

## **О Т З Ы В**

официального оппонента на диссертацию Воронова Артура Эдуардовича на тему **«Совершенствование финишной обработки зубчатых колес за счёт новой технологии формообразования шлифовальных кругов»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения

### **1. Общие сведения о диссертации**

Диссертационная работа Воронова А.Э. на тему «Совершенствование финишной обработки зубчатых колес за счет новой технологии формообразования шлифовальных кругов» по поставленным целям, задачам исследований и содержанию полностью соответствует паспорту научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения и выполнена на кафедре «Технология машиностроения и инженерный консалтинг» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Луганский национальный университет имени Владимира Даля» в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ этой кафедры.

Диссертация содержит введение, пять разделов, заключение и приложения с актами внедрения результатов работы и листингом программы моделирования многозаходного гиперboloидного шлифовального круга. Работа изложена на 157 страницах, содержит 40 рисунков, 9 таблиц, список использованных источников информации, составляющий 108 наименований, и приложения на 24 страницах.

Личный вклад соискателя в решение поставленных задач исследования бесспорный и состоит в том, что им разработана схема формообразования витков шлифовального круга на поверхности однополостного гиперboloида и составлены его математическая и компьютерная модели, а также получены аналитические зависимости, позволяющие оценить точность финишной обработки цилиндрических зубчатых колёс при использовании червячного гиперboloидного шлифовального круга.

### **2. Актуальность темы диссертационной работы**

Зубчатые колеса находят применение во всех отраслях современной промышленности. Независимо от назначения зубчатых колёс, они должны обладать рядом свойств, главными из которых являются точность формы профиля зуба, прочность, надежность, износостойкость. Стремясь улучшить перечисленные свойства, ведутся разработки по совершенствованию процессов формообразования зубчатых колес, в том числе при их шлифовании. В таких исследованиях особое внимание уделяется самой нагруженной части зубчатого колеса – зубчатому венцу.

Одной из самых длительных операций при производстве зубчатых колес является финишная обработка зубьев. Повышение ее производительности и точности могло бы обеспечить существенный прирост конкурентоспособности предприятия.

Исходя из сказанного, можно сделать вывод о том, что тема диссертационной работы, направленной на повышение производительности финишной обработки зубчатых колёс за счёт разработки новой технологии и схемы формообразования шлифовальных кругов, является актуальной.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе в достаточной степени обоснованы и достоверны. В работе достаточно корректно используются известные в технологии машиностроения и теории резания научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Автором диссертации детально изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов, посвященные вопросам финишной обработки зубьев зубчатых колес, технологии шлифования, формообразования шлифовальных кругов и схем их применения.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов исследования подтверждается корректностью применения современного математического аппарата и научных теорий, адекватностью разработанных математических и компьютерных моделей, достаточно хорошей сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Для решения поставленных в диссертации задач исследования и получения результатов, обладающих новизной, автором использован комплекс методов и научных положений, включающий основные положения технологии машиностроения, положения теории резания, методы математического и компьютерного моделирования. При этом экспериментальные исследования проводились с использованием современного оборудования и вычислительной техники; обработка результатов экспериментов осуществлялась с использованием современных статистических методов.

Исходя из сказанного, следует заключить, что научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, имеют достаточно высокую степень достоверности и обоснованности, о чём также свидетельствуют представленные автором акты внедрений инструментов, разработанных согласно описанных в работе методик.

#### **4. Общая характеристика содержания работы**

Во введении и первом разделе диссертации дан анализ современного состояния вопроса финишной обработки боковых поверхностей зубьев цилиндрических колёс, на основании которого поставлены цель и задачи исследований, выполненных в диссертационной работе.

Второй раздел диссертации посвящён теоретическому определению профиля многозаходного гиперboloидного шлифовального круга и разработке схемы формообразования гиперboloидной винтовой поверхности, способной зацепляться в непрерывном станочном зацеплении с цилиндрическим зубчатым колесом, имеющем произвольное число зубьев.

В третьем разделе автором разработана компьютерная программа на языке C++, позволяющая получить компьютерную модель гиперboloидного инструмента, способного обрабатывать зубья цилиндрического зубчатого колеса заданного модуля, и представить её графически.

В четвертом разделе предложены схемы формообразования зубчатой поверхности цилиндрического зубчатого колеса гиперboloидным шлифовальным кругом и проанализирована получаемая при этом точность профиля зуба.

Пятый раздел посвящён разработке технологии формообразования гиперboloидной инструментальной поверхности, дано описание изготовления гиперboloидного шлифовального круга. В нём также содержится разработанная автором технология шлифования зубьев цилиндрического зубчатого колеса гиперboloидным шлифовальным кругом.

В приложениях приведены акты внедрения результатов исследований, выполненных в диссертационной работе и листинг программы моделирования многозаходного гиперboloидного шлифовального круга.

#### **5. Научная новизна диссертации**

Из содержания диссертации следует, что для достижения поставленной в диссертационной работе цели автором сформулирована научная новизна относительно предмета исследования, которая заключается в повышении производительности финишной обработки зубчатых колес за счет разработки новой технологии и схемы формообразования шлифовальных кругов.

В качестве новых научных результатов диссертации могут быть выдвинуты следующие положения:

1. Впервые получены математические зависимости для описания процесса профилирования червячного шлифовального круга, построенного на теле однополостного гиперboloида.

2. Впервые получены зависимости для определения отклонений формы поверхности зубьев цилиндрических зубчатых колес в процессе их шлифования гиперboloидным инструментом.

3. Впервые разработана схема формообразования цилиндрических

зубчатых колес червячным гиперболоидным шлифовальным кругом.

4. Получила дальнейшее развитие теория формообразования шлифовальных кругов как гиперболоидов, огибающих эвольвентную поверхность зуба обрабатываемого зубчатого колеса.

Новизна 1 раскрыта в разделах 2.1, 2.2 и 2.3 диссертации; новизна 2 раскрыта в разделах 3.1, 4.2, 4.3 и 4.4 диссертации; новизна 3 раскрыта в разделах 4.1 и 5.1 диссертации; новизна 4 раскрыта в разделах 2.1, 2.2, 2.3, 5.2 и 5.3 диссертации.

В целом, результаты, полученные диссертантом, являются новыми научными знаниями в области технологии машиностроения.

## **6. Практическая ценность полученных результатов для науки и техники**

В диссертации разработаны принципиально новые способы и технологии формообразования червячного гиперболоидного шлифовального круга на стандартном оборудовании за счёт подачи инструмента вдоль прямолинейной образующей однополосного гиперболоида, которые подтверждены патентами на полезную модель. При этом разработанная автором схема формообразования витков шлифовального круга на поверхности однополостного гиперболоида позволяет изготавливать принципиально новые инструменты для финишной обработки зубьев зубчатых колес. Как показали результаты экспериментальных исследований и опыт их внедрения в производство, отличительной особенностью таких инструментов можно считать их многозаходность, что однозначно приводит к повышению производительности обработки.

В диссертации показано, что применение предложенного инструмента по приведенным схемам шлифования зубьев зубчатых колес червячным гиперболоидным шлифовальным кругом позволяет повысить производительность финишной обработки на 30% при достижении 6-ой степени точности.

Результаты диссертационной работы внедрены на ЧАО "НПЦ "ТРАНСМАШ" г. Луганск и ПАО "Лугансктепловоз" г. Луганск.

## **7. Полнота изложения в опубликованных трудах основных результатов диссертации и апробация. Язык и стиль диссертации**

Основные результаты диссертационной работы Воронова А. Э. достаточно полно опубликованы в 15 научных работах, в том числе в 5-ти статьях в специализированных изданиях, утвержденных ВАК, в 3-х статьях в изданиях, имеющих индексацию, в 5-ти тезисах докладов на научно-технических конференциях, в 2-х патентах на полезные модели. По содержанию опубликованных работ можно утверждать о полноте освещения основных положений диссертационной работы в указанных публикациях и

патентах.

Материалы диссертации изложены логически четко, последовательно, на высоком профессиональном уровне. Основные результаты являются содержательными и вносят определенный вклад в область науки о технологии машиностроения. Содержание диссертации соответствует ее названию и поставленной цели исследования. Рукопись диссертации и автореферат оформлены в целом грамотно; язык и стиль изложения материала в них соответствует установленным нормам для научных работ. Автореферат диссертации достаточно полно отображает сущность выполненной работы, ее научные положения, результаты и выводы. Содержание автореферата идентично основным положениям диссертации.

## **8. Замечания по диссертационной работе**

В целом, представленная диссертационная работа не имеет принципиальных недостатков, которые могли бы повлиять на её положительную оценку. Однако, на мой взгляд, по диссертации можно отметить следующие недостатки и замечания.

1. В диссертации автор представил оригинальную методику определения профиля многозаходного гиперболоидного шлифовального круга, однако в выводах по работе это не нашло полного отражения.

2. Из представленных материалов диссертационной работы не понятно, можно ли применять разработанную автором методику для исследования и проектирования зуборезного инструмента, используемого для обработки зубьев другого профиля.

3. Ценность диссертационной работы значительно возросла, если бы автор представил в приложении один из вариантов технологического процесса изготовления гиперболоидного инструмента.

4. В диссертации автором основное большое внимание уделено процессам формообразования профиля зубьев эвольвентных прямозубых цилиндрических зубчатых колес. Однако, на мой взгляд, в работе следовало бы рассмотреть эти процессы и для конических зубчатых колес, или дать соответствующие рекомендации.

5. Угол скрещивания осей в формулах (3.2) на стр. 60, (3.6) на стр. 61 и в тексте на страницах 67, 69, 73 и др. представлен в градусах, а не в радианах, как это обычно указывают в технической литературе.

6. В диссертации на странице 80 исследуется форма искажения профиля зуба зубчатой рейки вдоль высоты зуба при диаметре в горловом сечении гиперболоидного шлифовального круга 100 мм. Несмотря на то, что характер искажения профиля зуба не зависит от диаметра в горловом сечении инструмента, необходимо было рассматривать диаметры шлифовальных кругов в пределах 250-350 мм, что было бы ближе к шлифовальным кругам, применяемым на станках Reishauer.

7. В автореферате рисунки 8 – 10 выполнены тонкими и нечёткими

линиями, что затрудняет восприятие представленного материала.

8. В диссертационной работе имеются отдельные описки и опечатки (например, на стр. 23, 101, 106, 126), в ряде случаев даны не достаточно внятные положения, формулировки и выводы (стр. 31, 38, 49, 61, 65, 67, 92), а в ряде случаев отсутствуют ссылки на известные разработки (например, стр. 16, 35, 115, 116).

## **9. Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа на тему «Совершенствование финишной обработки зубчатых колес за счёт новой технологии формообразования шлифовальных кругов» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития машиностроительной отрасли региона. В ней решена научно-техническая задача повышения производительности и точности финишной обработки зубчатых колёс за счёт разработки новой технологии и схемы формообразования шлифовальных кругов.

Анализ диссертационной работы в целом, содержания автореферата, публикаций и изобретений свидетельствует о том, что представленная диссертация является завершённой целостной научно-исследовательской работой. Тема диссертации актуальна, а результаты выполненных исследований и выводов по ним достоверны, имеют научную новизну и практическую ценность в области технологии машиностроения, так как содержат новые решения актуальной проблемы – повышение производительности финишной обработки зубьев зубчатых колес. В связи с этим представленная диссертационная работа заслуживает положительной оценки.

Материал диссертации подготовлен автором самостоятельно, изложен достаточно чётко, структурирован по разделам, обладает внутренним единством и написан грамотно с использованием терминологии, принятой в технологии машиностроения и резании материалов. Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в опубликованных научных работах, в том числе в специализированных изданиях, рекомендованных ВАК или имеющих индексацию, защищено патентами на полезную модель.

Анализ содержания автореферата, представленного объёмом 20 страниц, свидетельствует о том, что он полностью отражает основные идеи и выводы диссертации и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Отмеченные недостатки и замечания по диссертационной работе не являются принципиальными. Многие из них носят рекомендательный характер и могут быть учтены соискателем при дальнейшей его научной деятельности.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Совершенствование финишной обработки зубчатых колес за счёт новой технологии формообразования шлифовальных кругов» по своему содержанию, объёму, актуальности, научной и практической значимости, оформлению и глубине решения поставленных задач полностью соответствует требованиям пункта 2.2 «Положения о присуждении учёных степеней, а её автор – Воронов Артур Эдуардович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Официальный оппонент, доктор  
технических наук (специальность  
05.02.08 – Технология машиностроения),  
профессор, профессор кафедры механики  
института радиотехнических  
систем и управления ФГАОУ ВО  
"Южный федеральный университет"  
(Россия, 347935, Ростовская обл.,  
г. Таганрог, ул. Чехова, д. 154<sup>б</sup>, кв. 30,  
тел.: +79286005761,  
e-mail: mkk@egf.tsurre.ru)



Бутенко Виктор Иванович

12.03.2018г.

Я, Бутенко Виктор Иванович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, указанных в отзыве.



Бутенко Виктор Иванович

Подпись профессора Бутенко Виктора Ивановича заверяю

И.о. директора института радиотехнических  
систем и управления Южного Федерального  
университета, кандидат физико-математи-  
ческих наук, доцент



Болдырев Антон Сергеевич