

О.Р. Онисько, Л.О. Борушак, С.О. Рязанов  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

## ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ФОРМИ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ РІЗЬБОВОГО РІЗЦЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЙОГО ПЕРЕДНЬОГО КУТА ТА ДІАМЕТРА РІЗЬБИ

© Онисько О.Р., Борушак Л.О., Рязанов С.О., 2013

На основі аналізу поздовжніх та поперечних відхилень, що виникають під час формоутворення гвинтової різьби, запропонована прикладна програма автоматизованого розрахунку форми різальної кромки різця залежно від значення величини переднього кута та діаметра різьби.

Based on the analysis of longitudinal and transverse deviations that occur during screw thread forming proposed application aids automatic calculation of the cutting edge forms of the tool depending on the value of a forward angle and diameter of the thread.

**Актуальність проблеми.** Якість згвинчування труб обсадних колон забезпечується насамперед геометричними показниками виконаних для цього різьбових поверхонь. До найвпливовіших геометричних показників різьбової поверхні обсадних і бурових труб належать точність кута профілю різьби і величина відхилення її дійсного профілю від теоретичного. Чинний у СНД міжнародний стандарт, в якому регламентується допуск на профільний кут вказаної різьби [1] і прийнята у нас відповідна технологія серійного і масового виробництва труб бурового асортименту, сьогоднішні не достатньою мірою забезпечують потрібну герметичність і міцність їхніх різьбових з'єднань. На існуючих промислових підприємствах, прийняті конструкції різьбових токарних різців, здебільшого обмежені конструкціями стрижневих різців з твердосплавним механічно-закріпленим озброєнням. Таке озброєння – це багатозубцеві або однозубцеві пластинки, які призначені для забезпечення конкретного кроку і виду різьб незалежно від діаметра труби, що, на думку авторів, є однією із причин зниження точності профілю різьби, а надто у випадках застосування інструментів, у яких передній кут відмінний від нуля.

**Огляд досліджень і публікацій.** Стандартом [1] передбачені основні параметри і розміри приєднувальних труб з трапецієподібною та трикутною різьбою і муфт до них. На рис. 1 показано ескіз профілю трикутної різьби із вказаного стандарту, цифри на рисунку означають: 3 — вісь різьби, 2 — лінію середнього діаметра різьби, 1 — лінію, паралельну до осі різьби. Параметри і граничні відхилення від номінальних розмірів різьби, згідно із указаним стандартом, наведені у таблиці.

**Параметри і граничні відхилення від номінальних  
розмірів трикутної різьби за ГОСТ 632-80**

Параметр різьби	Норма
Крок різьби	3,175 мм
Висота вихідного профілю, $H^*$	2,750 мм
Висота профілю, $h_1$	$1,810_{-0,1}^{+0,05}$ мм
Робоча висота профілю, $h^*$	1,734 мм
Кут профілю, $\alpha^*$	$60^0$
Кут нахилу сторони профілю, $\alpha/2$	$30^\circ \pm 1^\circ 15'$
Радіус заокруглення вершини профілю, $r$	$0,508_{-0,045}^{+0,045}$ мм
Радіус заокруглення впадини профілю, $r_1$	$0,432_{-0,045}^{+0,045}$ мм
Зазор, $z^*$	0,076 мм
Кут нахилу, $\varphi$	$1^\circ 47' 24''$
Конусність, $\text{tg}\varphi$	1:16

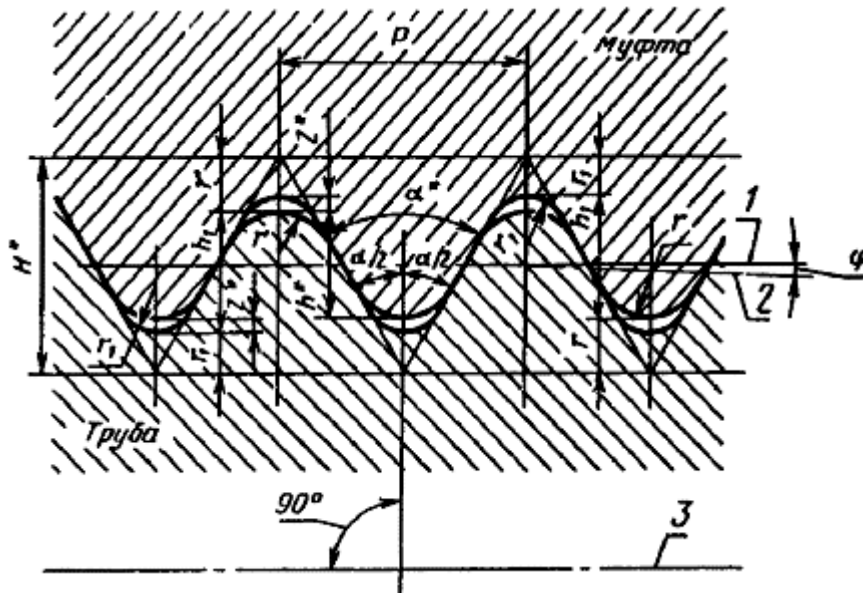


Рис. 1. Ескіз профілю трикутної різьби [1]

Крок різьби  $P$  вимірюється паралельно до осі різьби труби і муфти. Граничні відхилення величини радіусів  $r$  і  $r_1$  подані тільки для проектування різьбового інструменту і контролю не підлягають.

Похибки, що виникають в процесі нарізання різьб, викликають небажаний характер розподілу радіальних, поздовжніх та осьових напружень і відповідно деформацій у з'єднаннях [4]. Це явище, своєю чергою, спричиняє істотне зниження зносостійкості та підвищує ймовірність руйнування елементів з'єднань.

З метою зменшення похибки кута нахилу сторони профілю трикутної різьби  $a/2$  запропонована прикладна програма параметричного проектування профілю різальної частини різьбонарізних інструментів [2]. Вказане програмне застосування пропонує автоматичне отримання координат точок криволінійного профілю різьбових інструментів для досягнення максимального наближення профілю виконаної різьби до її теоретичного еталону. У ньому йдеться про модернізацію профілю твердосплавної пластинки — як робочої частини стрижневого різьбового різця. У [3] йдеться про те, що внаслідок наявності переднього кута відбувається поздовжнє відхилення профілю різьби. Завдяки прикладній програмі [2] здійснюється розрахунок масиву точок профілю різальної кромки з урахуванням їхнього поздовжнього відхилення. На рис. 2 проілюстровано профіль різальної кромки різця  $1b''a''k''2$ , який побудований на основі проекції передньої площини  $j''b''a''k''$ . Для виконання заданого симетричного профілю різьби  $dabe$  (рис. 2) необхідно застосувати відкореговану на величину поздовжнього відхилення  $\Delta$  несиметричну форму різальної кромки. У вказаній прикладній програмі ведеться розрахунок  $\Delta_i$  кожної  $i$ -точки з масиву точок правого і лівого боку форми різальної кромки згідно з формулою, запропонованою у [3]:

$$\Delta_i = P\tau/360 \text{ мм}, \quad (1)$$

де

$$\tau = \gamma - \arctg \left( \frac{r \cdot \sin \gamma}{r_i \sqrt{1 - \left( \frac{r \cdot \sin \gamma}{r_i} \right)^2}} \right);$$

$\gamma$  — передній кут різьбового різця, рад;  $r$  — внутрішній радіус різьби, мм;  $r_i$  — радіус певної точки профілю різьби, мм.

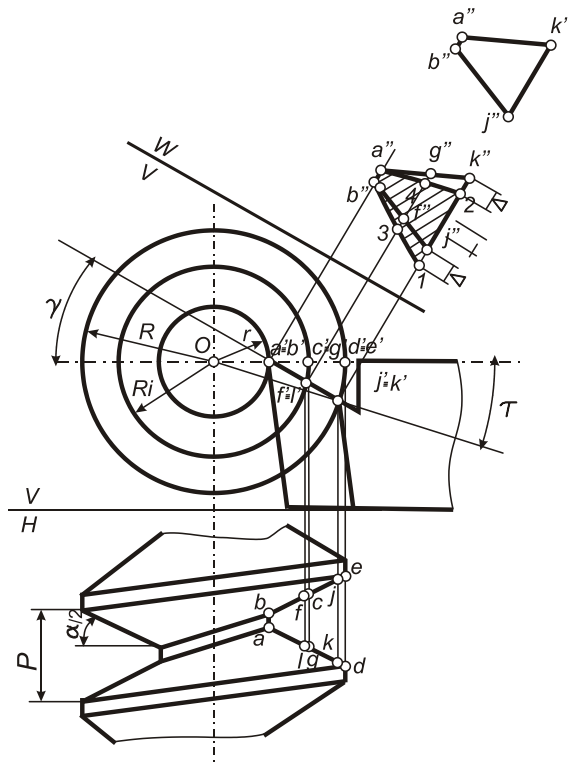


Рис. 2. Корегування форми різальної кромки різьбового різця з урахуванням поздовжнього відхилення  $\Delta$

На рис. 3 проілюстровано інтерфейс програми. Для прикладу взято трубу діаметром 25 мм, максимальне поздовжнє відхилення, отримане в застосуванні за значення переднього кута  $8^\circ$  становить 0,01 мм, що значно менше, ніж лінійні допуски, вказані у таблиці. І все ж отримані дані вказують на можливі виклики на шляху модернізації інструменту, оскільки, як бачимо із формули (1), величина поздовжнього відхилення зростає із збільшенням діаметра різьби, яка, за даними [4], зростає до 203 мм. Окрім того, на сучасних інструментальних підприємствах точність отриманого різьбового профілю пластин і гребінок гарантується за рахунок профілювання фасонних алмазних кругів електроерозійним способом, а це означає, що найближчим часом точність 0,01 мм може стати актуальною.

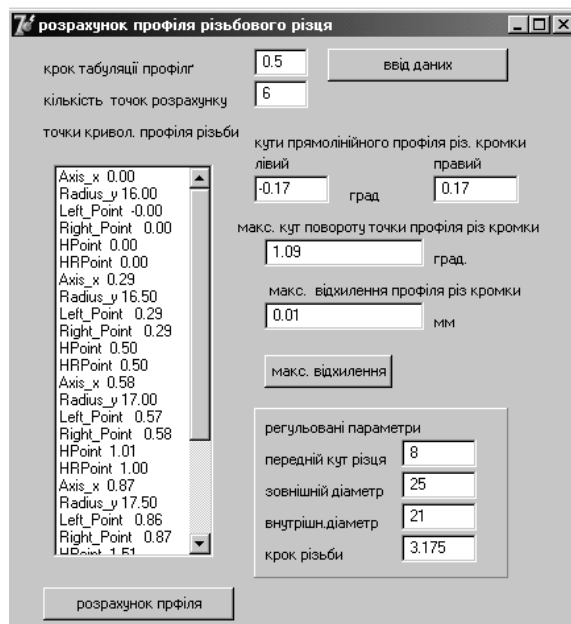


Рис. 3. Прикладна програма розрахунку відкорегованого за поздовжнім відхиленням масиву точок різальної кромки  $\Delta$

**Постановка завдання.** Завдання полягає у тому, щоб розробити прикладну програму для моделювання різальної кромки різьбових інструментів із врахуванням діаметра різьби, переднього кута та поздовжніх, а також поперечних відхилень, що виникають при цьому.

**Виклад матеріалу дослідження.** Різьби з геометричної точки зору є спіральними гвинтовими поверхнями, створеними під час руху прямолінійної твірної по гвинтовій напрямній. Але з рис. 2 бачимо, що твірною є різальна кромка  $da$  чи  $be$ . Вона не розміщена у площині, що проходить через вісь гвинта, тому різець з трикутним профілем різальної кромки у процесі різьбонарізання відтворюватиме не трикутний, а гіперболічний профіль різьби. Для отримання дійсної форми гіперболи створена додаткова площина проєкцій  $W$ , яка збігається з передньою площиною, що задана слідом проєкції  $f_\alpha$  (рис. 4). На площині  $W$  гіпербола виділена жирною лінією. Через вісь конічної поверхні деталі проходить площина, яка є паралельною до передньої площини, і задана слідом  $f_\beta$ . В результаті перетину осевої площини з конічною поверхнею маємо у площині проєкцій  $W$  профіль заданої конічної поверхні, половинний кут при вершині якої становить величину  $\beta$ . Гіперболічна крива асимптотично наближається до прямої  $O''P''$ .

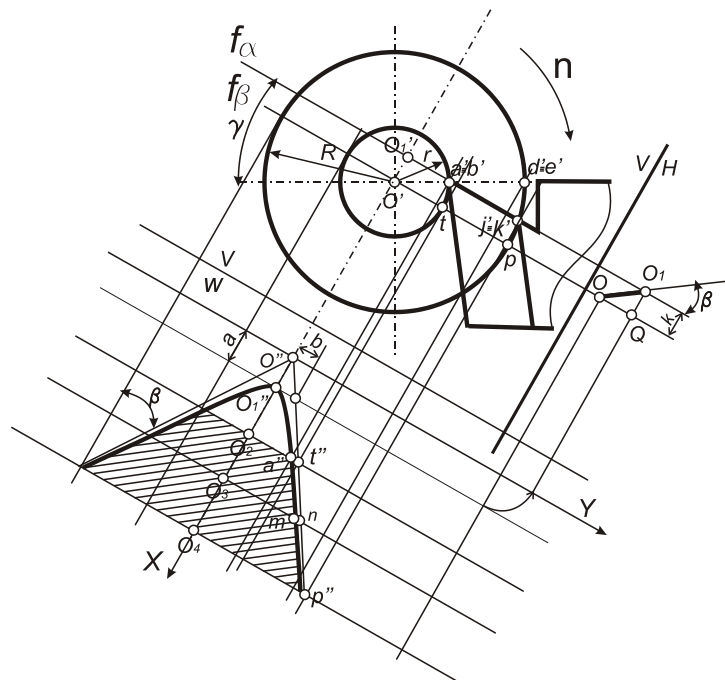


Рис. 4. Схема тримання форми гіперболи у передній площині

Заштрихована область відповідає перерізу передньої площини з конусом, який, як відомо, заданий радіусом більшої основи –  $R$ , радіусом меншої основи –  $r$  і кутом  $\beta$ . Вершина гіперболи розміщена у точці  $O_1''$  і лежить на відстані  $a$  вздовж осі  $X$  від проєкції вершини конуса  $O_1'$ . Зміщення вершини гіперболи  $O_1''$  щодо відповідної їй точки проєкції конуса по осі  $Y$  позначено літерою  $b$ . Величину відхилення будь-якої точки  $m$  гіперболи з координатою  $O_3$  по осі  $X$  від точки  $n$  профілю конуса з тією самою координатою можна визначити за формулою [2]:

$$|mn| = \frac{ab}{x_n + \sqrt{x_n^2 - a^2}}, \quad (2)$$

де  $x_n = |O_1'' O_3|$  – координата точки  $n$  і  $m$  на осі  $X$ .

Для створення параметричної моделі різальної кромки як функції, що залежить від параметрів різьби та різця, вказану формулу (2) шляхом нескладних перетворень перетворимо на таку:

$$\Delta_i = \frac{r^2 \cdot \sin^2 \gamma}{r_i + \sqrt{r_i^2 - r^2 \cdot \sin^2 \gamma}}, \quad (3)$$

де  $r$  — найменший радіус різьби, мм;  $r_i$  — радіус точки  $x_i$ , мм;  $\gamma$  — передній кут різця, рад;

На основі отриманої формули створюємо програмний розрахунок масиву точок, отриманих розрахунком поперечного відхилення кожної з них. Інтерфейс програми з конкретним прикладом показано на рис. 5.

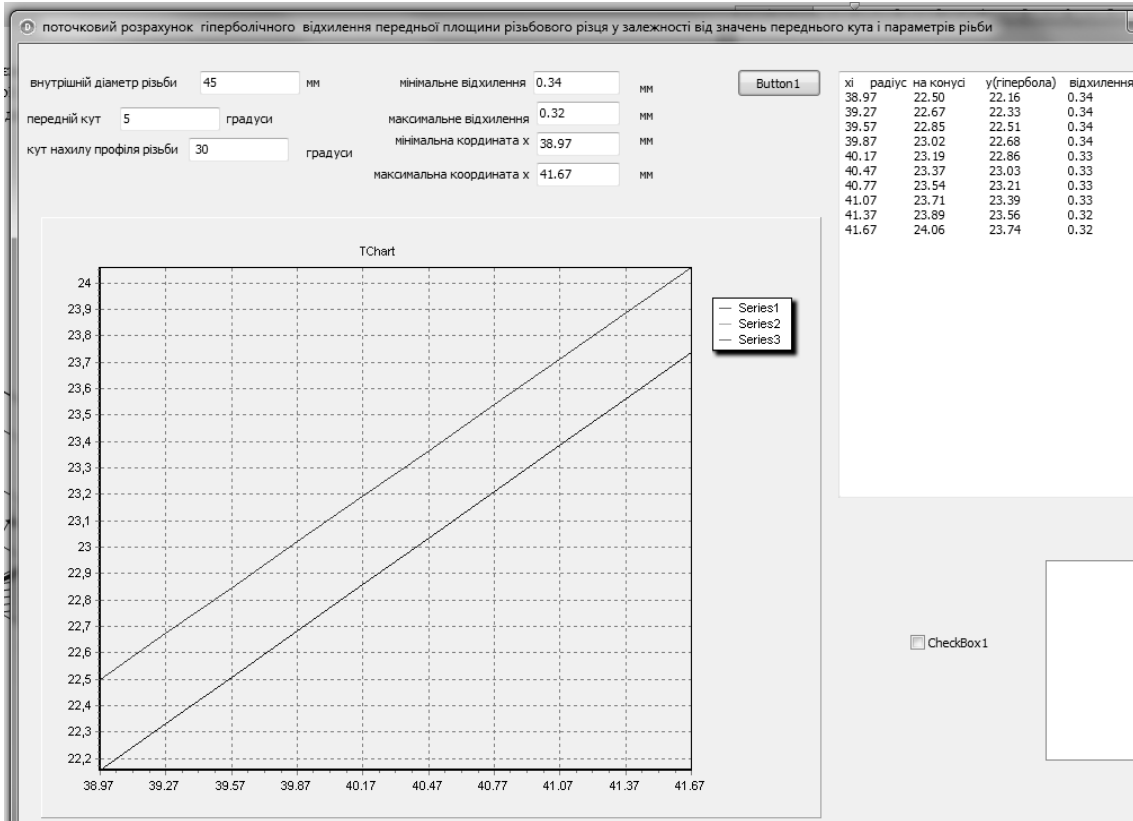


Рис. 5. Інтерфес прикладної програми розрахунку гіперболічних (поперечних) відхилень масиву точок різальної кромки

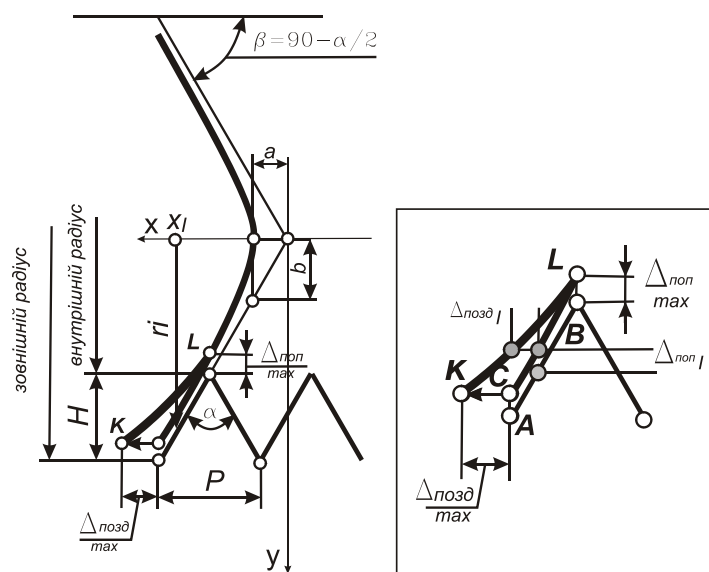


Рис. 6. Відкорегована форма різальної кромки різбового різця

На графіку отримано дві лінії: твірна конуса з кутом при вершині  $2\beta$  і гіпербола у межах від теоретичної внутрішньої точки різьби  $B$  до зовнішньої точки  $A$  (рис. 6). Гіперболічні (поперечні) відхилення у прикладі перебувають у межах від 0,34 до 0,32 мм, що є більшим, ніж допуск на величину висоти профілю  $h_f$ . Використання прикладної програми підтверджує відсутність поперечних відхилень за нульового значення переднього кута і зростання значення поперечного відхилення зі збільшенням діаметра різьби та величини переднього кута. На рис. 6 відображена ділянка гіперболи  $CL$ , що утворилася на основі поперечного зміщення масиву точок прямолінійного відрізка  $AB$  бічної сторони різьбового профілю. Лівіше схематично (а не масштабно) побудована точка  $K$ , яка є наслідком поздовжнього зміщення точки  $C$ .

**Висновок.** Прикладна програма, запропонована у роботі, дає можливість автоматично отримувати значення масиву точок відкорегованої різальної кромки, яка забезпечує точність виконання різьбової поверхні за найвищими вимогами стандарту і навіть більше. При цьому вхідними пара-метрами програми є діаметр і кут профілю різьби, а також значення величини переднього кута.

1. Стандарт ГОСТ 632-80. Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия. 2. Онисько О.Р., Борушак Л.О., Копей В.Б. Забезпечення точності виготовлення різьб обсадних труб шляхом застосування параметричного проектування профілю різальної частини різьбонарізних інструментів в середовищі системи програмування Дельфі // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2009. – №2(20). – С. 50–53. 3. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты [Текст]: учеб. для студ. машиностроительных вузов / П.Р. Родин. – К.: Вища шк., 1986. – 456 с. 4. Стандарт Р50864-96. “Резьбы конические замковые для элементов буровых колонн”. 5. Привалов И.И. Аналитическая геометрия [Текст]: учеб. для студ. техн. вузов / И.И. Привалов. – М.: Наука, 1965. – 272 с.

УДК 621.002.5.001

Б.О. Пальчевський

Луцький національний технічний університет

## ПОШУК ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ САПР ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

© Пальчевський Б.О., 2013

**Розглянуто засади створення і роботи інтелектуальних САПР для проектування технологічного обладнання. Наведено приклади роботи евристичних алгоритмів проектування.**

**Ключові слова:** проектування, сапр, штучний інтелект, евристичний алгоритм, моделювання, процедури.

**It was considered the principles of creation and operation of intellectual CAD system for the design of technological equipment. It was shown the examples of working of heuristic algorithms for designing.**

**Постановка проблеми.** Створюючи нові технічні вироби, інженер-проектувальник виконує завдання різного рівня складності. Існують два рівні конструювання технічних об'єктів:

- прототипування;
- пошукове конструювання.