

УДК 621.831

Л. Г. Доконов

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПРЕЦЕССИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Рассмотрен способ решения проблемы, возникающей при контроле зубьев сателлита планетарной прецессионной передачи.

Планетарные прецессионные передачи (ППП) – это относительно новый вид механических передач [1, 2]. ППП является одним из структурных вариантов эксцентриковой передачи, в которой на входном валу расположен эксцентрик, выполненный в виде наклонного кривошипа, поэтому сателлит имеет наклонное расположение относительно оси входного вала. К достоинствам ППП можно отнести: малые габаритные размеры, высокую несущую способность, относительно низкое значение величины механических потерь. Структурная схема ППП типа К-Н-V представлена на рис. 1.

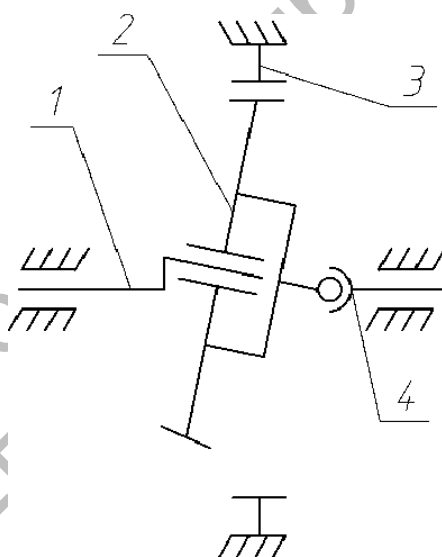


Рис. 1. Схема ППП типа К-Н-V

Передача работает следующим образом: при вращении входного вала 1 эксцентрик приводит в колебательное движение наклонный сателлит 2. Зубья сателлита 2 входят в зацепление с внутренними зубьями центрального неподвижного колеса 3. Благодаря указанному взаимодействию, сателлит 2 получает вращательное движение, которое передается на выходной вал передачи с помощью угловой муфты 4. Передаточное отношение определяется разностью чисел зубьев сателлита и центрального колеса и при указанной разнице, равной единице, равно числу зубьев сателлита.

На основе схемы, изображенной на рис. 1, была разработана конструкция прецессионного мотор-редуктора, общий вид которого представлен на рис. 2.

Прецессионный мотор-редуктор состоит из следующих основных деталей: на фланце электродвигателя 1 жестко закреплен корпус редуктора 7, на входном валу 2 размещен эксцентрик с противовесом 4, эксцентрик 4 составляет с сателлитом 5 сферическую пару посредством подшипника 3, вращение сателлита 5 передается на выходной вал 6 с помощью угловой муфты 8.

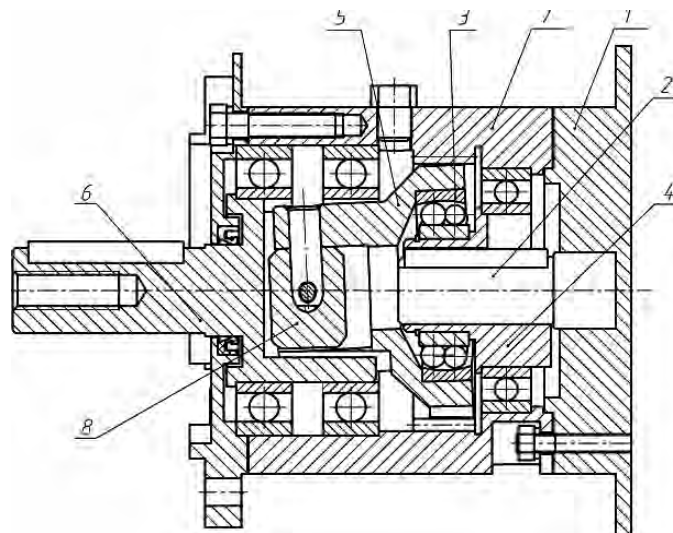


Рис. 2. Общий вид мотор-редуктора на базе ППП типа К-Н-V

На основе разработанной конструкции были изготовлены опытные образцы прецессионного мотор-редуктора, основные детали которого показаны на рис. 3.



Рис. 3. Основные детали редуктора

Наиболее сложной в изготовлении деталью является сателлит 3, имеющий пространственно-модифицированную форму зубьев.

Обработка зубьев сателлита 3 ведется на зубофрезерном станке методом двойного хода [3]. Сущность данного метода заключается в следующем. В процессе обработки червячной фрезе 1 и заготовке сателлита 2 сообщаются взаимосвязанные вращения вокруг их осей, обеспечивающие нарезание зубьев методом обкатки (рис. 4). Обработку производят настроив червячный инструмент на нарезание косых зубьев с левым углом наклона  $\beta$ , обеспечивающим необходимое заострение зубьев сателлита 2. Затем осуществляют перенастройку зубофрезерного станка на нарезание косых зубьев с тем же значением угла  $\beta$ , но с противоположным направлением наклона зубьев.

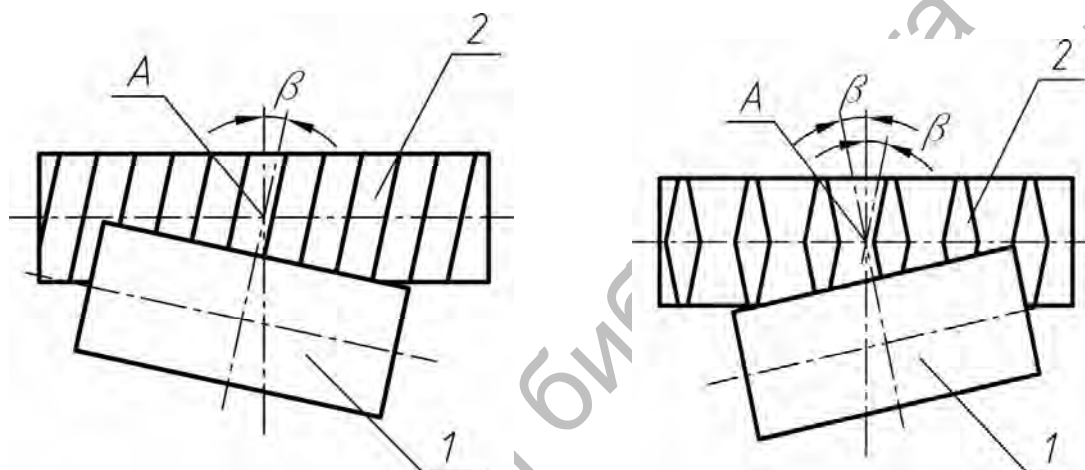


Рис. 4. Схема формообразования зубьев сателлита методом двойного хода

В результате применения этого метода образуется пространственно-модифицированные зубья, общий вид которых показан на рис. 5.

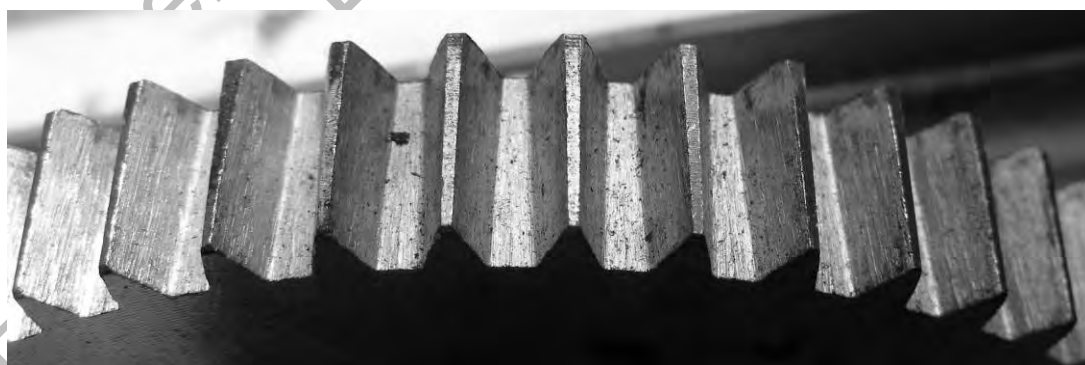


Рис. 5. Общий вид пространственно-модифицированных зубьев сателлита

Так как сателлит имеет в поперечных сечениях различные по толщине профили зубьев, возникают сложности с контролем их размеров. Данный контроль можно производить с помощью измерительных микроскопов. В настоящее время существует

множество разновидностей микроскопов с выводом изображения на монитор компьютера в режиме реального времени с одновременной обработкой данных. Но, как правило, цена на такие микроскопы высока, поэтому в лаборатории по прецессионным передачам Белорусско-Российского университета было разработано специальное контрольное устройство, основывающееся на использовании измерительного микроскопа БМИ-1 и цифрового фотоаппарата Olympus C70. Основным преимуществом разработанного устройства по сравнению с применяемыми стандартными измерительными микроскопами является низкая стоимость.

Общий вид устройства для контроля сложнопрофильных поверхностей деталей ППП представлен на рис. 6. Данное устройство состоит из: основания микроскопа 1, суппорта 2, поворотного стола 3, трехлапчатого патрона 4, в котором крепится контролируемая деталь 8, колонки 5, установочной пластины 6 с закрепленным на ней фотоаппаратом 7, уголков 9 для крепления патрона, поперечного 10 и продольного 11 микрометренных винтов, маховичков 12, 13 и кронштейна 14.

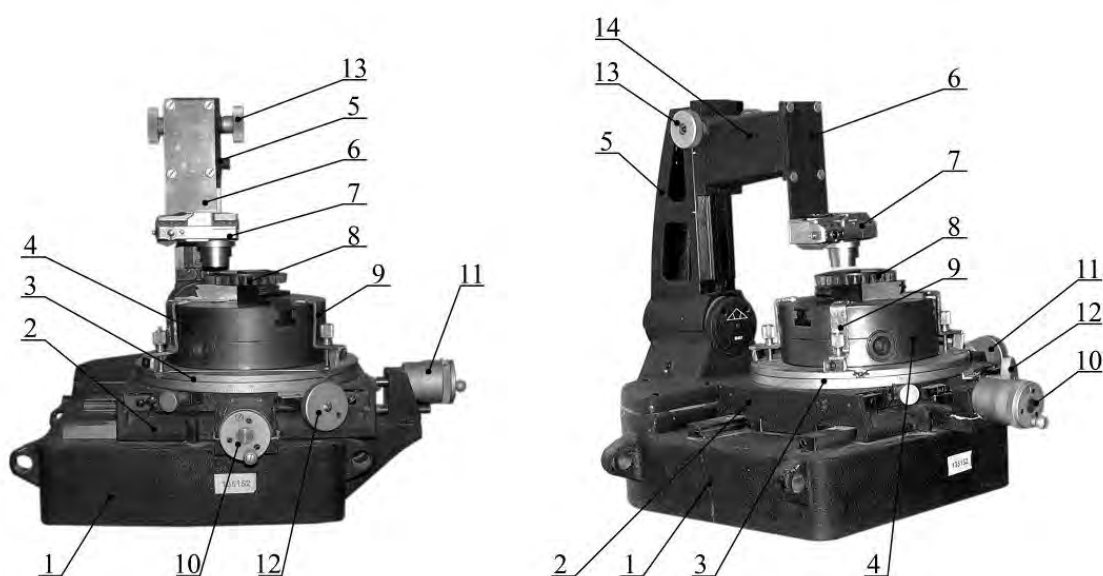


Рис. 6. Устройство для контроля сложнопрофильных поверхностей деталей ППП

Фотоснимок контролируемой детали должен быть подвергнут программной обработке, т.к. при получении снимка возникает нарушение подобия геометрической формы между предметом и его изображением, носящим название дисторсия. Явление дисторсии наглядно может быть проиллюстрировано на примере фотоснимка прямоугольной сетки. Для этого в супермакро режиме была сфотографирована сетка с шагом 0,5 мм. В результате дисторсии изображение прямоугольной сетки приобретает бочкообразную геометрию (рис. 7, а).

Устранить искажение цифрового изображения фотоснимка, вызванное дисторсией, можно путем использования специальной программы. Вид прямоугольной сетки после программной обработки ее цифрового изображения показан на рис. 7, б.

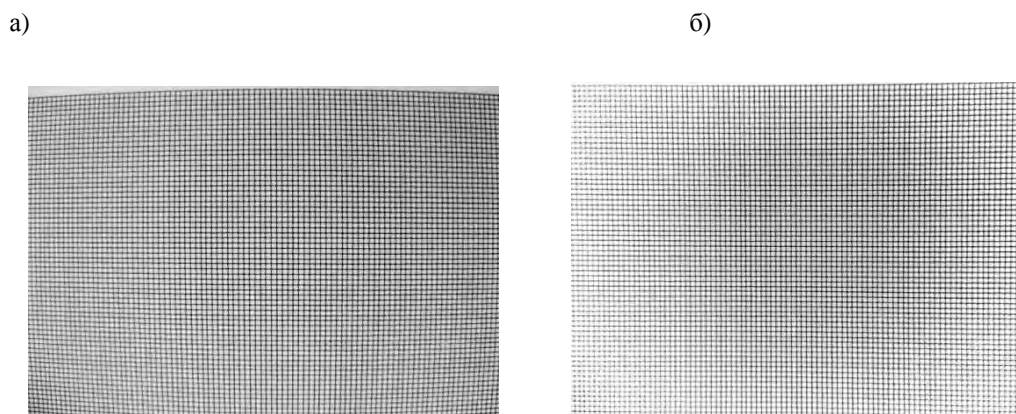


Рис. 7. Виды фотоснимка прямоугольной сетки до и после программной обработки

Так как количество пикселей полученного изображения фотоснимка составляет по вертикали 2304, а по горизонтали 3072, что соответствует 31 и 41,5 мм, то точность предлагаемого устройства составляет 13,5 мкм.

На предлагаемом устройстве были сделаны снимки торцевых поверхностей зубьев сателлита, которые для получения векторного изображения были подвергнуты обработке в программе Adobe Photoshop CS2. На основе исходного изображения зуба сателлита (рис. 8, а) было получено его монотонное изображение (рис. 8, б), которое также было подвергнуто обработке путем применения фильтра Find Edges. В результате обработки изображения был получен контур профиля зуба толщиной в 2 пикселя, изображенный на рис. 8, в.

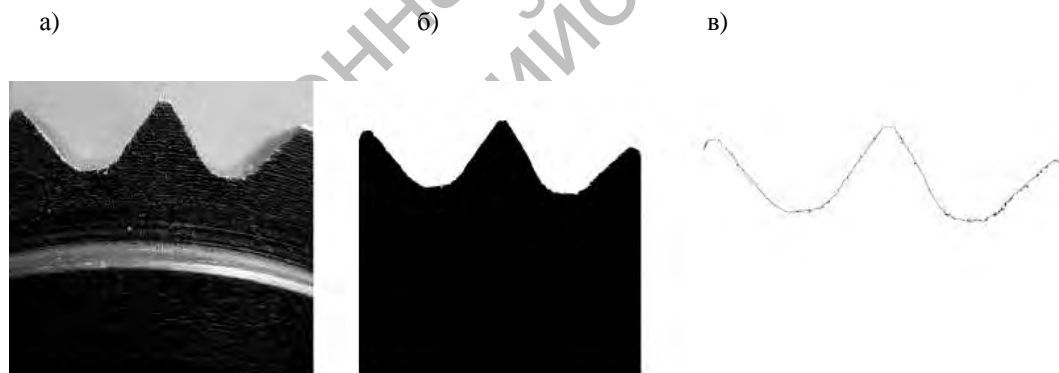


Рис. 8. Ход обработки изображения зубьев сателлита

Полученные изображения торцевых профилей зубьев сателлита были подвергнуты векторизации в программе Algolab Raster to Vector. В результате работы программы был получен файл с расширением dxf, который импортировался в графический редактор Solidworks 2005. Последним этапом процесса обработки изображения фотоснимков являлось создание компьютерной модели зуба сателлита в среде указанного выше графического редактора.

В Solidworks 2005 была создана также теоретическая компьютерная модель зубьев сателлита с помощью специально разработанных для этих целей программ. Подробно ознакомиться с методикой получения теоретической компьютерной модели

зубьев сателлита можно в [4, 5]. На рис. 9 показан общий вид указанной модели зубьев сателлита.

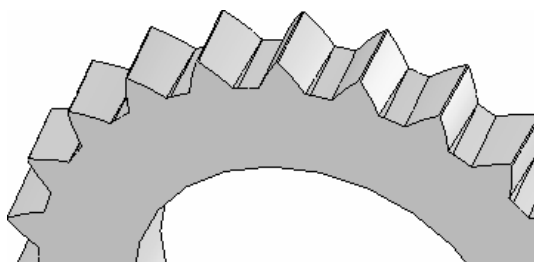


Рис. 9. Общий вид теоретической компьютерной модели зубьев сателлита

Для определения погрешности изготовления зубьев сателлита на зубофрезерном станке методом двойного хода необходимо было произвести сравнения теоретической компьютерной модели зубьев сателлита с компьютерной моделью, полученной с помощью предлагаемого устройства на основе программной обработки фотоснимков. Для этого в среде графического редактора Solidworks 2005 указанные компьютерные модели зубьев сателлита были совмещены (рис. 10).

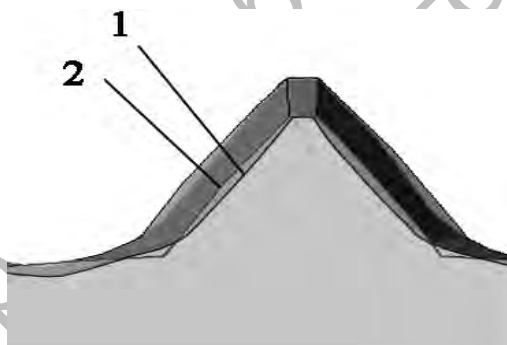


Рис. 10. Сравнение компьютерной модели 1, полученной на основе фотоснимков, и теоретической компьютерной модели 2 зубьев сателлита

В результате измерения отклонения поверхностей зубьев сравниваемых компьютерных моделей была определена погрешность зубьев сателлита, полученных методом двойного хода. Измерения позволили доказать, что данный метод обработки можно использовать для получения зубьев сателлита ППП, так как различия в параметрах зубьев между указанными выше моделями не превышают значения допуска на изготовление.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Громько, П. Н. Планетарные прецессионные передачи (ППП). Кинематический, силовой и технологический аспекты их создания / П. Н. Громько, А. А. Жолобов, А. А. Стаценко ; под. общ. ред. А. Т. Скойбеды. – Минск : БГПА, 2000. – 252 с.
2. Скойбеда, А. Т. Коническо-цилиндрические прецессионные редукторы / А. Т. Скойбеда, П. Н. Громько. – Минск : БГПА, 2001. – 187 с.

3. **Скойбеда, А. Т.** Формообразование поверхности зубьев сателлитных колес прецессионной роликовой передачи / А. Т. Скойбеда, П. Н. Громыко, Л. Г. Доконов // Вестн. МГТУ. Прогрессивные технологии, оборудование, инструменты и материалы в машиностроении. – 2006. – № 1. – С. 262-266.

4. **Громыко, П. Н.** Моделирование зацепления зубчатых колес планетарной прецессионной передачи / П. Н. Громыко, С. Н. Хатетовский // Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : МГТУ, 2001. – С. 142.

5. **Хатетовский, С. Н.** Моделирование на ЭВМ сателлитного колеса коническо-цилиндрической прецессионной передачи / С. Н. Хатетовский, П. Н. Громыко // Теория и практика машиностроения. – 2005. – № 1. – С. 21-24.

Белорусско-Российский университет  
Материал поступил 19.04.2006

**L. G. Dokonov**  
**The device for control complex contoured  
surface of details of planetary precession  
transmissions**  
Belarusian-Russian University

The way of the decision of the problem arising at the control of the teeth of satellite of planetary precession transmissions is considered.