

КОРРИГИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

*Студенты – Хартанович А.М., 43 тс, 3 курс, ФТС;
Климец Е.А., 9 от, 3 курс, ИТФ;
Магало Е.В., 9 от, 3 курс, ИТФ*

*Научные
руководители – Вольский А.Л., ст. преподаватель;
Клавсуть П.В., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Описывается применение различных видов корригированы зубчатых колес и технологические способы их нарезания. Показано применение оптимизационных методов с использованием блокирующего контура при выборе коэффициентов смещения (корригированные) цилиндрических эвольвенты зубчатых передач внешнего зацепления.

Ключевые слова: зубчатая передача, корригирование, коэффициенты смещения, расчет, оптимизация, визуализация.

В зубчатой передаче для получения больших передаточных чисел при малых габаритах передачи применяют ведущие шестерни с малым числом зубьев. В передачах, изготавливаемых серийно, число зубьев шестерен может быть принято менее 17 (даже 14...10). Так, например, знаменитый танк Т-34 в бортовой передаче имел шестерню с числом зубьев 10 [1], но шестерня с таким малыми числами зубьев должна изготавливаться с корригированием. В противном случае будет наблюдаться снижение ресурса передачи.

Корригирование зубчатых колёс (от лат. *corrigo* – исправляю, улучшаю), приём улучшения формы зубьев эвольвентного зубчатого зацепления. Сущность корригированы сводится к использованию в работе различных участков одной и той же эвольвенты. При нарезании зубчатых колёс исходный стандартный контур производящей рейки смещают в радиальном направлении так, что её делительная прямая не касается делительной окружности колеса, т.е. корригированием зацепления называется исправление зацепления, приводящее к отступлению от его нормальных размеров по ГОСТ 13755-2015.

Корригированные дает возможность: устранить подрезание ножки зуба, получающееся при нарезании методом обката некорригированных колес с малым числом зубьев (подрезание приводит к снижению прочности и уменьшению износостойкости зубьев) и тем самым увеличить толщину зуба у основания, а следовательно, увеличить и его прочность до

50 %; исключить заострение зуба (появляется склонность к скалыванию зубьев на вершинах); устранить интерференцию зубьев зубчатых колес при построении зацепления и нарезании зубьев (исключить нарушение основного закона зацепления, заклинивание или люфт в передаче, нарушение эвольвентного профиля). Корригирование зубчатых колес позволяет изменять межосевые расстояния в прямозубых зубчатых передачах, что даёт возможность решать ряд важных конструктивных задач. Например, в коробках скоростей, планетарных механизмах, соосных редукторах можно разместить между двумя валами передачи, у которых одно и то же колесо входит в зацепление с колёсами, имеющими разные числа зубьев. За счет корригирования можно получить более плавное зацепление и обеспечить более равномерное распределение нагрузки между зубьями (характеризуется коэффициентом торцового перекрытия, для прямозубых передач рекомендуемое значение равно или более 1,2). Корректированием можно обеспечить более высокую износостойкость передачи и ее стойкость к заеданию (критерием в геометрической интерпретации может служить линия выравнивания удельных скольжений [2]).

Следовательно, передачи со смещением позволяют стандартным инструментом изменять форму и размеры зубьев, улучшать качественные показатели зацепления и повышать нагрузочную способность передачи.

Корригирование при нарезании зубчатых колес методом обката на станках, работающих червячной фрезой, зуборезной гребенкой или долбяком, достигается сдвигом (смещением) инструмента от делительной окружности нарезаемого колеса в направлении центра заготовки. Сдвиг инструмента задается в долях модуля в виде произведения $\pm x_m$. При x ставят знак плюс или минус. Знак плюс показывает, что середина контура зуба рейки находится дальше от оси нарезаемого колеса, чем точки делительной окружности, знак минус – что ближе.

Нахождение коэффициентов смещения X_1 и X_2 , при которых передача будет иметь максимально возможную нагрузочную способность, является ответственной и сложной задачей проектирования эвольвентных зубчатых передач.

Имея в библиотеке системы проектирования Компас 3D [3] модуль «Валы и механические передачи 3D» [4], можно провести оптимизационное проектирование передачи – сделать автоматизированный расчет коэффициентов смещения и тем самым спроектировать цилиндрическую зубчатую передачу внешнего зацепления с эвольвентными зубьями, имеющую оптимальные свойства по нескольким критериям: контактной прочности, прочности по изгибу, равнопрочности зубьев, износостойкости и сопротивления заеданию, плавности работы. Проектировать детали можно не только в соответствии с отечественной нормативной базой (ГОСТ, ОСТ), но и по стандартам других стран (в частности ISO). Применение зарубежных стандартов при

проектировании механических передач расширяет возможности по ремонту импортных узлов и агрегатов, т.е. решать вопросы импортозамещения. Они безо всяких ограничений могут быть использованы при создании программ для станков с ЧПУ). Встроенные расчетные модули, каталоги материалов и стандартных изделий помогают создавать модели узлов и механизмов в кратчайшие сроки с использованием действующей нормативной базы.

При расчете коэффициентов смещения предоставленной передачи в первую очередь будет построен блокирующий контур [5], который представляет собой набор линий в системе координат $X1$ и $X2$. Блокирующий контур ограничивает область допустимых значений коэффициентов смещения $X1$ и $X2$ для передачи с заданными числами зубьев $Z1$ и $Z2$. Поле контура(заштриховано) – это графическое представление области существования передачи, в которой будет обеспечена её геометрически и кинематически правильная работа.

Каждая линия в блокирующем контуре отделяет область допускаемых значений соответствующего параметра (рисунок 1):

- 1 – линия ограничения по подрезанию для ведомого колеса;
- 2 – граница допустимого подрезания зуба ведущего колеса;
- 3 – линия ограничения по заострению для ведомого колеса;
- 4 – линия ограничения по заострению для ведущего колеса;
- 5 – линия ограничения по интерференции зубьев для ведомого колеса;
- 6 – линия ограничения по интерференции зубьев для ведущего колеса;
- 7 – линия коэффициента торцового перекрытия со значением 1,2;
- 8 – линия выравнивания удельных скольжений;
- 9 – линия коэффициента торцового перекрытия со значением 1,0.

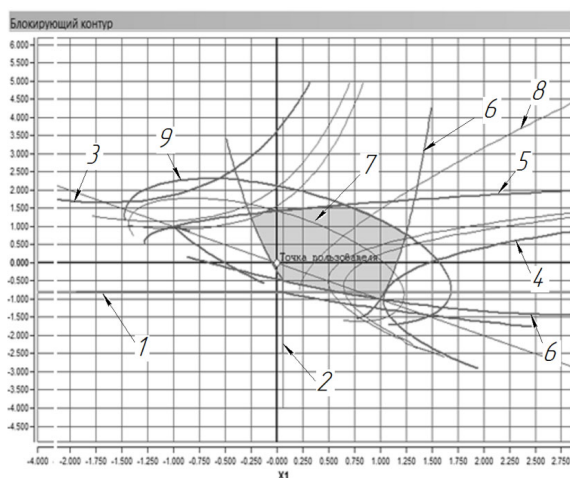


Рисунок 1– Блокирующий контур

В модуле «Валы и механические передачи 3D» предусмотрена возможность визуализации результатов расчета и построение 2D-профилей зубчатых венцов передачи (рисунок 2).

2D-профили зубчатых венцов абсолютно правильны и геометрически корректны и могут быть использованы для визуальной оценки качества зацепления (особенно важно при использовании в учебном процессе). Важной особенностью рассматриваемого программного комплекса является то пользователь может вручную выбрать точку с коэффициентами смещения $X1$ и $X2$ непосредственно в поле блокирующего контура или вне его и запустить расчет построения 2D-профили зубчатых венцов передачи при любом сочетании коэффициентов смещения и визуально оценить свое решение (в учебном процессе ценность такой возможности неоспорима).

На рисунке 2 видно, что при значениях коэффициентов смещения из области, ограниченной блокирующим контуром, мы получаем близкий к оптимальному профиль зацепления.

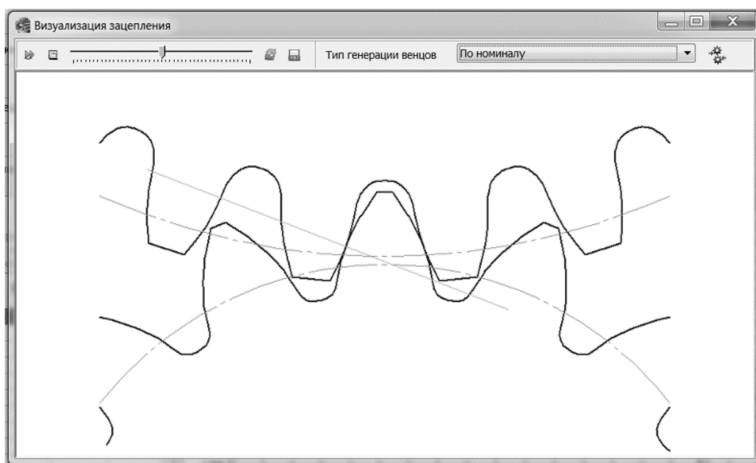


Рисунок 2 – Зацепление при значениях коэффициентов смещения в зоне блокирующего контура

При значениях коэффициентов смещения вне построенной области блокирующего контура можем получать зацепление с явным подрезанием зубьев одного из колес и с одновременным заострением зубьев второго колеса передачи (рисунок 3).

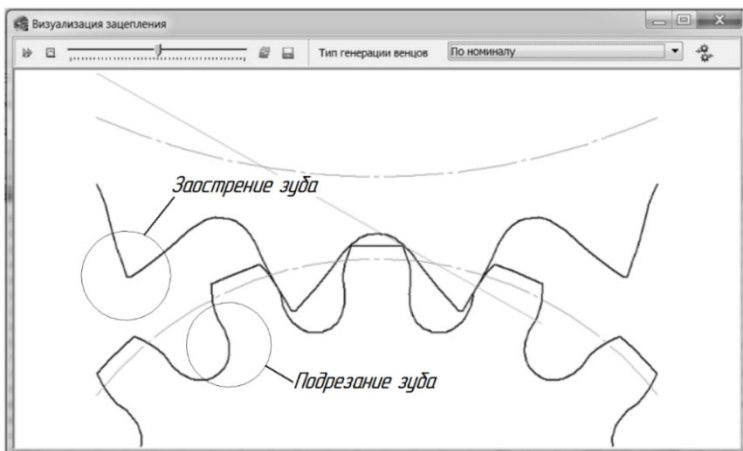


Рисунок 3 – Зацепление при значениях коэффициентов смещения вне зоны блокирующего контура

Принимая во внимание широкое распространение и доступность системы КОМПАС-3D российского разработчика АСКОН, а также наличие в библиотеке КОМПАС модуля «Валы и механические передачи 3D», можно утверждать, что предложенная методика расчета коэффициентов смещения зубчатых передач с использованием блокирующего контура будет востребована специалистами предприятий, преподавателями в учебном процессе и студентами при курсовом и дипломном проектировании.

Список использованных источников

1. Трансмиссия танка Т-34. [Электронный ресурс]: <http://wio.ru/tank/manual/t34manual5-3.htm/> Дата доступа: 21.04.2022.
2. Фёдоров, Н.Н. Теория механизмов и машин: учеб. пособие / Н.Н. Федоров. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 224 с.
3. КОМПАС-3D Система трехмерного моделирования. [Электронный ресурс]: <https://ascon.ru/products/7/review/> Дата доступа: 21.04.2022.
4. Валы и механические передачи 3D. [Электронный ресурс]: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/shafts-3d/> Дата доступа: 21.04.2022.
5. Вебинар «Новинки комплекта КОМПАС-3D: Механика». [Электронный ресурс]: https://kompas.ru/company/webinar/items/?ev_id=1240/ Дата доступа: 21.04.2022.