

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Печенкина Михаила Владимировича
«МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКООРДИНАТНОГО
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ ЗУБЬЕВ
ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ДВОЙНОЙ
КРИВИЗНЫ»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по научной специальности 05.02.07 «Технология и оборудование механи-
ческой и физико-технической обработки»

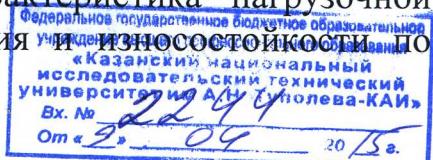
Актуальность темы

В диссертационной работе Печенкина М.В. разработано и применено моделирование геометрического формообразования боковой поверхности зубьев зубчатых колес, нарезаемых на заготовках вида однополостной гиперболоид вращения. В настоящее время в условиях рыночного производства и конкуренции с западной технологией, когда постоянно растут требования к надежности, долговечности, нагрузочной способности приводов при одновременном снижении их массы и габаритов, технологическая реализация новых зубчатых передач с прогнозируемыми высокими качественными характеристиками оказывается как нельзя кстати.

Изготовление зубьев гиперболоидных передач является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что боковая поверхность зуба такой передачи имеет переменную кривизну как по высоте зуба, так и по его ширине. Переменными у такого зуба являются и его расположение по отношению к оси вращения зубчатого колеса, угол наклона образующих линий, ширина впадины зуба. Эти особенности не позволяют использовать для обработки таких зубьев известные производительные методы зубонарезания, такие, например, как зубофрезерование червячными фрезами методом обката. Изготовить подобные зубчатые колеса удавалось только с использованием специальных приспособлений, обеспечивающих малопроизводительное приближенное формообразование. Таким образом, можно констатировать, что задача высокопроизводительного и точного формообразования зубьев на заготовках вида однополостной гиперболоид вращения до настоящего времени не решена.

Научная новизна и достоверность результатов

Диссидентом сделан глубокий анализ существующей отечественной и зарубежной литературы. В представленной диссертации установлено, что теоретические вопросы проектирования сопряженного зацепления зубчатой передачи на базе однополостного гиперболоида вращения были исследованы в работах Матвеева Г.А. и его учеников. Были определены 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 сопряженности зацепления лишний материал необходимо было удалять вручную.

Кроме того, диссертант отметил, что переменная ширина впадины зубьев зубчатого колеса на основе заготовки вида однополостной гиперболоид вращения в настоящий момент не позволяют полностью формообразовывать такие зубья методом копирования или обкатки, что, по его мнению, и предопределило необходимость реализации формообразования таких зубьев на универсально-фрезерных станках с ЧПУ.

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

Поэтому можно сказать, что новыми результатами, полученными Печенкиным М.В. являются:

1. Математическая модель управления ориентацией фрезы, заключающаяся в установлении зависимостей движения инструмента при формообразовании боковой поверхности зуба гиперболоидного зубчатого колеса двойной переменной кривизны на пятикоординатных станках с ЧПУ, при котором образующая линия – след режущей кромки инструмента (с учетом допущений) в каждый момент времени совпадает с образующей линией обрабатываемой поверхности, что позволяет получить линейный контакт обрабатываемой поверхности с инструментом и позволяет обработать зубья таких колес на многокоординатных станках с ЧПУ.

2. Математическая зависимость для определения положения образующей линии при формообразовании боковой поверхности зубьев, что позволяет осуществить геометрическое моделирование таких колес в CAD системах.

В результате выполнения диссертационного исследования автором разработана математическая модель кинематики пятикоординатного фрезерования зубьев зубчатых колес с управлением ориентации оси

инструмента. Получены математические зависимости для расчета координат точек образующей линии, позволившие осуществить геометрическое формообразование боковой поверхности зубьев и построение геометрической модели зубчатого колеса. Автором также разработан способ предварительного фрезерования зубьев дисковыми и модульными пальцевыми фрезами, инструмент для профильной модификации зубьев, математические зависимости для расчета координат точек образующих линий в виде дуг окружностей и эллипса.

Достоверность результатов исследований обеспечивается использованием строгого математического аппарата, известных методов теории зубчатых зацеплений и теории формообразования сложнопрофильных поверхностей резанием, использованием известных и проверенных практикой методов математического и компьютерного моделирования, математики и информатики и решением на их основе конкретной технологической задачи изготовления зубьев на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения с использованием станков с ЧПУ. Результаты работы не противоречат работам других авторов, а практический эксперимент подтвердил, что зубья зубчатых колес на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения могут быть изготовлены на пятикоординатных станках с ЧПУ.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений обеспечивается строгой логической структурой исследования. В первой главе автор последовательно рассматривает конструктивные особенности зубчатых колес, выявляет технологические трудности формообразования боковых поверхностей зубьев гиперболоидных зубчатых колес и на основе проведенного анализа формулирует цель работы и задачи исследований.

Во второй главе М.В.Печенкин вполне обоснованно применил математический аппарат теории зубчатых зацеплений, с использованием которого он получил математические зависимости для расчета координат точек образующей линии зубьев, выполненных дугами окружности и эллипса и построил геометрическую модель гиперболоидного зубчатого колеса.

В третьей главе автором использована теория формообразования сложнопрофильных поверхностей многокоординатной обработкой, на основе которой получены математические зависимости для управления ориентацией фрезы при пятикоординатном формообразовании боковых поверхностей зубьев двойной переменной кривизны.

В четвертой главе представлены результаты практической реализации разработанных методов и моделей по формообразованию зубьев гиперболоидных зубчатых колес на станках с ЧПУ. Это запатентованные автором способ изготовления гиперболоидных зубчатых колес и зуборезный инструмент – гребенчатая фреза, а также результаты пробного изготовления гиперболоидного зубчатого колеса с точением

однополостного гиперболоида на токарном станке и фрезерованием зубьев на универсально-фрезерном станке с ЧПУ.

В заключении автор, обобщая полученные результаты, вполне обоснованно делает выводы о возможности автоматизированного формообразования зубьев гиперболоидных зубчатых колес, боковые поверхности которых представляют собой поверхности двойной переменной кривизны, на пятикоординатных станках с ЧПУ с использованием полученных им математических зависимостей, методов и моделей.

Замечания по диссертации и автореферату

1. На стр. 36 автором указывается, что переменная кривизна боковой поверхности зуба создает технологические трудности для использования метода обката при нарезании зубчатых колес на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения, но что это за трудности и что мешает их преодолеть в тексте не раскрывается.
2. Некорректность терминологии: в выводах к главе 2 указано, что получены математические зависимости для координат точек производящих линий, однако в остальном тексте используется термин образующая линия, а не производящая линия.
3. Текстовые и символные обозначения на рис 3.1, стр. 62 не вынесены за графическую часть рисунка, что ухудшает его восприятие.
4. На рис. 1.3. стр. 10 гиперболоидные зубчатые передачи отнесены к зубчатым передачам, оси которых перекрещаются. ГОСТ 16530-83 «Передачи зубчатые: общие термины, определения и обозначения» предусматривает термин «скрещиваются», а не «перекрещаются».
5. Обзорная глава диссертации посвящена, в основном, общим вопросам геометрии и формообразования зубчатых венцов и методов профилирования.
6. Не приведены результаты контроля геометрических параметров обработанного зубчатого венца.
7. Рис. 2.3 б стр.50 некорректно отражает направление зубьев колес.

Общая характеристика работы

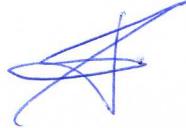
В целом диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и оформленную в виде специально подготовленной рукописи. Диссертация изложена грамотно и логично, автореферат отражает ее основное содержание. Предложенные автором решения аргументированы и оценены в сравнении с известными. 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 по Перечню ВАК, 2 патентах на изобретения, 1 патенте на полезную модель. Содержание авторефера полностью соответствует диссертации.

При использовании материалов, принадлежащих другим ученым, Печенкин М.В. ссылался на автора и источник заимствования.

В заключение можно отметить, что в диссертации Печенкина М.В. изложено научно-обоснованное техническое решение задачи формообразования зубьев зубчатых колес на заготовке вида однополостной гиперболоид вращения, имеющее существенное значение для развития науки о зубчатых зацеплениях и технологии их формообразования. Представленная работа отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее 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.

Доцент кафедры конструкторско-технологического
обеспечения машиностроительных производств
Набережночелнинского института (филиала)
Казанского (Приволжского) федерального
университета,
кандидат технических наук, доцент



Юрасов С.Ю.

