

УДК 62-233.3/9:519.67

Б.Р.Процайло, С.М.Комаров, О.С.Гончарук

Українська академія друкарства

ПРОГРАМА ДЛЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ПАРИ В СЕРЕДОВИЩІ AUTOCAD

В статті описано алгоритм для побудови 3D-моделі черв'ячної пари в програмі AutoCAD на мові програмування AutoLISP.

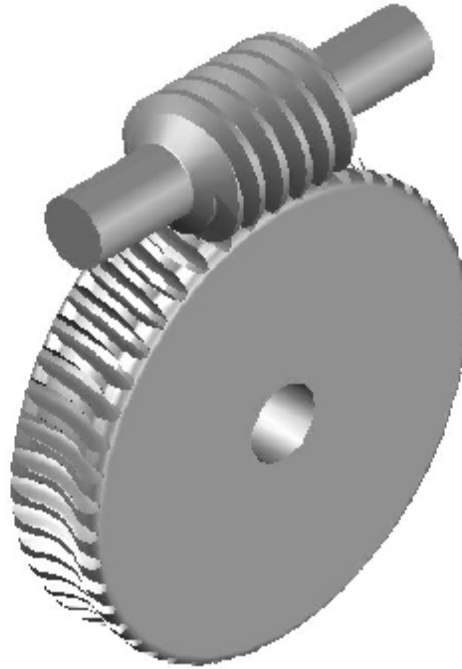


Рис.1. Черв'ячна пара

Як відомо, є програмні модулі для моделювання черв'ячної пари в таких системах як Solid Works, КОМПАС та інші, але для системи AutoCAD такого модуля немає. Тому було поставлено за мету створити програмний модуль, який би будував 3D-модель черв'ячної пари в системі AutoCAD.

Черв'ячне зачеплення (рис.1) складається із черв'яка, що має форму гвинта, та черв'ячного колеса з косими зубцями увігнутої форми. Передавання обертового руху у черв'ячній передачі здійснюється за принципом гвинтової пари, де гвинтом є черв'як, а гайкою - колесо-сектор. В залежності від профілю зубів черв'які поділяються на Архімедові, конволютні та евольвентні [3].

В даній роботі розглянуто лише побудову Архімедова черв'яка. Але описаний алгоритм можна використати для побудови всіх типів черв'яків, різними будуть лише профілі зубів. Основним геометричним параметром черв'ячної передачі є модуль, що зв'язаний з іншими параметрами

наступною формулою:
$$m = \frac{2 \cdot a_w}{z_2 + q}$$
, де a_w – міжосьова відстань черв'ячної передачі; z_2 – кількість

зубів черв'ячного колеса; q – коефіцієнт товщини черв'яка. Побудова черв'ячної пари поділяється на два етапи. Перший етап – це побудова черв'яка, відповідно другий етап – це побудова черв'ячного колеса.

Побудову черв'яка починаємо з профілю зуба (рис.2). Формою зуба Архімедова черв'яка в осьовому перерізі є трапеція, кут нахилу бічних сторін якої дорівнює куту зачеплення α . Ширина трапеції на ділільному діаметрі дорівнює половині кроку. Інші параметри наведено на рисунку. Основа трапеції повинна лежати на рівні діаметра западин d_f , але AutoCAD не завжди коректно

об'єднує тверді тіла по поверхнях, що дотикаються. Тому збільшимо трапецію по висоті і розташуємо її основу дещо нижче лінії діаметра западин.

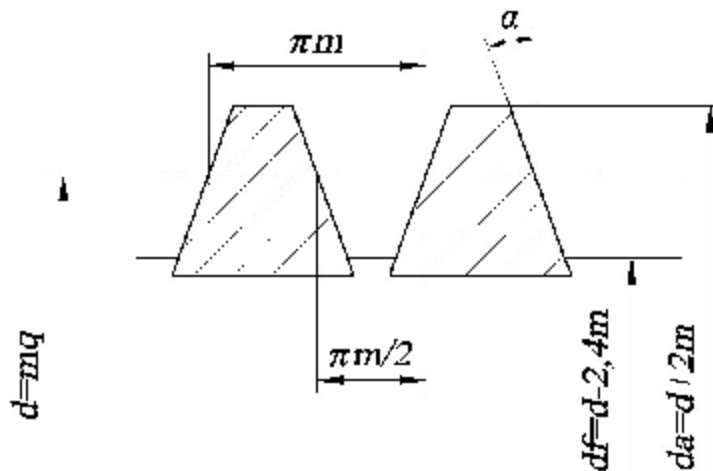


Рис.2. Побудова профілю зуба черв'яка

Далі операцією HELIX будемо гвинтову лінію. Діаметр гвинтової лінії приймемо рівним ділільному діаметру черв'яка, а її крок обчислюємо як $h = z_1 \cdot p \cdot m$, де z_1 – число заходів черв'яка. Кількість витків визначаємо з розрахункової довжини черв'яка. Наступною операцією є протягування попередньо побудованого профілю зуба вздовж гвинтової лінії за допомогою операції SWEEP[1].

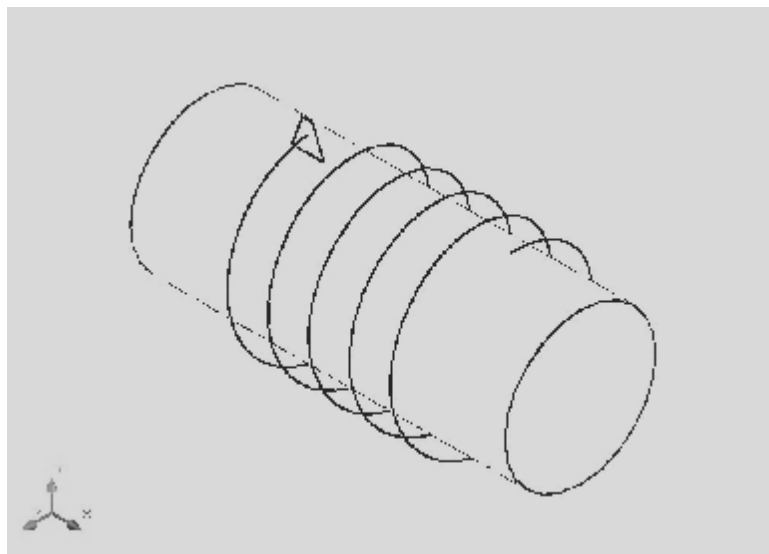


Рис.3. Протягування профілю зуба черв'яка

Особливість цієї операції в AutoCAD полягає в тому, що при протягуванні профілю потрібно попередньо обертати його на 90° за годинниковою стрілкою. Виконавши всі вище зазначені операції, отримуємо гвинтовий зуб черв'яка, який в подальшому з'єднується з циліндричною основою операцією UNION. Можна також використати операції EXTRUDE або LOFT. Об'єднавши всі елементи в один об'єкт, проводимо згладження кромки зуба при основі радіусом $r = 0,2 \cdot m$ (рис.4).

Завершальною операцією побудови черв'яка є знімання фаски. Маючи побудований черв'як і знаючи діаметр його валу, виконуємо побудову профілю фаски, та створення тіла обертання відносно осі черв'яка операцією – "Revolve". Отримане тіло віддзеркалюється на довжину нарізної частини черв'яка: $b_1 = (11 + 0,06 \cdot z_2) \cdot m$, при $z_1 = 1,2$, $b_1 = (12,5 + 0,09 \cdot z_2) \cdot m$, при $z_1 = 4$. Завершує побудову черв'яка операція віднімання фаски від тіла черв'яка (рис.4).

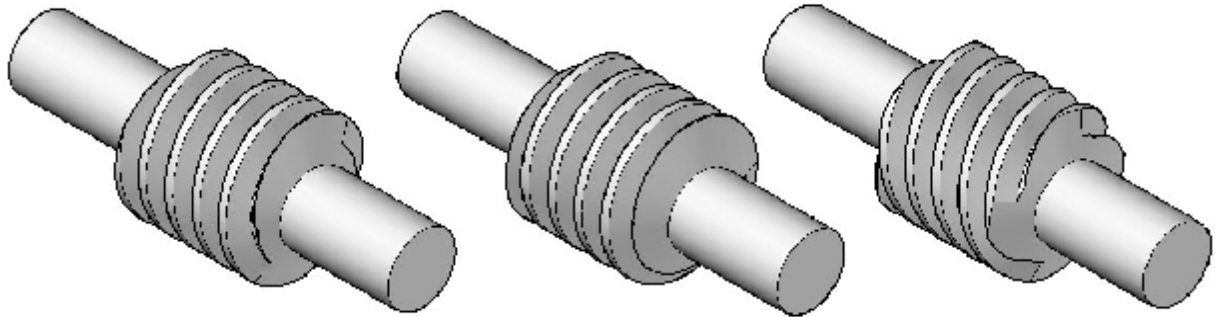


Рис.4. Приклад одно-, двох- та 4-західних черв'яків, побудованих програмою

Побудова черв'ячного колеса розпочинається як і для черв'яка визначенням головних геометричних параметрів. Кількість зубів та ділительний діаметр черв'ячного колеса відповідно дорівнюють: $z_2 = z_1 \cdot u$ та $d_2 = m \cdot z_2$, де u – передатне число. Кут підйому гвинтової лінії:

$I = \arctg \cdot \frac{z_1}{q}$. Для побудови евольвентного профілю западини було написано окрему

підпрограму, яка по точках будує гладку полілінію або сплайн, що апроксимує евольвенту з заданою точністю. Підпрограма враховує стандартні геометричні параметри зуба, в разі необхідності добудовує перехідну криву і дугу заокруглення в основі зуба (рис.5). При побудові профілю враховується еквівалентна кількість зубів $z_v = z_2 / \cos^3(\lambda)$ [3].

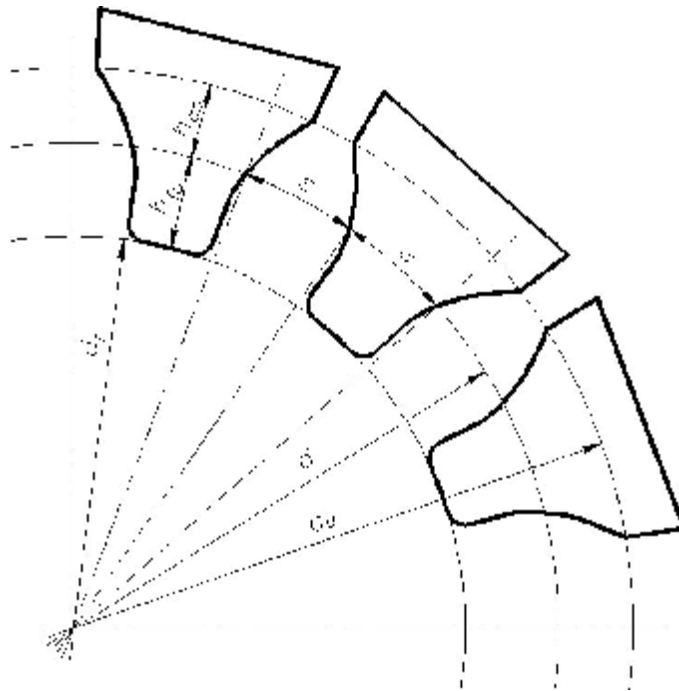


Рис.5. Профіль западин черв'ячного колеса у середньому перерізі

Для створення шляху, вздовж якого треба протягувати профіль западини, будемо траєкторію руху точки на бічній поверхні витка черв'яка. З центра колеса проводимо відрізок під кутом нахилу $\alpha = 360^\circ / z_2$ довжиною, рівною міжосьовій відстані, і будемо допоміжне коло, радіусом якого є цей відрізок. З кінця відрізка проводимо ще один відрізок, довжина якого дорівнює діаметру черв'яка. Для якісної апроксимації витка гвинтової лінії необхідно побудувати не менше дванадцяти точок, тому цей відрізок розмножують вздовж центра колеса дванадцять разів під кутом α і обертають кожен наступний копію відносно попередньої навколо дотичної до допоміжного кола на кут $\varphi = 360^\circ / i$, де i – кількість відрізків. Для цього застосовуємо операцію ROTATE3D.

Кінці відрізків з'єднуємо між собою 3D-сплайном і отримуємо один виток гвинтової лінії, віссю якої є допоміжне коло. Отримавши виток гвинтової лінії, протягуємо вздовж нього профіль западини зуба.

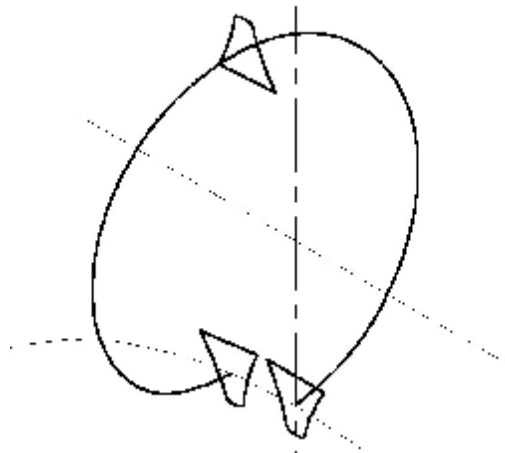


Рис.6. Протягування западини зуба черв'ячного колеса

Протягування можна здійснити операцією SWEEP, але LOFT робить це краще. Попередньо розставляємо декілька перерізів нормально до траєкторії (рис.6). Далі отримане тіло западини розмножуємо операцією ARRAY, щоб утворити необхідну кількість зубів колеса (рис.7) і віднімаємо від попередньо створеної заготовки (рис.8)

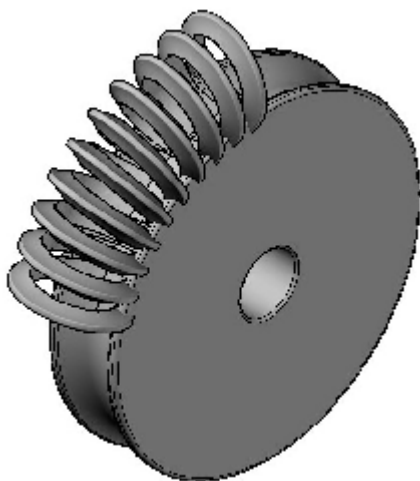


Рис.7. Імітація гвинтової траєкторії зуба на черв'ячному колесі

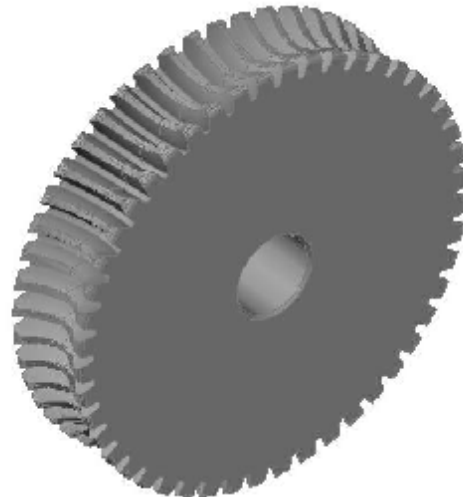


Рис.8. Готове черв'ячне колесо

Оскільки ручна побудова займає тривалий період часу, на мові програмування AutoLISP було написано програму для автоматичного моделювання черв'ячної пари, використавши описані алгоритми. Описувана програма може бути корисною для студентів, які вивчають курс деталей машин, а також для інженерів-конструкторів, що займаються проектуванням машин у системі AutoCAD.

1. Хейфец А. Л., Логиновский А. Н., Буторина И. В., Дубовикова Е. П. 3D-технологии построения чертежа AutoCAD / 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А. Л. Хейфеца. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 256 с.
2. Полещук Н.Н. Самоучитель AutoCAD 2008 / Полещук Н.Н., Савельева. В.А. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 704 с.
3. Решетов Д.Н. Детали машин/ 2-е изд. / Д.Н. Решетов. - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.
4. Полещук Н. Н., Лоскутов П. В. AutoLISP и VisualLISP в среде AutoCAD. –СПб.: БВХ–Петербург, 2006. –960 с.: ил.