

В диссертационный совет Д 999.003.02  
Федерального государственного  
образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
«Ульяновский государственный  
технический университет»,  
ученому секретарю  
диссертационного совета  
Веткасову Николаю Ивановичу  
423063, г. Ульяновск, ул. Энгельса, 3

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
на диссертационную работу **Печенкина Михаила Владимировича**  
**«МНОГОКООРДИНАТНОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ**  
**ФРЕЗЕРОВАНИЕМ ЗУБЬЕВ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ**  
**КОЛЕС ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ»,**  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механической и  
физико-технической обработки»

#### **Актуальность темы**

В диссертационной работе Печенкина М.В. разработано и применено моделирование формообразования боковой поверхности зубьев зубчатых колес, нарезаемых на заготовках вида «однополостной гиперboloид вращения», моделирование формообразования боковой поверхности зубьев на пятикоординатных станках с ЧПУ. В настоящее время в условиях рыночного производства и конкуренции в прогрессивных конструкциях и технологиях, когда непрерывно растут требования к передачам в приводах надежности, долговечности, нагрузочной способности при одновременном снижении их массы и габаритов, технологическая реализация новых конструкций зубчатых передач с прогнозируемыми высокими качественными эксплуатационными характеристиками оказывается как нельзя кстати.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций достигается базированием исследований на общепринятых законах и правилах теории зубчатых зацеплений, теории формообразования, теории резания материалов, технологии механической обработки; использованием извест-

ных и проверенных практикой методов математического моделирования, математики и информатики.

Теоретические положения диссертации подтверждаются приведенными в диссертации результатами практического эксперимента по формообразованию зубьев гиперболоидных зубчатых колес на станках с ЧПУ, результатами внедрения. Судя по практической реализации обработки зубьев, модели и методы формообразования показали свою работоспособность при практической реализации фрезерования зубьев гиперболоидных зубчатых колес двойной кривизны.

### **Научная значимость результатов**

Диссертантом сделан глубокий анализ существующей отечественной и зарубежной литературы, в котором констатируется, что некоторые теоретические вопросы проектирования сопряженного зацепления зубчатой передачи на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения были исследованы в работах Матвеева Г.А. и его учеников. В вышеуказанных работах были исследованы скорость относительного скольжения зубьев, кривизна боковой поверхности зубьев, дана сравнительная характеристика нагрузочной способности, коэффициента полезного действия и износостойкости по сравнению с винтовой цилиндрической передачей. Далее автор указывает, что вопросы изготовления зубчатой передачи на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения в работах Матвеева Г.А. и его учеников были рассмотрены поверхностно и сведены лишь к некоторым указаниям.

Отмечается также, что из-за невозможности реализовать нарезание таких зубчатых колес исследователями разрабатывались различные конструктивные схемы приспособлений, однако такие приспособления удлиняли кинематические цепи станков, приводили к возникновению дополнительных погрешностей формообразования. Кроме того, такие приспособления позволяли получать постоянную, а не переменную ширину впадины зубчатого колеса, что делало полученные такими приспособлениями зубчатые передачи неработоспособными - для обеспечения возможности зацепления лишней материал необходимо было дополнительно удалять.

Кроме того, диссертант отметил, что переменная ширина впадины зубьев зубчатого колеса на основе заготовки вида «однополостной гиперболоид вращения» в настоящий момент не позволяют полностью формо-



образовать такие зубья методом копирования или обкатки, что и предопределило необходимость реализации обработки зубьев таких колес на многокоординатных фрезерных станках с ЧПУ.

В заключение обзора существующей литературы диссертант отмечает, что в настоящее время задача формообразования зубьев на заготовках вида «однополостной гиперboloид вращения» не решена и недостаточно исследована.

Поэтому можно сказать, что новизной выполненной работы являются:

1. Математическая модель управления ориентацией инструмента при пятикоординатной обработке, впервые позволяющая нарезать зубья таких колес на многокоординатных станках с ЧПУ

2. Математическая зависимость для определения положения образующей линии при формообразовании боковой поверхности зубьев, что впервые позволяет осуществить геометрическое моделирование таких зубчатых колес в системах автоматизированного проектирования, с последующим использованием полученных моделей при разработке управляющих программ обработки зубьев.

Автором также разработан способ предварительного фрезерования зубьев дисковыми и концевыми модульными фрезами, инструмент для профильной модификации зубьев, математические зависимости для расчета координат точек образующих линий в виде дуг окружностей и эллипса, что составляет практическую значимость работы.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов исследований обеспечивается использованием строгого математического аппарата, известных методов теории зубчатых зацеплений, компьютерного моделирования и решением на их основе конкретной технологической задачи обработки зубьев на заготовке вида «однополостной гиперboloид вращения» на станках с ЧПУ. Результаты работы не противоречат исследованиям других авторов, а практический эксперимент и результаты внедрения подтвердили, что зубья зубчатых колес на заготовке вида «однополостной гиперboloид вращения» могут быть изготовлены на многокоординатных фрезерных станках с ЧПУ.

Использование диссертантом широко применяемых в машиностроении методов компьютерного моделирования посредством модулей программного комплекса SiemensNX, одновременной проверкой полученных моделей имитационным моделированием позволяют утверждать о высокой достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Рассматриваемая диссертационная работа обладает всеми признаками законченного научного исследования, что вытекает из ее структурного построения, внутренней логики и системного подхода к решаемым задачам. Диссертация написана грамотно, с использованием современной, корректной терминологии. Достаточная апробация результатов в научно-технических изданиях, на конференциях различного уровня обеспечила публичный доступ научной общественности к выносимым на защиту положениям и экспериментальным данным.

В целом диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и оформленную в виде специально подготовленной рукописи. Предложенные автором решения аргументированы и оценены в сравнении с известными решениями. В материалах диссертации содержатся сведения об использовании полученных диссертантом результатов. Оформление диссертации качественное и соответствует установленным требованиям.

Основные результаты диссертации получены лично автором и при его непосредственном участии и достаточно полно опубликованы в 10 научных трудах, в том числе 3 статьях в журналах из перечня ВАК, 2 патентах на изобретения, 1 патенте на полезную модель. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации.

При использовании материалов, принадлежащих другим ученым, Печенкин М.В. ссылался на автора и источник заимствования. Автором отдельно указано, что участие соавтора в 2-х научных работах носило консультационный характер.

### **Замечания по диссертации и автореферату**

1. На стр. 10 автором указывается на важность осуществления модификации зубьев, как профильной, так и продольной, однако в работе



была затронута только профильная модификация и не рассмотрена продольная модификация зубьев.

2. При оценке величины профильной модификации зубьев (формула 4.25) на стр. 86 не учтены многие факторы, такие как деформации валов и опор и некоторые другие, способные оказать значительное влияние на выход пятна контакта зубьев на кромку.
3. В общей характеристике работы не раскрыты «высокие качественные характеристики» зубчатой передачи, нет полноценного сравнения с уже существующими передачами на скрещивающихся осях.
4. Оценочно-сравнение времени предварительного нарезания зубьев зубчатых колес на заготовке вида «однополостной гиперболоид вращения» и гипоидных зубчатых колес, проведенное в главе 4 целесообразно было выразить в сравнение себестоимости обработки вышеперечисленных зубчатых колес.

Несмотря на указанные недостатки, работе может быть дана положительная оценка.

В заключение можно отметить, что в диссертации Печенкина М.В. изложено научно-обоснованное решение задачи формообразования зубьев колес на заготовке вида «однополостной гиперболоид вращения». Представленная работа отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор Печенкин М.В. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

кандидат технических наук (05.03.01 –  
технологии и оборудование механической  
и физико-технической обработки),  
доцент кафедры «Конструкторско-  
технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)  
федеральный университет,  
Набережночелнинский институт,  
423812, г.Набережные Челны,  
пр. Сююмбике, 10А  
E-mail: docfile@yandex.ru



С.Ю. Юрасов

