



Прийнято 03.12.2025. Прорецензовано 13.12.2025. Опубліковано 30.12.2025.

УДК 621.9.025

DOI: 10.31471/1993-9965-2025-2(59)-115-122

РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ТРАПЕЦЕЇДАЛЬНОЇ НАРІЗИ, ОТРИМАНОЇ ТОЧИННЯМ РІЗЦЕМ ІЗ ТАНГЕНЦІАЛЬНИМ ЗМІЩЕННЯМ

Веркалець А. А. *

Аспірант

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

<https://orcid.org/0009-0004-9902-8499>

e-mail: anatolii.verkalets-a13124@nung.edu.ua

Онисько О. Р.

Доктор технічних наук, професор

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-6543-9554>

e-mail: oleh.onysko@nung.edu.ua

Анотація. Точність профілю трапецеїдальних нарізей ходових гвинтів визначає їхню згвинчуваність, навантажувальну здатність і стабільність кінематичних характеристик, особливо для гвинтів малого діаметра з великим кроком, де геометрія різального інструмента має суттєвий вплив на процес формоутворення. У роботі виконано аналітичне моделювання впливу тангенціального зміщення вершини токарного різця на геометрію профілю трапецеїдальної нарізи з урахуванням реальної просторової орієнтації різальної крайки. Виведено залежності для прогнозування приросту профільного кута та відповідного зміщення середнього діаметра внаслідок тангенціального відхилення інструмента. Особливу увагу приділено аналізу нарізей малого діаметра з великим кроком. Розрахунки виконано для трапецеїдальної нарізи Tr 22×8, виготовленої за стандартом ISO 2904:2020, для якої при зміщенні вершини різця на 200 мкм отримано збільшення профільного кута на 6,24 кутових хвилини, що становить понад 28 % допустимого відхилення за стандартом ASME B1.5, а необхідна діаметральна компенсація середнього діаметра досягає 26,4 мкм, що відповідає приблизно 9 % поля допуску. Показано, що такі відхилення мають систематичний характер і не можуть бути усунені лише підвищенням точності обладнання, оскільки зумовлені самою геометрією процесу різьбонарізання та технологічно необхідними параметрами налагодження інструмента. Отримані результати підтверджують доцільність попереднього аналітичного прогнозування похибок профілю та врахування тангенціального зміщення при налагодженні різців для забезпечення взаємозамінності та згвинчуваності відповідальних гвинтових пар.

Ключові слова: ходовий гвинт, трапецеїдальна нарізь, точіння, профіль нарізи, тангенціальне зміщення різця, профільний кут, середній діаметр, точність нарізи, математичне моделювання.

Запропоноване посилання: Веркалець, А. А. & Онисько, О. Р. (2025). Розрахунок точності трапецеїдальної нарізи отриманої точінням різцем із тангенціальним зміщенням. Науковий вісник ІФНТУНГ, 2(59), 115-122. doi: 10.31471/1993-9965-2025-2(59)-115-122

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Вступ

Трапецеїдальні нарізі є основним елементом гвинтових передач, які широко використовуються в машинобудуванні для перетворення обертального руху в прямолінійний, наприклад, у ходових гвинтах верстатів та пресах. Основною вимогою до таких кінематичних пар є забезпечення точного переміщення при найменшому терті та високій навантажувальній здатності. Точність профілю трапецеїдальних нарізей значною мірою визначає експлуатаційні характеристики готового виробу: згинчуваність, міцність, надійність. Ця точність регламентується стандартом ASME B1.5-1997 [1]. Стандартом ISO 2904:2020 точність профілю не встановлюється, але вказані розміри на внутрішній, зовнішній і середній діаметри у метричних одиницях [2]. Проте, в реальних виробничих умовах досягнення теоретичного (номінального) профілю ускладнено низкою технологічних факторів, які потребують детального аналізу та компенсації.

Аналіз джерел і формулювання проблеми

Точність трапецеїдальної нарізі визначається відповідністю її фактичного профілю номінальній геометрії. Основними геометричними параметрами профілю є крок P , номінальний, середній та внутрішній діаметри (d , d_2 , d_1), кут профілю – α [1, 2]. Стандартами також регламентуються: висота вихідного трикутника H і робоча висота профілю H_1 (рис. 1).

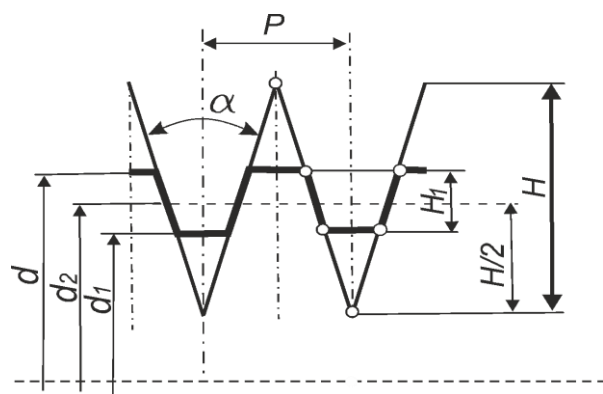


Рисунок 1 – Профіль трапецеїдальної нарізі за стандартами ISO, ASME, ГОСТ

Дані стандарту [2] щодо відповідності номінального діаметру трапецеїдальної нарізі і її кроку вказують на варіативність кроку у кількості трьох для усіх розмірів, починаючи із номінального діаметру $d=22$ мм і до $d=160$ мм. У таблиці 1 наведено фрагмент стандарту [2], що регламентує відповідність кроків і номіна-

льних діаметрів однозахідних трапецеїдальних різьб. Таблиця доповнена розрахунками кутів підйому гвинтової лінії ψ для найбільшого значення кроку за формулою [3]:

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi d_2}. \quad (1)$$

Таблиця 1 – Відповідність діаметру і кроку згідно зі стандартом ISO 2904:2020 і обчисленого кута підйому гвинтової лінії

Номінальний діаметр d , мм	Крок P , мм	Середній діаметр d_2 , мм	Кут підйому гвинтової лінії ψ , °
16	2, 4	14	5,20
22	3, 5, 8	18	8,05 (5,05)
30	3, 6, 10	25	7,25
50	3, 8, 12	44	4,96
100	4, 12, 20	90	4,05
160	6, 16, 28	146	3,49

В таблиці 1 виділено рядок нарізі з номінальним діаметром $d=22$ мм, для якої за формулою (1) отримано найбільше значення кута підйому гвинтової лінії $\psi=8,05^\circ$. Таким чином, ходовий вал із однозахідною нарізю Tr 22 x 8 вирізняється з-поміж інших трапецеїдальних нарізей своєю технологічною особливістю, оскільки кут підйому гвинтової лінії ψ згідно із даними виробників [3] є впливовим чинником у процесі нарізоточіння.

Для номіналу $d=22$ і кроку 5 мм обчислений кут підйому гвинтової лінії $\psi=5,05^\circ$. Фактично дані таблиці 1, можна віднести і до стандарту ГОСТ 24737-81 [4].

Очевидно, що крок $P=8$ мм із ISO фактично відповідає трьом ниткам на дюйм зі стандарту ASME, а крок $P=5$ мм із ISO – п'яти ниткам на дюйм із стандарту ASME.

Допуски на відхилення половинного кута профілю $\Delta\alpha/2$ як фрагмент стандарту ASME B1.5-1997 [1] показано у таблиці 2, де жирним шрифтом виділено рядки із допусками на відхилення щодо кількості ниток на дюйм 3 і 5 (що відповідає крокам P 5 і 8 мм).

Щоб запобігти порушенню згинчуваності болта з гайкою, похибка кута профілю $\Delta\alpha/2$ нівелюється шляхом діаметральної компенсації за їхнім середнім діаметром f_a (рис. 2).

Компенсація f_a похибки кута профілю $\Delta\alpha/2$ може бути визначена із трикутника DEF із застосуванням деякий спрощень за формулою [5]:

Таблиця 2 – Допуски кута нахилу бічної сторони ($\alpha/2=14,5^\circ$) для зовнішніх і внутрішніх нарізів за стандартом ASME B1.5-1997

Кількість витків на дюйм	Допуск на відхилення
16	$0^\circ 47'$
14	$0^\circ 44'$
12	$0^\circ 41'$
10	$0^\circ 39'$
8	$0^\circ 35'$
6	$0^\circ 30'$
5	$0^\circ 27'$
4	$0^\circ 25'$
3	$0^\circ 22'$
2.5	$0^\circ 20'$
2	$0^\circ 18'$
1.5	$0^\circ 16'$
1.33	$0^\circ 15'$
1	$0^\circ 12'$

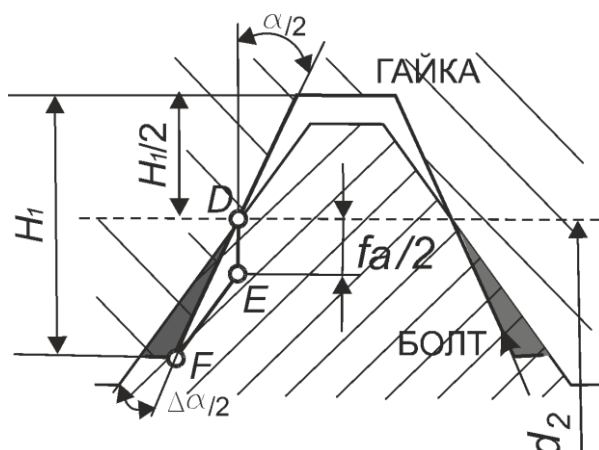


Рисунок 2 – Діаметральна компенсація похибки профільного кута нарізі $\Delta\alpha/2$

$$f_a = 0,582\Delta\frac{\alpha}{2}P, \quad (2)$$

де f_a – у мікрометрах (мкм), P – в міліметрах (мм), $\Delta\alpha/2$ – у кутових хвилинах ($'$).

Контроль і компенсація визначених параметрів забезпечує згвинчуваність, взаємозамінність і стабільність кінематичних характеристик ходових гвинтів.

Дослідження [6] доводить, що тангенціальні відхилення вершини різьбового різця $h > 200$ мкм (рис. 3) призводять до виходу кута профілю за межі допуску у метричних нарізах малого діаметра. Наприклад, для нарізі M20x4 [3] при зміщенні вершини різця на $h=0.2$ мм розрахунковий кут профілю становить 60.184° ($60^\circ 11'$), що дає похибку половинного кута $\Delta\alpha/2 = 5.5'$. Для нарізі меншого діаметра M10x3

таке саме зміщення $h = \pm 0.2$ мм (вище і нижче від осі нарізі на 0,2 мм) призводить до значно більшої похибки половинного кута – $19'$.

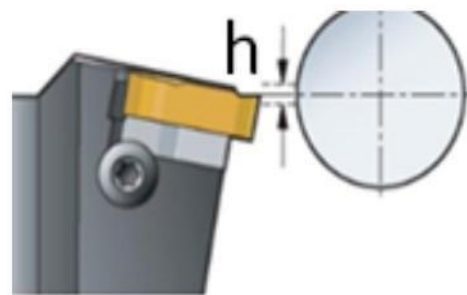


Рисунок 3 – Схема установки вершини токарного різця із тангенціальним відхилом його вершини h

У роботі [7] встановлено, що при використанні різця з переднім кутом $\gamma = -5^\circ$ для ходового гвинта діаметром 22 мм і кроком 8 мм відхилення половини кута профілю досягає 0.18° , що дорівнює ($11'$). Згідно з даними таблиці 2, це значення становить 50 % від загального допуску на кут профілю.

Дослідження [8] доводить, що застосування різців із ненульовим значенням кута нахилу різальної крайки $\lambda \approx 4^\circ$ і одночасно переднього кута $\gamma = 12^\circ$ (для важкооброблюваних нержавіючих сталей) призводить до суттєвого викривлення нарізевого профілю бурильної замкової конічної нарізі NC10 (максимальний діаметр $d_1 = 35$ мм, крок $P = 4,23$ мм). Прогнозний розрахунок відхилення величини профільного кута становив $0,25^\circ$, що відповідно до таблиці 2 складало 33% від допуску.

Згідно із рекомендаціями виробників [3] кут λ фактично завжди приймають рівним заокругленому значенню кута підйому нарізі ψ (рис. 4), розрахованого за формулою (1). Це забезпечує рівномірність зношування граней різальної крайки та, відповідно, подовжує життєвий цикл різального інструмента.

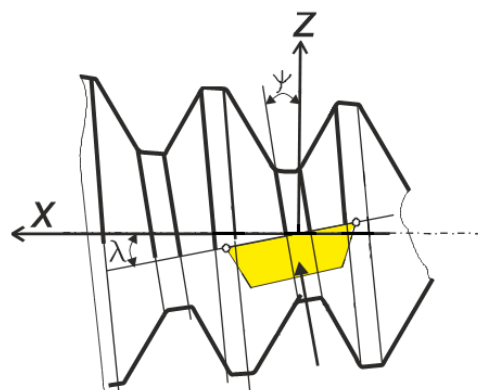


Рисунок 4 – Схема установки твердосплавної різальної пластини під кутом нахилу λ

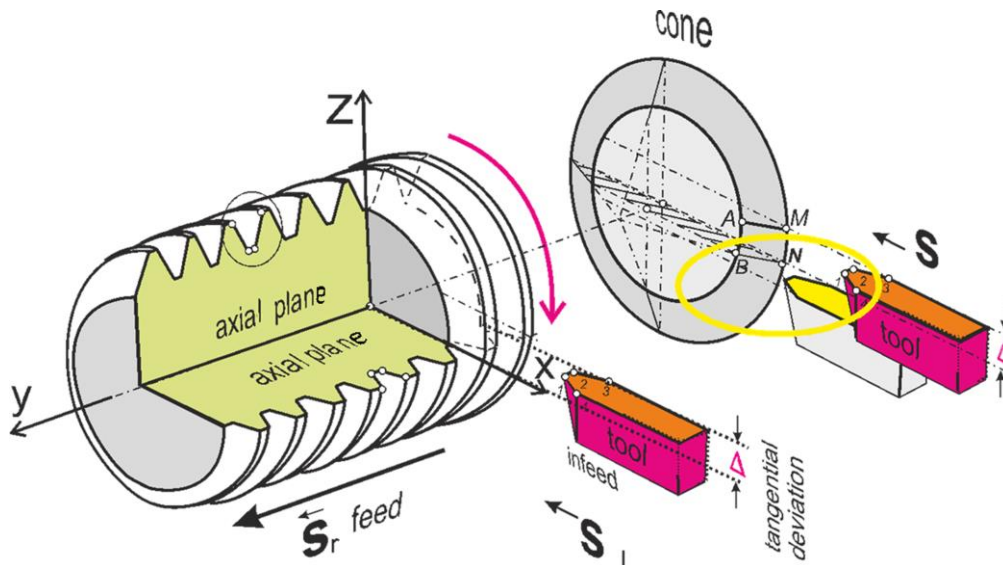


Рисунок 5 – Схема точіння трапецеїдальної нарізі різцем із тангенціальним відхилом

Дослідження [9] пропонує моделювати різальну крайку різців для великокрокових нарізей із врахуванням обидвох геометричних параметрів λ і γ , які, на думку авторів, суттєво впливають на точність профілю великокрокових нарізей, у тому числі замкових для бурильних труб.

Необхідність повного аналітичного дослідження точності сформованого профілю точної ходової нарізі продиктована потребою у застосуванні стандартних різьбових різців у різцеутримувачах токарних верстатів. Як висвітлено у роботі [10] (рис. 5), таке розміщення передбачає певні межі тангенціального зміщення інструмента під час його встановлення.

Отже, нерозкритою залишається проблема впливу тангенціального відхилу вершини різбового різця на точність нарізі ходового гвинта (профільний кут та середній діаметр), попри те що у праці [6] доведено його суттєвість для нарізей з трикутним профілем малого діаметру.

Метою роботи є дослідження впливу тангенціального відхилу вершини токарного інструмента на точність профілю трапецеїдальної нарізі і значення її середнього діаметра велико-крокових ходових гвинтів.

Методологія визначення впливу зміщення вершини різця відносно осьової площини на відхилення профільного нарізкового кута

Тангенціальне зміщення вершини різбового різця відносно осі деталі призводить до спотворення нарізевго профілю і доводить необхідність застосування гіперболічного

профілю різальної крайки, щоб уникнути тако-го спотворення. У роботах [11, 12] теоретично обґрунтовано заміну гіперболічного профілю на отриманий шляхом інтерполяції за двома його крайніми точками C і M на прямолінійний (рис. 6). Отже, у даному випадку гіперболічна крива MAC замінена прямою MC . Виходячи із таких міркувань, різальна крайка тангенціаль-но зміщеного на величину h різця для отри-мання теоретично точного профілю мала б ле-жати на прямій MC , а не NB .

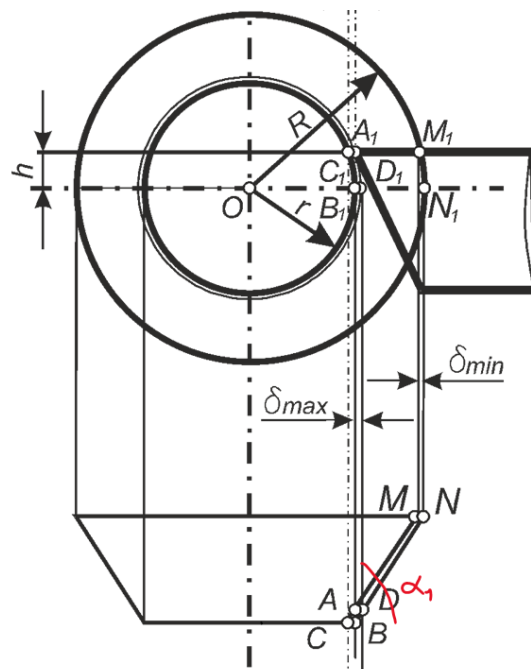


Рисунок 6 – Схема для визначення прогнозованого кута профілю нарізі, виконаної різцем із тангенційним зміщенням h

Таблиця 3 – Стандартні і розраховані значення параметрів трапецеїдальної нарізі з номінальним діаметром $d=22$ мм згідно зі стандартом ISO 2904:2020(E)

Позначення	Назва параметра, його розмірність	Значення
$R (d/2)$	Зовнішній радіус нарізі, мм	11
$r (d_2/2)$	Внутрішній радіус нарізі, мм	8,25
P	Крок нарізі, мм	8
H	Висота вихідного профілю, мм	14,82
h	Тангенціальне зміщення різця, мм	0,02
α	Профільний кут нарізі, °	30
δ_{max}	Максимальне відхилення профілю нарізі, мм	0,00240
δ_{min}	Мінімальне відхилення профілю нарізі, мм	0,00182
$\Delta\alpha$	Розмір збільшення кута профілю нарізі, °	0,104° (=6,24')
α_1	Профільний кут отриманої нарізі, °	30,104°

Таблиця 4 – Допуски середніх діаметрів трапецеїдальної нарізі діаметром від 11,2 до 22,4 мм згідно зі стандартом ГОСТ 9568-81 [13]

Номінальний (зовнішній) діаметр d мм	Крок P , мм	Степінь точності для зовнішньої нарізі			
		6	7	8	9
		Допуск Td_2 мкм			
Понад 11,2 до 22,4	5	224	280	355	450
	8	280	355	450	560

Тобто пряма МС, як твірна формуватиме пів-профільний кут нарізі α_1 , який дорівнює куту положення прямої МС, а не прямої NB . Якщо така заміна в реальних процесах різьбонарізання не передбачається, то половинний кут профілю отриманої нарізі α_1 буде більшим за напівпрофільний кут заданої нарізі на величину $\Delta\alpha/2$, яку можна розрахувати за формулою:

$$\Delta\alpha/2 = \arctg\left(\frac{P}{2(H+\delta_{max}-\delta_{min})}\right) - \alpha/2, \quad (3)$$

де

$$\delta_{max} = \frac{h^2}{r\left(1 + \sqrt{1 - \frac{h^2}{r^2}}\right)}, \quad (4)$$

$$\delta_{min} = \frac{h^2}{R + \sqrt{R^2 - h^2}}, \quad (5)$$

де r – внутрішній радіус гвинтової нарізі (користуючись рисунком 1 і рисунком 2: $r=d_1/2$);

R – зовнішній радіус гвинтової нарізі (користуючись рисунком 1 і рисунком 2: $R=d/2$);

P – крок;

h – величина тангенціального зміщення вершини різця P – крок;

h – величина тангенціального зміщення вершини різця;

α – кут профілю,

H – висота вихідного профілю (рис. 1).

Розрахунок відхилення профільного кута та необхідної компенсації середнього діаметру трапецеїдальної нарізі із номінальним (зовнішнім) діаметром d 22 мм

Результат розрахунку похибки профільного кута нарізі $\Delta\alpha$ за алгоритмом (3)-(4)-(5) внаслідок застосування величини тангенціального зміщення різця $h=200$ мкм для трапецеїдальної нарізі діаметром 22 мм з кроком 8 мм показано жирними шрифтом у таблиці 3.

Отримані дані доводять, що похибка профільного кута $\Delta\alpha = 6,24'$ що становить суттєву частину допуску відхилень на профільний кут згідно із таблицею 2, і становить понад 28%.

Радіальна компенсація f_a похибки кута профілю $\Delta\alpha/2$ за їхнім середнім діаметром d_2 визначена за формулою (2). Радіальна компенсація f_a , користуючись даними таблиці 3, становить $f_a=26,4$ мкм.

Таким чином, прогноз радіального зміщення середнього діаметру d_2 становить 26,4 мкм. За довідковими даними стандарту [13] (табл. 4) для найвищого класу точності 6 допуск (за умови, що крок $P=8$ мм) становить 280 мкм. Отже, радіальне зміщення f_a , яке є необхідне для компенсації похибки кута профілю і дорівнює 26,4 мкм, а отже, становить 9,4% від допуску середнього діаметра Td_2 .

Дискусія

Фактично завжди у технологічному процесі виготовлення нарізей точінням тангенціальне відхилення вершини різця регламентоване виробником і становить 100-200 мкм [3]. Доволі часто виробництво нарізей відбувається із застосування кута нахилу різальної крайки λ . Тому технологічно виправданим було б розробити алгоритм розрахунку похибки нарізі, у залежності від параметрів: h (тангенціальне зміщення вершини нарізі) та λ (кут нахилу різальної крайки). Такий підхід мав би більш цінне практичне застосування.

У наукових колах [7] для виготовлення нарізі із міцних і твердих сталей пропонують застосовувати різці із ненульовим значенням переднього кута γ (рис. 7).

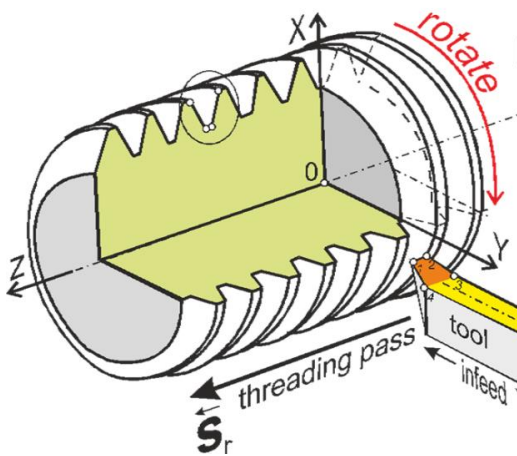


Рисунок 7 – Схема обробки трапецеїдальної нарізі різцем із ненульовим значенням переднього кута

Тому надалі було б добре розробити прогнозний алгоритм розрахунку точності нарізі в залежності від трьох параметрів: λ (кут нахилу різальної крайки), γ (передній кут різця), h (тангенціальне зміщення різця).

Висновок

Аналітичне моделювання показало, що тангенціальне зміщення вершини різьбового різця є одним з визначальних чинників спотворення профілю трапецеїдальної нарізі ходових гвинтів великого кроку. Навіть у межах технологічно допустимих відхилень установки інструмента (100–200 мкм) відбувається систематичне збільшення профільного кута, яке для нарізі Tr 22×8 досягає 6,24' і становить понад чверть поля допуску за стандартом [1]. Такі відхилення мають не випадковий, а закономірний геометричний характер і зумовлені різницею теоретичної твірної гвинтової поверхні реальною твірною, сформованою різальною крайкою при її зміщенні від осьової площини. Похибка профільного кута неминуче супроводжується необхідністю діаметральної компенсації за середнім діаметром, величина якої для розглянутого випадку досягає 26 мкм, що складає помітну частку відповідного допуску і може впливати на згинчуваність та навантажувальну здатність пари «гвинт–гайка». Отримані результати підтверджують, що забезпечення точності ходових гвинтів не може базуватися виключно на підвищенні жорсткості або точності верстатного обладнання, а потребує обов'язкового врахування геометрії процесу різьбонарізання та параметрів установки інструмента.

Подяка

Автори висловлюють подяку Міністерству освіти та науки України за фінансову підтримку наукової роботи і втілення проєкту ПК 0124U000654.

Конфлікт інтересів

Відсутній.

Список використаних джерел

1. ASME B1.5-1988. Acme Screw Threads. American Society of Mechanical Engineers, 1988.
2. ISO 2904:2020(E). Metric trapezoidal screw threads – Basic dimensions. ISO, 2020. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:2904:ed-2:v1:en>
3. Threading Handbook: ISCAR's Reference Guide for Threading Applications. ISCAR, 2021. 275 p. URL: https://www.iscar.com/Catalogs/Publication/english_1/Threading_Handbook/Threading_Handbook.pdf
4. Різби. Деталі з різьбою : методичний посібник та завдання до виконання графічних робіт / Укладачі: Скиба О.П., Ковбашин В.І., Пік А.І. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 68 с.
5. Базієвський С.Д., Дмитришин В.Д. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Підручник. Київ: Видавничий дім "Слово", 2004. 504 с.

6. Онисько О. Р. Аналітичний розрахунок точності профілю поверхні гвинтової нарізі залежно від величини тангенціального відхилення установлення вершини різьбового різця // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 1(58). 2016. С. 28–34. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnrg 2016_1_5
7. Onysko O., Kopei V., Lukan T., Shuliar B., Faryliuk R. Computer-Aided Research of Lead Screw Profile Accuracy During High-Performance Turning // *New Technologies, Development and Application VIII. NT 2025. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 1482. Cham: Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95194-7_13
8. Medvid I., Onysko O., Pituley L., Odosii Z., Kornuta O. The Influence of the Geometry of High-Performance Cutters on the Profile Accuracy of Large-Pitch Tapered Threads: Theoretical Study // *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII. DSMIE 2024. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Cham: Springer, 2024. P. 299–308. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61797-3_25
9. Онисько О. Р., Фарилюк Р. М., Веркалець А. А. Нові підходи до моделювання різальної крайки різців для виготовлення велико-крокових нарізей // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2025) : матеріали тез доповідей XIV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Чернігів, 22–23 травня 2025 р.) : у 2 т. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2025. Т. 1. С. 109–110. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/>
10. Онисько О. Р., Веркалець А. А., Фарилюк Р. М. Вплив тангенціального відхилення установлення різця на точність профілю ходових гвинтів // *Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку* : матеріали XXIII міжнар. наук.-техн. конф. Краматорськ : ДДМА, 2025. С. 163–164. URL: http://www.dgma.donetsk.ua/docs/nauka/vazh_mash_conf/Матеріали_XXIII_Міжнародної_науково_технічної_конференції_Важке.pdf
11. Онисько О. Р., Зубик О. В. Програмна реалізація визначення величини опуклості гіпербололічного профілю різьбового різця з ненульовим значенням переднього кута // *Наукові нотатки*. 48. 2015. С. 159–164. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_48_33
12. Онисько О. Р., Войтенко П. І., Костюк Н. О. Алгоритм визначення величини відхилення профілю різьби виконаної різцем з ненульовим значенням кута нахилу різальної кромки // *Наукові нотатки*. 50. 2015. С. 137–144. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_50_28
13. ГОСТ 9568-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Рёзба трапецеёдальная однозаходная. Допуски. 1987. 40 с.

References

1. American Society of Mechanical Engineers. (1988). *Acme screw threads* (ASME B1.5-1988).
2. International Organization for Standardization. (2020). *Metric trapezoidal screw threads – Basic dimensions* (ISO Standard No. 2904:2020). <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:2904:ed-2:v1:en>
3. ISCAR. (2021). *Threading handbook: ISCAR's reference guide for threading applications*. https://www.iscar.com/Catalogs/Publication/english_1/Threading_Handbook/Threading_Handbook.pdf
4. Skyba, O. P., Kovbashyn, V. I., & Pik, A. I. (Eds.). (2019). *Threads. Threaded parts: Methodological guide and assignments for graphic works*. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. [in Ukrainian]
5. Bazievskiy, S. D., & Dmytryshyn, V. D. (2004). *Interchangeability, standardization and technical measurements: Textbook*. Slovo. [in Ukrainian]
6. Onysko, O. R. (2016). Analytical calculation of the screw thread profile accuracy depending on the value of the tangential deviation of the thread cutter tip setting. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 1(58), 28–34. http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnrg 2016_1_5 [in Ukrainian]
7. Onysko, O., Kopei, V., Lukan, T., Shuliar, B., & Faryliuk, R. (2025). Computer-aided research of lead screw profile accuracy during high-performance turning. In *New Technologies, Development and Application VIII. NT 2025* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 1482). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95194-7_13
8. Medvid, I., Onysko, O., Pituley, L., Odosii, Z., & Kornuta, O. (2024). The influence of the geometry of high-performance cutters on the profile accuracy of large-pitch tapered threads: Theoretical study. In *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII. DSMIE 2024* (Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 299–308). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61797-3_25

9. Onysko, O. R., Faryliuk, R. M., & Verkalets, A. A. (2025). New approaches to modeling the cutting edge of cutters for the manufacture of large-pitch threads. *Comprehensive Quality Assurance of Technological Processes and Systems (KZYATPS – 2025)* (Vol. 1, pp. 109–110). Chernihiv Polytechnic National University. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/> [in Ukrainian]
10. Onysko, O. R., Verkalets, A. A., & Faryliuk, R. M. (2025). Influence of the tangential deviation of the tool setting on the profile accuracy of lead screws. *Heavy Engineering. Problems and Prospects of Development*, 163–164. http://www.dgma.donetsk.ua/docs/nauka/vazh_mash_conf/Матеріали_XXIII_Міжнародної_науково_технічної_конференції_Важке.pdf [in Ukrainian]
11. Onysko, O. R., & Zubyk, O. V. (2015). Software implementation for determining the convexity of the hyperbolic profile of a thread cutter with a non-zero rake angle. *Scientific Notes*, (48), 159–164. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_48_33 [in Ukrainian]
12. Onysko, O. R., Voitenko, P. I., & Kostiuk, N. O. (2015). Algorithm for determining the profile deviation of a thread made by a cutter with a non-zero cutting edge inclination angle. *Scientific Notes*, (50), 137–144. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2015_50_28 [in Ukrainian]
13. USSR State Committee for Standards. (1987). *Basic norms of interchangeability. Single-start trapezoidal thread. Tolerances* (GOST 9568-81).

ACCURACY CALCULATION OF A TRAPEZOIDAL THREAD OBTAINED BY TURNING WITH A TOOL WITH TANGENTIAL OFFSET

Verkalets A. A.

Postgraduate Student

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

76019, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0004-9902-8499>

e-mail: anatolii.verkalets-a13124@nung.edu.ua

Onysko O. R.

Doctor of Technical Sciences, Professor

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

76019, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-6543-9554>

e-mail: oleh.onysko@nung.edu.ua

Abstract. The accuracy of the trapezoidal thread profile for lead screws determines their assemblability, load-bearing capacity, and stability of kinematic characteristics. This is especially critical for small-diameter screws with a large pitch, where the geometry of the cutting tool significantly influences the form-generation process. This work presents an analytical modeling of the impact of tangential displacement of a lathe cutter tip on the geometry of a trapezoidal thread profile, taking into account the actual spatial orientation of the cutting edge. Dependencies are derived to predict the increase in the flank angle and the corresponding displacement of the pitch diameter resulting from the tangential deviation of the tool. Particular attention is paid to the analysis of small-diameter threads with a large pitch. Calculations were performed for a Tr 22×8 trapezoidal thread manufactured according to the ISO 2904:2020 standard. For a cutter tip displacement of 200 μm, an increase in the flank angle by 6.24 arcminutes was obtained, which constitutes over 28% of the allowable deviation according to the ASME B1.5 standard. The required diametral compensation for the pitch diameter reaches 26.4 μm, corresponding to approximately 9% of the tolerance field. It is demonstrated that such deviations are systematic and cannot be eliminated solely by improving machine tool accuracy, as they are inherent to the geometry of the thread-cutting process and the technologically necessary tool setting parameters. The obtained results confirm the advisability of preliminary analytical prediction of profile errors and accounting for tangential displacement when setting up cutters to ensure the interchangeability and assemblability of critical screw pairs.

Keywords: lead screw, trapezoidal thread, turning, thread profile, tangential cutter displacement, flank angle, pitch diameter, thread accuracy, mathematical modeling.