



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,
ИНН 6316000632, КПП 631601001

10.05.16 № 001-2313

На № _____ от _____

Отзыв ведущей организации

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 999.003.02
на базе ФГБОУ ВПО «Ульяновский
государственный технический университет»
и ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет»
доктору технических наук, профессору
Веткасову Н.И.

Северный венец ул., д. 32, г. Ульяновск, 432027,
Россия

Уважаемый Николай Иванович!

Высылаем Вам отзыв ведущей организации на диссертацию Гаспарова Эрика Сергеевича на тему «Обеспечение динамического качества высокоскоростных шпиндельных узлов на основе моделирования и безразборной оценки состояния опор», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Первый проректор – проректор
по науке и инновациям



А.Б. Прокофьев

Скуратов Д.Л.
+7 (846) 267-45-73

Staf

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-проректор
по науке и инновациям, д.т.н.



Прокофьев А.Б.

2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» на диссертационную работу Гаспарова Эрика Сергеевича на тему «Обеспечение динамического качества высокоскоростных шпиндельных узлов на основе моделирования и безразборной оценки состояния опор», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»

Актуальность темы диссертации

Одним из основных узлов, во многом определяющим точностные параметры металлорежущего станка и представляющим собой конечное звено привода главного движения, является шпиндельный узел (ШУ). На долю ШУ приходится до 80% погрешностей в общем балансе точности станка. Качество шпиндельного узла оказывает весьма существенное влияние на точность, надежность и производительность всего станка. Важными характеристиками ШУ является совокупность показателей динамических процессов или динамическое качество ШУ, которое непосредственно влияет на производительность и качество выпускаемой продукции.

Соискателем проанализированы пути решения задачи обеспечения динамического качества ШУ и предложены наиболее перспективные на современном этапе развития станкостроения. Анализ конструктивных параметров высо-

коскоростных ШУ на опорах качения, проведенный соискателем, показал, что динамические характеристики ШУ во многом зависят от выбора значения предварительного натяга подшипниковых опор, и практическое его осуществление является одной из самых сложных проблем конструирования и производства шпиндельных узлов. Таким образом, задача по разработке методов оценки предварительного натяга, в особенности без разборки ШУ, является весьма востребованной и актуальной. Стоит отметить, что подшипники качения используются не только в ШУ, но и в опорах большинства роторных систем, в которых показатели динамических процессов прямо влияют на эффективность их работы. Таким образом, решения задач по обеспечению динамического качества ШУ могут найти применение и в других отраслях машино- и приборостроения.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников, включающего 190 наименований, и 7 приложений. Работа изложена на 174 страницах, содержит 62 рисунка и 15 таблиц.

Во введении автор сформулировал актуальность выбранной темы, цели и задачи работы.

В первой главе проведен обзор литературных источников по методам обеспечения динамического качества ШУ на опорах качения. Автор на основе классификации и анализа существующих методов определил наиболее перспективные направления, а именно: математическое моделирование и техническую диагностику. В первой главе рассмотрены методы вибродиагностики роторных систем и проведен анализ существующих математических моделей ШУ и опор качения. Также на основе анализа публикаций соискатель установил, что предварительный натяг подшипниковых опор является наиболее значимым конструктивным параметром, влияющим на динамическое качество ШУ.

Во второй главе предложена структурно-параметрическая модель подшипниковой опоры. Соискателем разработана и аналитически решена трехмассовая математическая модель радиально-упорного подшипника с нелинейной упругой характеристикой типа Герца, учитывающая кинематические возмущения, возникающие из-за технологических погрешностей изготовления профилей

беговых дорожек колец, и силу резания, приведенную на опору. Проведен анализ амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) опоры при изменении предварительного натяга и приложении к контакту с нелинейной упругой характеристикой силы гармонического характера.

В третьей главе проведено экспериментальное исследование влияния предварительного натяга на демпфирующие свойства и АЧХ мотор-шпинделя. Эксперимент, проведенный методом тестовой вибродиагностики, позволил определить соискателю наиболее информативные точки ШУ, а также выбрать и обосновать эффективный критерий для определения предварительного натяга опор шпинделя. На основе полученных результатов автором предложены рациональные и перспективные по динамическому критерию частоты вращения шпинделя при различных значениях предварительного натяга.

В четвертой главе подтверждена эффективность выбранных критериев при функционировании мотор-шпинделя. Методом частотно-временного преобразования Фурье с окном Гаусса проведен анализ влияния электромагнитных сил привода на колебания ШУ. Обосновано применение биспектрального преобразования для поиска диагностических критериев, при наличии гауссовских аддитивных помех. Автором предложен алгоритм и разработано программное обеспечение диагностирования ШУ.

В заключении перечислены основные научные и практические результаты работы.

Основные научные результаты

Научная новизна диссертационной работы Гаспарова Э.С. заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании метода обеспечения динамических показателей ШУ.

Наиболее существенные научные результаты, полученные в диссертационной работе, заключаются:

1. В разработанных структурно-параметрической и математической моделях опоры качения ШУ с нелинейной упругой характеристикой типа Герца и

аналитическом ее решении. Соискатель на основе положений теории подобия динамических систем и методов расчета цепей получил функциональные зависимости радиальных колебаний шпинделя и корпуса шпиндельного узла от инерционных и жесткостных параметров опоры ШУ, силовых факторов воздействия со стороны вращающегося шпинделя и приведенной на опору силы резания, кинематических возмущений, возникающих из-за технологических погрешностей изготовления, и эксплуатационных дефектов опорных подшипников. Таким образом, соискатель получил аналитическое решение для плоской математической модели опоры Герца с учетом большинства параметров и факторов, влияющих на показатели динамических процессов ШУ.

2. В обоснованном выборе диагностических критериев, позволяющих без разборки ШУ оценить значение предварительного натяга его опор методами тестовой и функциональной диагностики.

3. В разработанной методике диагностирования предварительного натяга опор ШУ.

Достоверность полученных результатов, обоснованность научных положений и выводов подтверждается:

- корректностью поставленной задачи;
- корректным использованием математического аппарата расчета цепей и цифровой обработки сигналов;
- воспроизводимостью результатов экспериментальных исследований;
- использованием автоматизированной системы сбора и обработки сигналов;
- качественным согласованием результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Диссертация написана технически грамотным языком, логично построена, а ее структура и содержание соответствуют поставленной цели и задачам исследований. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов, полученных соискателем, заключается в том, что на основании всесторонних исследований разработан способ определения предварительного натяга опор ШУ без его разборки. Обоснован выбор критерия, который позволяет, исходя из режима обработки, требований к скорости вращения и нагрузочной способности шпинделя, обеспечить необходимую упругую характеристику опор путем регулирования усилия предварительного натяга. Также может быть решена обратная задача: предложен оптимальный по динамическому критерию режим обработки, исходя из текущего технического состояния опор ШУ.

В общем, используемый подход, при котором диагностирование ШУ проводится без его разборки, позволяет получить значительный экономический эффект за счет сокращения времени диагностирования, ремонта и подналадки, а организация текущего контроля минимизировать выпуск некачественной продукции.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные выводы и рекомендации могут быть использованы при проектировании ШУ с целью обеспечения необходимого динамического качества, на этапе сборки для безразборной оценки назначенного конструктором значения предварительного натяга опор ШУ, а также организации текущего контроля технического состояния ШУ при эксплуатации.

Замечания по диссертационной работе

1. Недостаточно внимания уделено методам обеспечения динамического качества высокоскоростных ШУ за счет технологичности их изготовления и применения новых материалов.

2. При постановке задач соискатель не провел оценку влияния на динамику шпинделя таких технологических погрешностей изготовления как отклонение от круглости (овальность, огранка), волнистость и т.д. беговых дорожек

колец подшипников качения опор шпиндельного узла. При том, что разработанная математическая модель учитывает влияние данных погрешностей на радиальные колебания шпинделя. Такая информация была бы полезной для полной оценки адекватности предлагаемой математической модели.

3. При визуализации результатов математического моделирования (рис. 2.12, 2.13) для большей наглядности следовало бы использовать в качестве единиц измерения частоты – герцы, а не частотные отсчеты.

4. Для большей наглядности оценки вклада электромагнитных сил в колебания шпиндельного узла нужно было в дополнение к частотно-временным разложениям (рис. 4.6, а, б, в) привести временные реализации колебаний шпиндельного узла с учетом влияния привода и без него, т.е. на свободном выбеге.

5. При проведении экспериментальных исследований следовало дать оценку параметрам осевых колебаний шпиндельного узла.

Выше перечисленные замечания не снижают ценности результатов работы и носят рекомендательный характер.

Общая характеристика диссертационной работы Гаспарова Э.С.

1. Диссертация соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

2. Тема, цель, задачи и содержание диссертационной работы соответствуют заявленной научной специальности 05.02.07 - «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

3. Работа выполнена на достаточно высоком научно-теоретическом уровне, методы и средства теоретических и экспериментальных исследований современны и адекватны решаемым задачам.

4. Новые научные и прикладные результаты, полученные соискателем в диссертационной работе, достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов.

5. Диссертация имеет практическую ценность, т.к. разработанные соискателем способ определения предварительного натяга опор шпиндельных узлов и методика диагностирования могут быть использованы в автоматизированном производстве для текущего контроля динамического качества шпиндельных узлов. Перспективы использования результатов диссертационной работы в машино- и приборостроении достаточно широки.

6. Диссертационная работа в достаточной степени апробирована, что подтверждается семнадцатью публикациями в научно-технических изданиях и материалах конференций, причем семь статей опубликованы в изданиях из перечня ВАК. Результаты работы внедрены в производство. Кроме того, имеется положительное решение на патент по заявке №2014132414.

7. Содержание автореферата отражает основные положения диссертационной работы и главные доказательства их истинности.

Заключение

Диссертация Гаспарова Э.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющую значение для обеспечения динамических показателей шпиндельных узлов на стадии проектирования и этапе эксплуатации за счет автоматизации процессов диагностирования и организации мониторинга текущего состояния опор шпиндельных узлов и других роторных систем на опорах качения. Содержание автореферата в полной мере соответствует тексту диссертации.

С учетом ранее изложенного считаем, что представленная диссертационная работа Гаспарова Э.С. удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Гаспаров Эрик Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры технологий производства двигателей №10 от «28» апреля 2016 г.

Директор института двигателей
и энергетических установок
ФГАОУ ВО «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», профессор,
д.т.н.
Тел. (846)267-43-22
E-mail: fdla@ssau.ru
Защитил диссертацию по спец. 05.07.05

Ермаков
Александр Иванович

Заведующий кафедрой технологий
производства двигателей ФГАОУ ВО
«Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», профессор,
д.т.н.
Тел. (846)267-45-73
E-mail: skuratov.sdl56@yandex.ru
Защитил диссертацию по спец. 05.07.05

Скуратов
Дмитрий Леонидович

Заведующий кафедрой основ
конструирования машин ФГАОУ ВО
«Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», профессор,
д.т.н.
Тел. (846)267-46-10
E-mail: balykin@ssau.ru
Защитил диссертацию по спец. 05.07.05

Балыкин
Валерий Борисович

