

УДК 658.512.4

А. Г. Темченко, Н. В. Кияновский, Е. В. Бондарь, В. В. Рубаненко, Д. А. Котляр

Технический университет, г. Кривой Рог

## ЗАМЕНА ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ ШЕВРОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ НА БАЗЕ CAD/CAM POWERSOLUTION (DELCAM)

*В работе рассмотрен метод получения сложного зубчатого профиля детали с использованием современных многооперационных станков. Акцентировано внимание на возможности получать такие поверхности без применения сложного и специального оборудования.*

*Зубчатая шевронная поверхность, вал-шестерня, фреза, многооперационный станок*

### Введение

Традиционные технологии изготовления зубчатой шевронной поверхности предполагают наличие специальных фрезерных станков, специального инструмента для обработки зубчатой шевронной поверхности методом копирования или обкатыванием, оборудования для выполнения отделочных работ. Наличие этих требований удерживает многие предприятия от принятия заказов на выпуск изделий, содержащих шевронные зубчатые передачи, так как это обязывает к приобретению большого количества дорогостоящего оборудования [1].

### Задачи работы

Обеспечить технологическую подготовку и изготовление шевронных зубчатых колес на современных многооперационных станках при минимальной трудоемкости и стоимости подготовительных и производственных операций.

**Целью работы** является повышение эффективности механической обработки зубчатой шевронной поверхности.

**Программа достижения результата:** разработка методики использования программных продуктов, реализация методики на конкретном примере, создание доказательств эффективности унитарного метода получения изделия.

### Методы решения задачи

Задача разработки была разделена на 2 этапа: конструкторской подготовки производства (моделирование в PowerSHAPE) и технологической (обработка в PowerMILL) [2].

*1 Построение детали вал-шестерня в программе PowerShape*

#### 1.1 Создание зубчатого профиля

Строим цилиндр, диаметр которого соответствует делительному диаметру шестерни. Длину принимаем немного больше от ширины зубчатой поверхности, т.е. равной 130 мм.

Для создания косозубой вал-шестерни необходимо построить спираль, которая будет траекторией движения сечения зуба при последующем построении детали.

С помощью команды «Кривая/Создать спираль» создаем спираль, задаем длину, равную длине цилиндра, а именно 130 мм, и количество витков.

Для определения количества витков используем формулу:

$$n = \frac{H \cdot \operatorname{ctg} \beta}{\pi \cdot D}, \quad (1)$$

где  $H = 130$  мм — высота спирали,  $\beta = 31^{\circ}30'$  — угол наклона,  $D = 204,072$  мм — делительный диаметр зубчатого колеса. Подставим все значения в формулу и получим:

$$n = \frac{130 \cdot \operatorname{tg} 31,5}{3,14 \cdot 204,072} = 0,124.$$

Создаем плоскость, перпендикулярную к концу спирали, которая необходима для построения сечения зуба. Изображаем делительный диаметр в данной плоскости (рис. 1).

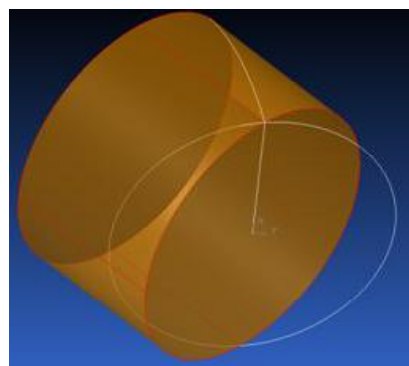


Рис. 1. Плоскость для построения сечения зуба

Строим сечение зуба с использованием программы ZubEx. На рис. 2 представлены шаги диалога с программой.

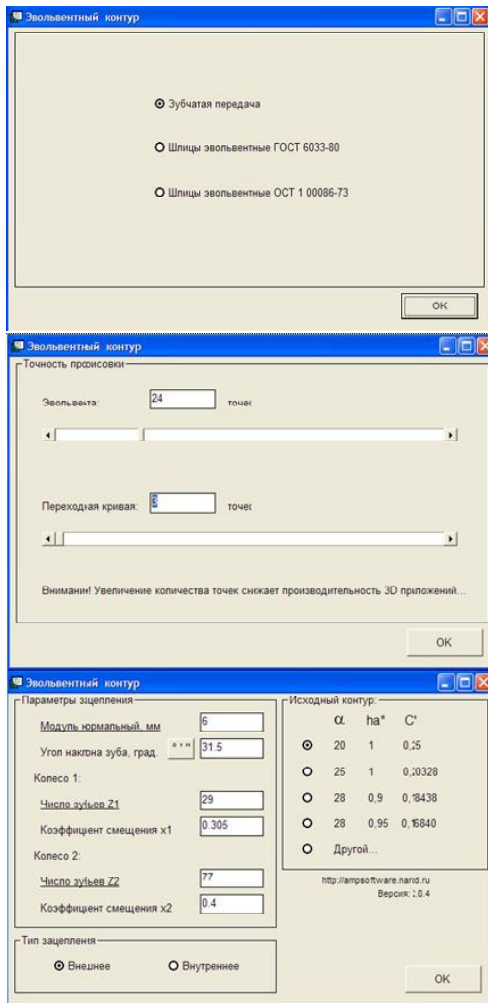


Рис. 2. Работа с программой ZubEx

Таблица 1 – Координаты опорных точек

№	X, мм	Y, мм	X, прирост	Y, прирост	№	X, мм	Y, мм	X, прирост	Y, прирост
1	4,666402	0	4,666402	0	17	-1,671511	5,199897	0,4512261	0,205673
2	4,666402	1,38507	0	1,38507	18	-2,139461	5,413006	0,46795	0,213109
3	4,629749	1,634167	0,036653	0,249097	19	-2,606673	5,633382	0,467212	0,220376
4	4,477796	2,117779	0,151953	0,483612	20	-3,073119	5,860873	0,466446	0,227491
5	4,221778	2,568594	0,256018	0,450815	21	-3,538771	6,095339	0,465652	0,234466
6	3,630107	3,157471	0,591671	0,588877	22	-4,003601	6,336656	0,46483	0,241317
7	3,026916	3,490284	0,603191	0,332813	23	-4,467578	6,584708	0,463977	0,248052
8	2,56915	3,646595	0,457766	0,156311	24	-4,930675	6,83939	0,463097	0,254682
9	2,095636	3,782799	0,473514	0,136204	25	-5,392861	7,100605	0,462186	0,261215
10	1,622665	3,929163	0,472971	0,146364	26	-5,854106	7,368263	0,461245	0,267658
11	1,150248	4,085099	0,472417	0,155936	27	-6,31381	7,642282	0,459704	0,274019
12	0,678402	4,250132	0,471846	0,165033	28	-6,773655	7,922582	0,459845	0,2803
13	0,097791	4,466184	0,580611	0,216052	29	-7,231897	8,209093	0,458242	0,286511
14	-0,263495	4,60598	0,361286	0,139796	30	-7,689077	8,501745	0,45718	0,292652
15	-0,733501	4,79618	0,470006	0,1902	31	-8,145163	8,800476	0,456086	0,298731
16	-1,2202849	4,994224	0,4867839	0,198044	32	-8,600416	9,100416	0,455086	0,304814

Рассмотрим профиль зуба и создадим систему координат в точке пересечения делительного диаметра и оси. Определим координаты опорных точек для построения контура (рис. 3).

Значения опорных точек представлены в таблице 1.

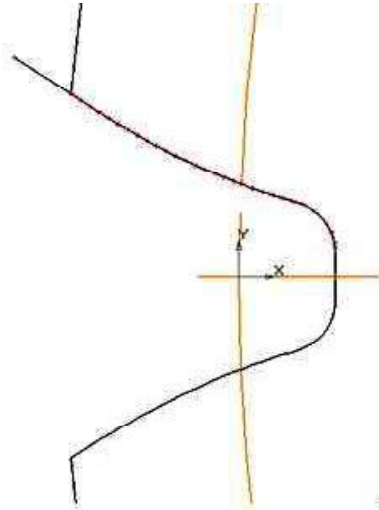


Рис. 3. Опорные точки зубчатого профиля

Строим профиль зуба в плоскости, которая перпендикулярна концу спирали, создаем замкнутый контур (рис. 4).

На рис. 4 видно, что профиль зуба движется по траектории неправильно, а именно, без проворачивания. Для этого создадим еще одну систему координат на другом конце траектории и вставим профиль зуба, но с поворотом, величина которого определяется по формуле:

$$J = 360^\circ \cdot n = 360^\circ \cdot 0,124 = 44^\circ 38'. \quad (2)$$

На рис. 5 изображено правильное расположение профилей зуба на обоих концах спирали.

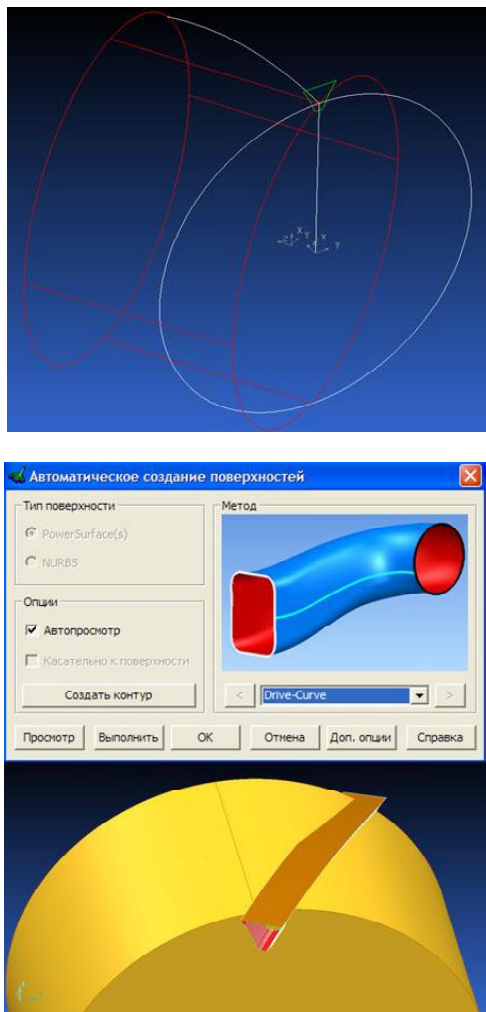


Рис. 4. Построения профиля зуба

Объединив два построенных элемента, используем операцию «Элемент/Вычесть выбранное тело, поверхность или символ из активного тела». С помощью команды «Показать главные опции/Создать массив» создаем массив по окружности, предварительно выбрав элемент массива и его количество, получаем тело шестерни.

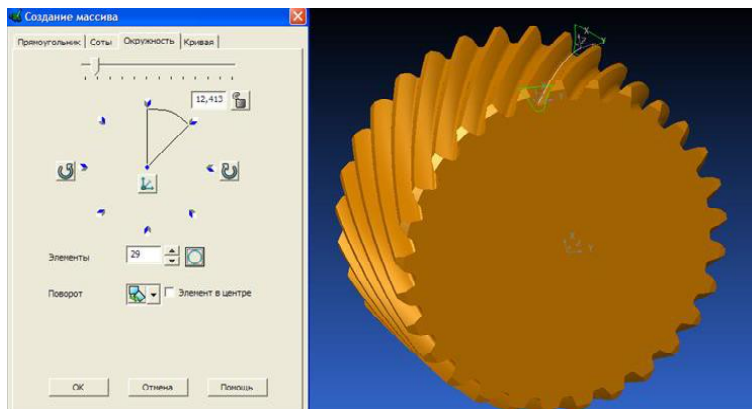


Рис. 6. Полученное тело шестерни

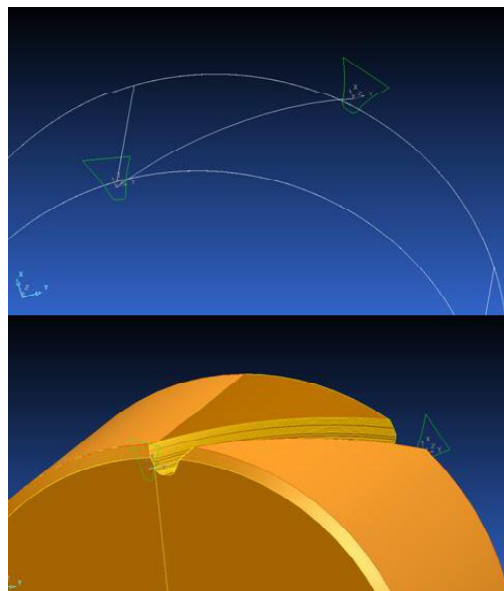


Рис. 5. Правильное расположение профилей зуба на обоих концах спирали

Строим симметричный элемент зубчатой поверхности на расстоянии 37,5 мм от торца шестерни

С помощью команды «Показать главные опции /Отразить, создать симметричный объект» показываем плоскость XY созданной системы координат.

#### 1.2 Создание остальных элементов детали вал-шестерня

Следующими шагами являются построение остальных частей детали, которые реализуются через построение профиля и использование операции вращения вокруг оси Z (рис. 8).

Деталь вал-шестерня имеет также шлицевый венец на одном из концов. Построение профиля проведем также с помощью программы ZibEx.

На рис. 9 представлены шаги диалога с программой.

По аналогии с предыдущим расчетом строим шлицевый профиль вала-шестерни.

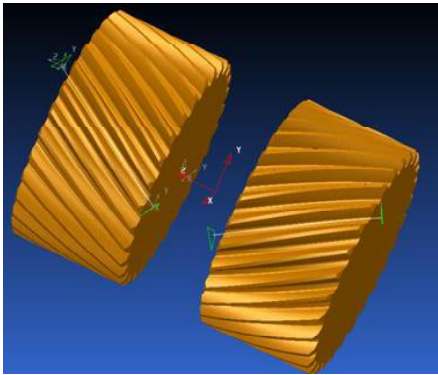


Рис. 7. Построение симметричной зубчатой поверхности

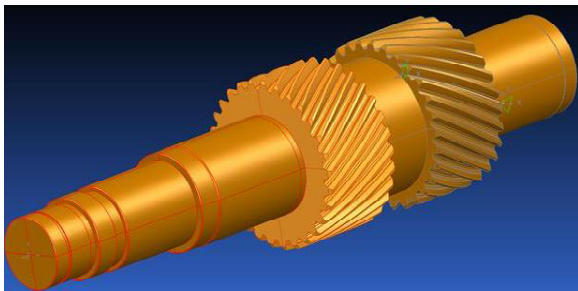


Рис. 8. Построение тела вращения детали

Фотореалистичное отображение построенной детали вал-шестерня представлено на рис. 11.

### 2 Разработка технологической операции изготовления зубчатой шевронной поверхности в программе PowerMill

Импортируем деталь в среду программы PowerMill. Выбираем заготовку детали. В качестве заготовки используем аналогичную деталь вал-шестерню, но без зубчатой поверхности.

Обработку проводим пальцевой модульной фрезой. Для этого вначале создадим контур фрезы. В отдельный файл копируем контур (профиль) зуба, который был построен в предыдущем разделе. Убираем левую половину контура (рис. 12) и сохраняем с расширением «\*.dgg».

Фрезу ориентируем таким образом к оси детали, чтобы обеспечивалась правильная обработка профиля зуба. Задаем режимы резания: скорость резания 90 м/мин, подачу – 0,1 мм/зуб. Все остальные величины принимаем соответственно к рекомендуемым программой.

Создаем шаблон обработки детали вал-шестерня. В PowerShare создаем спираль в 0,124 оборота, длиной 112,5 мм, радиусом 97,3696 мм, которая отвечает проекции спирали делительного диаметра. С помощью команды создания массива по окружности и отображения относительно заданной плоскости симметрии, получим шаблон (рис. 13).

Выбираем стратегию обработки. Среди предложенных – выбираем обработку «по шаблону»

и задаем параметры обработки, в результате получаем траекторию обработки детали вал-шестерня.

Таким образом, получили обработку зубчатой шевронной поверхности детали, время обработки составляет 25 минут и 42 секунды. Проводим формирование кода программы.

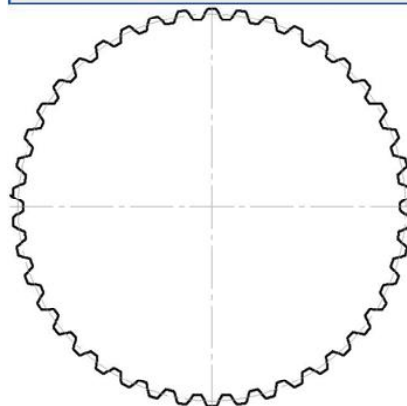


Рис. 9. Полученный шлицевый профиль

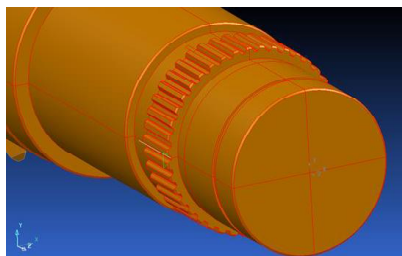


Рис. 10. Шлицевый профиль

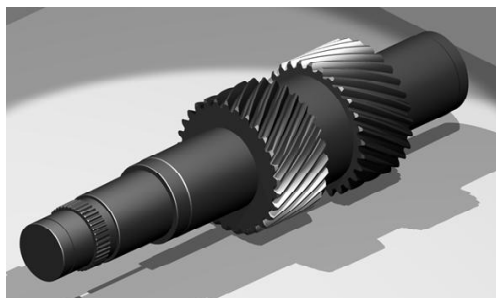


Рис. 11. Деталь вал-шестерня

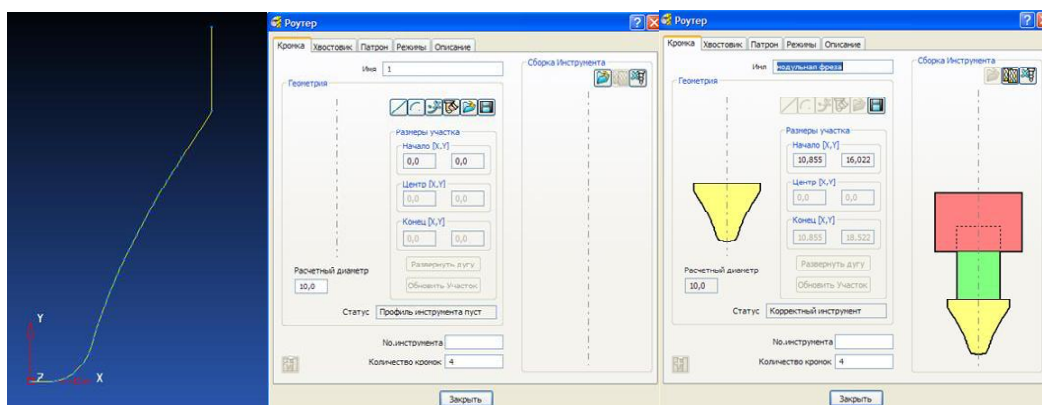


Рис. 12. Созданный профильный инструмент

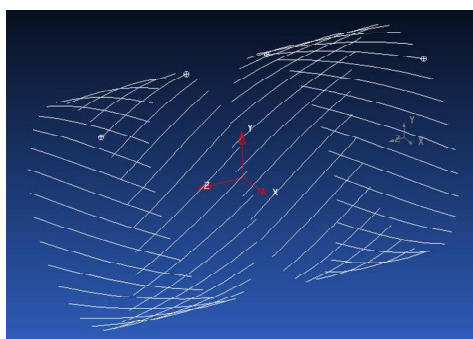


Рис. 13. Шаблон

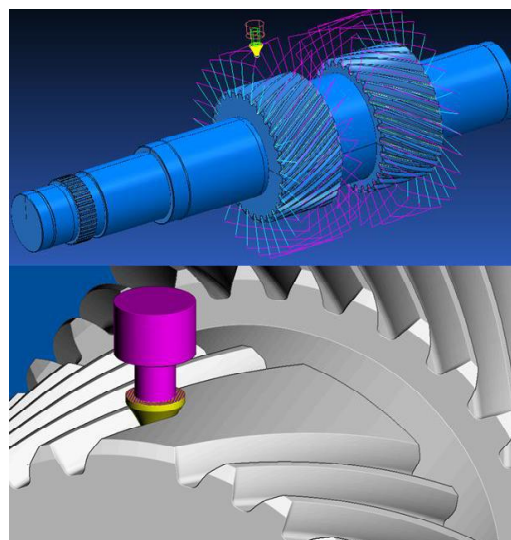


Рис. 14. Полученная траектория обработки детали вал-шестерня

### Заключение

Данная работа имеет большую практическую ценность в области технологии обработки зубчатых поверхностей. Детально рассмотрены последовательность построения и задание параметров обработки данных поверхностей на современных станках с числовым программным управлением. В процессе работы были достигнуты результаты, которые показывают значительное сокращение времени обработки и использование одного станка с ЧПУ вместо двух специальных зубообрабатывающих. Согласно теоретическим расчетам внедрение данных технологий позволит:

- сократить в 1,5–2 раза цикл создания изделия (от проектирования до выпуска);

- снизить материалоемкость изделия на 20–25 %;
- уменьшить затраты на производство на 15–20 %;
- повысить качество изделия и конкурентоспособность предприятия.

В работе детально рассмотрены все этапы конструкторской подготовки производства с описа-

нием всех проблем и сложностей, которые возникают при решении задач подобного типа.

**Перечень ссылок**

1. Криськов О. Д. САПР операцій механічної обробки. Математичне моделювання технологічних процесів / Криськов О. Д. — Кіровоград : КНТУ, 2004. — 75 с.

2. Международный САМ-Форум во Львове / Елена Полонская // Компьютерное проектирование и технический документооборот (КПД) CAD/CAM/CAE/PDM в Украине. — 2008. — № 4–5 (8). — С. 26–31.

*Поступила в редакцию 10.07.2009*

**A. G. Temchenko, N. V. Kiyanovsky, E. V. Bondar, V. V. Rubanenko, D. A. Kotlyar**

**REPLACEMENT OF TRADITIONAL MANUFACTURING METHODS OF TOOTHED HERRING-BONE SURFACE OF THE GEAR SHAFT PART BASED ON CAD/CAM POWERSOLUTION (DELTCAM)**

*В роботі розглянуто метод отримання складного зубчатого профілю деталі з використанням сучасних багатоопераційних верстатів. Акцентовано увагу на можливостях отримувати такі поверхні без використання складного і спеціального обладнання.*

***Зубчаста шевронна поверхня, вал-шестерня, фреза, багатоопераційний верстат***

*There is reviewed method for achievement of complex toothed shape of the part by means of modern multioperational machines. It is emphasized that it is possible to get such surfaces without any complex and special equipment.*

***Toothed herring-bone surface, gear shaft, milling, multioperational machine***