

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО
СОВЕТА Д999.003.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 25.12.2020 г. № 62

О присуждении Мухиной Елене Вячеславовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение статической грузоподъемности упорно-радиальных шариковых подшипников передней стойки автомобилей путем совершенствования технологии их комплектования при сборке», по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, принята к защите 22.10.2020 г., протокол № 60, объединенным диссертационным советом Д999.003.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Ульяновский государственный технический университет» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Тольяттинский государственный университет», Министерства науки и высшего образования РФ, по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказа №123/нк от 17.02.2015г.

Соискатель Мухина Елена Вячеславовна, 1992 года рождения, в 2014 году окончила ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический

университет имени Гагарина Ю.А.» по специальности «Технология машиностроения». В 2018 году соискатель окончила аспирантуру с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» по направлению 15.06.01 – Машиностроение.

Работает ассистентом кафедры «Технология и системы управления в машиностроении» ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология машиностроения» в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор, Королев Андрей Альбертович, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Министерства науки и высшего образования РФ, кафедра «Технология и системы управления в машиностроении», профессор.

Официальные оппоненты:

Семенов Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева» Министерства науки и высшего образования РФ, кафедра «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения», профессор;

Шандров Борис Васильевич – канд. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования РФ, кафедра «Технологии и оборудование машиностроения», профессор,

дали свои положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Министерства науки и высшего образования

РФ, г. Пенза, в своем положительном заключении, рассмотренном на заседании кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», подписанном канд. техн. наук, доцентом, доцентом кафедры «Технология машиностроения» В.В. Голубовским и утвержденном ректором ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», д-ром техн. наук Д.В. Пащенко, указала, что диссертация Е.В. Мухиной является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится научно-обоснованное решение важной практической задачи создания технологии комплектования шариковых подшипников, позволяющее существенно повысить их статическую грузоподъёмность. Работа выполнена на достаточно высоком научно-теоретическом уровне, методики и средства выполненных исследований соответствуют решаемым задачам. Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствуют заявленной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения. Диссертационная работа Мухиной Е.В. на тему «Повышение статической грузоподъёмности упорно-радиальных шариковых подшипников передней стойки автомобилей путем совершенствования технологии их комплектования при сборке» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, уровню и объёму выполненных исследований удовлетворяет требованиям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Мухина Елена Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08-«Технология машиностроения».

Соискатель имеет 24 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе: 5 статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК, 2 из которых индексируются в МБД SCOPUS, получен 1 патент на изобретение и 2 патента на полезную модель.

Работы посвящены теоретическим и экспериментальным исследованиям процесса формирования угла контакта тел и дорожек качения в шариковом подшипнике и его влияния на статическую грузоподъемность при комплектовании. Авторский вклад составляет 2,55 п.л., в общем объеме научных изданий 7,8 п.л.

Научные работы соискателя отражают результаты проведенного исследования и раскрывают основные положения, выносимые на защиту. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Научные труды представлены статьями в рецензируемых изданиях из перечня ВАК, из базы цитирования Scopus, материалах научных конференций и патентами на изобретения. Наиболее значимые научные работы соискателя из числа опубликованных в рецензируемых научных изданиях:

1. Королев, А.В. Современный метод комплектования прецизионных изделий типа подшипников качения [Текст] / А.В. Королев, А.А. Королев, Е.В. Мухина // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2015. – № 1. – С. 42 - 44. – 0,56 п.л. / авт. 0,19 п.л.

2. Королев, А.В. Влияние условий комплектования на собираемость подшипников при стохастическом способе / А.В. Королев, А.А. Королев, Е.В. Мухина // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2015. – № 4. – С.21 - 24. – 0,56 п.л. / авт. 0,19 п.л.

3. Королев, А.В. Влияние остаточных деформации в деталях после абразивной обработки и центробежной очистки на качество сборки шарнирных подшипников / А.В. Королев, Е.В. Мухина, А.А. Королев, [и др.] // СТН. – 2016. – №6. – С.30-32. – 0,56 п.л. / авт. 0,06 п.л.

4. Королев, А.В. Влияние условий комплектования упорного подшипника качения на его статическую грузоподъемность / А.В. Королев, А.А. Королев, Е.В. Мухина [и др.] // СТН. – 2016. – №. 7. – С. 35 - 40. – 1,12 п.л. / авт. 0,12 п.л.

5. Королев, А.В. Влияние точности тел качения на эффективность сборки упорно-радиальных шарикоподшипников / А.В. Королев, А.А. Королев, Е.В. Мухина [и др.] //СТИН. – 2016. – №6. – С.32- 34. – 0,56 п.л. / авт. 0,08 п.л.

6. Korolev A.V., Mukhina E.V., Korolev A.A., Davidenko O.Y., Iznairov B.M., Vasin A.N., Balaev A.F., Yakovishin A.S., Mazina A.A., Sidorenko A.D., Savran S.A., Konovalov V.V. Influence of residual deformation after abrasive machining and centrifugal finishing on ball-bearing assembly // Russian Engineering Research. – 2016. – Т. 36. –№ 12. – С. 1054-1055. – 1,12 п.л. / авт. 0,12 п.л.

7. Korolev A.V., Yakovishin A.S., Korolev A.A., Davidenko O.Y., Iznairov B.M., Balaev A.F., Mukhina E.V., Mazina A.A., Sidorenko A.D., Savran S.A., Konovalov V.V. // Influence of ball precision on the assembly of radial thrust ball bearings //Russian Engineering Research. – 2016. – Т. 36. –№ 12. –С. 1056-1057. – 0,56 п.л. / авт. 0,08 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации – ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», подписанный канд. техн. наук, доцентом, доцентом кафедры «Технология машиностроения» В.В. Голубовским и утвержденном ректором ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», д-ром технических наук Д.В. Пашенко. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Не четко обозначены регулируемые параметры при комплектовании упорно-радиальных подшипников. 2. В автореферате показаны не все экспериментальные зависимости угла контакта и статической грузоподъемности от комплектовочных параметров. 3. При выводе математической модели распределения нагрузки в подшипнике нет единиц измерения в правой и левой частях уравнений (см. зависимости 2.6-2.9, 2.14, 2.18, 2.19 и т.д.), что не позволяет определить правильность их вывода. 4. Используется несоответствующая СИ относительно общепринятой технической литературе терминология (см. Заключение на с.102 «снижает

надежность работы подшипника», «близкого к максимальному критическому значению»).

2. Отзыв официального оппонента – Семенова Александра Николаевича, д-ра техн. наук, профессора кафедры «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева». Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Задачи исследования, отражающие последовательность достижения цели, поставленной во введении, оторваны от нее и приведены в конце первой главы. 2. На стр.3 написано, что «Из всех стандартов только ГОСТ 29241-91 предусматривает возможность применения упорно-радиального подшипника серии 7800», в то время как ссылки на данные типы подшипников также имеются в ГОСТ 3395-89 Подшипники качения. Типы и конструктивные исполнения, ГОСТ 9942-90 Подшипники упорно-радиальные роликовые сферические одинарные. Технические условия, ГОСТ 520-2011 Подшипники качения. Общие технические условия. 3. Очень емкие, сложные и насыщенные названия подразделов основных глав, которые следовало бы разбить на более мелкие и глубокие по содержанию составные части, четко отражающие поставленные и решаемые задачи. 4. В ф-ле 2.1 обозначения осевой и радиальной нагрузок выполнено одинаково p_t (максимальные значения взаимно перпендикулярных нагрузок, воспринимаемых упорно-радиальным подшипником), в то время как на рисунках они имеют соответствующие индексы p_o и p_r . 5. В ф-ле 2.2 приведен коэффициент s как неизвестное число, которое находится путем решения системы уравнений, в то время как у него должен быть физический смысл, поскольку на его основе рассчитываются коэффициенты осевой и радиальной нагрузки, и этот коэффициент входит в индексы коэффициентов нагрузок «Важно учесть, что величина должна находиться в диапазоне 0_1 , так как только при таком соотношении соблюдается неразрывность контакта шариков». 6. Опечатки в задании начальных условий эксперимента: диаметр дорожки качения верхнего кольца

подшипника: 85,5 мм, Твердость по Бринеллю, 3999 МПа. 7. Испытания 5 групп подшипников проводилось по однофакторному эксперименту- лучше проводить по теории планирования экспериментов с получением регрессионной модели. 8. В таблицу 3.2 одновременно сведены условия проведения экспериментов и результаты по проверке адекватности по СКО – нет описания способа подтверждения достоверности результатов и точности экспериментов. 9. П. 4.1 Алгоритм процесса комплектования сводится к письменному описанию процесса комплектования, не позволяющая рассчитать и запрограммировать процесс комплектования, в то время как имеется четкая стандартизованная формулировка: «Схемы алгоритмов ... состоят из имеющих заданное значение символов, краткого пояснительного текста и соединяющих линий».

3. Отзыв официального оппонента – Шандрова Бориса Васильевича – канд. техн. наук, профессора, профессора кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет». Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. В работе говорится о возможности применения технологии комплектования для многообразия типов подшипников качения, воспринимающих комбинированную нагрузку, но и теоретическая и практическая части исследования посвящены изучению упорно-радиальным подшипникам, используемых в стойке автомобиле. Следовало бы рассмотреть и другие варианты, например, упорно-радиальные подшипники, и сравнить полученные результаты. 2. В главе 5 диссертации приведен расчет технико-экономической эффективности использования в реальном производстве полученных в работе результатов, но недостаточно четко показаны источники этого экономического эффекта. Казалось бы, что основным источником экономической эффективности должна быть возможность повышения цены подшипников за счет увеличения их качества, повышения статической грузоподъемности. Но этими возможностями автор пренебрегает. Поэтому требует пояснения, каким образом введение в производство технологического

процесса комплектования приводит к экономическому эффекту. 3. Не четко обозначены регулируемые параметры при комплектовании подшипников. 4. Нет сведений и приложений о коммерциализации предлагаемой технологии.

4. **ОТЗЫВ ИЗ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»**, г. Новосибирск, подписанный д-ром техн. наук, профессором кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Ильиных Андреем Степановичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Целесообразно привести в тексте автореферата рабочую схему и описание устройства для засыпки шариков в подшипник при сборке, а также спроектированную автором схему автоматической сборочной линии; 2. Неубедительно заявление автора об экономическом эффекте предложенной технологии за счет повышения цены и объема ее продаж.

5. **ОТЗЫВ ИЗ ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**, г. Брянск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, проректором по перспективному развитию Киричек Андреем Викторовичем и д-ром техн. наук, профессором, Титенок Александром Владимировичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. На стр.6. автореферата изложено «... что все существующие способы сборки подшипников основаны по методике выбора типа подшипников по критерию статической и динамической грузоподъемности». В этой связи не ясно, почему соискатель исследовал лишь возможность повышения статической грузоподъемности. 2. С.10. Из материалов автореферата не ясно, какие значения имеет коэффициент Пуассона: справочные для конкретного вида металла или определенные экспериментально для данного вида материала подшипника. Как это повлияет на результаты компьютерного моделирования 3. С. 15. Из материала автореферата не понятно, что влияет на 10-процентное удорожание изделия. Это волюнтаристическое решение или чем-то обосновано? 4. В материалах автореферата упоминается о схеме

автоматической линии для комплектования подшипников, но сама схема не представлена.

6. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»**, г. Новосибирск, подписанный канд. техн. наук, доцентом, и.о. зав. кафедрой «Технологии машиностроения» Никитиным Юрием Владимировичем и канд. техн. наук, доцентом, доцентом кафедры «Технологии машиностроения» Гилета Виктором Павловичем. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1) В работе не отмечен зарубежный опыт совершенствования технологии комплектования и сборки подшипников качения. 2) Второе замечание по автореферату связано с потребностью широкого использования результатов работы при производстве подшипников - возможно ли использовать предлагаемую математическую модель или программный продукт для других изделий?

7. Отзыв из **АО «Ульяновский механический завод»**, г. Ульяновск, подписанный канд. техн. наук, инженером-конструктором 1-й категории Цыганковым Денисом Эдуардовичем и заверенный начальником управления по сопровождению производства Рябовым Д.В. Отзыв положительный со следующими замечаниями: 1. Отсутствие ссылок на иностранных ученых, занимающихся вопросами комплектования и распределения нагрузки между деталями подшипников. 2. Не раскрывается суть методики Королева А.А. и А.В. для расчета максимальной нагрузки на шарики, как принятое допущение при построении математической модели (стр.7). 3. Некорректное представление выходных данных объектов интеллектуальной собственности – патентов на полезные модели и изобретение (страница 16).

8. Отзыв из **ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»**, г. Омск, подписанный д-ром техн. наук, профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения» Моргуновым Анатолием Павловичем. Отзыв положительный со следующим замечанием: «В автореферате в разделе «Практическая ценность и реализация работы»

автор отметил, что спроектирована схема автоматической сборочной линии (п.4), но, в тексте автореферата она не изображена.»

9. **ОТЗЫВ ИЗ ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»**, г. Тамбов, подписанный д-ром техн. наук, доцентом, профессором кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» Соколовым Михаилом Владимировичем. Отзыв положительный без замечаний.

10. **ОТЗЫВ ИЗ ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»**, г. Тюмень, подписанный д-ром техн. наук, профессором, заслуженным работником высшей школы РФ, заведующим кафедрой «Станки инструменты» Артамоновым Евгением Павловичем. Отзыв положительный со следующим замечанием: «...мелкие и плохо читаемые обозначения на графиках и рисунках автореферата».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются ведущими специалистами в области разработки технологий сборки и соединения высокоточных изделий таких как подшипники качения, имеют научные публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов. В ведущей организации и организациях, в которых осуществляют свою деятельность официальные оппоненты, выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано научно- обоснованное техническое решение, направленное на повышение статической грузоподъемности подшипников качения, работающих в условиях комбинированной нагрузки;

предложен путь повышения статической грузоподъемности подшипников качения, работающих при комбинированной нагрузке, на основе применения усовершенствованной технологии процесса комплектования, позволяющей определить рациональные диапазоны значений комплектовочных параметров;

доказана эффективность предлагаемого способа и разработанной на его основе технологии, при применении которой происходит повышение статической грузоподъемности упорно-радиального подшипника и снижение момента сопротивления качению подшипника;

новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о характере влияния угла контакта тел и дорожек качения на статическую грузоподъемность при комбинированной нагрузке, расширяющие границы применимости полученных результатов

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы технологии машиностроения, системного математического анализа, математического аппарата теории математической статистики и теории множеств.

изложены методики измерения угла контакта тел и дорожек качения, статической грузоподъемности, момента сопротивления вращению в шариковом подшипнике и модели формирования рационального угла контакта при комплектовании, при достижении которого обеспечивается повышенная статическая грузоподъемность;

раскрыты особенности выбора значений комплектовочных параметров при сборке подшипника с целью достижения повышенной статической грузоподъемности;

изучены связи и закономерности влияния геометрических параметров шарикоподшипника на статическую грузоподъемность и момент сопротивления вращению;

проведена модернизация существующих математических моделей, схем расчетов и методики выбора угла контакта применительно к комплектованию подшипников качения, работающих в условиях комбинированной нагрузки.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены новые способ и технология комплектования шариковых подшипников, устройство для определения статической грузоподъемности упорно-радиальных шарикоподшипников и метод контроля угла контакта тел и дорожек качения шарикоподшипника, находящегося под комбинированной нагрузкой;

определены перспективы практического использования полученных результатов диссертационного исследования для повышения статической грузоподъемности различных типов подшипников.

создан алгоритм и программа расчета рациональных значений комплектовочных параметров шарикоподшипников при сборке;

разработана схема автоматической линии сборки упорно-радиальных подшипников;

представлена и передана для использования в производственных условиях ООО «Рефмашпром» «Рабочая инструкция по обеспечению в процессе комплектования подшипника 1118-2902840 рационального угла контакта».

Оценка достоверности результатов исследований выявила:

для экспериментальных работ использование современных измерительных средств, сертифицированного оборудования, стандартных методик проведения экспериментов, достижение сходимости теоретических и экспериментальных результатов;

теория построена на существующих представлениях о процессах комплектования точных изделий при сборке и на известных проверяемых теоретических и экспериментальных данных по теории упругости;

идея комплектования упорно-радиальных подшипников по критерию статической грузоподъемности базируется на анализе известных публикаций и практического опыта комплектования и сборки точных деталей;

использовано сравнение данных, полученных автором, с данными, полученными ранее М.Н. Сорокиным, А.В. Королевым и др., по тематике диссертации;

установлено совпадение полученных данных с известными результатами, представленными в научно-технической литературе;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, и авторская методика измерения статической грузоподъемности подшипника при комбинированной внешней нагрузке.

Личный вклад соискателя состоит в:

- включенном участии на всех этапах процесса, определении цели, задач, непосредственном выполнении научных исследований, как теоретического, так и экспериментального характера, необходимых для решения поставленных задач и достижения цели диссертационной работы: **разработке математической модели** формирования угла контакта тел и дорожек качения и его влияния на статическую грузоподъемность, **разработке компьютерной модели** процесса формирования статической грузоподъемности упорно-радиального шарикоподшипника при комплектовании и сборке, **разработке плана экспериментальных работ** и проведении промышленного эксперимента в условиях действующего производства, обработке, интерпретации и обобщении полученных данных, апробации и внедрении результатов исследования на предприятиях, а также подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Результаты исследований рекомендуется использовать:

на предприятиях машиностроительной отрасли, занимающихся производством упорно-радиальных и радиально-упорных подшипников, особенно специальных подшипников, для которых известна внешняя эксплуатационная нагрузка;

проектно-конструкторских и научно-исследовательских институтах, занимающихся разработкой и созданием новой техники;

в высших учебных заведениях при подготовке специалистов, бакалавров и магистров направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием плана исследований, взаимосвязью поставленных задач и полученных результатов, содержит новые научные результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены научные результаты.

На заседании 25 декабря 2020 г., проходившем в удаленном интерактивном режиме, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи повышения статической грузоподъемности упорно-радиальных подшипников, имеющей существенное значение для повышения конкурентоспособности продукции, выпускаемой машиностроительными предприятиями.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертационный совет принял решение присудить **Мухиной Елене Вячеславовне** учёную степень **кандидата технических наук** по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

При проведении открытого голосования диссертационный совет, проводивший заседание в удаленном интерактивном режиме, в количестве 16 человек, из них 9 человек, участвующих в заседании дистанционно, в том числе 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации,

