

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 У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЙОГО ПЕРЕДНЬОГО КУТА ТА ДІАМЕТРА РІЗЬБИ

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

На основі аналізу повздовжніх та поперечних відхилень, що виникають під час формоутворення гвинтової різьби запропонована прикладна програма автоматизованого розрахунку форми різальної кромки різця в залежності 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 в першу чергу геометричними показниками виконаних для цього різьбових поверхонь. До найвпливовіших геометричних показників різьбової поверхні обсадних і бурових труб відноситься точність кута профілю різьби і величина відхилення її дійсного профілю від теоретичного. Діючий 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 на сьогоднішній день не достатньою мірою забезпечують потрібну герметичність і міцність їх 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 багатозубі, або однозубі пластинки, що 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 трапецієвидною та трикутною різьбою і муфт до них. На рис. 1 представлений ескіз профілю трикутної різьби із вказаного стандарту, цифри на рисунку означають: 3 — вісь різьби, 2 — лінія середнього діаметра різьби, 1 — лінія паралельна осі різьби. Параметри і граничні відхилення від номінальних розмірів різьби згідно із указаним стандартом представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри і граничні відхилення від номінальних розмірів трикутної різьби за стандартом 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 <sup>0</sup>
Кут нахилу сторони профілю $\alpha/2$	30° ± 1°15'

Радіус заокруглення вершини профілю $r$	$0,508^{+0,045}$ мм
Радіус заокруглення впадини профілю $r_1$	$0,432^{-0,045}$ мм
Зазор $z^*$	0,076 мм
Кут нахилу $f$	$1^\circ 47' 24''$
Конусність $\text{tg} f$	1:16

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 осевих напружень і, відповідно, деформацій у з'єднаннях [4]. Це явище, у свою чергу, спричинює суттєве зниження зносостійкості та підвищує ймовірність руйнування елементів з'єднань.

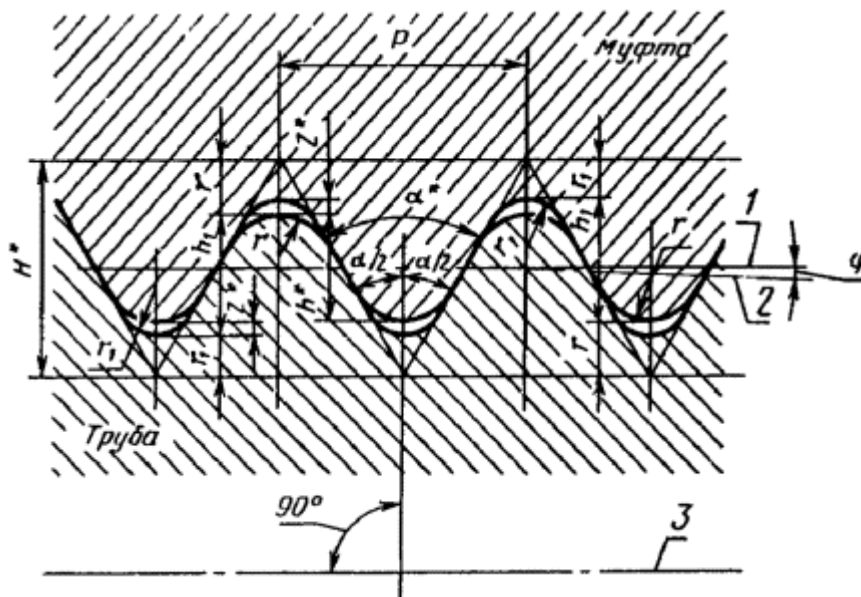


Рис. 1. Ескіз профілю трикутної різьби [1]

З метою зменшення похибки кута нахилу сторони профілю трикутної різьби  $\alpha/2$  запропонована прикладна програма параметричного проектування профілю різальної частини різьбонарізних інструментів [2]. Вказаний програмний застосунок пропонує автоматичне отримання координат точок криволінійного профілю різьбових інструментів задля 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 навчальній літературі [3] йдеться про те, що внаслідок наявності переднього кута відбувається повздовжнє відхилення профілю різьби. Завдяки прикладній програмі [2] здійснюється розрахунок масиву точок профілю різальної кромки з урахуванням їхнього повздовжнього відхилення. На рис. 2 проілюстровано профіль різальної кромки різця  $1b''a''k''2$ , який є побудований на основі проекції передньої площини  $j''b''a''k''$ . Для виконання заданого симетричного профілю різьби  $dabe$  (див. рис. 2) слід застосувати відкоректовану на величину повздовжнього відхилення  $D$  несиметричну форму різальної кромки. У вказаній прикладній програмі ведеться розрахунок  $D_i$  кожної  $i$ -точки з масиву точок правого і лівого боку форми різальної кромки згідно з формулою, що запропонована 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.

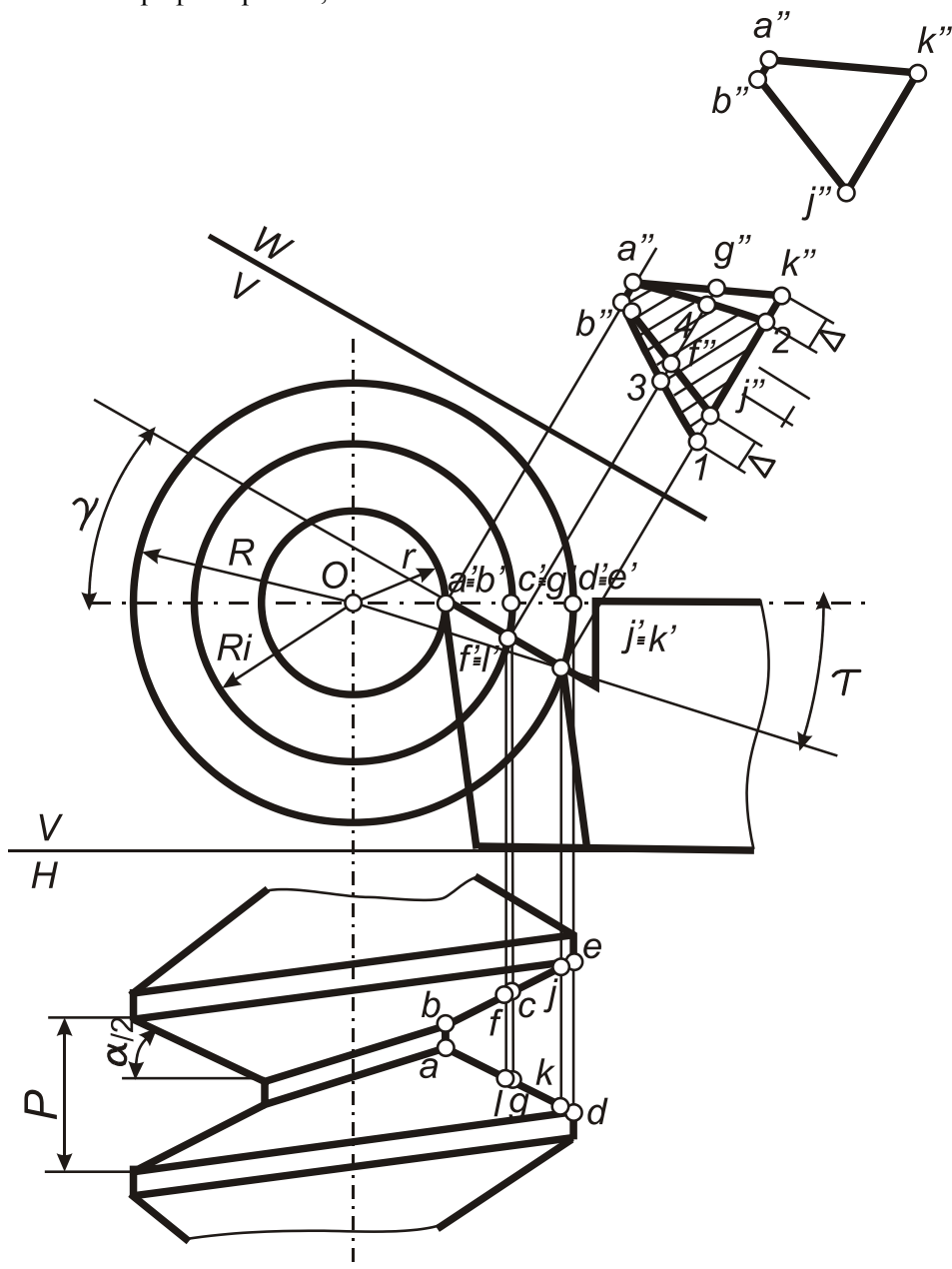


Рис.2 Корекція форми різальної кромки різьбового різця з урахуванням повздожнього відхилення  $D$ .

На рис. 3 проілюстрований інтерфейс програми. Для прикладу взято трубу діаметром 25 мм, максимальне повздожнє відхилення отримане в застосунку при значенні переднього кута  $8^0$  становить 0,01 мм, що значно менше ніж лінійні допуски вказані у таблиці 1. І все ж отримані дані вказують на можливі виклики на шляху модернізації інструмента, оскільки, як видно із формули

(1), величина позовжнього 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 значить найближчим часом точність 0,01 мм може стати актуальною.

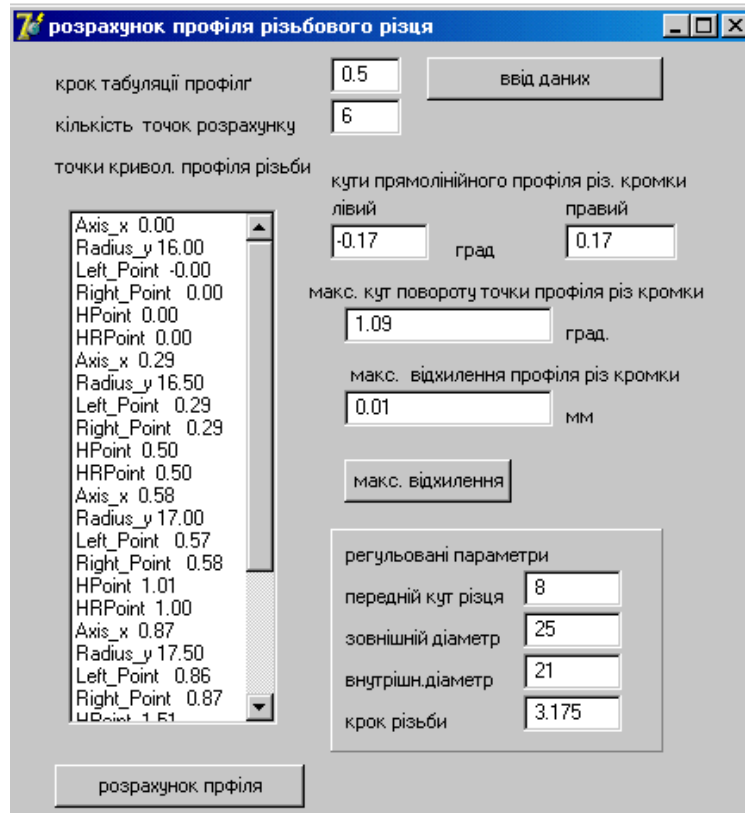


Рис. 3. Прикладна програма розрахунку відкоректованого за позовжнім відхиленням масиву точок різальної кромки  $D$ .

**Постановка задачі.** Завдання полягає в тому, щоб розробити прикладну програму для моделювання різальної кромки різьбових інструментів із врахуванням діаметра різьби, переднього кута та позовжніх, 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 в процесі різьбонарізання відтворюватиме не трикутний, а гіперболічний профіль різьби. Для отримання дійсної форми гіперболи створена додаткова площина проєкцій  $W$ , яка співпадає 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 осьової площини з конічною поверхнею маємо у площині проєкцій  $W$  профіль заданої конічної поверхні, половинний кут при вершині котрої становить величину  $\beta$ . Гіперболічна крива асимптотично наближається до прямої  $O''P''$ .

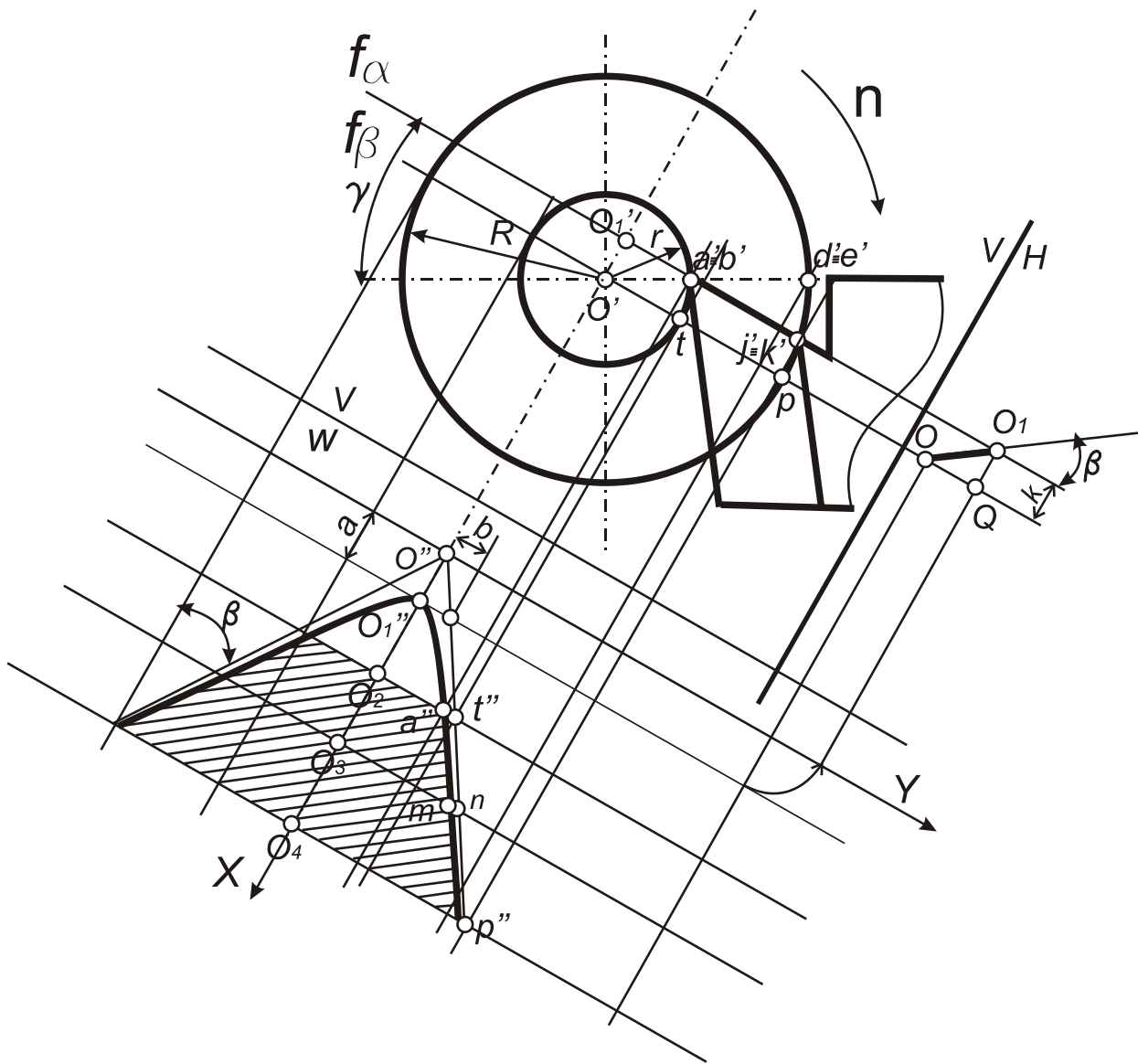


Рис. 4 Схема тримання форми гіперболи у передній площині

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 в точці  $O_1''$  і лежить на відстані  $a$  вздовж осі  $X$  від проекції вершини конуса  $O_1'$ . Зміщення вершини гіперболи  $O_1''$  відносно відповідної їй точки проекції 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 ж 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  $X$ .

Задля створення параметричної моделі різальної кромки, як функції, що залежить від параметрів різби та різця вказану формулу (3), шляхом нескладних перетворень перетворимо на наступну:

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

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 шляхом розрахунку поперечного відхилення кожної з них. Інтерфейс програми з конкретним прикладом представлений на рисунку 5.

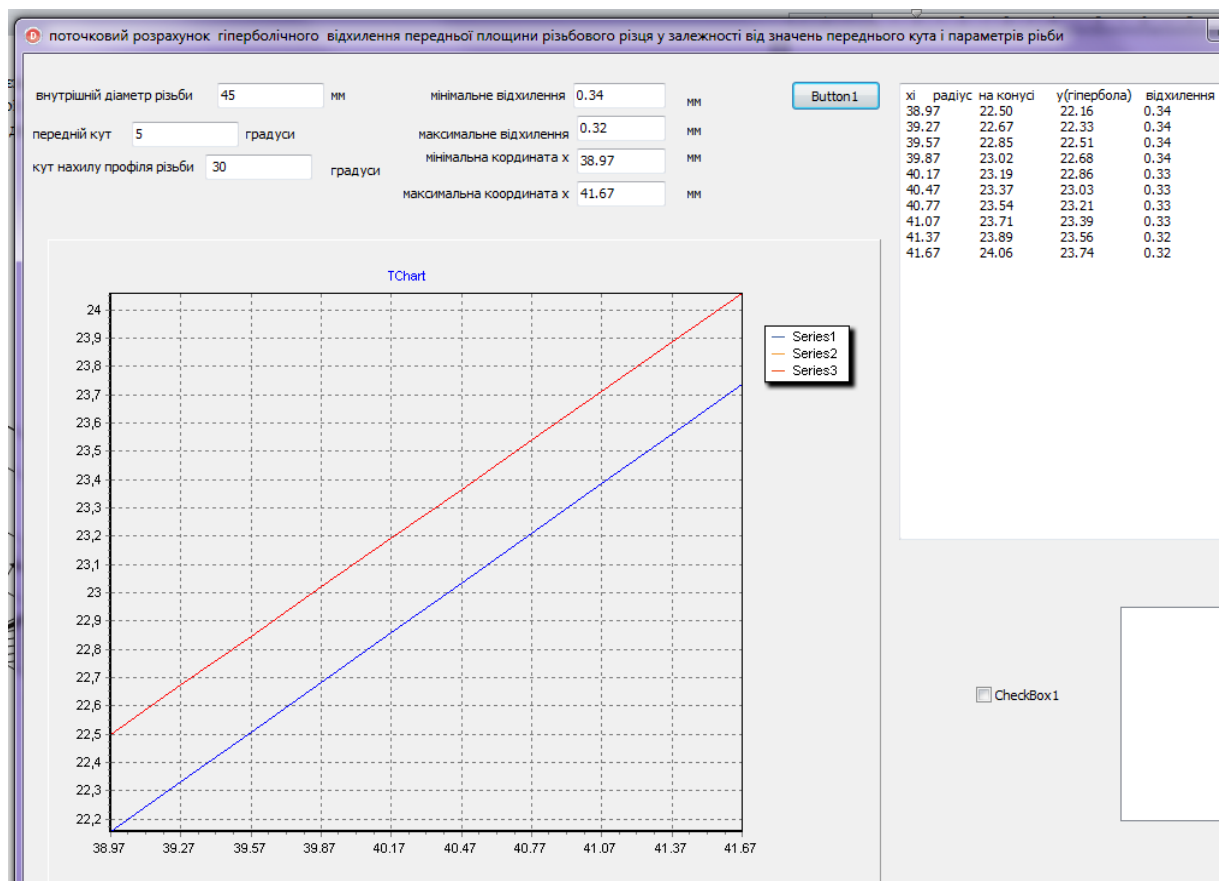


Рис. 5 Інтерфес прикладної програми розрахунку гіперболічних (поперечних) відхилень масиву точок різальної кромки.

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

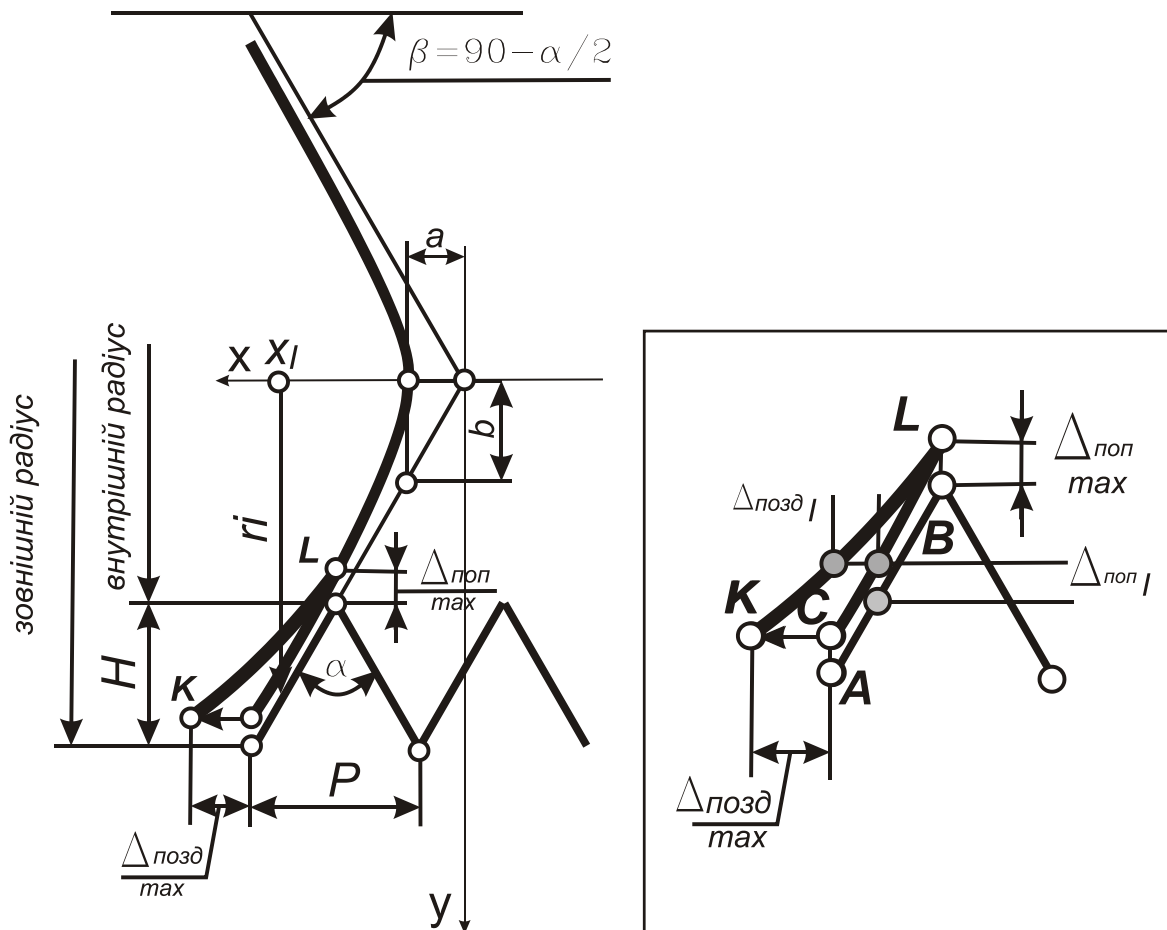


Рис. 6 Відкоректована форма різальної кромки різбового різця.

**Висновок.** Прикладна програма запропонована у роботі дає можливість автоматично отримувати значення масиву точок відкоректованої різальної кромки, яка забезпечує точність виконання різбової поверхні за найвищими вимогами стандарту і навіть більше. При цьому вхідними параметрами програми є діаметр і кут профіля різби, а також значення величини переднього кута.

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