на долю шпиндельного узла (ШУ) приходится от 50 до 80% погрешностей в общем балансе точности станка. Точность шпиндельного узла определяется геометрической точностью изготовления и сборки элементов конструкции и точностью вращения под действием силовых факторов. Геометрическая точность шпиндельных узлов определяется двумя показателями: радиальным и осевым биениями, и при проектировании может быть определена согласно рекомендациям или расчетом. Точность вращения шпинделя под действием силовых факторов зависит от природы возникновения нагрузки. К внутренним силовым факторам относится центробежная сила, возникающая вследствие наличия дисбаланса тела шпинделя и конструктивных элементов, установленных на нем. Под действием центробежной силы центр шпинделя движется во время вращения по траектории, зависящей от двух взаимосвязанных характеристик: геометрической точности элементов конструкции и упругих характеристик опор, которые, как было установлено рядом исследователей, имеют ярко выраженную анизотропию жесткости, то есть ее непостоянство при различных направлениях действия силы. В этом случае траектория движения центра шпинделя принимает характер эллипса, который, в предельном случае, может приобрести форму прямой. Таким образом, наличие анизотропии жесткости ШУ вносит дополнительные погрешности в точность ШУ. Определение податливости конструкций, в состав которых входят вращающиеся валы на подшипниках качения, представляет значительные трудности, связанные с оценкой упругих деформаций опор. Особенности работы подшипников качения, к которым относится переменное количество зон контакта, воспринимающих нагрузку, смещение их относительно неподвижного кольца, перераспределение давления в зонах контакта и т.д., заставляют использовать теоретико-эмпирические зависимости, позволяющие достаточно точно определять лишь усредненные значения жесткостных характеристик. Повышение требований к точности металлорежущих станков вызывает необходимость принимать во внимание обеспечение стабильности жесткостных характеристик в пространстве и при изменении температуры, связанной с эксплуатацией оборудования.

Однако, отсутствие достаточных результатов в изучении формирования анизотропии опор не дает возможности разрабатывать модели ШУ с учетом этого фактора и вырабатывать мероприятия по снижению его влияния на точностные характеристики шпиндельного узла. Таким образом, задача по разработке обоснованных методик прогнозируемого обеспечения изотропных упругих характеристик шпиндельных узлов является актуальной.

Степень достоверности изложенных в работе результатов обеспечивается: обоснованным изучением достаточного объема научной литературы, корректностью поставленной задачи, корректным использованием применяемого математического аппарата и вводимых допущений и гипотез и подтверждается согласованностью теоретических

выводов и данных моделирования с результатами их экспериментальной проверки.

Научная новизна полученных в диссертации результатов теоретических и экспериментальных исследований определяется рядом научных положений и выводов:

1. Раскрытие закономерностей формирования анизотропии жесткостных характеристик опор шпиндельных узлов и получении регрессионной зависимости упругих перемещений опоры на основе проведения полных факторных экспериментов;

2. Разработка математической модели изгибных колебаний шпинделя на опорах с произвольно ориентированными анизотропными упругими характеристиками;

3. Анализ влияния температурного фактора на характер анизотропии податливости опор;

4. Раскрытие закономерностей влияния жесткости опор, элементов конструкции ШУ и частоты вращения шпинделя на собственные частоты и формы колебаний.

Практическими результатами диссертационной работы являются:

1. Обоснованные рекомендации по снижению анизотропии жесткостных характеристик опор шпиндельных узлов;

2. Разработка конструкции устройства для измерения анизотропии упругих характеристик передней опоры шпиндельного узла токарного станка в производственных условиях и методики проведения исследований и обработки результатов;

3. Разработке нового способа компенсации упругих тепловых деформаций подшипников шпинделей металлообрабатывающих станков и устройства, его реализующего.

Результаты диссертационной работы апробированы и приняты к внедрению в виде методик учета влияния погрешностей изготовления и сборки на упругие деформации шпиндельного узла на предприятиях ООО «Инженерный центр «Средневолжского станкозавода» (г. Самара) и ООО Научно-производственное объединение «РОСИНМАШ», а также использованы при подготовке бакалавров по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО СамГТУ.

Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на 8-ми между народных и всероссийских научно-технических конференциях. Материалы диссертации отражены в 23 печатных трудах, в том числе 9 статьях в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 2 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, и 1 патенте РФ.

Основные публикации по теме диссертации

Публикации в научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Формирование точностных и жесткостных характеристик опор роторного узла при сборке// Вестник

Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», №3 (25), 2009. - С. 132-139.

2. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Разработка конечно-элементной модели для определения упругих характеристик шпиндельных узлов // СТИН, №8, 2011. -С.9-13.

3. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Моделирование опоры качения при конечно-элементном анализе шпиндельных узлов металлорежущих станков // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», № 3 (35), 2012. - С. 126-132.

4. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Экспериментальная оценка анизотропии жесткости передней опоры шпиндельного узла токарного станка // «Инженерный вестник Дона», 2015, №1. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2854>

5. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Определение собственных изгибных частот шпинделя металлорежущего станка с учетом анизотропной упругости опор // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», №1 (45), 2015. - С. 159-166.

6. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Учет анизотропии упругих свойств передней опоры шпиндельного узла токарного станка при изготовлении деталей приборов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия "Технические науки», №3 (47), 2015. - С. 91-99.

7. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Изгибные колебания шпинделя металлорежущего станка с учетом анизотропной упругости опор // Известия Волгоградского государственного технического университета. №9(204), 2017. С.32-34.

8. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Влияние температуры опоры шпиндельного узла на ее жесткость // Вестник Брянского государственного технического университета. №3 (56), 2017. - С.85-92.

9. Денисенко А.Ф., Якимов М.В., Борисова К.Р. Анизотропия радиальной жесткости расточки корпуса под опоры шпинделя токарного станка // Вестник Брянского государственного технического университета, 2021. №5(102). - С. 23-31.

Охранные документы

10. Абульханов С.Р., Андрюхина Т.Н., Верещагина С.С., Денисенко А.Ф., Михайлова Л.Н., Якимов М.В. Способ компенсации упругих тепловых деформаций подшипников шпинделей металлообрабатывающих станков и устройство для его реализации. Патент на изобретение RU2542941C2, 27.02.2015. Заявка № 2012142820/02от05.02.2013.

Публикации в изданиях, индексируемых в международных базах данных

11. Denisenko A.F., Yakimov M.V. Determining elastic spindle characteristics by the finite-element model // Russian Engineering Research. 2011. Т. 31. № 11. - С. 1133 - 1136.

12. Denisenko A.F., Yakimov M.V. Dynamics of Spindle Assembly Metal-Cutting Machine Tool with Anisotropic Elastic Support // Proceedings of the 4th. International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp 1647-1655.

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-95630-5_176

Публикации в других научных изданиях

13. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Анизотропия упругих свойств опоры качения // Научные труды международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении», Москва, Машиностроение, 2010. -С.223-227.

14. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Конечно-элементное моделирование при проектировании шпиндельных узлов // Межвуз. сб. науч. статей «Актуальные проблемы разработки и использования компьютерных технологий в машиностроении». – Самара: СамГТУ, 2010. -С.133-138.

15. Денисенко А.Ф., Ваганов А.А., Якимов М.В. Обеспечение геометрической точности шпиндельных узлов на стадии проектирования // Материалы Всерос. н.-т. интернет-конференции «Высокие технологии в машиностроении». -Самара: СамГТУ, 2010. - С.87-89.

16. Денисенко А.Ф., Якимов М.В., Лопатин Е.В. Моделирование упругих характеристик шпиндельных узлов металлорежущих станков // Сб. трудов третьей Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». -Москва, 2010. -С.16-17.

17. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Мониторинг вибрационного состояния рабочего пространства токарного станка с ЧПУ // Материалы Всерос. н.-т. интернет-конференции "Высокие технологии в машиностроении". -Самара: СамГТУ, 2014. - С..39-41.

18. Ваганов А.А., Якимов М.В. Мониторинг технического состояния привода главного движения металлообрабатывающих станков с ЧПУ // Материалы Всерос. н.-т. интернет-конференции "Высокие технологии в машиностроении". - Самара: СамГТУ, 2015.- С.44-46.

19. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Влияние температурного фактора на анизотропию упругих свойств передней опоры шпиндельного узла токарного станка // Материалы докладов между. н.-т. конференции «Проблемы и перспективы развития двигателестроения». Часть 2. –Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2016. -С.13-14.

20. Якимов М.В., Загорцев С.В. Расчет температурных деформаций элементов несущей системы координатно-расточного станка методом конечных элементов // Материалы Всерос. н.-т. интернет-конференции «Высокие технологии в машиностроении». - Самара: СамГТУ, 2016. - С.120-122.

21. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Оценка колебаний токарного станка на холостом ходу // Сборник научных трудов всероссийской научно-

практической заочной конференции «Инновационные технологии в металлообработке». Ульяновск, УлГТУ, 2017. - С. 83-89.

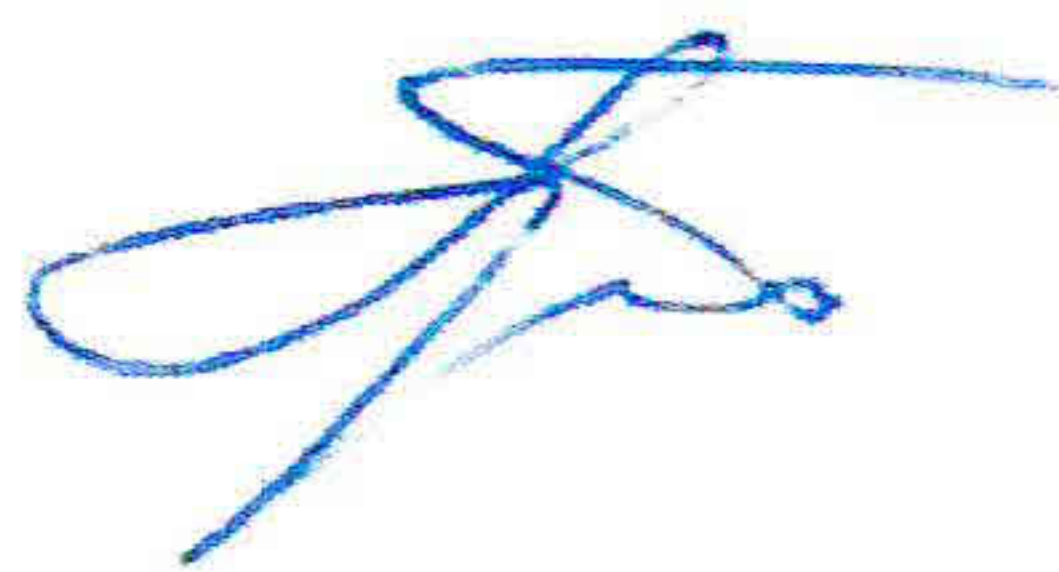
22. Ваганов А.А., Бейлин А.Б., Якимов М.В. Комплексная диагностика технического состояния станков с ЧПУ // Материалы Всерос. н.-т. интернет-конференции "Высокие технологии в машиностроении". - Самара: СамГТУ, 2017. - С.54-56.

23. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Моделирование упругих характеристик опор качения при расчете шпиндельных узлов на жесткость с использованием МКЭ // Материалы V международной заочной научно-практической конференции «Современные проблемы теории машин», Новокузнецк: НИЦ МС, 2017 -№5. С.62-65.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)». Диссертация соответствует пунктам области исследования №1 (Теория и практика проектирования, монтажа и эксплуатации станков, станочных систем, в том числе автоматизированных цехов и заводов, автоматических линий, а также их компонентов (приспособлений, гидравлических узлов и т.д.), оптимизация компоновки, состава комплектующего оборудования и его параметров, включая использование современных методов информационных технологий.), №5 (Создание, включая исследования, проектирование, расчеты, комплектующих агрегатов и механизмов, обеспечивающих достижение требуемых технологических и технико-экономических параметров оборудования).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты».

Присутствовали на заседании 10 сотрудников СамГТУ, в том числе 6 докторов технических наук. Результаты голосования: «за» - 10 человек, «против» - нет, «воздержались» - нет. Протокол заседания № 3 от «12» октября 2021 г.



Гришин, к.т.н., доцент, заведующий
кафедрой «Технология машиностроения,
станки и инструменты» СамГТУ