

О.Р. Онисько, канд. техн. наук, В.С. Витвицький,
Івано-Франківськ, Україна

**АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК
ПРОФІЛЮ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ РІЗЦЯ
ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТРИКУТНОЇ РІЗЬБИ
ТРУБ НАФТОГАЗОВОГО СОРТАМЕНТУ**

У статті доведено, що точність профілю різьбонарізних різців для виготовлення внутрішньої трикутної різьби труб нафтогазового сортаменту перебуває у аналітичній залежності від величини переднього кута різця та внутрішнього і зовнішнього її діаметрів різьби. Доведені залежності дають можливість спроектувати різець, який дозволить отримати теоретично точне значення кута при вершині трикутної різьби вказаних труб.

В статье доказано, что точность профиля резьбонарезных резцов для изготовления внутренней треугольной резьбы труб нефтегазового сортамента состоит в аналитической зависимости от величины переднего угла резца и внутреннего и внешнего диаметров резьбы. Выведенные зависимости дают возможность спроектировать резец, который разрешит получение теоретически точного значения угла при вершине треугольной резьбы указанных труб.

In the article it is proved that the accuracy of the profile, very satile cutters for making internal triangular threading pipes and gas analytical grades depending on the size of the front angle of thread ing cutter and inner and outer diameters of the treading. Brought on to design the cutter, which will give the opportunity to get the exact value theoretically angle at the top of the triangular threading the pipes.

Актуальність проблеми. У бурових колонах та обсадних трубах серед показників їхньої якості, особливе місце займає механічна міцність та згинчуваність різьбових кінців. Такі показники значною мірою є залежними від точності різьби, яка у свою чергу залежить від точності різального інструменту, з допомогою якого виготовляється вказана різьбова поверхня. Визначення точного профілю різальної кромки посідає чільне місце у проектуванні токарних різьбових різців, якими здебільшого послуговуються при виробництві різьбових кінців труб та муфт у нафтогазовій галузі. У свою чергу різальна здатність токарного інструменту залежить від геометричних параметрів, особливо від значення переднього кута. Тому постає питання точності різальної частини різців, передній кут яких не дорівнює нулю. Це цілком поширюється і на різці для виготовлення внутрішньої різьби, оскільки різьбові кінці обсадних труб, а також муфти, та інші елементи бурових колон виконуються, у тому числі, і із внутрішньою різьбою.

Огляд досліджень та публікацій. Точність трикутної різьби труб нафтогазового сортаменту регламентується стандартами [1, 2]. В таблиці вказані основні параметри трикутної різьби за вказаними стандартами. До найважливіших параметрів точності різьби відноситься кут нахилу

сторони профілю $\alpha/2$. У свою чергу радіус заокруглення вершини профілю r і радіус заокруглення впадини профілю r_1 вказані у стандарті, як параметри виготовлення різьбоутворюючих інструментів.

Таблиця – Геометричні параметри трикутної різьби за стандартами [1, 2]

Параметр різьби	Норма
Крок різьби P	3,175 мм
Висота вихідного профілю H^*	2,750 мм
Висота профілю h_1	$1,810^{+0,05}_{-0,1}$ мм
Робоча висота профілю h	1,734 мм
Кут профілю α	60°
Кут нахилу сторони профілю $\alpha/2$	$30^\circ \pm 1^\circ 15'$
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

У ряді статей досліджується вплив переднього кута на точність профілю різальної кромки різьбонарізного різця. У роботі [3] програмним шляхом доводиться, що величина переднього кута у теоретично точних різців спричиняє відхилення від симетричності профілю різальної кромки. У роботі [4] пропонується програма розрахунку точок різальної кромки різьбонарізного різця із врахуванням істотного їх відхилення від прямолінійної напрямної гвинтової поверхні. Доведено, що таке відхилення спричинене гіперболічним характером лінії, що є перетином передньої площини інструменту із гвинтовою поверхнею трикутної різьби. У статті [5] увага сконцентрована на корекції профілю різьбонарізного різця, зокрема головного кута у плані. Доведено, що при наявності ненульового значення переднього кута теоретично точний різьбонарізний різець повинен мати головний кут у плані менший, аніж кут профілю різьби.

На рис. 1 зображено схему трикутної зовнішньої та внутрішньої різьби за стандартами [1, 2] з розміщенням різьбонарізного різця. Умовні позначення на схемі відповідають таблиці.

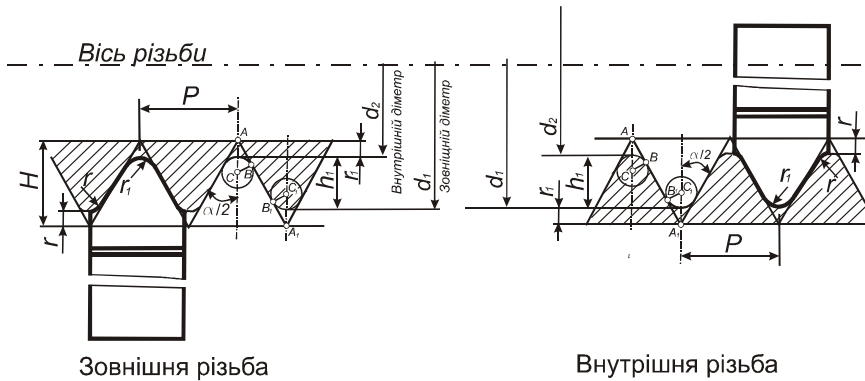


Рисунок 1 – Схема зовнішньої і внутрішньої різьби і розміщеної щодо них різьбонарізного різця

Відомі з робіт [4] і [5] залежності для зовнішньої різьби виведені на основі комплексного креслення, яке проілюстровано на рис. 2. Заштрихована область відповідає перерізу передньої площини з конусом, який заданий радіусом більшої основи R , радіусом меншої основи r і кутом β . 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 [1]:

$$|mn| = \frac{ab}{x_n + \sqrt{x_n^2 - a^2}}, \quad (1)$$

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 різьби та різця вказану формулу (1), шляхом нескладних перетворень змінено на наступну:

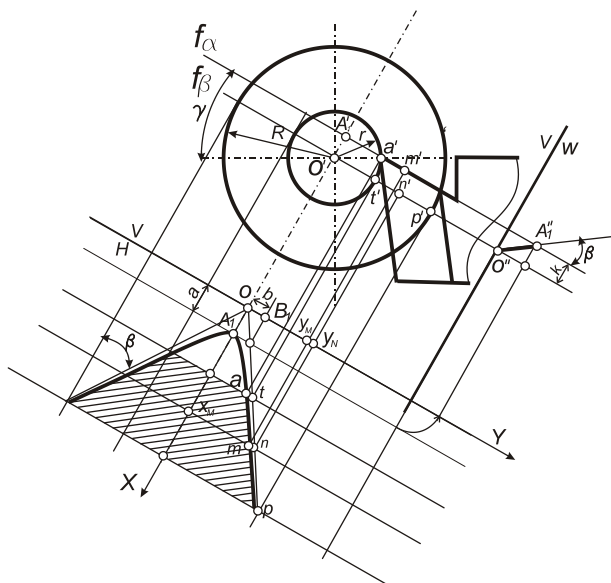


Рисунок 2 – Схема перерізу передньої площини різця і зрізаного конуса різьби

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

де r — найменший радіус різьби, мм; r_i — радіус точки x_i , мм; γ — передній кут різця, рад.

На основі формули (2) отримані залежності для розрахунку головного кута у плані різьбонарізного різця із переднім кутом, що не дорівнює нулю

$$\phi = 2 \arctg \left(\frac{P}{2(\Delta_{\max} - \Delta_{\min} + H)} \right), \quad (3)$$

де

$$\Delta_{\max} = \frac{\left(\frac{d_2}{2} - r_1 \right) \sin^2 \gamma}{2(1 + \cos \gamma)} \quad (4)$$

i

$$\Delta_{\min} = \frac{\left(\frac{d_2}{2} - r_1\right) \sin^2 \gamma}{\left(\frac{d_1}{2} + r_1\right) + \sqrt{\left(\frac{d_1}{2} + r\right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} - r\right) \sin^2 \gamma}}. \quad (5)$$

Вказана залежність отримана для розрахунку різьбонарізного різця, яким виготовляють зовнішню різьбу.

Мета статті. Визначення аналітичної залежності головного кута у плані різьбонарізного різця для нарізання внутрішньої трикутної різьби труб нафтогазового сортаменту від величини переднього кута.

Виклад основного матеріалу. На рис. 3 зображено схему гіперболічної лінії перетину передньої площини внутрішнього різьбового різця і внутрішньої конічної поверхні. На схемі передня площина позначена слідом $f\gamma$, а осьова площина задана слідом f_0 . Зі схеми зрозуміло, що формула (1) визначення відхилення довільної точки n на гіперболі від відповідної точки m на твірній конуса справедлива і у випадку із внутрішньою різьбою.

Відповідно до рис. 3 отримуємо формули для визначення максимального відхилення гіперболічного профілю внутрішньої різьби

$$\Delta_{\max} = \frac{\left(\frac{d_2}{2} - r\right) \sin^2 \gamma}{2(1 + \cos \gamma)} \quad (6)$$

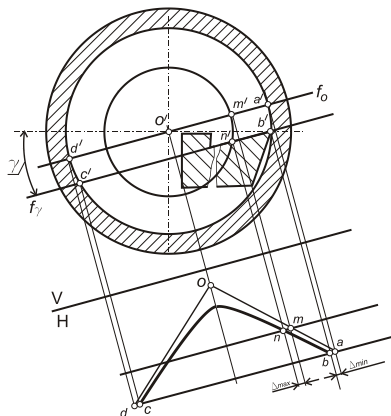


Рисунок 3 – Схема перетину передньої площини внутрішнього різьбового різця і внутрішньої конічної поверхні

та мінімального відхилення гіперболічного профілю внутрішньої різби

$$\Delta_{\min} = \frac{\left(\frac{d_2}{2} - r\right) \sin^2 \gamma}{\left(\frac{d_1}{2} + r\right) + \sqrt{\left(\frac{d_1}{2} + r_1\right)^2 - \left(\frac{d_2}{2} - r_1\right) \sin^2 \gamma}}; \quad (7)$$

Для визначення головного кута в плані різьбонарізного різця для виготовлення внутрішньої трикутної різби використаємо схему на рис. 4, яке є збільшеною версією рис. 3 в околі точок m і n . На ній жирною лінією показано гіперболічний профіль різальної кромки. Відповідно до цього профілю позначено половинне значення головного кута у плані.

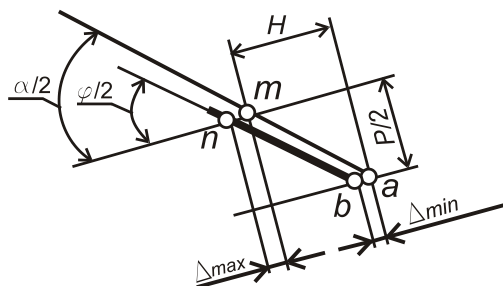


Рисунок 4 – Схема взаємного розташування профілю різби і профілю різальної кромки різьбонарізного різця

На рис. 5 для ілюстрації доведення здійснено плоско паралельне переміщення профілю різальної кромки до суміщення точки a з точкою b . У відповідності зі схемою на рисунку 5 маємо таку аналітичну залежність:

$$\varphi = 2 \arctg \left(\frac{P}{2(\Delta_{\max} - \Delta_{\min} + H)} \right), \quad (8)$$

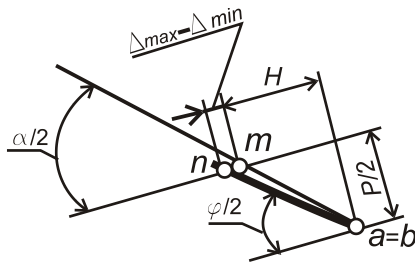


Рисунок 5 – Схема для аналітичного визначення головного кута у плані різьбонарізного різця із переднім кутом, відмінним від нуля (для внутрішньої різьби)

Отримана формула ідентична до формули визначення величини головного кута у плані різьбонарізного різця для зовнішньої різьби.

Висновки. Отримані аналітичні залежності дають можливість визначати теоретично точний профіль різьбонарізних різців для виготовлення внутрішньої трикутної різьби труб нафтогазового сортаменту.

Список використаних джерел: 1. Трубы обсадные и муфты к ним : ГОСТ 632–80. – М.: Стандартинформ, 2010. – 75 с. – (Межгосударственный стандарт). 2. Резьба коническая замковая для элементов буровых колонн. Профиль. Размеры. Допуски: ГОСТ 28487–90. – М.: Стандартинформ, 2006. – 10 с. (Межгосударственный стандарт). 3. *Онисько О. Р.* Забезпечення точності виготовлення різьб обсадних труб шляхом застосування параметричного проектування профіля різальної частини різьбонарізних інструментів в середовищі системи програмування Делфі / О.Р. Онисько, Л.О. Борушак, В.Б. Копей // Науковий вісник Івано–Франківського національного технічного університету. – 2009. – №2(20). – С. 50–53. 4. *Онисько О.Р.* Програмна реалізація розрахунку форми різальної кромки різьбового різця залежно від значення величини його переднього кута та діаметру різьби / О. Р. Онисько, Л. О. Борушак, С. О. Рязанов // Вісник національного університету « Львівська політехніка ». – 2013. – №772. – С. 129–134. 5. *Онисько О.Р.* Різьбові різці з відкоректованою за значенням переднього кута прямолінійною різальною кромкою / О.Р. Онисько, В.Г. Панчук, В.В. Врюкало // Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2014. – №2(48). – С. 10–14.

Bibliography (transliterated): 1. Truby obsadnye i mufty k nim: GOST 632–80. – M.: Standartinform, 2010. – 75 s. – (Mezhgosudarstvennyy standart). 2. Rez'ba konicheskaya zamkovaya dlja elementov buril'nyh kolonn. Profil. Razmery. Dopuski. : GOST 28487–90. – M.: Standartinform, 2006. – 10 s. (Mezhgosudarstvennyy standart). 3. Onis'ko O. R. Zabezpechennja tochnosti vigotovlennja riz'b obsadnih trub shljahom zastosuvannja parametrichnogo proektuvannja profilja rizar'noi chastini rizar'bonariznih instrumentiv v seredovishhi sistemi programuvannja Delfi / O.R. Onis'ko, L.O. Borushhak, V.B. Kopej // Naukovij visnik Ivano–Frankivs'kogo nacional'nogo tehnicznogo universitetu. – 2009. – №2(20). – S. 50–53. 4. Onis'ko O.R. Programma realizacija rozrahunku formi rizar'noi kromki riz'bovogo riezca zalezjno vid znachennja velichini jogo predn'ogo kuta ta diametru riz'bi / O.R. Onis'ko, L.O. Borushhak, S.O. Rjazanov // Visnik nacional'nogo universitetu « L'vivs'ka politehnika ». – 2013. – №772. – S. 129–134. 5. Onis'ko O.R. Riz'bovi rizci z vidkorektovanoju za znachennjam predn'ogo kuta prjamolinijnuju rizar'noju kromkoju / O. R. Onis'ko, V. G. Panchuk, V. V. Vrjukalo // Progresivni tehnologii i sistemi mashinobuduvannja. – 2014. – №2(48). – S. 10–14.

Надійшла до редколегії 13.06.2014