

## РАЗРАБОТКА ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННО МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРОФИЛЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА КОНИЧЕСКО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

ТИТЕНКОВ А. И.

*Могилевский государственный технический университет*

Мировой рынок наукоемких изделий развивается в направлении полного перехода на информационные технологии проектирования, производства продукции [1]. Трудоемкий процесс построения нового изделия начинается с компьютерно ориентированного проектирования, которое в зависимости от полноты программного обеспечения сопровождается определенным объемом проверок и отработки принятых вариантов на имеющейся экспериментальной базе.

В традиционном расчетно-экспериментальном порядке поэтапного создания нового изделия, несмотря на достигнутый прогресс в применяемых методах и средствах, главную трудность представляют выбор проектных решений, их обоснование и оптимизация. Причина этих трудностей, с одной стороны, заключается в противоречивости и сложности технических вопросов при формировании структурных звеньев, а с другой – в принципиальной неопределенности принимаемых исходных условий и самого варьируемого состава будущего изделия. Неопределенность проявляется в виде неполноты информации, имеющейся в начальный период, которая пополняется и определяется только по мере разработки проекта.

Указанные трудности и серьезные последствия неудач при создании новой техники делают необходимой разработку более эффективных современных подходов к организации и содержанию самого процесса проектирования. В последние годы в противовес указанному традиционному подходу некоторые западные фирмы, занятые разработкой средств программного обеспечения для компьютерного проектирования, начали активно развивать новый альтернативный подход, в том числе применительно к изделиям машиностроения. Этот

подход получил название «сквозного проектирования», так как объединил в себе собственно проектирование и технологию изготовления.

В отличие от существующего подхода, при котором в начале проектирования применяемые расчетные модели имеют упрощенно-схематизированный характер из-за недостатка детализации (информации), в предварительно принятых решениях при непродвинутой разработке проекта, при новом подходе создание базовых моделей изделия, которое еще не имеет своей информационной модели, начинается с верхних уровней детализации при построении «твердотельных» моделей. В дальнейшем эти трехмерные («твердотельные») геометрические модели используют для варьирования поиска оптимизации под новые задачи изделия, отработки и обоснования в рамках данного проекта по требованиям выданного технического задания.

Обычно отработка заготовки начинается на исходном геометрическом уровне в виде согласования частей в целом в условиях их взаимных движений, проверки на «проворачивание», а также в виде предварительного, по возможности соразмерного, распределения имеющегося (габаритного) пространства между структурными компонентами по внешним признакам «равноправности» или по особым функциональным требованиям (критериям) оптимизации.

Коническо-цилиндрическая прецессионная передача (КЦПП) является одной из механических передач нового типа, исследование которой представляет интерес с точки зрения перспектив создания малогабаритных и низких по себестоимости редуцирующих механизмов [2]. При проектировании КЦПП большое внимание уделяется долговечности и износостойкости контактирующих поверхностей зубчатых венцов на предварительном этапе. Для этого необ-



ходимо составить корректную математическую модель пространственно модифицированного профиля зубчатого колеса КЦПП. Для решения данной задачи автором разработано программное обеспечение на языке программирования Visual Basic for Application для графического редактора AutoCAD, позволяющее создавать базовые модели КЦПП, начиная с верхних уровней детализации при построении «твердых» моделей.

Геометрия пространственных модифицированных зубьев сателлита зависит главным образом от геометрических параметров формообразующего зубчатого профиля центрального колеса, контактирующего с сателлитом в КЦПП. Поэтому для определения параметров зубьев сателлита вначале необходимо сформировать математическую модель зубьев центрального колеса. В КЦПП зубчатый венец центрального колеса описывается по кривой – эвольвенте и имеет соответственно эвольвентный профиль. По обобщенным параметрам эвольвентного профиля можно определить координаты любой точки эвольвенты [3]. Соединяя последовательно искомые точки прямыми отрезками, получаем необходимые эвольвенты. Выполняется проверка на подрезание вершин зубьев. В случае положительного ответа происходит возврат для изменения начальных данных при построении эвольвентного профиля зуба. После построения эвольвент определяем толщины впадин и выступов для внутренних зубьев. По данным величинам строим впадины и выступы в виде дуг окружностей. Делая копии полученных изображений в количестве, равном количеству зубьев  $z_k$ , размещаем их вокруг центра, проецируем их в 3D-пространстве и получаем твердотельные модели зубьев центрального колеса. После этого объединяем их с цилиндрической заготовкой и получаем модель зубчатого венца с эвольвентным профилем. Затем выдавливаем полученную модель из второй заготовки большего радиуса и получаем изображение зубчатого колеса с внутренними зубьями (рис. 1). Средства моделирования на основе аппарата ограничивающих условий позволяют присваивать переменные отдельным параметрам модели, связывая их уравнениями, и использовать последние для определения геометрической формы.



Рис. 1. Твердотельная модель центрального колеса с внутренними зубьями эвольвентного профиля

Первоначально сателлит представлен в виде заготовки цилиндрической формы. Так как зубья сателлита имеют пространственно модифицированный профиль, при построении использовался метод обката центрального колеса с эвольвентным профилем зубьев. При этом колесо оставалось неподвижно, а сателлит совершал прецессионное движение, вращался вокруг оси центрального колеса и собственной оси (рис. 2).

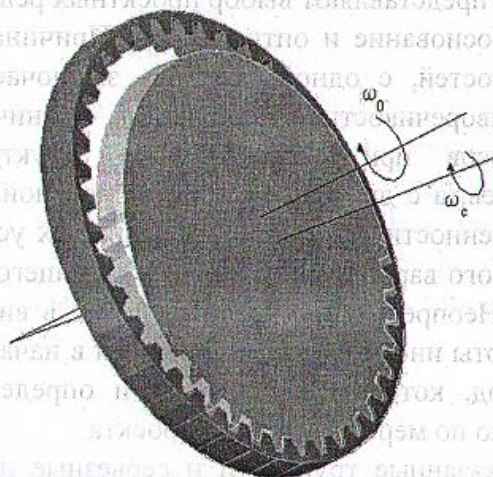


Рис. 2. Процесс формирования пространственных зубьев сателлита

Угол поворота сателлита вокруг собственной оси вращения зависит от числа зубьев наружного зубчатого венца сателлита и внутреннего зубчатого венца центрального колеса, т. е. от передаточного отношения КЦПП. В процессе моделирования обката сателлитом профиля центрального зубчатого колеса выступающие места цилиндрической заготовки сателлита



удалялись, в результате на экране был построен модифицированный профиль зуба сателлита (рис. 3).

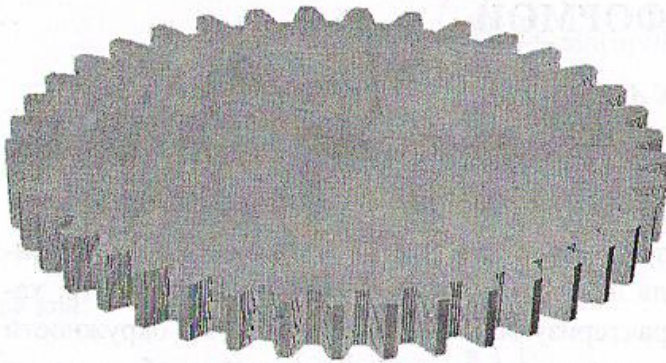


Рис. 3. Объемная модель пространственно модифицированного профиля зубчатого колеса КЦПП

Система хранит всю историю работы по моделированию объекта – пользователь может «откатиться» назад для исправления геометрии или изменения каких-либо параметров. Кроме того, можно задать режим автоматической проверки на корректность сделанных изменений, например контроль за пересечением поверхностей или предупреждение об изменении целостности контура детали при коррекции каких-либо параметров.

Кроме сбора конструкционных параметров и соотношений между ними, система накапливает не только геометрические данные, но и информацию, отражающую принципиальную структуру создаваемой конструкции. Модификацию и регенерацию модели при этом можно легко выполнять простым изменением ее параметров. Возможности управляемого размерами параметрического моделирования, а также моделирования на базе конструктивных (технологических) элементов дополняются методами вариационной геометрии и эскизного проекти-

рования. Сочетание данных средств позволяет в быстром итерационном режиме достичь необходимого представления модели и в кратчайшие сроки завершить выполнение конструкторских задач.

Описанное программное обеспечение для анализа работы коническо-цилиндрической прецессионной передачи позволяет на стадии выполнения технического задания получить достоверное суждение о работоспособности зубчатой передачи, подлежащей изготовлению. При этом анализируется контакт истинных боковых поверхностей зубьев, а не их упрощенных моделей, как в системах зарубежных аналогов, чем обеспечивается большая достоверность получаемых результатов. Убедительный довод в пользу компьютерного метода проектирования новой техники – дальнейшее развитие вычислительной техники и совершенствование программных продуктов типа «тяжелой» САПР, что позволит преодолеть все препятствия на пути к адекватному отражению структурного состава и функций создаваемого изделия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Салтыков М. А. О выборе методов и средств современного проектирования и конструирования структурно-сложных изделий в машиностроении / М. А. Салтыков, А. М. Казанская // Вестник машиностроения. – 2001. – № 11. – С. 22–26.
2. Планетарные прецессионные передачи (ППП): Кинематический, силовой и технологический аспекты их создания / П. Н. Громыко, А. А. Жолобов, А. А. Стаценко и др.; Под общ. ред. А. Т. Скойбеды. – Мн.: БГПА, 2000. – 252 с.
3. Гавриленко В. И. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. – М.: Машиностроение, 1969. – 432 с.