

*Моделювання профілів зубів внутрішнього еліпсного зачеплення пристрою для навивання еліпсних заготовок / Матвійчук А., Чвартацький І., Клендій М.[та ін.] // Вісник ТНТУ. — 2010. — Том 15. — № 4. — С.67-72. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).*

УДК 621.87

**А. Матвійчук<sup>1</sup>, канд. техн. наук; І. Чвартацький<sup>2</sup>; М. Клендій<sup>2</sup>;  
В. Диня<sup>2</sup>; О. Шевчук<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя*

<sup>2</sup>*Бережанський агротехнічний інститут національного університету  
біоресурсів і природокористування України*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛІВ ЗУБІВ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛІПСНОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАВИВАННЯ ЕЛІПСНИХ ЗАГОТОВОК**

***Резюме.** Наведено конструкцію пристрою для виготовлення гвинтових еліпсних заготовок із криволінійним внутрішнім еліпсним зубчастим зачепленням. Розроблено методику моделювання профілів зубів, розміщених по еліптичній поверхні, та їх розрахунку. Розроблено технологію виготовлення цих зубів із використанням спеціального довб'яка та ділильного пристрою з числовим програмним керуванням.*

***Ключові слова:** еліпсне зачеплення, профілювання зубів, заготовки, довбання.*

**A. Matvuychuk, V. Dunya, I.Chvartatsy, M. Klendij, , O. Shevchuk**

## **SIMULATION TOOTH INTERNAL ELIPSONO LINKINGS DEVICES FOR BEAMING ELIPSNYH BLANKS**

***The summary.** The design of the device for the manufacture of screw of the elips pieces with the curved inner elips toothing. The analyzed tooth placed on an elliptical surface and their calculation. The technology for manufacture of these teeth with a special shaping cutter and divider machines with a digital programe menage.*

***Key words:** ellipse link, tooth shaping, blank, battering.*

**Постановка проблеми.** Основними робочими органами завантажувальних і розвантажувальних машин і механізмів сипких і кускових матеріалів є гвинтові механізми. Їх питома вага за даними різних авторів становить 40-45% від загальної кількості. Специфіка їх роботи зумовлена різноманітністю операцій технологічних процесів, а також фізико-механічними властивостями вантажів, які визначають їх номенклатуру і конструктивні параметри. Крім цього, важливим питанням є дослідження особливості конструкцій і технологій виготовлення внутрішнього зубчастого еліпсного зачеплення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням різноманітних механізмів машин сільськогосподарського призначення присвячені роботи Родин П.Р [1], Семенченко И.И. [2], Шагалова З.Ю. [3], однак питання виготовлення зубчастих зачеплень малого модуля не досліджено.

**Мета і завдання досліджень.** Розроблення технології виготовлення еліпсного зубчастого зачеплення з малим модулем шляхом його довбання.

Роботу виконано в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки «Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі» на 2005-2010 роки.

**Виклад основного матеріалу.** Зуборізні довб'яки використовують для нарізання циліндричних коліс будь-якого типу. Однак вони мають і особливі області застосування, в яких інші види інструментів застосовувати неможна або нераціонально. Це, насамперед, нарізання зубів «в упор» на блокових колесах, на колесах з буртиком,

нарізання коліс внутрішнього зачеплення і т. п. Зуборізний довб'як являє собою зубчасте колесо зі специфічною формою зуба.

При цьому для нарізання такого зубчастого вінця спроектовано спеціальний пристрій (рис. 1).

Відомі способи розрахунку круглих зубчастих коліс із внутрішнім зачепленням. Ми розробили метод розрахунку зубчастих коліс, форма яких – овал, тобто фігура, утворена спряженням попарно чотирьох дуг.

Вихідними даними для розрахунку є необхідні геометричні характеристики контуру ( $d_1, d_2, f_1$ ) та модуль зубів ( $m$ ).

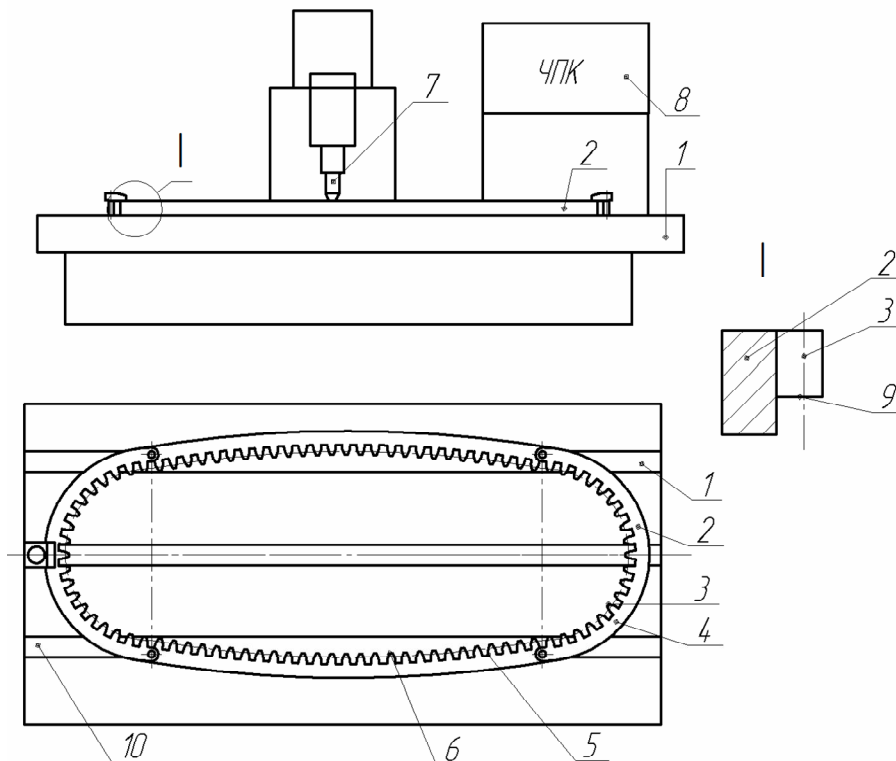


Рисунок 1. Пристрій для нарізання внутрішнього зубчастого еліпсного зачеплення на зубодовбальному верстаті:

1 – станина; 2 – заготовка; 3 – внутрішній контур; 4 – внутрішні півкола; 5 – прямолінійна зубчаста рейка; 6 – зуби; 7 – довб'як; 8 – блок ЧПК; 9 – внутрішня ступінчаста частина; 10 – напрямна

Метою розрахунку є визначення коригованих параметрів контуру ( $f_{2к}$ ).

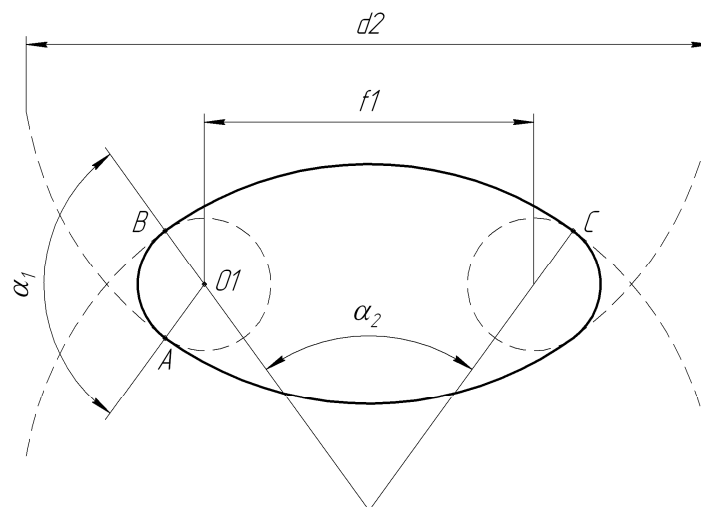


Рисунок 2. Овал, побудований ділительними колами заданих діаметрів

На рисунку 2 зображено розглядуваний контур (овал), побудований ділильними колами діаметрами  $d_1$  та  $d_2$ . Центри менших кіл знаходяться на відстані  $f_1$  один від одного. Умовою існування зубчастого овалу такого контуру є умова, щоб сума кількості зубів на дугах АВ та ВС було цілим числом. Отже, необхідно визначити кориговане значення  $f_{1k}$ , при якому дана умова буде виконуватися. Для спрощення розрахунків приймемо  $D = \frac{d_2 - d_1}{2}$ , тоді:

$$f_1 = D\sqrt{2(1 - \cos \alpha_2)},$$

звідки

$$\alpha_2 = \arccos\left(1 - \frac{f_1^2}{2D^2}\right),$$

$$\alpha_1 = \pi - \alpha_2.$$

Кількість зубів на дугах АВ та ВС

$$z_2 = \frac{d_2}{m} \cdot \frac{\alpha_2}{2\pi};$$

$$z_1 = \frac{d_1}{m} \cdot \frac{\alpha_1}{2\pi} = \frac{d_1}{m} \cdot \frac{\pi - \alpha_2}{2\pi}.$$

Заокруглимо їх суму ( $z_1 + z_2$ ) до найближчого цілого та позначимо її  $z$ , тоді

$$\alpha_{2k} = \frac{2mz - 1}{1 - \frac{d_2}{d_1}}.$$

$$f_{1k} = D\sqrt{2(1 - \cos \alpha_{2k})}.$$

Параметр  $f_{1k}$  і є шуканим, при якому має місце існування заданого контуру.

Побудоване овальне зубчасте колесо згідно з коригованим контуром та траєкторією руху довб'яка зображено на рисунку 3.

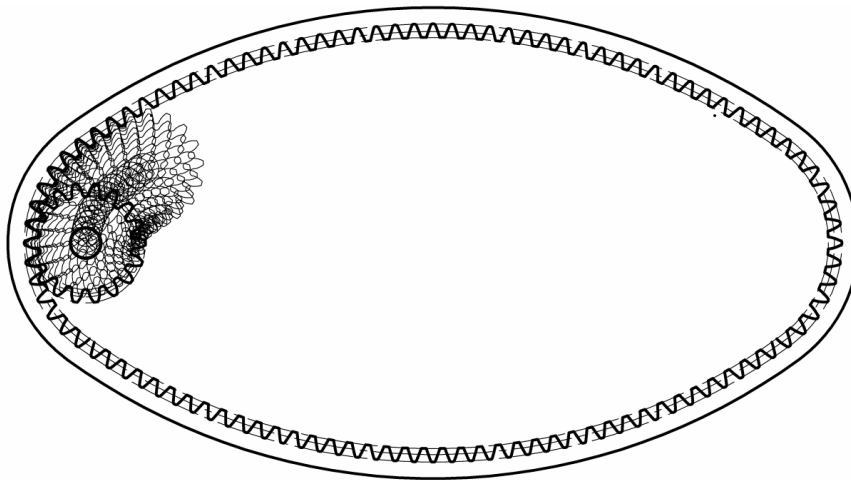


Рисунок 3. Овальне зубчасте колесо та траєкторія руху довб'яка

Однак здійснити рух інструмента по такій складній траєкторії можливо лише на верстатах з числовим програмним керуванням. Для цього було розроблено програму з ЧПК для зубодовбального верстата.

%	LF	Початок програми
N01	G00 X(Zi)Y(Yi)Z(Zi)M03LF	Швидке підведення, позиціонування, початок обертання
N02	L01LF	Початок підпрограми 1
N03	Z(Zi) LF	Розміщення по осі z (обробка)
N04	G00 Z(Zi)LF	Швидке переміщення назад
N05	G00W(Wi)X(Zi)Y(Yi)LF	Швидке позиціонування
N06	HiL01LF	Повтор підпрограми 1 і к-сть повторів
N07	L02LF	Початок підпрограми 2
N08	Z(Zi)LF	Переміщення по осі z (обробка)
N09	G00Z(Zi)LF	Швидке переміщення назад
N10	G00W(Wi)X(Zi)Y(Yi)LF	Швидке позиціонування
N11	HiL02LF	Повтор підпрограми 2 і к-сть повторів
N12	HiL01LF	Повтор підпрограми 1
N13	HiL02LF	Повтор підпрограми 2
N14	G00X(Zi)Y(Yi)Z(Zi)M02LF	Швидке позиціонування в початкову точку, зупинка шпинделя

%	LF	Початок програми
N01	G91 G00 Y(Yi)F(fi)LF	Швидке підведення в початкову точку настр. на обр.
N02	Z(Zi) LF	Заведення інструмента у попередньо зроблений отвір
N03	G42 Y(Yi)L27LF	Настроювання на обр.
N04	G46I(Ii)J(J <sup>R</sup> i)X(Zi)Y(Yi)L27LF	Обробка деталі радіусом R
N05	I(Ii)J(j <sup>r</sup> i)X(Zi)Y(Yi)L27LF	Обробка деталі радіусом r
N06	I(Ii)J(J <sup>R</sup> i)X(Zi)Y(Yi)L27LF	Обробка деталі радіусом R
N07	I(Ii)J(j <sup>r</sup> i)X(Zi)Y(Yi)L27LF	Обробка деталі радіусом r
N08	G00Z(Zi)LF	Швидке відведення інструмента
N09	Y(Yi)M02LF	Переміщення в початкову точку обертання інструмента

%	LF	Початок програми
N01	G90 G17 LF	Настроювання на обр.
N02	G00X(Zi)Y(Yi)Z(Zi) LF	Швидке підведення в початкову точку
N03	Z(Zi)LF	Заведення фрези в отвір, зроблений попередньо
N04	G41M03LF	Увімкнення двигуна, початок обробки
N05	G01X(Zi)F(Fi)LF	Обробка деталі по прямій
N06	G03I(Ii)J(J <sup>r</sup> i)Y(Yi)LF	Обробка деталі по радіусу
N07	G01X(Zi)LF	Обробка деталі по прямій
N08	G03I(Ii)J(J <sup>r</sup> i) Y(Yi)LF	Обробка деталі по радіусу
N09	G01X(Zi)LF	Обробка деталі по прямій
N10	Z(Zi)LF	Виведення інструмента з деталі
N11	G00G40M02LF	Швидке переміщення інстр. у початкову точку, зупинка інструмента

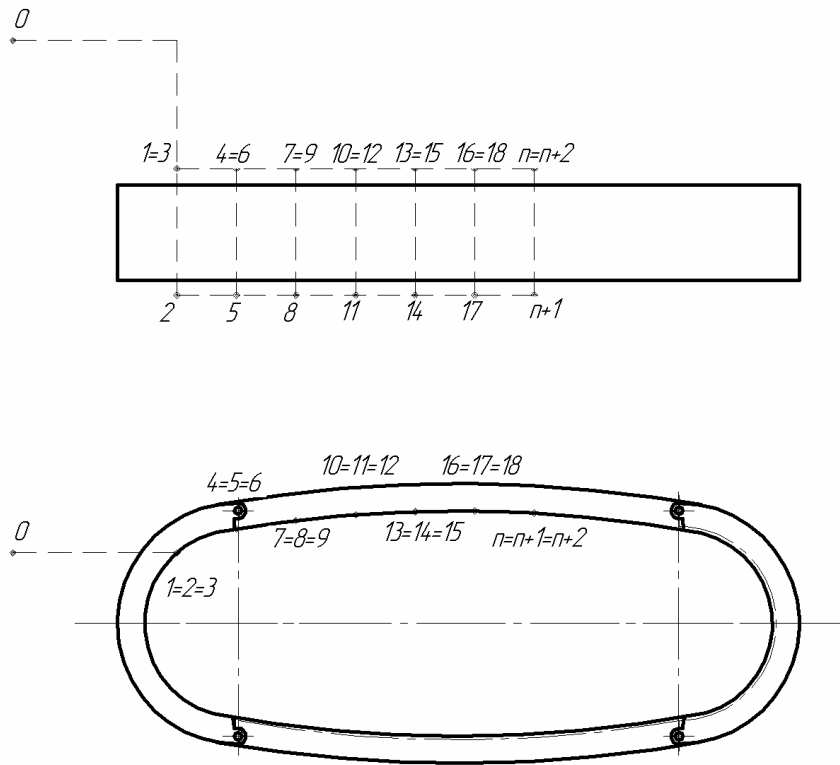


Рисунок 4. Циклограма руху інструмента при дованні зубчастих коліс еліптичного зачеплення з криволінійними ділянками

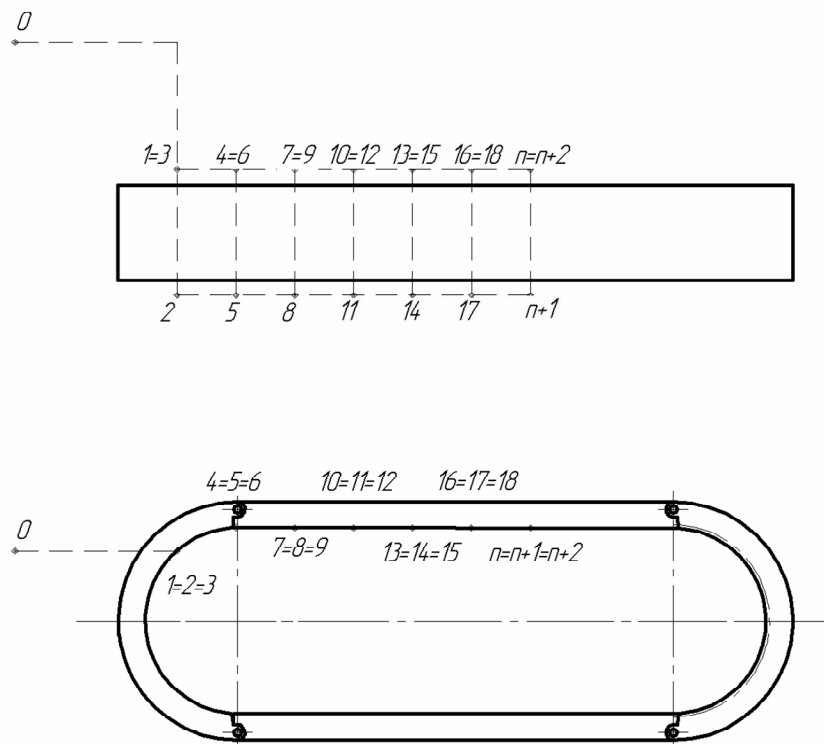

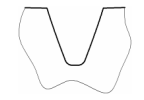


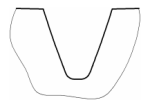


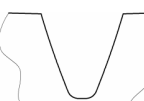
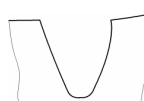
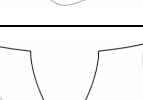
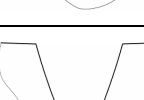
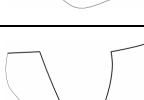


Рисунок 5. Циклограма руху інструмента при дованні зубчастих коліс еліптичного зачеплення з прямолінійними ділянками

Таблиця 1. Профілі зубів овального зубчастого колеса на відповідних його ділянках

Модуль	Профіль зуба на ділянці АВ	Профіль зуба на ділянці ВС	Профіль перехідного зуба	Ділянка АВ		Ділянка ВС		Коловий крок, Р	Ширина зуба	Довжина головки зуба	Радіус заокруглення
				Діаметр діляльного кола	Кількість зубів кола	Діаметр діляльного кола	Кількість зубів кола				
2,54				101,6	40	508	200	7,98	3,99	2,54	0,762
3				102	34	507	169	9,425	4,712	3	0,9
4				100	25	508	127	12,56	6,28	4	1,2
5				100	20	510	102	15,71	7,85	5	1,5

Як бачимо із проведеного моделювання, профіль перехідного зуба включає елементи зубів ділянок АВ і ВС.

**Висновки.** Виведено аналітичні залежності для визначення коригованих параметрів контуру внутрішнього зубчастого еліптичного зачеплення. Отримано форму і розміри перехідних зубів залежно від форми і розмірів зубів. Розроблено програму для зубодовбальних верстатів з ЧПК для отримання заданого профілю внутрішнього зубчастого еліптичного зачеплення.

#### Література

1. Жолобов О.О. Технологія автоматизованого виробництва: підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
2. Ящерицын П. И. Технологическая наследственность в машиностроении / Ящерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 256 с.
3. Гинкул С. П. Оптимальная последовательность операций механической обработки корпусных деталей / С. П. Гинкул // Судостроительная промышленность. Технология и организация производства судового машиностроения. – 1986. – Вып.4. – С. 31–37.
4. Койре В. Е. Чистовая обработка крупных габаритных деталей / Виктор Евсеевич Койре. – М.: Машиностроение, 1976. – 117 с.

Отримано 17.11.2010