

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ БІЧНИХ ПРОФІЛІВ ТРИКУТНОЇ РІЗЬБИ: ЗАДАНОГО СТАНДАРТОМ І ОТРИМАНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗЦЯ З НЕНУЛЬОВИМ ЗНАЧЕННЯМ ПЕРЕДНЬОГО КУТА

Запропонована програмна реалізація дослідження впливу величини переднього кута різьбового різця на точність відтворення заданого профілю різьби. У алгоритмі прикладної програми використані розроблені нами раніше аналітичні залежності, щодо гіперболічної корекції різальної кромки різьбового різця випрямленої на основі лінійної інтерполяції. Алгоритм побудований з використанням розробленої нами алгоритмічної залежності осевого профілю конволютного гвинта від величини його діаметра, кута нахилу його профілю і величини переднього кута різця. Отримані результати показали значне відхилення профілю отриманої різьби з допомогою різця з невідкоректованим профілем різальної кромки і близький до заданого стандарту профіль різьби, яка отримується різцем, різальна кромка якої виконана за запропонованим нами алгоритмом.

**Ключові слова:** різьбовий різець, передній кут, конволютний гвинт, косий закритий гелікоїд, гіперболічний профіль, трансцендентна функція, алгебраїчна функція першого порядку, графічна модель, бічний профіль різьби.

**Вступ.** Технологія виготовлення різьбових поверхонь передбачає використання як одно і багато ниткових токарних різців, так і більш високопродуктивних інструментів – різьбових гребінок чи різцевих різьбових головок. Подавна більшість запропонованих виробниками твердосплавних різьбових пластинок для них, виконані в такій формі, щоб забезпечувати задану точність відтворення різьби, роблячи їх передні поверхні з нульовим кутом нахилу. Це обмежує можливості застосування різців як щодо продуктивності процесу, так і щодо шорсткості отриманої з їх допомогою різьбової поверхні.

У відомих працях [1], [2] розглядають можливість застосування ненульового значення переднього кута з відкоректованим профілем різальної кромки. Є пропозиції застосувати гіперболічний профіль різальної кромки [3], або профіль виконаний на основі прямолінійної інтерполяції гіперболічної кривої [4]. Тим не менше, поки що вказані пропозиції не набули широкого використання у виробників інструменту, оскільки у них не повною мірою проаналізовані можливі результати, отримані від застосування таких різців. Тобто не існує достатньо переконливих досліджень, які показували б, хоч би на рівні моделей величину відхилень профілю різьби отриманої за допомогою різців з ненульовим значенням переднього кута від заданого стандарту профілю різьби.

**Метою** даної роботи є здійснення порівняльного аналізу графічних моделей бічного профілю стандартної трикутної різьби і різьби, яка отримана різцями із ненульовим значенням кута нахилу передньої поверхні.

**Аналіз останніх досліджень.** Відомі алгоритми корекції різальної кромки різьбового різця зводяться

до побудови асиметричного її профілю. Осьові зміщення точок профілю різальної кромки, що власне і є причиною такої асиметричності, пов'язані із повздовжнім рухом різця, який власне є подачею на оберт. В ряді робіт величини цих осьових зміщень є досліджені на предмет їх залежності від кута нахилу передньої поверхні різця [1], [2], а також отримані програмно реалізовані дослідження даних залежностей [5]. У той сам час зазначені праці не описують отриманий профіль різьби ані аналітично, ані графічно.

Графічні залежності профілю різальної кромки різця від величини кута нахилу передньої поверхні отримані у роботах [3], [4]. У них запропоновано виконувати гіперболічний профіль [3], або прямолінійний профіль, виконаний на основі прямолінійної інтерполяції гіперболічної кривої [4]. Стосовно ж аналізу профілю отриманої з допомогою таких різців різьбової поверхні у вказаних першоджерелах не йдеться.

Моделювання процесу різьбонарізання і геометричний аналіз профілю отриманої різьби є предметом дослідження у праці [6]. У ній досліджено вплив зміщення точок профілю різальної кромки, що виникають внаслідок подачі на оберт, на точність виконання різьби. В тім і у цій роботі залишився поза дослідженням розгляд різальної кромки як твірної гвинтової поверхні. Адже відомо, що різьбова поверхня це власне гвинтова поверхня і якщо різьба має трикутний, або трапецеїдальний профіль то бічна поверхня такого гвинта є закритим косим гелікоїдом. Якщо площина передньої поверхні різьбового різця містить вісь гвинта, то його різальні кромки як твірні забезпечують саме таку гвинтову поверхню. Якщо кут нахилу передньої поверхні не дорівнює нулю, а значить площина передньої поверхні не проходить через вісь

гвинта, то різальна кромка як твірна створює відкритий конволютний гелікоїд. Отже ці два різних гелікоїди мають відношення до однієї і тієї ж різбової поверхні. Один з них по суті регламентується стандартом на трикутну різьбу, а інший є результатом формування різьби різцем з ненульовим значенням переднього кута.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день не проведений порівняльний аналіз розглянутих вище гелікоїдних поверхонь, одна із яких є функцією, що залежить від величини переднього кута, а друга відповідає стандарту різьби [9]. Можливо, що саме із-за цієї інформаційної прогалини, більш широке застосування різбових різців з похилою передньою поверхнею залишилося поза увагою виробників різальних інструментів [7]. Не регламентується величина переднього кута різбових різців і у діючих державних та міждержавних стандартах [8], що свідчить про певну упередженість офіційної науки, щодо можливостей отримання точного профілю різьби з допомогою таких інструментів.

**Отримання заданого профілю трикутної різьби.** Бічний профіль трикутної різьби, наприклад за стандартом [9] є прямолінійним відрізком спряженим з заданими радіусними профілями  $r_1$ ,  $r_2$ . На рисунку 1 показано відрізок  $AB$ , що є вихідним профілем різьби і включає у себе прямолінійну частину дійсного профілю трикутної різьби. Жирною лінією показаний різбовий різець у плані. Якщо різець виконаний, так що його передня поверхня є площиною, яка проходить через вісь різьби, тобто його передній кут дорівнює нулю, то прямолінійна частина його різальної кромки повинна співпадати з бічним профілем різьби.

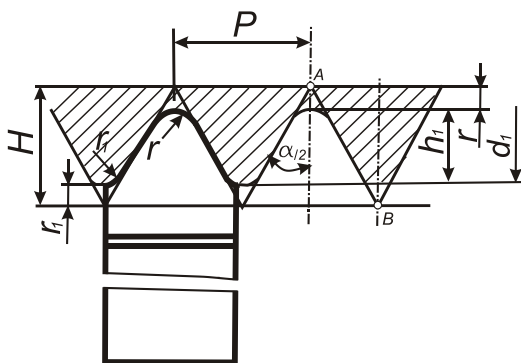


Рис. 1 – Схема профілю трикутної різьби, згідно із стандартом ГОСТ 632–80.

Згідно зі стандартом [9] параметри вказані граничні відхилення розмірів трикутної різьби таблиці 1.

Утворена однією прямолінійною частиною різальної кромки поверхня є закритим косим гелікоїдом, осьовий переріз якого і співпадає з бічним профілем різьби.

**Порівняння графічних моделей дійсного профілю різьби отриманої різцем із ненульовим значенням переднього кута і профілю різьби, заданої стандартом.** У випадку, коли різець виконаний із ненульовим значенням переднього кута, то твірна  $AB$ ,

яка не перетинатиме вісь гвинта забезпечить виконання конволютного відкритого косоного гелікоїда, що проілюстровано на рисунку 2.

Таблиця 1 – Параметри і граничні відхилення від номінальних розмірів трикутної різьби за стандартом ГОСТ 632–80

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
Кут нахилу сторони профілю $\alpha/2$	$30^\circ \pm 1^\circ 15'$

Для порівняння профілю означеного відкритого гелікоїда із профілем закритим пропонуємо порівняти графічні моделі їхніх осьових перерізів.

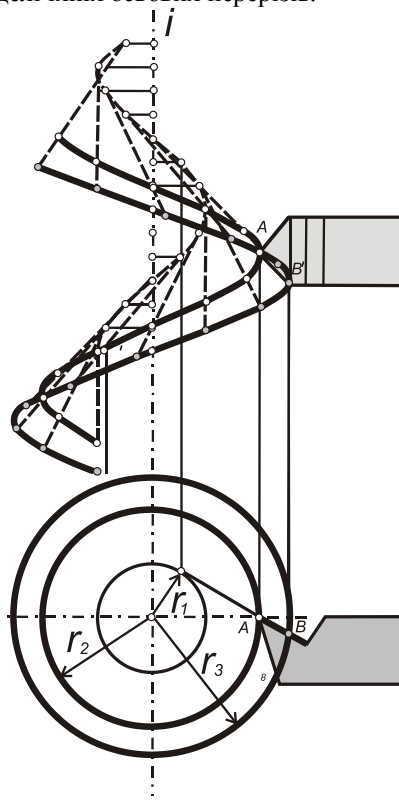


Рис. 2 – Схема отримання конволютної поверхні при застосуванні різця із ненульовим значенням переднього кута

Визначатимемо осьовий переріз однієї бічної поверхні. Для вказаної за стандартом [9] різьби графічна модель профілю відповідає лінійному рівнянню:

$$z(x) = tg\left(\frac{\alpha}{2}\right)x, \quad (1)$$

де  $z$  – вісь, що сумісна із віссю гвинтової поверхні різьби,  $x$  – вісь проведена перпендикулярно до осі гвинтової поверхні,  $\frac{\alpha}{2}$  – кут нахилу сторони профілю, (табл. 1).

Користуючись методикою [10], можна отримати таку формулу профіля конволітного гелікоїда :

$$z(x) = tg\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)x \frac{\sin \tau}{\sin \gamma} - \frac{P}{2\pi} \tau, \quad (2)$$

де  $\tau$  – одна із криволінійних координат різальної кромки, що визначається за формулою

$$\tau = \gamma - \arcsin\left(\frac{r_2 \sin \gamma}{x}\right);$$

$P$  – крок заданої різьби;  
 $\gamma$  – передній кут різця.

$\alpha_1$  – кут між правою та лівою різальними кромками різьбового різця у площині його передньої поверхні. Згідно із [7, стор.4]

$$\frac{\alpha_1}{2} = \arctg\left(\frac{P + \Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{2H}\right), \quad (3)$$

Де  $H$  – висота вихідного профілю різьби згідно з [3, стор.52];

$$\Delta_{\max} = \frac{r_2^2 \sin^2 \gamma}{1 + \cos \gamma};$$

$$\Delta_{\min} = \frac{r_2^2 \sin^2 \gamma}{r_3 + \sqrt{r_3^2 - (r_2 \sin \gamma)^2}};$$

де  $r_2$  і  $r_3$  відповідно внутрішній і зовнішній радіуси різьби.

**Отримані результати.** Для порівняння отриманих функцій: лінійної (1), та трансцендентної (2) автори застосували створену ними прикладну програму у середовищі мови програмування C++Builder. На рисунку 3 показаний фрагмент цієї прикладної програми на якому в одній системі координат XZ показано графік функції, що описана рівнянням (2) — верхня лінія, та графік функції, яка описана рівнянням (1) — нижня лінія.

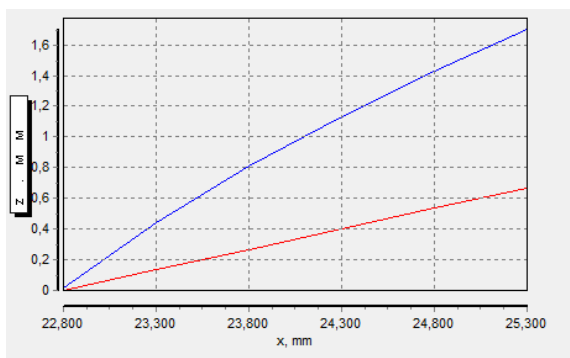


Рис. 3 – Графічна модель осевого перерізу конволітного гвинтової поверхні (верхня лінія) і графічне відображення алгебраїчної функції, що відповідає профілю трикутної різьби

Верхня лінія, це трансцендентна крива, яка отримана для різьби за стандартом [9] згідно з таблицею 1 для різьби, зовнішній діаметр котрої дорівнює 50 мм, а величина переднього кута різьбового різця

становить  $45^\circ$ . Цей рисунок ілюструє криволінійність, отриманої трансцендентної функції, але оскільки такі величини передніх кутів не є живані у токарних різцях, то варто проаналізувати графіки функцій (1) і (2) для більш прийняттого діапазону значень передніх кутів.

На рисунку 4 верхня лінія відповідає рівнянню (2), величина  $\frac{\alpha_1}{2}$  прийнята як така, що відповідає куту нахилу сторони профілю за стандартом [9]. Тобто вказана лінія імітує профіль гвинтової поверхні, що виконана різцем без гіперболічної корекції його різальної кромки.

Як видно із графіків верхня трансцендентна крива на ділянці власне самої різьби, з внутрішнім радіусом 159,80 мм, та зовнішнім 162,30 мм (діаметр 324 мм). Максимальне відхилення між верхньою (трансцендентною) та нижньою (алгебраїчною) лініями у радіальному напрямку (тобто вздовж осі X) становить близько 0,1 мм. Це величина, яка співимірна із допуском на розмір висоти профілю різьби (див. табл.1).

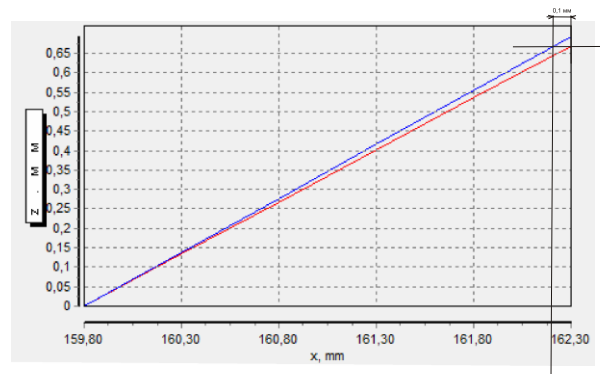


Рис. 4 – Профіль заданої стандартом ГОСТ 632 – 80 різьби (нижня лінія) і графічна модель осевого перерізу трикутної різьби отриманої різцем, передній кут якого при вершині різальної кромки становить  $15^\circ$  (верхня лінія)

На рисунку 5 проілюстрований фрагмент програми, який відрізняється від зображеного на рисунку 4, тим що додана ще одна лінія (дуже близька до нижньої), яка відповідає імітації створення гвинтової поверхні різцем з різальною кромкою профілю якої відповідає формулі (3).

З рисунку 5 бачимо, що відхилення нової лінії від лінії профілю заданої різьби, у порівнянні із верхньою кривою є доволі незначним, тобто фактично лінії за формулою 1 і 2 є дуже близькі.

На рисунку 6 показано збільшений фрагмент графіків, який унаочнює близькість отриманого профілю осевого перерізу різьби, отриманої за допомогою різця з відкоректованою за гіперболічним профілем і далі прямолінійно інтерпольованою різальною кромкою та профілю стандартної різьби. Як видно з рисунку максимальне відхилення між вказаними профілями не перевищує межі 0,015 мм. Близькі за значимістю результати отримані для передніх кутів у діапазоні від 0 до  $35^\circ$ .

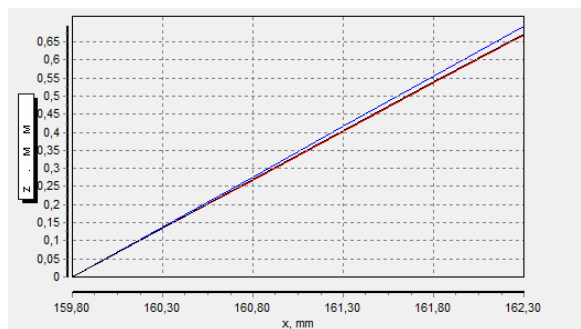


Рис. 5 – Профіль заданої стандартом ГОСТ 632 – 80 різьби (нижня лінія), графічна модель осевого перерізу трикутної різьби отриманої різцем, передній кут якого при вершині різальної кромки становить  $15^{\circ}$  (верхня лінія) і лінія поруч із нижньою – осевий переріз отриманий у результаті застосування різця з відкоректованим профілем різальної кромки різця

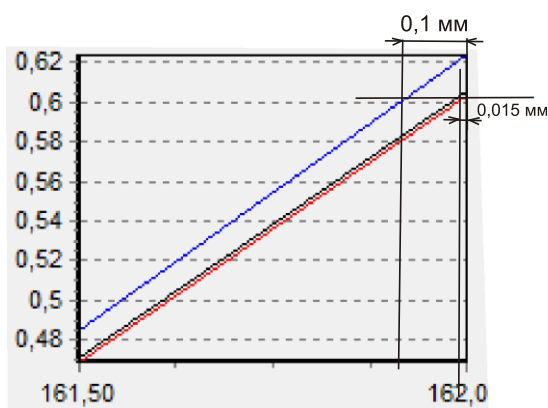


Рис. 6 – Збільшена частина отриманих на рисунку 5 графіків (різьба діаметром 324 мм).

**Висновки.** 1. Отримані результати підтверджують істинність аналітичних розрахунків прямолінійної інтерпольованої гіперболічної кривої профілю різальної кромки різбового різця, запропонованих у [3, 4, 5] і вказують на доцільність застосування запропонованих аналітичних рішень у [3, 4, 5] для високоточного профілювання різьби з допомогою різців із ненульовим значенням переднього кута.

У подальших дослідженнях, варто зосередитися на дослідженні профіля різьби, котра отримана різцем із подвійним нахилом різальної кромки.

**Список літератури:** 1. *Родін П. П.* Металлорежущие инструменты [текст]: учебник для студентов машиностроительных вузов // П. Р. Родин. К.: Вища школа, 1986. – 456 с. 2. *Бобров В. Ф.* Многопроходное нарезание крепежных резьб резцом [текст] / В. Ф. Бобров. М.: Машиностроение, 1982.–104с. 3. *Онисько О. Р.* Розрахунок гіперболічного профілю різальної кромки різця для виготовлення різбових кінців труб нафтогазового сортаменту. [Текст]//О. Р. Онисько // Прикарпатський вісник НТШ. – Івано-Франківськ – 2014. –No1(25) . С. 126–137. 4. *Онисько О. Р.* Різьбові різці з відкоректованою за значенням переднього кута прямолінійною різальною кромкою

[Текст]//О. Р. Онисько, В. Г. Панчук, В. В. Врюкало // Міжнародний збірник наукових праць «Прогресивні технології і системи машинобудування».–Донецьк.: – 2014.– No2(48).– С.10–14. 5.*Онисько О. Р.* Забезпечення точності виготовлення різьб обсадних труб шляхом застосування параметричного проектування профіля різальної частини різьбонарізних інструментів в середовищі системи програмування Дельфі [Текст]//О. Р. Онисько, Л. О. Борушчак, В. Б. Копей // Науковий вісник Івано–Франківського національного технічного університету. – 2009.–No2(20).–С. 50-53. 6. *Фомин Е. В.* Повышение стойкости и точности резьбовых резцов на основе моделирования процесса резьбонарезания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 : защищена 22.03.07 : утв. 24.09.07 / *Фомин Евгений Владимирович* – М., 2007. – 206 с. – Библиогр.: с. 194–202. – 003653715. 7. Ultra-rigid thread turning for all types of threads – internal and external. [Electronic resource] //Sandvik Coromant. Site. – Mode of access: [www.sandvik.coromant.com/engb/products/corothread\\_266/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/engb/products/corothread_266/Pages/default.aspx). - Last access: 2015. – Title from the screen. 8. DSTU GOST 18876:2008. Резцы токарные резьбовые с пластинами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры [Электронный ресурс]: Утвержден Госпотребстандарт 01.07.2008 – Электрон. дан. (1 файл). – К., 2008. — 7с.– Режим доступа: [document.ua/rezcytokarnye-rezbovye-s-plastinami-iz-bystrorozhushhei-stal-std5221.html](http://document.ua/rezcytokarnye-rezbovye-s-plastinami-iz-bystrorozhushhei-stal-std5221.html)– Название с экрана. 9. ГОСТ 632–80. Межгосударственный стандарт. Трубы обсадные и муфты к ним [Текст]. Утвержден и внесен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 05.06.80 No 2578. М.: «Стандартинформ», 2010. — 75с. 10. *Люкшин В.С.* Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов[текст]//В.С.Люкшин. М.: Машиностроение, 1967.–372с.

**Bibliographi (transliterated):** 1. *Rodin P. R.* Metallorozhushchije instrumenty: uchebnyk dlia mashynostroiitelnyh vuzov – Kiev.: Vyschcha shkola, 1986. 456 p.. Print. 2. *Bobrov V. F.* Mnogoprohodnoje narezanie krepieznyh rezv rezcom.– Moscow.: Mashynostroyeniye, 1982. 104 p. Print. 3. *Onysko O. R.* Rozrahunok hiperbolichnoho profiliiu rizalnojki kromky riztsia dlia vyhotovlennia rizbovyh kintsiv trub naftogazovoho sortaменту. Prykarpatskyj visnyk NTSh. Ivano-Frankivsk, 2014. – No(25). p. 126 –137. Print. 4. *Rizbovi riztsi z vidkorectovanoju za znachenniam perednioho kuta priamolinijnou rizalnoju kromkoju* O. R Onysko, V. G. Panchuk., V.V. Vrukalo Miznarodnyj zbirnyk naukovykh prats “Prohresyvni tehnolohii I systemy mashynobuduvannia” – Donetsk: 2014, No 2 p.10–14. Print. 5. *Onysko O. R.* Zabezpechennia tochnosti vyhotovlennia rezv obsadnyh trub shlahom zastosuvannia parametrychnoho proektuvannia profiliiu rizalnojki chastyny rizbonariznyh instrumentiv v seredovyshchi systemy prohramuvannia Delph. O. R. Onysko, L. O. Borushchak, V. B.Kopej Naukovyj visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tehnicnoho universytetu. –2009. No2. p. 50-53. Print. 6. *Fomin E.V.* Povysheniye stojkosti I tochnostirezbovyh reztsiv na osnovе modelirovaniа protsessа rezьbonarezaniа. Dys...kand. tehn. nauk/ Fomin Evgenij Vladimirovich – Moscow., 2007.–206 p. Print. 7. Ultra-rigid thread turning for all types of threads – internal and external. [Electronic resource] Sandvik Coromant. Site. – Mode of access: [www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/corothread\\_266/Pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/corothread_266/Pages/default.aspx). - Last access: 2015. – Title from the screen. 8. DSTU GOST 18876:2008. Reztsy tokarnye rezbovye s plastinami iz bystrorozhushchej stali. Konstruktsija I razmery. Gospotrebstandart 01.07.2008 Mode of access: [document.ua/rezcytokarnye-rezbovye-s-plastinami-iz-bystrorozhushhei-stal-std5221.html](http://document.ua/rezcytokarnye-rezbovye-s-plastinami-iz-bystrorozhushhei-stal-std5221.html) – Title from the screen. 9. HOST 632–80. Mezhhosudarstvennyi standart. Truby obsadne y mufty k nym [Текст]. Utverzhden y vnesen v deystvye postanovleniem Hosudarstvennoho komyteta SSSR po standartam ot 05.06. Moscow: «Standartynform», 2010. — 75p. Print. 10. *Lukshyn V.S.* Teoriya vynytovyh poverhnostiej v proektirovanii rezushchih instrumentov V.S.Lukshyn. Moscow.: Mashynostroyeniye, 1967, –372 p.

Поступила (received) 06.03.2015

**Онисько Олег Романович** — канд. тех. наук, доц., ІФНТУНГ, Івано-Франківськ; тел.: 0954885401, e-mail: onysko.oleg@gmail.com

**Процак Павло Михайлович** — студент, ІФНТУНГ, Івано-Франківськ; тел.: 0950643533, e-mail: ProcaCTC@ukr.net