

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 09.11.2017 г. № 32

О присуждении Родионовой Ольге Владимировне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение производительности операции шлифования на жестких опорах колец приборных подшипников на основе оптико-электронного контроля микрогеометрических параметров дорожек качения» по специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 01.09.2017 г., протокол № 29, объединенным диссертационным советом Д 999.003.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования (ВО) «Ульяновский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» Минобрнауки РФ по адресу 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, действующим на основе приказа № 123/нк от 17.02.2015 г.

Соискатель Родионова Ольга Владимировна, 1988 года рождения.

В 2012 г. соискатель окончила ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». В 2016 г. соискатель окончила аспирантуру на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Работает инженером-конструктором в конструкторско-технологическом отделе ЗАО «Завод аэродромного оборудования».

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» на кафедре «Технология машиностроения», Министерство образования и науки РФ.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Носов Николай Васильевич, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

**Официальные оппоненты:**

Зверовщиков Владимир Зиновьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»;

Полянчиков Юрий Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, исполняющим обязанности заведующего кафедрой «Технологии производства двигателей» Хаймовичем А.И. и доктором технических наук, профессором кафедры «Технологии производства двигателей» Скуратовым Д.Л., и утвержденном первым проректором – проректором по науке и инновациям, доктором технических наук, профессором Прокофьевым А.Б. указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, имеющей значение для повышения производительности и точности при изготовлении колец приборных подшипников за счет разработки моделей, методик и алгоритмов для определения оптимальных режимов и условий операции шлифования. Работа выполнена на достаточно высоком научно-теоретическом уровне, методы и средства теоретических и экспериментальных исследований современны и адекватны решаемым задачам. Новые научные и прикладные результаты, полученные соискателем в диссертационной работе, достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов. Диссертационная работа «Повышение производительности операции шлифования на жестких опорах колец приборных подшипников на основе оптико-электронного контроля микрогеометрических параметров дорожек качения» по актуальности, научно-техническому уровню, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверности и новизне, значению для теории и практики соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения

ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Соискатель имеет 14 научных статей по теме диссертации (общий объем публикаций составляет 6,58 печатного листа, из них авторских – 4,76 п.л.), в том числе 3 работы, опубликованных в ведущих рецензируемых научных изданиях (общий объем публикаций составляет 1,62 печатного листа, из них авторских – 0,96 п.л.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Носов Н. В. Исследование процесса шлифования дорожки качения приборных подшипников (часть 1) / Н.В. Носов, Р.Г. Гришин, В.А. Родионов, А.А. Широнин, О.В. Родионова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара: Изд - во Самарского научного центра РАН. – Т.13. – № 4 (3). – 2011. – С. 1161 – 1164.

2. Родионов В.А. Исследование шероховатости дорожки качения приборного подшипника / В.А. Родионов, О.В. Родионова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара: Изд - во Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т.18. – № 4 (2) – С. 373 – 377.

3. Родионова О.В. Оптимизация процесса профильного шлифования кольца подшипника / О.В. Родионова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара: Изд - во Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т.18. – № 4 (2). – С. 378 – 382.

4. Родионова О.В. Моделирование процесса шлифования дорожки качения кольца подшипника на жестких опорах / О.В.Родионова // Современные компьютерные технологии фирмы «Delcam» в науке, образовании и производстве. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. – 2013. – С. 96 – 100.

5. Родионова О.В. Исследование шероховатости поверхности сопряжения подшипника / О.В.Родионова // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. – 2015. – С. 26 – 30.

На диссертацию и автореферат диссертации поступили положительные отзывы с замечаниями: **ведущей организации – ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»**, подписанном доктором технических наук, исполняющим обязанности заведующего кафедрой «Технологии производства двигателей» Хаймовичем А.И. и доктором технических наук, профессором кафедры «Технологии производства двигателей» Скуратовым Д.Л., и утвержденном первым проректором – проректором по науке и инновациям, доктором технических наук, профессором Прокофьевым А.Б. Замечания: 1. Предложенная методика исследования микрогеометрии обработанной поверхности носит оценочный характер и требует дальнейшего совершенствования. 2. Автор работы не исследовал такие параметры качества поверхностного слоя как микротвердость, остаточные напряжения и структурно-фазовое состояние, которые во многом определяют надежность и долговечность изделия. 3. В математической модели для определения оптимальных условий шлифования дорожек качения колец подшипников отсутствуют ограничения, связанные с техническими возможностями станка. Отзыв **первого официального оппонента, д.т.н., профессора Полянчикова Ю.Н.** Отзыв положительный. Замечания: 1. На рис. 5 автореферата (он же 4.9 на с. 87 текста диссертации) графические зависимости доказывают положительное влияние водоземulsionной СОЖ по сравнению с масляной на уменьшение отклонения от профиля дорожки качения при шлифовании. Однако графики на рис. 6 автореферата (он же рис. 4.10 на с. 89 текста диссертации) доказывают, что положительно влияет на уменьшение высоты микронеровностей поверхности дорожки качения масляная СОЖ, особенно за период между правками шлифовального круга, начиная с трех минут и более, в то время как водная СОЖ в аналогичных условиях никакого влияния не оказывает. Почему в выводах по работе отмечено положительное влияние водных СОЖ? 2. На рис. 7 автореферата представлены четыре графика, характеризующие отклонения от круглости ( $\Delta_K$ ) дорожек качения в зависимости от подачи ( $S$ , мм/мин). В пояснениях к рис. 7 показано, что должно быть пять графиков. Кроме того на всех графиках приведены только четыре экспериментальные точки. 3. На представленных рис. 8, 9 автореферата (те же рис. 5.2 и 5.3 с. 103 текста диссертации) моделях оптимизации режимов шлифования с масляной и водной СОЖ не выделен многоугольник решений, внутри которого любая точка удовлетворяет всем неравенствам, соответ-

ствующим приведенным ограничениям, в результате чего трудно определить оптимальные условия проведения процесса обработки. 4. В выводах приведенных автором в главе 1 на с. 22, показано, что оптимальная наладка углов жестких опор при шлифовании позволяет уменьшить погрешность базирования, хотя об оптимальности решения этой задачи ничего не сказано. 5. В главе 1 на с. 24 приведены оптимальные характеристики шлифовальных кругов для обработки подшипниковых сталей, среди которых упоминается пористость, хотя она не является характеристикой абразивного инструмента. Для этого существует иная характеристика – структура круга. 6. Не понятно, почему модуль упругости шарикоподшипниковой стали равен  $2,11 \cdot 10^5$  МПа, а не  $2,11 \cdot 10^5$  МПа (так отмечено в тексте и в автореферате) – в тексте с. 40. 7. При расчете силы резания  $P_z$  используется формула (2.4 с. 42), но зависимость эта взята из литературных источников или выведена автором – не ясно, т.к. ссылок на это нет. 8. В числе параметров автокорреляционной функции автор приводит среднее квадратическое отклонение. Этот параметр носит название «стандартное отклонение» (ГОСТ Р 5077921-2004). 9. В разделе 5.2 «Расчет оптимальных режимов шлифования» зависимости, отражающие в математической форме ограничения, не имеют нумерации. Отзыв **второго официального оппонента, д.т.н., профессора Зверовщикова В.З.** Отзыв положительный. Замечания: 1. В работе мало внимания уделено качеству правки шлифовального круга, хотя сам автор в третьей главе диссертации (с. 72) и автореферате (с. 11) отмечает, что наиболее значимыми факторами, влияющими на образование дефектов являются качество очистки СОЖ и врезная подача при правке шлифовального круга, а также вид СОЖ и врезная черновая подача при шлифовании. 2. Не приведено обоснование выбора состава СОЖ на водной основе, которая предложена взамен масляной СОЖ, используемой на производстве, хотя вязкость СОЖ и поверхностная активность ее компонентов оказывают существенное влияние на физико-химические процессы в зоне резания и формирование качественных параметров шлифованной поверхности. 3. Не понятен вклад автора в разработку оптико-электронного комплекса и программного обеспечения к нему (см. с. 4 автореферата), хотя в тексте диссертации (с. 54, 55, 59 и 62), что они разработаны другими авторами. 4. Имеются отдельные неточности редакционного и стилистического характера в тексте диссертации (см. с. 6, 7, 14, 15, 17, 22, 23, 25, 39, 51, 64, 77, 78, 117, 119, 125).

На автореферат диссертации поступили 9 положительных отзывов с замечаниями из: **ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»**, подписанный кандидатом технических наук, исполняющим обязанности заведующего кафедрой «Технология машиностроения» Некрасовым Р.Ю., доктором технических наук, профессором кафедры «Станки и инструменты» Утешевым М.Х. Замечания отсутствуют. **ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет»**, подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» Поповым А.Ю. Замечания отсутствуют. **ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»**, подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Лобановым Д.В., кандидатом технических наук, профессором кафедры «Колесные и гусеничные машины» Гартфельдером В.А. Замечания: 1. Из автореферата не ясно, какие абразивные инструменты (состав, форма, маркировка и т.д.) использовались в исследовании и как эти параметры использовались при моделировании, так как они оказывают значительное влияние на формирование качества поверхности. 2. Качество обработки оценивалось лишь по величине микронеровностей, хотя на эксплуатационные характеристики изделия влияют также микротвердость и состояние поверхностного слоя обработанной поверхности. 3. В автореферате отсутствует обоснование выбора только лишь двух видов СОЖ, представленных двумя составами, при известной широкой номенклатуре смазывающе-охлаждающих технологических сред. 4. Не ясно, как достигнуто заявленное в названии работы «Повышение производительности операции шлифования на основе оптико-электронного контроля микрогеометрических параметров дорожек качения», в общих выводах по работе оценено только повышение производительности от применения СОЖ. **ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**, подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Маликовым А.А. Замечания: 1. Из автореферата не ясны параметры (либо диапазоны изменения параметров) сеток конечно-элементных моделей (в частности, представленной на рис. 1), используемых автором в своих исследованиях (с. 7). 2. Из автореферата не ясно, каким образом обеспечиваются метрологические характеристики оптико-электронной системы измерения, описанной на с. 8-10. **ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»**, подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология и автоматизация машиностроения»

ния» Бурдо Г.Б. Замечания: 1. На с. 8 и 13 автор подчеркивает, что отклонение от круглости кольца определяется его упругими деформациями, отклонениями от круглости базовой поверхности кольца подшипника и погрешностью базирования кольца подшипника. Но для отклонения от круглости дорожек качения погрешность базирования при данной схеме установки учитывать не следует, т.к. способ базирования не влияет на формирование указанной погрешности. 2. Есть и некоторые неточности. Рис. 7 назван «Зависимость величины деформации кольца в процессе шлифования и отклонения от круглости дорожек качения от врезной подачи и угла». Однако зависимостей для отклонения от круглости на рисунке не приведено. **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»**, подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Технология машиностроения» Давиденко О.Ю. Замечания: 1. К сожалению, из автореферата не ясно как осуществлялись эксперименты, не представлена методика проведения экспериментальных исследований и обработки опытных данных, отсутствует информация о контрольно-измерительных приборах. 2. Работа была бы более информативной, если бы автор на основе экспериментальных данных разработал эмпирические математические модели исследуемых процессов. 3. В автореферате не достаточно четко сформулированы положения, позволяющие оценить возможности оптико-электронного контроля микрогеометрических параметров дорожки качения для повышения производительности ее шлифования. 4. Список публикаций автора составлен не совсем корректно. **ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»**, подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Козловым А.М. Замечания: 1. На с. 8 автореферата указывается, что при исследовании менялся только угол  $\alpha$ , в то время как другими исследователями (Муцянко В.И., Братчиков А.Я., Козлов А.М.) установлено, что на отклонение от круглости при бесцентровом шлифовании значительное влияние оказывает совокупное значение углов между жесткими опорами и точкой контакта режущего инструмента. 2. Из материалов автореферата не ясно, сколько времени занимает измерение шероховатости шлифованной поверхности оптико-электронной системой и почему с уменьшением шероховатости микрорельеф меняется с однонаправленного до стохастического. 3. В автореферате имеются неудачные выражения (с. 6 «Изучен теоретический анализ...»), опечатки (с. 7 «условия вырова кольца...»), рис. 1, а практически не читается. **ФГБОУ ВО «Ковровская государственная техно-**

**логическая академия им. В.А. Дегтерева»,** подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Житниковым Ю.З., ученым секретарем совета «Ковровской государственной технологической академии», доцентом, кандидатом технических наук Разумовской О.В. Замечания: 1. В реферате не сказано, как обосновывались и выбирались варианты моделей для разработки компьютерных программ. 2. Во второй главе автор предполагает, что отклонение от круглости кольца подшипника при шлифовании на жестких опорах формируется под действием: упругих деформаций кольца в процессе шлифования, отклонения от круглости базовой поверхности кольца подшипника при установке и погрешности базирования кольца подшипника при установке на жесткие опоры. Возникает вопрос, а не зависит ли отклонение от точности геометрических размеров шлифовального круга. **ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,** подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Технология и оборудование машиностроительных производств» Пашковым А.Е., кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Технология и оборудование машиностроительных производств» Солер Я.И. Замечания: 1. Учитывая важность КЭ моделирования, в автореферате хотелось бы иметь больше информации об исходных данных. Занимаясь такой проблемой, столкнулись с тем, что в литературе отсутствуют зависимости по силам резания. 2. В зависимости (б) коэффициент  $K_5 = 1,3$  для водной СОЖ стоит в знаменателе и не может характеризовать повышение производительности. 3. Для таблицы 1, учитывая недостаточную осведомленность технологов в терминологии очистки СОЖ желательно было привести пояснения к критериям и примечаниям. 4. На рис. 8 и 9 не представлена область допустимых решений задачи оптимизации, не хватает ограничения по минимальной скорости шлифования, зависящей от технических характеристик станка и условий безприжогового шлифования, а линии  $A_{cr}$  имеют противоположное по логике шлифования направления к оптимуму. 5. В автореферате, рис. 3, не конкретизировано характерна ли такая бинарная картина для других схем шлифования и различных характеристик инструмента.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются ведущими специалистами в области технологии машиностроения, имеют научные публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить по-

визну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов. В качестве ведущей организации выбран ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», так как в этом вузе выполнен значительный объем научных исследований, связанных с изучением процессов, рассматриваемых соискателем в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** конечно-элементная модель процесса деформации колец подшипников при шлифовании на жестких опорах и образования отклонения от круглости дорожек качения; методика оценки микрогеометрии и дефектов поверхности при шлифовании дорожек качения колец подшипников на жестких опорах с использованием оптико-электронного комплекса;

**предложены** основные пути повышения производительности обработки, обеспечения точности и качества поверхности дорожек качения внутренних колец приборных подшипников при шлифовании на жестких опорах;

**доказана** целесообразность использования в производственной практике на операции шлифования оптико-электронного комплекса для исследования микрогеометрии и дефектов поверхности дорожек качения колец прецизионных подшипников и перспективность технологических рекомендаций при шлифовании колец подшипников на жестких опорах;

новые понятия **не вводились**.

Теоретическая значимость исследований заключается в том, что

**доказано**, что в процессе профильного шлифования внутренних колец приборных подшипников на жестких опорах возникают упругие деформации, которые влияют на образование отклонения от круглости дорожек качения;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** метод конечных элементов (МКЭ) для расчета напряженно-деформированного состояния поверхности кольца и методика оценки микрогеометрии и дефектов поверхности при шлифовании дорожек качения колец подшипников на жестких опорах с использованием оптико-электронного комплекса;

**изложены** положения математического моделирования с использованием численных методов, классической теории корреляционного анализа и обоснование выбора ограничений при моделировании процесса шлифования;

**раскрыты** особенности влияния режимов и условий шлифования на производительность процесса, геометрические параметры дорожек качения подшипников и на образование дефектов;

**изучены** методы повышения производительности и оценки микрогеометрии поверхности дорожек качения колец подшипников;

**проведена модернизация** наладки положения жестких опор станка, направленная на снижение отклонения от круглости дорожек качения колец подшипников в процессе шлифования.

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

**разработана** методика определения микрогеометрии и дефектов поверхности дорожек качения колец подшипников, полученных при шлифовании и **внедрен** оптико-электронный комплекс на предприятии ООО «Завод приборных подшипников» (г. Самара) с общим экономическим эффектом 216180 руб;

**определены** направления, пути решения и задачи совершенствования процесса шлифования дорожек качения колец приборных подшипников на жестких опорах;

**создана** методика использования оптико-электронной базы и программного обеспечения для исследования микрогеометрии и дефектов поверхности при шлифовании дорожек качения колец приборных подшипников на жестких опорах;

**представлены** рекомендации по совершенствованию процесса шлифования колец приборных подшипников на жестких опорах на основе оптико-электронного контроля микрогеометрических параметров дорожек качения с целью увеличения производительности процесса.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** использовались современные измерительные средства центральной заводской лаборатории ООО «Завод приборных подшипников» (г. Самара), входящие в государственный реестр измерительных средств. Для обработки парамет-

ров микрогеометрии использовались методы цифровой обработки сигналов и современное программное обеспечение;

**теория** построена на проверяемых теоретических и экспериментальных данных и согласуется с ними; достоверность и обоснованность научных выводов, положений и полученных результатов базируется на основных положениях теории резания, технологии машиностроения, математического моделирования с использованием численно-аналитических методов, теорий измерений и корреляционного анализа, теорий вероятностей и математической статистики, методов цифровой обработки сигналов;

**идея базируется** на использовании и обобщении передового опыта российских и зарубежных ученых в области процесса шлифования колец подшипников на жестких опорах и математическом моделировании;

**использованы** современные методы сбора и обработки исходной информации, сравнение авторских данных с данными, применяемыми в производственной практике и исследованиях в указанной области;

**установлено** совпадение результатов, полученных автором, с результатами, представленными в источниках независимой периодической и справочной печати, по тематике исследования.

**Личный вклад соискателя состоит в:** определении цели, задач и непосредственном выполнении научных исследований, как теоретических, так и экспериментальных; разработке математической модели, личном участии в промышленной апробации результатов исследования; обработке и интерпретации экспериментальных данных; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований и основной идейной линией, взаимосвязью поставленных задач и полученных выводов.

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

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая содержит решение актуальной задачи по-

вышения производительности процесса и обеспечения требуемых микрогеометрических параметров механически обработанных поверхностей при бездефектном шлифовании дорожек качения внутренних колец приборных подшипников, имеющей существенное значение для развития технологии механической обработки.

Работа соответствует критериям, установленным в разделе 2 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 9 ноября 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Родионовой О.В. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовал: за присуждение ученой степени – 15 человек, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета  
д.т.н., профессор

В. П. Табаков

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д.т.н., доцент

Н. И. Веткасов

«9» ноября 2017 года

