

собности зубчатых колёс // Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Пр. 1-ї міжнародної науково-техн. конф. – Тернопіль, ТДГУ, 2004. – С.337–342. 3. Саврук М.П. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. Пособие в 4 т. Т.2: Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами / Саврук М.П. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 620с.

Поступила в редколлегию 04.05.09

УДК 621.833

**В.Н. ВЛАСЕНКО**, к.т.н., директор АОЗТ "НИИ "Редуктор", г. Киев  
**А.З. ВЫСОЦКИЙ**, АОЗТ "НИИ "Редуктор", г. Киев

### РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИИ КОНИЧЕСКИХ И ГИПОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Розрахунок геометрії конічних та гіпоїдних зубчастих передач.

Calculation of geometry data of bevel and hypoid gears.

Многие десятилетия информация о геометрии конических, а особенно гипоидных зубчатых передач, разрабатывалась и публиковалась различными производителями зубчатых механизмов. Известно, что специфические формулы для их соответствующей геометрии были разработаны для методов формообразования для конкретных станков и инструментов. Во многих случаях эти формулы не могут быть использованы для всех типов конических зубчатых передач. Эта ситуация изменилась с введением универсальных, многокоординатных станков с числовым программным управлением способных производить все виды зубчатого зацепления. Таким образом, производители требовали обеспечения программами для расчета геометрии конических зубчатых колес получаемых разными методами зубообработки.

В ТК-47 "Механические приводы" разработана окончательная редакция национального стандарта [1] идентичным переводом международного стандарта [2]. Этот стандарт объединяет конические передачи с прямыми зубьями и три главных метода формирования конструкции конических передач с криволинейными зубьями в один полный набор формул. Структура формул такая, что их можно программировать непосредственно, позволяя пользователю сравнивать разные конструкции.

Дополнительная цель этого стандарта является возможность в будущем создание системы ISO оценки показателей гипоидной зубчатой передачи.

Этот стандарт объединяет в себе области применения действующих межгосударственных стандартов [3, 4], а также нестандартизированной методики расчета геометрии гипоидных передач.

В стандарте [1] гипоидные передачи рассматриваются как наиболее общий вид зубчатой передачи. Оси зубчатых колес смещены и не пересекаются. Зубья криволинейные в продольном направлении. Все остальные виды зубчатых передач можно считать подгруппами гипоидных. Конические зубчатые передачи с криволинейными зубьями являются гипоидными с нулевым смещением между осями. Прямозубые конические передачи являются гипоидными передачами с нулевым смещением и нулевой кривизной зуба. Цилиндрические косозубые передачи являются гипоидными передачами с нулевым межосевым углом и нулевой кривизной зуба.

В стандарте [1] несколько отличается подход к форме зуба. В упомянутых межгосударственных стандартах применяются, а в межгосударственном стандарте [5] определены такие осевые формы зуба:

- I – пропорционально понижающаяся (высота ножки зуба прямо пропорциональна расстоянию от вершины),
- II – понижающаяся (делительная окружная толщина зуба приблизительно прямо пропорциональна расстоянию от вершины делительного конуса), в двух вариантах:
  - с приблизительно равной шириной "ленточки" на поверхности вершин и переменным радиальным зазором и
  - с постоянным радиальным зазором,
- III – равновысокая (высота зуба постоянна по всей его длине).

В новом стандарте [1] рассматриваются следующие взаимосвязанные основные типы конических форм:

- коническая форма высоты касается изменения высоты зуба вдоль зубчатого венца;
- коническая форма ширины дна впадины касается изменения в разводе резцов;
- коническая форма ширины впадины касается изменения ширины впадины вдоль зубчатого венца;
- коническая форма толщины зуба касается изменения толщины зуба вдоль зубчатого венца.

Конической формой первоочередного рассмотрения для производства является коническая форма ширины дна впадины. Ширина дна в самой узкой точке определяет развод резцов режущего инструмента и ограничивает радиус режущей кромки, который может иметь резец. Конической формой, непосредственно влияющей на заготовку, является коническая форма высоты из-за ее влияния на угол ножки зуба, используемый при расчете угла конуса вершин сопряженной детали. Коническая форма ширины дна впадины зависит от продольной кривизны и угла ножки зуба. Ее можно изменять изменением конической формы высоты, т.е. наклона линии дна. Линия дна вообще поворачивается вокруг средней части для поддержания желаемой рабочей высоты в среднем сечении зуба. В стандартной форме высоты зуба высота изменяется пропор-

ционально конусному расстоянию в любом сечении зуба. Коническая форма по ширине дна впадины может иметь варианты с постоянной шириной дна впадины обоих зубчатых колес и с модифицированной шириной дна впадины при которой ширина дна впадины колеса постоянная, а шестерни – произвольная. Существенным методом управления конической формой зуба, влияющим на геометрические, кинематические и прочностные показатели передачи, является надлежащий выбор параметров режущего инструмента.

К сожалению, международный стандарт [2] не содержит конкретных и формализованных рекомендаций по выбору конической формы зуба (в отличие от межгосударственных стандартов, содержащих рекомендации и ограничения по выбору осевой формы зуба, диаметра зуборезной головки и т.п.). В тексте стандарта [2] и в прилагаемых примерах в качестве исходных данных приводятся не параметры стандартизованного исходного контура [6-8], а некоторые производные величины, логика назначения которых не определена. Это явление серьезно затрудняет проведение сравнительных расчетов по международному и межгосударственным стандартам, дополнительные затруднения вносит низкая (5 значащих цифр) точность расчетов в примере к международному стандарту [2], которая при использовании современной вычислительной техники и программного обеспечения выглядит смехотворной, в то время как в межгосударственных стандартах, по крайней мере в ряде операций, требуется точность не ниже 0,000001).

При внедрении международного стандарта необходимо разработать методические рекомендации с приведением практического алгоритма расчетов и рекомендаций по выбору параметров.

**Список литературы:** 1. *DCTV ISO 23509* Передачи зубчатые конические и гипоидные. Расчет геометрии. 2. *ISO 23509:2006* Bevel and hypoid gear geometry. 3. *ГОСТ 19326-73* Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии. 4. *ГОСТ 19624-74* Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии. 5. *ГОСТ 19325-73* Передачи зубчатые конические. Термины, определения и обозначения. 6. **ГОСТ 13754-81** Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Исходный контур. 7. *ГОСТ 16202-81* Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Исходный контур. 8. *DCTV ISO 677* Передачі зубчасті конічні прямозубі для загального і важкого машинобудування. Вихідний контур.

*Поступила в редколлегию 08.05.09*

УДК 621.83

**Б.С. ВОРОНЦОВ**, к.т.н., доцент каф. ТМ ВНУ им. В. Даля  
**И.А. БОЧАРОВА**, к.т.н., ст.преп. каф. НГиГ ВНУ им.В.Даля  
**Д.А. ЧАПЛИНСКИЙ**, аспирант, ВНУ им. В. Даля, г. Луганск

## СИНТЕЗ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Розроблено методику визначення геометрії зубців зношених зубчастих коліс. Синтезовано зубчасті передачі з покращеною формою зубців. Отримані твердотільні комп'ютерні моделі, керуючі програми для верстата із ЧПУ, які були згенеровані та були виготовлені зубчасті колеса.

Methods of worn gear wheels teeth geometry definition has been worked out. Teeth gears having improved teeth form have been synthesized. Solid computer models have been obtained, controlling programs for numerically controlled machine-tools have been generated and gear wheels have been produced.

**Постановка проблемы.** Для повышения срока службы и эффективности использования импортного оборудования возникают задачи изготовления различных ответственных узлов и деталей и улучшения их эксплуатационных свойств.

Часто такими деталями являются различные виды зубчатых колес. При этом по изношенным или разрушенным зубьям колес необходимо восстановить первоначальную геометрию, провести анализ и синтезировать более предпочтительную форму зубьев.

**Анализ литературы.** Выбору рациональной геометрии зубчатых колес посвящены работы [1,2]. На основании полученных исследований создаются твердотельные компьютерные модели колес, по которым изготавливаются конечные изделия. В работе [3] приведен способ создания зубообрабатывающего инструмента и зубчатых колес методом послойного наращивания материала на основании твердотельной компьютерной модели. Метод изготовления зубчатых колес с арочными зубьями на станке с ЧПУ по программе, сгенерированной на основании компьютерной модели рассмотрен в работе [4].

**Целью** данной работы является решение комплексной задачи получения исходных данных, синтеза и изготовления сложнопрофильных зубчатых колес.

**Основная часть.** В результате эксплуатации зубчатых колес происходит износ и разрушение поверхностей зубьев (рисунок 1).

Для определения исходной геометрии зубьев использовалась координатно-измерительная машина типа рука "MicroScribe G2" (рисунок 2).

Для обработки полученных данных была применена система CoreCAD компании Delcam plc. На рисунке 3 показано зацепление зубчатых колес в торцевом сечении.