

ПРО ФУНКЦІОНАЛЬНУ ЗАЛЕЖНІСТЬ ВЕЛИЧИН ПОЛОВИННОГО КУТА ПРОФІЛЮ ЗАМКОВОЇ НАРІЗИ ВІД ВЕЛИЧИН ПЕРЕДНЬОГО КУТА, КУТА НАХИЛУ ТА ПОЛОВИННОГО КУТА ПРОФІЛЮ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ РІЗЦЯ

© Онисько О. Р., 2017

Запропонована прикладна програма стосується конічного замкового нарізу усіх типорозмірів. Вона дає змогу отримати значення половинного профільного кута різальної кромки різця, завдяки якій буде забезпечений профіль виконаної цим різцем замкового конічного нарізу із заданою точністю

Ключові слова: замковий наріз, профільний кут, кромка різця.

ABOUT THE FUNCTIONAL DEPENDENCE OF THE TOOL-JOINT TAPERED THREAD HALF-ANGLE PROFILE FROM THE BACK RAKE ANGLE VALUE, SIDE RAKE ANGLE VALUE AND HALF ANGLE OF THE PROFILE OF THE CUTTING EDGE OF THE TOOL

The proposed application concerns exactly tool-joint tapered thread of all sizes. The application through which you can get half-angle cutting edge profile of the tool through which the required accuracy of the tool-joint tapered thread profile is provided.

Key words: tool-joint tapered thread, edge profile of the tool, half-angle.

Актуальність проблеми. Процес буріння свердловин тісно пов'язаний із використанням бурильних труб, якість яких значною мірою залежить від точності нарізу на їхніх кінцях. Широкого використання набули конічні замкові нарізи, точність яких регламентовано кількома основними параметрами, серед яких і є точність половинного кута профілю. Проблема полягає у тому, що у сучасних умовах похило-спрямованого і горизонтального буріння, а також буріння в агресивних середовищах постають дуже високі вимоги до механічних властивостей матеріалу, з яких виробляють замкові деталі. За нинішніми стандартами межа міцності для цих виробів перебуває у межах від 400 до 1200 МПа, а сучасний вектор зростання міцності бурильних колон у найближчий час має тенденцію до зростання більше як на 1800 МПа. У той самий час технологічний процес виготовлення конічних замкових нарізів, який влаштований на основі точіння, передбачає використання нарізових різців тільки з одним значенням переднього кута – нульовим, що значно звужує їхні технологічні можливості щодо різання. Причиною відмови від ненульового значення переднього кута є очевидне небажання виробників застосовувати інструменти із профілем, який відрізняється від вихідного профілю нарізу. Таке небажання продиктоване кількома причинами, перша з яких – це потреба серйозного збільшення типорозмірів різальних пластин, а друга – це алгоритм, за яким здійснювався б розрахунок профілю різальної кромки таких різців. Власне відсутність такого алгоритму, на наш погляд, є тим стримувальним фактором, який не дає можливість у достатньо не затратний за фінансами спосіб значно підвищити ефективність технології виготовлення нарізових кінців нафтогазових труб.

Огляд досліджень і публікацій. Стандартом [1] передбачені основні параметри і загальний вигляд профілю замкових нарізів. На рис. 1 проілюстровано схему профілю згідно із стандар-

том [1]. Певні параметри, які показано у табл. 1, стосуються тільки форми профілю I. Окрім них, згідно із [1], є ще чотири форми профілю: II, III, IV і V. Усі вони застосовуються для різних типорозмірів конічних замкових нарізів від найменшої – з 65 до найбільшої – з 203.

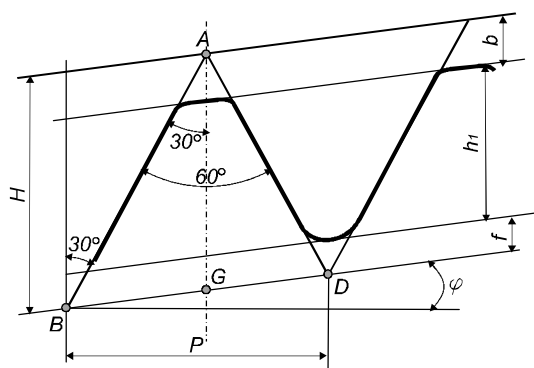


Рис. 1. Схема профілю гвинтового замкового нарізу згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 28487-90

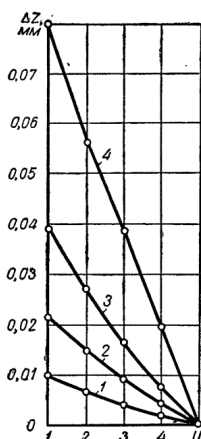


Рис. 2. Графіки відхилення від прямолінійності ΔZ по висоті профілю, залежно від половини кута профілю $\alpha/2$ і кроку P нарізу. U – поточний параметр профілю гвинтової поверхні деталі

Багато публікацій ілюструють криволінійний характер отриманих нарізів, особливо коли йдеться про великий крок. До таких необхідно зарахувати роботи [1–4]. У них йдеться як про нарізи загалом, так і про нарізи для труб нафтогазового сортаменту, зокрема конічні замкові. Тож вказані публікації у перерізі проблематики, що розкриватиметься у цій роботі можна розбити на такі підтеми:

- емпіричні дослідження осевого профілю нарізів із значним кутом підйому;
- аналітичні дослідження осевого профілю нарізів на кінцях труб нафтогазового сортаменту;
- дослідження, профілю нарізу буринних і обсадних труб на основі створення та спеціальних для застосування прикладних програм.

Існуючі емпіричні дослідження осевого профілю нарізів із значним кутом підйому. Дослідження точності виготовлення профілю метричних нарізів загалом здійснено у роботі 2. На рис. 2 проілюстровано графіки відхилення від прямолінійності ΔZ по висоті профілю, залежно від половини кута профілю $\alpha/2$ і кроку P (1–4).

Із графіка дізнаємося, що найбільші відхилення від прямолінійності виникають за найбільших значень кута підйому нарізу, тобто за найбільших значень кроку. Загальний висновок, який здійснено у [2] у перерізі проблематики цієї роботи, є такий: поверхня правого і лівого витків деталі є поверхнею не архімедового, а конволютного гвинта у випадку, якщо формоутворювальний інструмент розміщений під певним кутом до осі деталі, наприклад, під кутом, який дорівнює куту підйому. Отже, виток AB , як і виток AD , не матиме в осевому профілі прямолінійного характеру, як передбачено на рис. 1.

Таблиця 1

Параметри замкового нарізу за стандартом ГОСТ 28487-90

Назва параметра	Значення параметра
Крок нарізу, P	5,08 мм
Висота вихідного профілю, H	4,376 мм
Висота профілю, h_1	2,993 мм
Кут нахилу нарізу, φ	$7^\circ 7'30''$
Зріз вершини, b	0,875 мм
Зріз впадини, f	0,508 мм

Аналітичні дослідження осевого профілю нарізів на кінцях труб нафтогазового сортаменту. Найдавніші дослідження з цього питання можна знайти у [3]. Там подається розрахунок профілю боків різальної кромки різця, призначеного для виготовлення трапецеїдального ходового нарізу, звісно із великим кроком. Кривизну профілю різальної кромки у [3] вважають незначною, тому подають формулу, як функцію нарізевого половинного кута профілю від кута підйому нарізу. Отже, автори у [3] вважають, що неможливо досягти виготовлення архімедової гвинтової поверхні різцем із прямолінійними бічними різальними кромками. У той сам час у [3] припускають, що кривизна симетричних боків різальної кромки є незначною, і тому пропонують формулу для розрахунку кута нахилу її прямолінійних бічних профілів, які функціонально залежать від кута підйому нарізу.

Ближчі до теми роботи аналітичні дослідження з цього приводу здійснені у [4–6]. Тут доведено, що оскільки бокові різальні кроки різця, призначеного для виготовлення нарізу, технологічно неможливо виконати точно, тобто по гіперболічній кривій, то їх потрібно замінити прямолінійними, що, своєю чергою, перекреслює можливість отримання архімедового гвинтового нарізу.

У [4] подано формулу розрахунку осевого профілю отриманого нарізу. Вона має трансцендентний характер, а, отже, описує криву лінію, яку будують залежно від таких геометричних параметрів різця, як передній кут та кут нахилу різальної кромки, а також залежно від діаметра нарізу та його кроку.

У [6] доведено алгоритм аналітичного розрахунку половинних кутів профілю конічного замкового нарізу залежно від типорозміру конічного замкового нарізу та величин вищезгаданих геометричних параметрів різця.

Підбиваючи підсумки після завершення аналізу [4–6], доходимо таких висновків:

- точність профілю нарізу, зокрема конічного, залежить від багатьох технологічних факторів, серед яких – величина переднього статичного кута різця, величина половинних профільних кутів різальної кромки, які формують відповідні профільні половинні кути нарізу. На рис. 1 зображено ці кути попри боки AB і AD профілю і вони дорівнюють 30° кожний;
- профіль різальної кромки різця побудований на основі прямолінійної інтерполяції гіперболічної кривої, яка є лінією перерізу поверхні нарізу і площини передньої поверхні не може забезпечити теоретично точне відтворення осевого профілю нарізу у разі, коли площа передньої поверхні має загальне положення (тобто передній кут і кут нахилу різальної кромки мають ненульові значення);
- із двох попередніх висновків впливає третій: для забезпечення якомога точнішого профілю гвинтового нарізу із застосуванням різців із загальним положенням площини передньої поверхні необхідно отримати функціональну залежність половинних кутів профілю нарізу від геометричних параметрів різця, параметрів конкретного нарізу та половинних кутів профілю різальної кромки, які не дорівнюють ані стандартним для цього нарізу половинним кутам, ані отриманим на основі прямолінійної інтерполяції гіперболічних кривих перерізу площини передньої поверхні і архімедової поверхні стандартного нарізу заданого типорозміру.

Дослідження профілю нарізу бурильних і обсадних труб на основі застосування прикладних програм. У [7–9] йдеться про створення спеціальних прикладних програм, за допомогою яких отримано такі числові та візуально-графічні результати:

- графічне зображення гіперболічних кривих, що є результатом перетину площини передньої поверхні і архімедової поверхні гвинтового нарізу. На рис. 3 відображено фрагмент прикладної програми, яка доводить фактично прямолінійний характер гіперболи у межах нарізу [7]. У числовому вимірі прямолінійність підтверджена величинами відхилення верхньої гіперболічної лінії від нижньої прямої, що ілюструє профіль заданого нарізу. З рис. 3 бачимо, що максимальне відхилення становить 0,34 мм, а мінімальне – 0,32 мм;
- числове визначення стріли увігнутості вище від означеної ділянки гіперболічної кривої, яка доводить технологічну недоцільність, а то й неможливість її виконання, а значить і заміну її

прямолінійним відрізком. Доволі показовим є фрагмент прикладної програми, проілюстрований на рис. 4. Це дані, що відповідають діаметру труби – 114 мм (стандарт [10]) і величині переднього кута різця – 8° . Отримана різниця si сягає свого максимального значення в околі величини – 0,00032 мм. у точці з ординатою $yi=0,8008$ мм;

– графічне порівняльне зображення прямолінійних бічних ділянок профілю заданого нарізу і профілю нарізу, отриманого різцем із певним ненульовим значенням переднього кута. На рис. 5 зображено фрагмент прикладної програми [9], де профіль заданого стандартом [10] нарізу (нижня лінія) і графічна модель осьового перерізу трикутного нарізу отриманого різцем, передній кут якого за вершини різальної кромки становить 15° (верхня лінія).

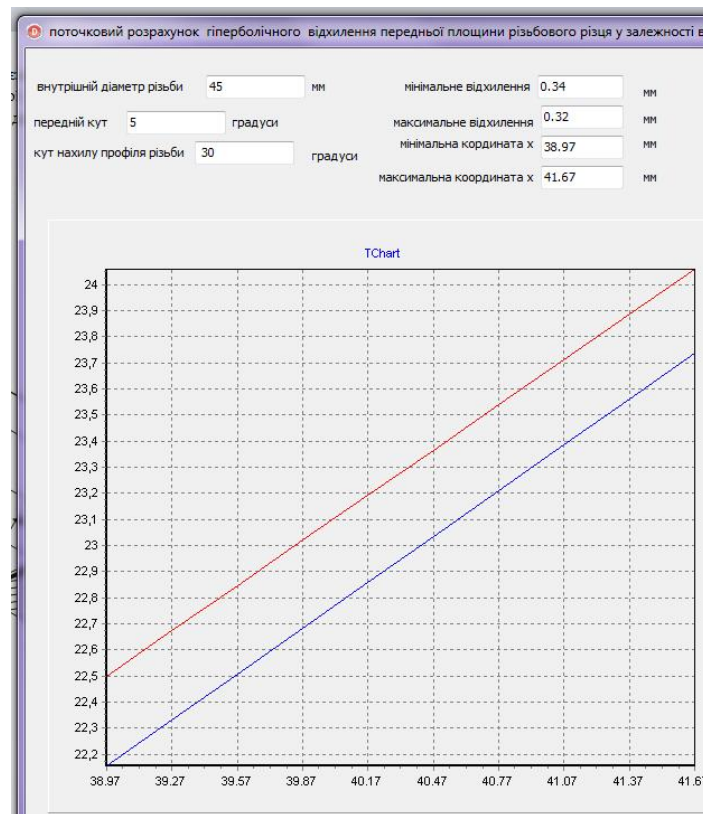


Рис. 3. Фрагмент інтерфейсу прикладної програми, у якій нижня пряма відповідає осьовому перерізу заданого нарізу із мінімальним діаметром 45 мм, половинний кут профілю – 30° , крок – 4 мм, величина переднього статичного кута різця у вершинній точці становить 5°

Отже, існує дослідження, яке б уможливило отримання функціональної залежності половинних кутів профілю нарізу від геометричних параметрів різця, а саме – величини переднього статичного кута і одночасно від кута підйому нарізу. Окрім того, вказана функціональна залежність серед аргументів повинна містити величину половинного кута профілю різальної кромки інструмента. У [6] бракує зворотної функції – отримання половинного кута профілю інструмента, що забезпечував би теоретично точний заданий половинний кут профілю нарізу.

Мета роботи – отримати і дослідити методику забезпечення величини половинного кута профілю кінцевого замкового нарізу заданої точності різцем із ненульовими значеннями переднього кута і кута нахилу його різальної кромки.

Постановка завдання. Завдання полягає у розробленні прикладної програми, завдяки якій можна отримати значення половинного профільного кута різальної кромки різця, завдяки якій буде

забезпечений профіль виконаного цим різцем замкового конічного нарізу із заданою точністю. При цьому у вказаній прикладній програмі передній кут і кут нахилу різальної кромки різця – це змінні величини.

si	di	xi	Ri	yi
0,00000	0,53290	54,230	54,76	0,00000
0,00009	0,53100	54,430	54,96	0,11440
0,00016	0,52900	54,630	55,15	0,22880
0,00022	0,52710	54,830	55,35	0,34320
0,00027	0,52520	55,030	55,55	0,45760
0,00030	0,52330	55,230	55,75	0,57200
0,00032	0,52150	55,430	55,95	0,68640
0,00032	0,51960	55,630	56,15	0,80080
0,00032	0,51780	55,830	56,34	0,91520
0,00030	0,51590	56,030	56,54	1,03000
0,00026	0,51410	56,230	56,74	1,14400
0,00022	0,51230	56,430	56,94	1,25800
0,00015	0,51050	56,630	57,14	1,37300
0,00008	0,50870	56,830	57,33	1,48700

Рис. 4. Дані прикладної програми, отримані для даних:
діаметр труби –114 мм, величина переднього кута – 8°

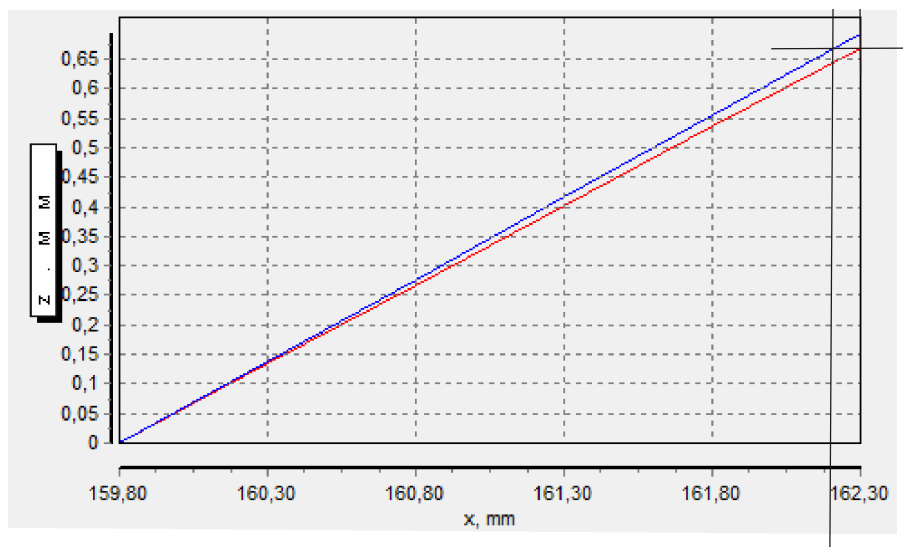


Рис. 5. Профіль заданої стандартом ГОСТ 632-80 різьби (нижня лінія)
і графічна модель осьового перерізу трикутної різьби отриманої різцем,
передній кут якого при вершині різальної кромки становить 15° (верхня лінія)

Виклад матеріалу дослідження. Користуючись аналітичними дослідженнями [6], розроблено прикладну програму для підбору бічних половинних кутів профілю різальної кромки різця із загальним положенням різальної кромки, за якого б виконувався замковий наріз за стандартом [1] із точним профілем, який максимально наближений до теоретичного. У створеній прикладній програмі осьовий профіль конічного замкового нарізу розраховують із заданою точністю, яку задає користувач прикладної програми. На рис. 6 показано фрагмент прикладної програми стосовно профілю отриманого нарізу з-65. Ілюстрація вказує на фактично прямолінійний характер профілю. Тож можна його охарактеризувати величиною кута, тобто величиною половинного кута профілю. Потрібно згідно із зазначеними вище причинами розрізняти дві сторони профілю замкового нарізу: *AB* і *AD*.

На основі використання створеної автором спеціальної прикладної програми отримано числові результати, які зведені у табл. 2 і 3. У них застосовані такі підходи:

– шуканий результат є значенням половинного кута профілю різальної кромки (стовпці 6, 7, 8, 9);

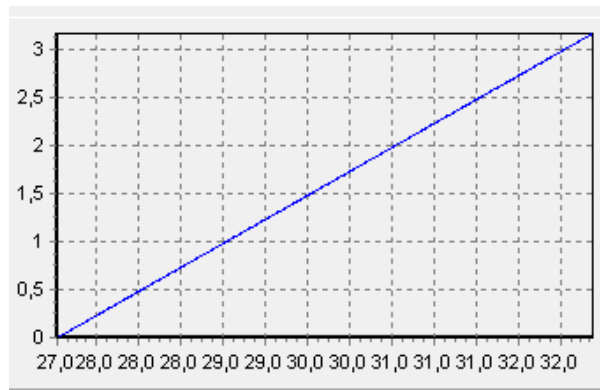


Рис. 6. Профіль різальної кромки
гвинтового конічного нарізу з-65

– за даними аналітичних досліджень [6], профіль різальної кромки різця є несиметричний, а, отже, програмою забезпечено розрахунок половинних кутів профілю різальної кромки окремо для формування боків AB (стовпці 3, 5, 7, 9) і AD (стовпці 2, 4, 6, 8) замкового нарізу;

– програмою забезпечено врахування відхилень установки різця, а саме: тангенціальний – $\pm 0,1$ мм, а також відхилення, пов'язані із неточністю установки переднього кута і кута нахилу різальної кромки – $\pm 0,1^\circ$, отже, у таблицях показано стовпці 6 і 7, у яких не враховані відхилення та стовпці 8 і 9, де відхилення враховані;

– величини передніх статичних кутів як параметрів функціонального розрахунку шуканих результатів подано у межах від 10° до -10° (стовпець 1), що певною мірою перебиває рекомендації із застосування величин передніх кутів для виготовлення нарізу із різних матеріалів. Варто зауважити, що сама прикладна програма забезпечує отримання шуканих результатів і за межами цього діапазону значень;

– у стовпцях 2, 3 подано значення половинних профільних кутів різальної кромки різця із ненульовим значенням переднього кута і кута нахилу різальної кромки, отриманих на основі розрахунку прямолінійної інтерполяції гіперболічних кривих перетину площини передньої поверхні та заданої гвинтової поверхні нарізу;

– у стовпцях 4, 5 показано значення половинних профільних кутів нарізу, отриманих за допомогою різців із розрахованими даними профілю зі стовпців 2, 3;

– у таблицях застосовано постійне значення підйому нарізу, оскільки на практиці не використовують різці із певною підкладною пластиною, що забезпечуватиме відповідний до підйому кут нахилу різальної кромки. У табл. 2 кут підйому $\lambda = 2,61^\circ$, що відповідає торцю замкового нарізу з-65, а у таблиці 3 кут підйому $\lambda = 1,8^\circ$ відповідає максимально віддаленій від торця частині замкового нарізу з-65.

Варто окремо зауважити, що у табл. 2, 3 враховані відхилення розділити за принципом: додатні для позитивних значень статичних передніх кутів у вершинній точці різця (рядки 1–11), а від'ємні – для негативних значень статичних передніх кутів у вершинній точці різця (рядки 12–21).

Окремо варто зазначити, що оскільки за стандартом [1] точність половинного кута замкового нарізу визначається величиною $\pm 30'$ (що відповідає $\pm 0,5^\circ$), то, з огляду на дані табл. 2, 3, найбільші відхилення половинного профілю нарізу присутні у комірці з рядка 1 стовпця 4 у табл. 2. Там величина цього кута становить $29,77^\circ$. У тому самому стовпці, але у рядку 21 показано результат $30,11^\circ$.

Аналогічні величини у табл. 3: $29,79^\circ$ і $30,10^\circ$. Ці дані вказують на те, що третину допуску буде використано “надурно”, якщо застосовувати різці із половинними профільними кутами, які розраховані за методикою [7, 8].

Таблиця 2

**Замковий конічний наріз 3–65, висота вихідного трикутника $H=5,487$ мм,
на відстані 0 мм від торця кута підйому нарізу $\lambda= 2,61^\circ$**

№ з/п	Передній кут, γ° різця	Значення розрахованого половинного кута профілю різальної кромки, $^\circ$		Значення половинного кута профілю нарізу, $^\circ$		Підібрані значення половинного кута профілю різальної кромки, $^\circ$			
						без врахування відхилень		із врахуванням відхилень	
		AD	AB	AD	AB	AD	AB	AD	AB
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	29,80	29,63	29,77	30,04	30,03	29,60	30,02	29,59
2	9	29,85	29,70	29,79	30,03	30,06	29,68	30,05	29,67
3	8	29,90	29,76	29,81	30,02	30,08	29,75	30,08	29,74
4	7	29,94	29,82	29,83	30,01	30,10	29,81	30,10	29,81
5	6	29,97	29,87	29,85	30,00	30,12	29,87	30,12	29,87
6	5	29,99	29,91	29,87	29,99	30,13	29,92	30,13	29,92
7	4	30,01	29,94	29,89	29,98	30,13	29,97	30,13	29,97
8	3	30,03	29,97	29,90	29,97	30,12	30,01	30,13	30,01
9	2	30,03	30,00	30,00	30,00	30,11	30,04	30,12	30,04
10	1	30,03	30,02	30,00	30,00	30,10	30,07	30,10	30,07
11	0	30,03	30,03	29,96	29,94	30,07	30,09	30,09	30,10
12	-1	30,02	30,03	29,97	29,93	30,04	30,10	30,03	30,12
13	-2	30,00	30,03	29,99	29,92	30,01	30,11	29,99	30,12
14	-3	29,97	30,03	30,00	29,91	29,97	30,11	29,95	30,13
15	-4	29,94	30,02	30,02	29,90	29,92	30,11	29,90	30,12
16	-5	29,90	30,00	30,04	29,90	29,87	30,10	29,85	30,11
17	-6	29,86	29,97	30,05	29,89	29,81	30,09	29,81	30,09
18	-7	29,81	29,94	30,07	29,88	29,74	30,07	29,72	30,07
19	-8	29,75	29,91	30,08	29,87	29,67	30,04	29,65	30,04
20	-9	29,69	29,87	30,10	29,86	29,59	30,01	29,56	30,01
21	-10	29,62	29,82	30,11	29,85	29,51	29,97	29,48	29,96

Стовпці 6, 7, 8, 9 у табл. 2, 3 містять величини половинних профільних кутів різців, за допомогою яких отримано модель нарізу із половинними кутами, що дорівнюють $30,00 \pm 0,01^\circ$.

На основі зазначеної прикладної програми можна виконати аналогічні таблиці для будь-якого типорозміру конічних замкових нарізів згідно із стандартом [1]. На рис. 5 показано схему отримання конічного гвинтового замкового нарізу 3–65 різцями із відкоригованими профілями, які отримано із стовпців 6, 7 табл. 2, 3. Сам профіль нарізу побудовано на основі стандарту [1], тобто із використанням рис. 1, на якому окремо вказано мінімальний радіус у торці, і радіуси, що відповідають початковим радіусам відповідних точок B і D . Ці величини вказані виключно для того, щоб вказати, що вони є змінними залежно від типорозміру конічного замкового нарізу із стандарту [1]. Як уже говорилося вище, величини половинних кутів профілю α_d і α_b будуть не однаковими, але підбір половинних профільних кутів різця (стовпці 6, 7 чи 8, 9) уможливує досягнення будь-якої заданої точності, у цьому разі $30,00 \pm 0,01^\circ$.

У верхній третині рисунка нижче від схеми профілю конічного замкового нарізу розміщено профілі двох різців.

Різець 0 має різальну кромку із половинними профільними кутами $30,03^\circ$ і $29,60^\circ$. Ці значення взяті із першого рядка стовпців, відповідно, 6 і 7 табл. 1 (відстань від торця 0 мм), тобто це є різець із площиною передньої поверхні, яка розміщена під переднім кутом $\gamma=10^\circ$, кутом нахилу різальної кромки $\lambda= 2,61^\circ$. Якщо враховувати відхилення, то половинні профільні кути цього різця мають становити $30,02^\circ$ і $29,59^\circ$, що вказано у стовпцях 8, 9 того самого рядка.

Таблиця 3

**Замковий конічний наріз 3–65, висота вихідного трикутника $H=5,487$ мм
на відстані 60,125 мм від торця кута підйому нарізу $\lambda= 1,8^\circ$**

№ з/п	Передній кут, γ° різця	Значення розрахованого половинного кута профілю різальної кромки, $^\circ$		Значення половинного кута профілю нарізу, $^\circ$		Підібрані значення половинного кута профілю різальної кромки, $^\circ$			
						без врахування відхилень		із врахуванням відхилень	
		AD	AB	AD	AB	AD	AB	AD	AB
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	29,75	29,64	29,79	30,06	29,96	29,58	29,95	29,57
2	9	29,80	29,70	29,81	30,05	30,00	29,65	29,99	29,65
3	8	29,85	29,76	29,83	30,04	30,03	29,72	30,02	29,72
4	7	29,90	29,82	29,84	30,02	30,05	29,79	30,05	29,78
5	6	29,93	29,86	29,86	30,02	30,07	29,84	30,07	29,84
6	5	29,96	29,90	29,88	30,01	30,08	29,89	30,08	29,89
7	4	29,99	29,94	29,90	30,00	30,09	29,93	30,09	29,94
8	3	30,00	29,97	29,91	29,99	30,09	29,98	30,09	29,98
9	2	30,01	29,99	29,93	29,98	30,09	30,01	30,09	30,01
10	1	30,02	30,00	29,95	29,97	30,07	30,04	30,08	30,04
11	0	30,01	30,01	29,96	29,96	30,06	30,05	30,06	30,07
12	-1	30,00	30,02	29,98	29,95	30,03	30,07	30,02	30,08
13	-2	29,99	30,01	29,99	29,94	30,00	30,08	29,98	30,09
14	-3	29,96	30,00	30,01	29,93	29,96	30,08	29,94	30,09
15	-4	29,93	29,99	30,02	29,92	29,91	30,07	29,90	30,08
16	-5	29,90	29,97	30,03	29,91	29,86	30,06	29,84	30,07
17	-6	29,86	29,94	30,05	29,90	29,81	30,04	29,79	30,05
18	-7	29,81	29,91	30,06	29,89	29,74	30,02	29,72	30,02
19	-8	29,75	29,86	30,08	29,88	29,67	29,99	29,65	29,99
20	-9	29,69	29,82	30,09	29,87	29,60	29,95	29,57	29,95
21	-10	29,62	29,77	30,10	29,85	29,51	29,97	29,49	29,91

Різець 1 запропоновано виконати для випадку точного формування витка нарізу, що найвіддаленіший від торця. Його половинні профільні кути становлять $29,96^\circ$ і $29,58^\circ$. Ці величини взяті із стовпців 6 і 7 першого рядка табл. 3. Із врахуванням відхилень вони б повинні мати значення $29,95^\circ$ (стовпець 8) і $29,56^\circ$ (стовпець 9).

У нижніх двох третинах (рис. 7) запропоновано вибрати для виготовлення вказаного нарізу 3-65 один із двох запропонованих різців.

Першим запропонований різець 0, у результаті отримана модель нарізу, у якій початковий виток є ідеальним за точністю, тобто його напівпрофільні кути мають значення по $30,00^\circ$, а з переходом до останнього витка моделі нарізу половинні профільні кути будуть такими: $30,02^\circ$ і $30,07^\circ$. Зрозуміло, що ці величини отримані у результаті застосування цієї прикладної програми і не внесені до жодних таблиць цієї роботи.

Різець 1 запропоновано змінити різцем 2, тобто у нижній частині (рис. 7), модель нарізу 3–65 у результаті застосування цього різця отримає ідеальний останній виток, а усі інші відхилятимуться від розміру $30,00^\circ$, а найбільші відхилення у першому витку нарізу становлять $29,98^\circ$ і $29,93^\circ$.

Як бачимо, за обидвох варіантів моделювання нарізу 3–65 максимальні відхилення набули значень у крайніх витках і становлять $\pm 0,07^\circ$, що, з огляду на загальний допуск $\pm 0,5^\circ$, є його сьомою часткою, або становлять близько 14 %.

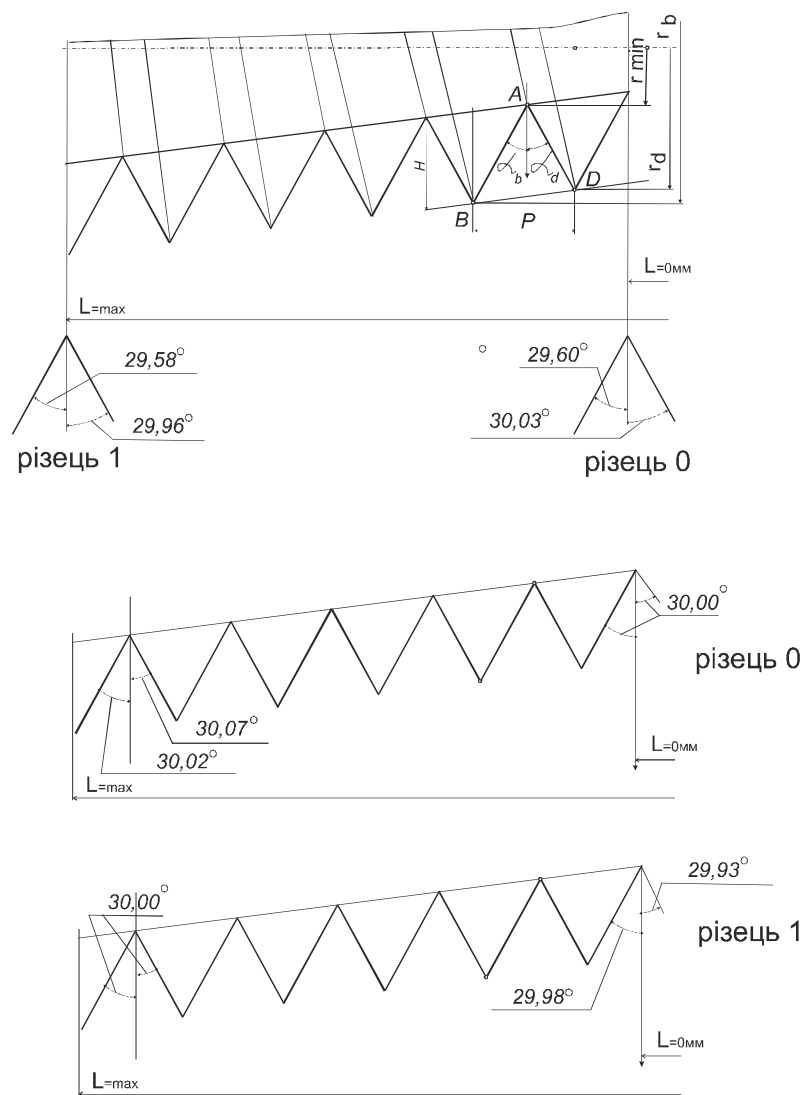


Рис. 7. Отримання профілю нарізу за допомогою різця із відкоригованим профілем різальної кромки

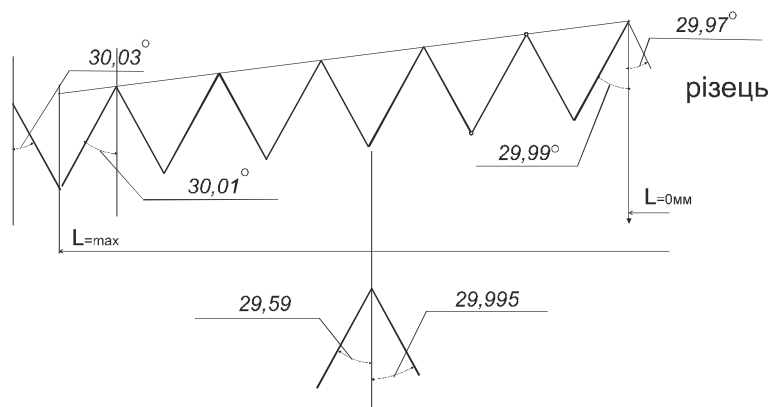


Рис. 8. Відкорегована форма різальної кромки різьбового різця

На рис. 8 показано альтернативну до рис. 7 схему моделювання нарізу з-65. У ній запропонований різець із середніми значеннями кутів напівпрофілів різальної кромки. Кут $29,59^\circ = (29,60^\circ - 29,58^\circ) / 2$. Кут $29,995^\circ = (30,03^\circ - 29,96^\circ) / 2$. У результаті застосування такого різця профіль замкового нарізу з-65 промодельовано із максимальними відхиленнями половинних профільних кутів $\pm 0,03^\circ$, що становить усього 10 % від допуску.

Висновки:

1. Запропонована у роботі прикладна програма дає можливість функціонально розрахувати половинні кути профілю різальної кромки для різців із загальним положенням передньої поверхні із заданими відхиленнями установки інструмента.

2. Отримані результати величини половинних кутів профілю дають можливість проектувати технологічний процес точіння замкових нарізів, у яких різець виконано із значним переднім статичним кутом у вершинній точці і при цьому наріз, який ним формуватиметься, матиме початкові відхилення у межах 10–15 % від допустимих відхилень на половинний кут профілю нарізу.

3. Можна успішно застосувати аналогічний алгоритм функціонального визначення кутів профілю різальної кромки різців для усіх інших нарізів нафтогазового сортаменту.

У подальших роботах варто зосередитися на створенні прикладних програм визначення профілю різця для найвживаніших стандартів на нарізи нафтогазової галузі.

1. ГОСТ 28487-90. Межгосударственный стандарт. Резьба коническая замковая для элементов буровых колонн. Профиль. Размеры. Допуски [Текст]: Разработан и внесен Министерством нефтяной и газовой промышленности СССР, Государственным комитетом СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 27.03.90 г. № 614. Введен впервые. Издание с изменением № 1, утвержденным в июле 1992 г. (ИУС 10-92). – М.: ФГУП “Стандартинформ”, 2006. – 10 с. 2. Никифоров А. Д. Точность и технология изготовления метрических резьб [текст] : [учеб. для студентов технологических вузов] / А. Д. Никифоров. – М.: Высш. шк., 1963. – 181 с. 3. Семенченко И. И. Проектирование металлорежущих инструментов [текст] : [учеб. пособ. для студ. высших учеб. завед. СССР, обучающихся по специальности “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”] / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. Н. Сахаров. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. – 950 с. 4. Онисько О. Р. Теоретична основа технологічної неможливості відтворення теоретично точного профілю різьб на трубах нафтогазового сортаменту [Текст] / О. Р. Онисько, Я. В. Теліхович, Т. Р. Гнатик // Нафтогазова енергетика. – 2015. – № 1(23). – С. 94–99. 5. Онисько О. Р. Визначення профілю різальної частини різця з подвійним нахилом передньої поверхні для формування трикутної різьби труб нафтогазового сортаменту [Текст] / О. Р. Онисько, В. І. Патра, Б. Я. Прибуш // Нафтогазова енергетика. – 2015. – 2(24). – С. 77–81. 6. Онисько О. Р. Алгоритм розрахунку функціональної залежності форми бічних профілів гвинтової нарізі замкової конічної для елементів бурових колон від геометричних параметрів різця [Текст] / О. Р. Онисько // Науковій вісник. – 2017. – 1(42). – С. 77–81. 7. Онисько О. Р. Програмна реалізація розрахунку форми різальної кромки різьбового різця залежно від значення величини його переднього кута та діаметра різьби [Текст] / О. Р. Онисько, Л. О. Боруцак, С. О. Рязанов // Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні”. – 2013. – № 772. – С. 129–134. 8. Онисько О. Р. Програмна реалізація визначення величини опуклості гіперболічного профілю різьбового різця з ненульовим значенням переднього кута [Текст] / О. Р. Онисько, О. В. Зубик // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник. – 2015. – № 48. – С. 159–166. 9. Онисько О. Р. Порівняльний аналіз графічних моделей бічних профілів трикутної різьби: заданого стандартом і отриманого за допомогою різця з ненульовим значенням переднього кута [Текст] / О. Р. Онисько, П. М. Процак // Вісник НТУ “ХПІ”. – 2015. – № 4 (1113). – С. 31–36. 10. ГОСТ 632-80. Межгосударственный стандарт. Трубы обсадные и муфты к ним [Текст]: Утвержден и внесен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам № 2578 от 05.06.80 г. – М.: Стандартинформ, 2010. – 75 с.