

О. Р. Онисько, Л. Д. Пітулей, І. З. Довбуш  
Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу

## ПРОФІЛЬ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ РІЗЦІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАМКОВОЇ НАРІЗИ З МІНІМАЛЬНОЮ НЕГЕРМЕТИЧНІСТЮ

© Онисько О. Р. Пітулей Л. Д., Довбуш І. З., 2018

Замкові нарізи сьогодні виготовляють із обов'язковим зазором між гребенями муфти і впадинами ніпеля і навпаки, між впадинами муфти і гребенями ніпеля. Вони цілком технологічні, тому в статті запропоновано зменшити їх до розмірів, які зведуть негерметичність нарізи до мінімуму, а технологічну стійкість різців підвищити за рахунок застосування від'ємних значень переднього кута. Запропоновано графічну схему різальної кромки різця для отримання замкової нарізи з мінімально необхідним зазором.

**Ключові слова:** бурова колона, конічна нарізь, зазор, технологічна стійкість, передній кут, різець.

The tapered thread of the drillstring for today are made with the necessary clearance between the crests of the pin and the cavities of the box, and vice versa between the cavities of the pin and crests of the box. Its existence is completely technological, therefore, in the article it is proposed to reduce it to the dimension which increased the tightness of the tapered thread unit to a maximum, and the technological stability of the cutter to increase due to the using of the back rake angle negative value. The graphic scheme of the cutter edge for obtaining a tapered thread with the minimum required clearance is provided.

**Key words:** drillstring, tapered thread, clearance, technological stability, back rake angle, cutter.

**Актуальність проблеми.** Якість бурильних замків великою мірою визначає надійність усієї бурильної колони. Як відомо, замкове з'єднання призначене для швидкого згвинчування чи розгвинчування елементів бурильної колони та передавання між ними гідравлічної енергії та крутного моменту. На замкові з'єднання впливають великі механічні навантаження, пов'язані із вагою колони. Окрім осьових сил і ваги колони, на нарізі муфти і ніпеля впливають також і згинальні моменти та циклічні навантаження, які особливо проявляються у процесі похилого чи горизонтального буріння. Під впливом згинальних моментів активізуються втрати щільності між торцями ніпелів та муфт. Гідравлічні втрати, що супроводжують процес буріння, виникають з-за таких нещільностей у замкових з'єднаннях [1] і є наслідком як їх експлуатаційних змін, так і, на нашу думку, технологічних недосконалостей виготовлення замкової нарізи, пов'язаних із профілем різальної кромки різця та його геометричними параметрами.

**Огляд досліджень і публікацій.** Виробники для виготовлення замкових нарізей застосовують технологію точіння [2]. Робоча частина токарних різців згідно із даними [3–5] є завжди однорічковою щодо переднього кута, тобто він має тільки нульове значення.

У роботах [6, 7] для виготовлення замкових нарізей описано застосування різців із ненульовим значенням статичного переднього кута. На рис. 1 показано схему профілю замкової нарізи за стандартом [9]. Половинний кут профілю нарізи дорівнює  $30^\circ$ . Допуск на вказаний розмір

становить  $\pm 30'$ . Роботи [6, 7] вказують на те, що в разі застосування величини переднього статичного кута до  $5^\circ$  (додатний) або  $-5^\circ$  (від'ємний) у вершині різця формуватиметься наріз з початковими відхилами у межах до 10–15 % ( $3' - 4,5'$ ) від допустимих відхилів на половинний кут профілю нарізі. У роботі [8] подано алгоритм розрахунку профілю різальної кромки різця і половинного кута її профілю залежно від значення переднього кута і кута підйому нарізі.

**Технологічний зазор у замкових нарізях.** Стандартом [9] передбачено основні параметри і загальний вигляд профілю замкових нарізей. На рис. 1 подано схему профілю згідно зі стандартом [9]. Певні параметри, подані у табл. 1, стосуються тільки форми профілю I. Окрім них, згідно із [9], є ще чотири форми профілю: II, III, IV, і V. Всіх їх застосовують для різних типорозмірів конічних замкових нарізей від мінімальної 3-65 до максимальної 3-203.

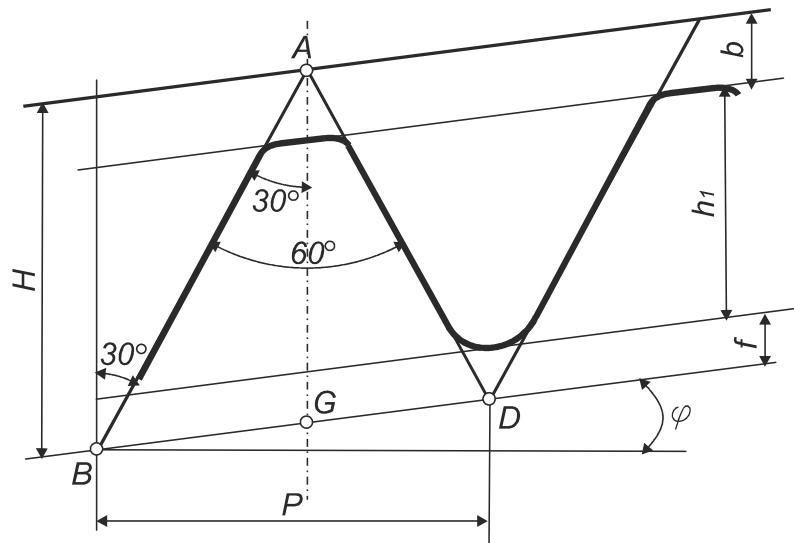


Рис. 1. Схема профілю гвинтової замкової нарізі згідно з міждержавним стандартом ГОСТ 28487-90

У табл. 1 подано основні параметри замкового профілю форми I і IV. Ці форми найбільш різняться між собою, тому можуть слугувати певним прикладом для ілюстрацій у межах цієї статті.

Таблиця 1

**Параметри замкової нарізі за стандартом ГОСТ 28487-90 для форм I та IV**

Назва параметра	Значення параметра форми I форми IV	
Крок нарізі $P$	5,08 мм	6,35 мм
Висота вихідного профілю $H$	4,376 мм	5,487 мм
Висота профілю $h_1$	2,993 мм	3,095 мм
Кут нахилу нарізі $\varphi$	$7^\circ 7'30''$	$4^\circ 45'48''$
Зріз вершини, $b^*$	0,875 мм	1,427 мм
Зріз впадини, $f$	0,508 мм	0,965 мм
Висота робочого профілю $h^*$	2,626 мм	2,633 мм
Ширина площадки нарізі $a$	1,16 мм	1,651 мм
Радіус заокруглення впадини $r$	0,508 мм	0,965 мм

\*Розмір для довідок

Дані цієї таблиці потрібні для виявлення профілю нарізі, а також форми та розміру зазору, який закладений чинним стандартом між витками нарізі муфти і ніпеля. На рис. 2

показано цей зазор. На лівому витку вказані розмірності, а на правому витку для наочності зазор зафарбовано чорним. Радіус заокруглення подано як факультативний розмір, призначений для потреб проектування інструмента. Видимих конструктивних причин для проектування саме такої величини радіуса різальної кромки різця немає, тож, вочевидь, вона має не конструктивне, а технологічне призначення. Як видно з рис. 2 та табл. 1, висота зазору  $h_1 - h$  становить для форми I – 0,367 мм, а для форми IV – 0,462 мм.

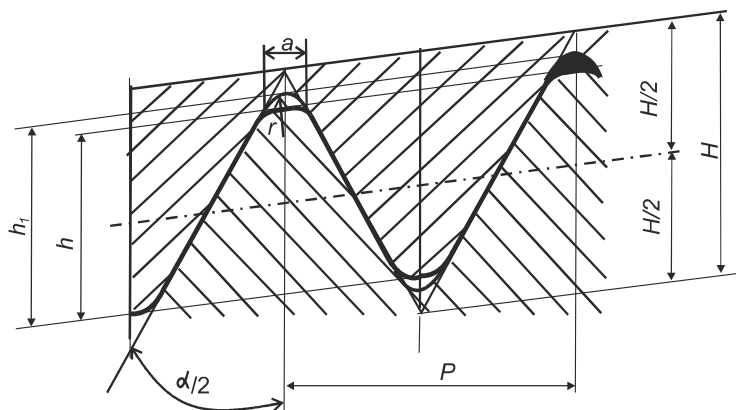


Рис. 2. Ілюстрація технологічного зазору замкової нарізі

**Гідравлічні втрати в замкових нарізях.** Гідравлічні втрати, що виникають під час експлуатації, описано у роботі [10]. На думку автора [10], їх варто уникати з-за енергетичних залишкових витрат, а ми вважаємо їх також причиною катастрофічного спрацювання нарізі, особливо після 3–5 згинчувань. Їх можна уникати, зменшивши зазор між витками ніпеля і муфти, як показано на рис. 3. Зменшений зазор показано на рис. 3 сірим кольором. Для перевірки ідеї зменшення проникнення промивної рідини через такий технологічний зазор використано працю [11], у якій запропоновано неньютонівську рідину на основі біополімер-силікатного розчину. За даними робіт [12, 13], промодельовано рух вказаного розчину через гвинтові канали з перерізом, як на рис. 3.

На основі рис. 3 запропоновано формулу розрахунку (1), яка пов'язує параметри перерізу зазору між собою [13]

$$\delta_{\eta} = \sqrt{r^2 - \left(\frac{a_1}{2}\right)^2} - r + h_1 - h. \quad (1)$$

Прийнято для експериментального дослідження протікання промивної рідини через гвинтові канали, що основа трикутного каналу  $a_1 = 1$  мм. Після підстановки:  $a_1 = 1$  мм,  $h_1 = 3,095$  мм,  $h = 2,633$  мм,  $r = 0,965$  мм отримано значення:  $\delta_{\eta} = 0,328$  мм, а отже:  $|FB| = 0,134$  мм.

Отже, за даними [12, 13] здійснено комп'ютерні віртуальні експерименти, мета яких – визначити швидкість протікання промивного бурильного розчину по гвинтовому каналу із трикутним перерізом AFC, тобто із шириною  $a_1=1$  мм, та по гвинтовому каналу із трикутним перерізом DFE, тобто із шириною  $a=1,651$  мм (рис. 3). Трикутні перерізи замість сегментних застосовано для зменшення часових витрат у ході проведення експерименту.

За даними [13] проведено віртуальний експеримент у середовищі Solid Works Float Simulation і швидкість протікання бурового розчину становила 45–49 м/с за тиску 10 МПа (див. рис. 4). За даними [13], віртуальний експеримент проведено у тому ж таки середовищі Solid Works Float Simulation і швидкість

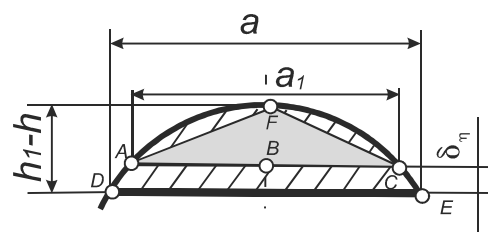


Рис. 3. Схема зменшеного технологічного зазору в замковому з'єднанні

протікання бурового розчину становила 0,74–1,48 м/с за тиску 10 МПа (див. рис. 5). Це означає, що швидкість протікання по каналу із шириною  $a_1=1$  мм приблизно у 30–50 менша, ніж по каналу із шириною  $a_1=1,651$  мм. На рис. 6 показано розподіл швидкості протікання поперек каналу. Епюра доводить, що швидкість протікання розчину найбільша посередині (1,116 м/с) і зменшується до периферії. Такі результати дали авторам підставу вважати, що треба застосувати зменшені зазори за умови перевірки їхньої технологічності. Для цього необхідно дослідити спрацювання різця, щоб виявити профіль різальної кромки різця, що слугує для виготовлення цієї нарізі.

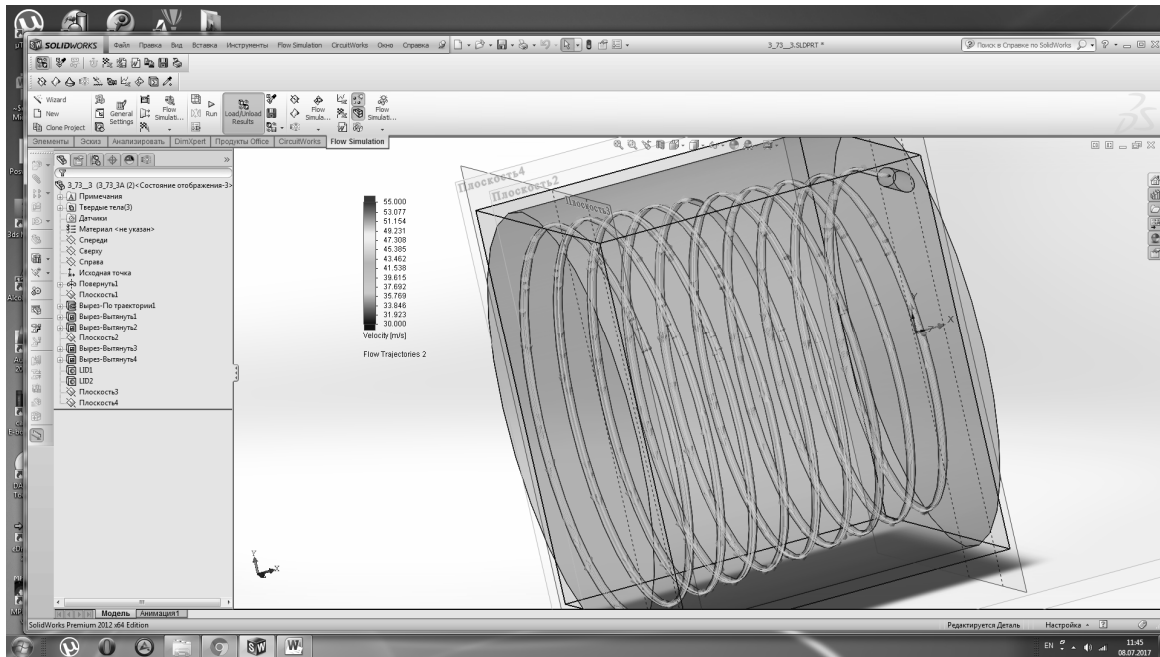


Рис. 4. Епюра швидкостей протікання бурового розчину вздовж каналу, ширина якого  $a=1,16$  мм (швидкість посередні перерізу), за тиску 10 МПа

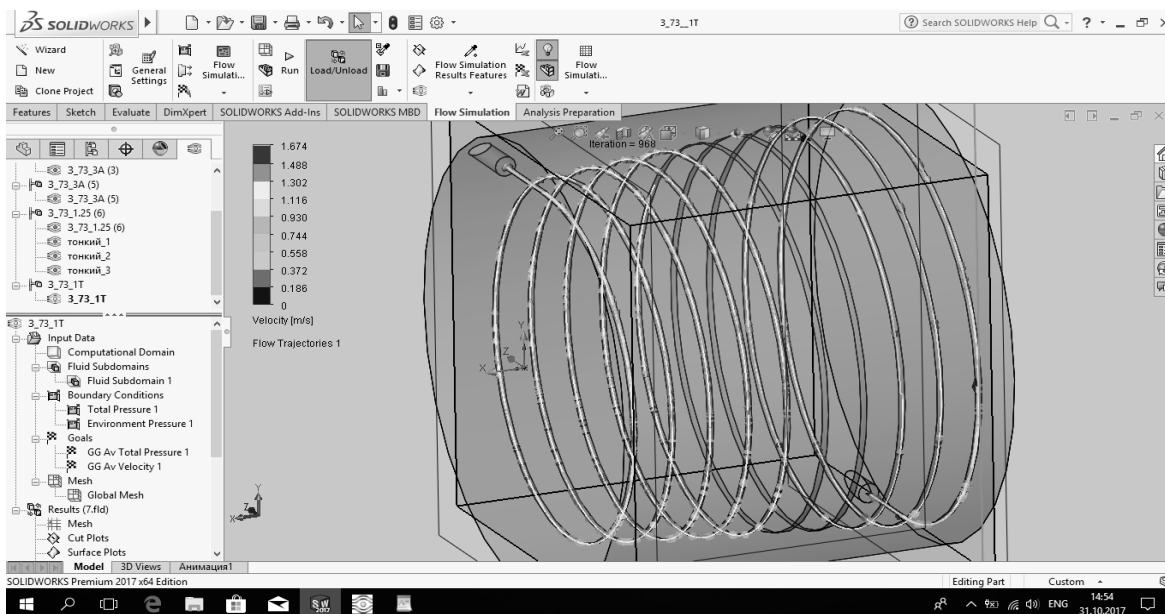
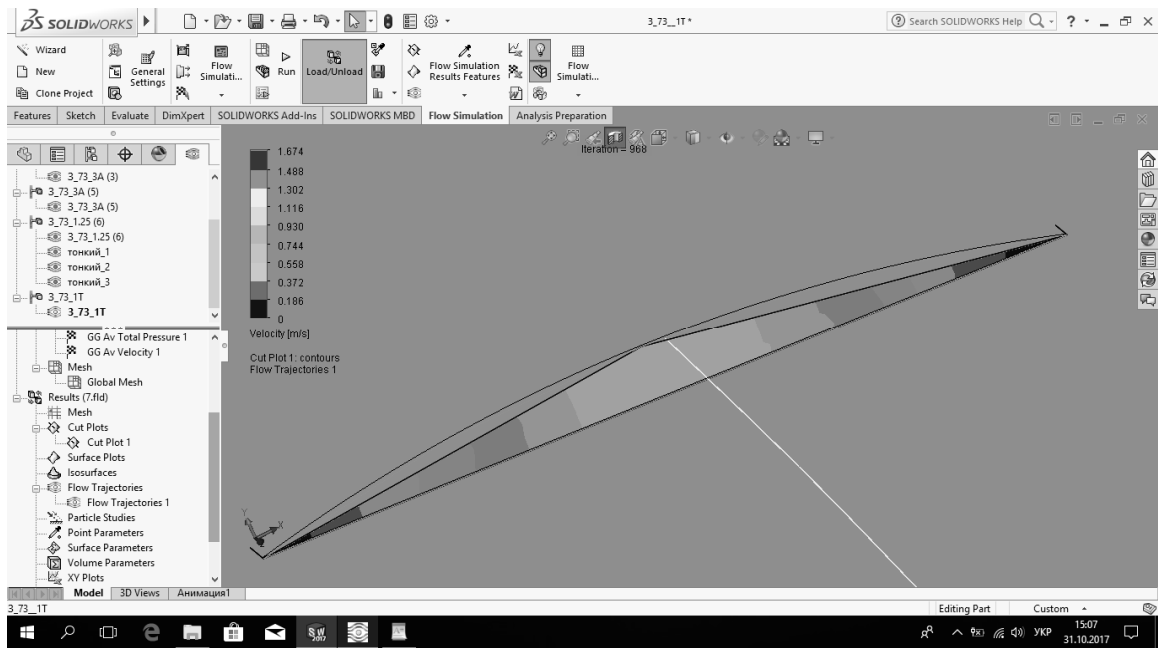


Рис. 5. Епюра швидкостей протікання бурового розчину вздовж каналу, ширина якого  $a_1=1,0$  мм (швидкість по середині перерізу), за тиску 10 МПа

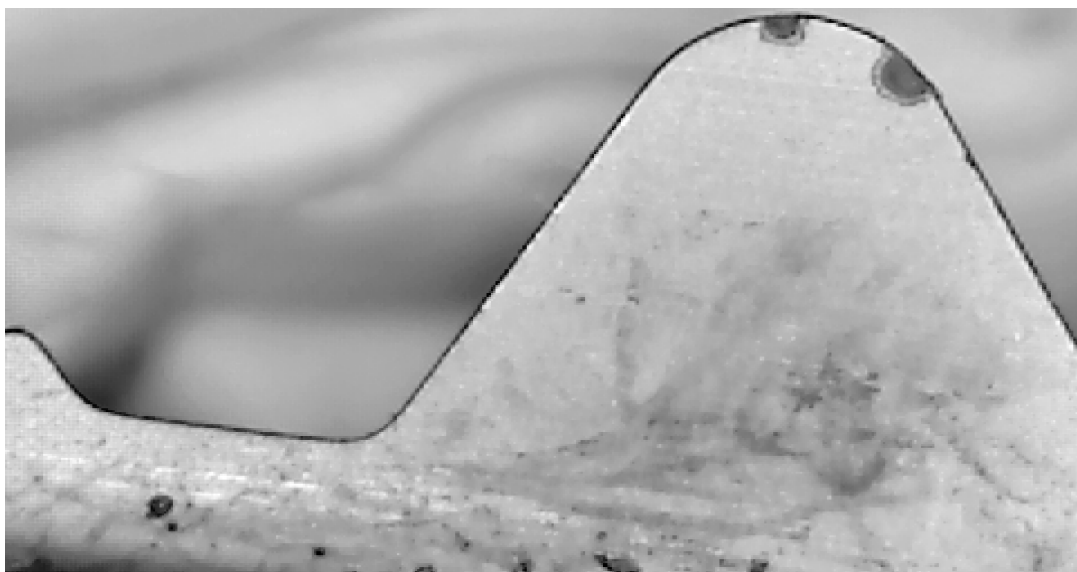


*Рис. 6. Енюра розподілу швидкості бурового розчину у поперечному перерізі каналу за тиску 10 МПа*

**Мета статті** полягає у отриманні профілю різальної кромки різця для виготовлення замкової нарізі із мінімальною негерметичністю.

**Постановка задачі.** Завдання полягає у визначенні графічного вигляду різальної кромки нарізеного різця для виготовлення бурових замкових з'єднань за формою IV із високим показником непроникності бурового розчину через зазор між муфтою та ніпелем.

**Виклад матеріалу дослідження.** Дослідження профілю різальної кромки різальних пластин для точіння нарізей на замкових поверхнях. На рис. 7 показано збільшений вигляд різальної кромки пластини різця для точіння замкових нарізей найпоширенішої форми – IV (отримано цифровим мікроскопом з 20-кратним збільшенням).



*Рис. 7. Фото різальної частини твердосплавної пластини різця для точіння нарізі замка (форма IV)*

На рис. 7 показано збільшений вигляд відпрацьованої на спеціалізованому підприємстві – заводі “Нафтогазобладнання” різальної кромки пластини різця для точіння замкових нарізей форми IV (отримано цифровим мікроскопом із 20-кратним збільшенням).

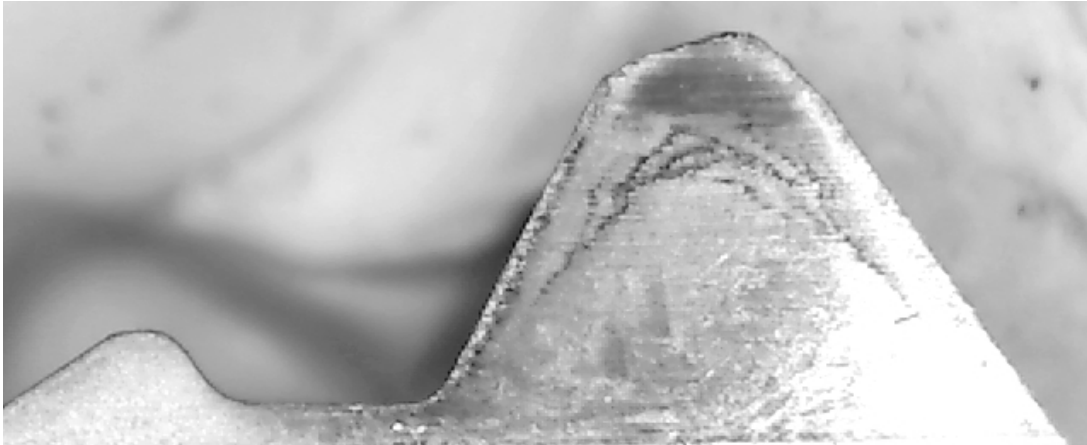
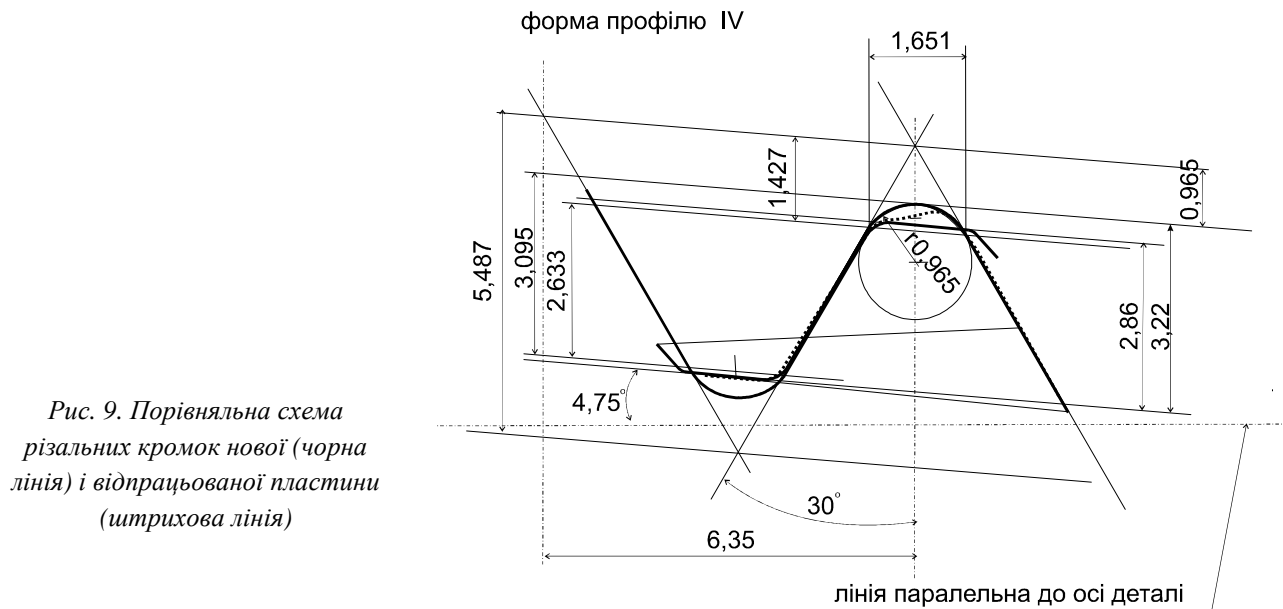


Рис. 8. Фото різальної частини твердосплавної пластини різця для точіння нарізі замка (форма IV)

На рис. 9 показано схему накладених профілів нової пластини із рис. 7 і відпрацьованої пластини із рис. 8. Чорна товста лінія відповідає профілю нової пластини. Голуба лінія – її дзеркальне відбиття, що імітує разом із чорною лінією замок у згвинченому стані. Червона штрихова лінія відповідає профілю спрацьованої пластини. На схемі проставлено номінальні розміри чорним кольором (відповідно до табл. 1), а сірим – розміри, отримані на реальній новій пластинці.



Зі схеми і фото можна зробити висновки:

1. Спрацювання різальної пластини відбувається здебільшого у тій її частині, яка формує впадину нарізі (штрихова лінія).

2. Дійсні розміри пластини, а саме: 3,22 мм і 2,86 мм відрізняються від номінальних: 3,095 мм і 2,633 мм на величину +0,125 мм і +0,227 мм. Відхил +0,125 мм фактично відповідає верхньому відхилу +0,12 мм згідно зі стандартом [9] (див. рис. 10, табл. 2) та з урахуванням похибки вимірювання дійсних розмірів. Відхил +0,227 мм вказаним стандартом не регламентовано.

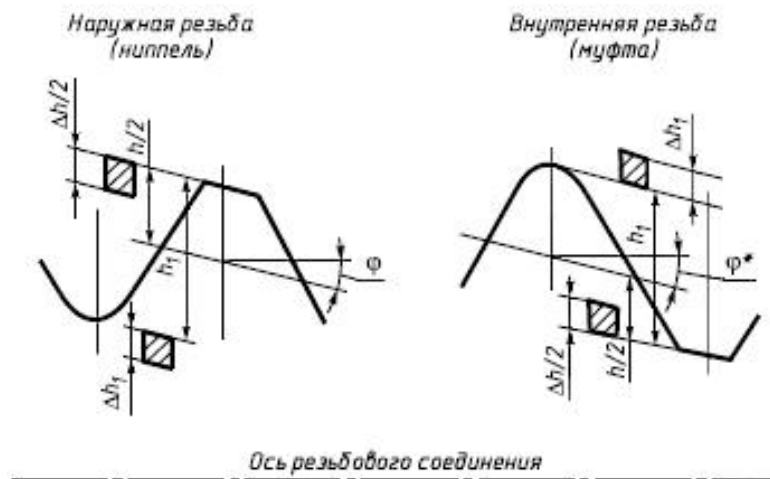


Рис. 10. Регламентовані стандартом ГОСТ 28487-90 граничні відхилення висоти профілю

Таблиця 2

**Регламентовані стандартом ГОСТ 28487-90 граничні відхилення висоти профілю**

Крок нарізі, мм	Граничні відхилення висоти профілю зовнішньої та внутрішньої нарізі, мм	
	$\Delta h/2$	$\Delta h_1$
5,08	-0,120	+0,080
6,35	-0,180	+0,120

Оскільки вказані у табл. 2 відхилення за стандартом [9] є вихідними для проектування інструмента і факультативними для виробу (ніпеля чи муфти), то очевидним є право розробника інструменту їх не дотримуватися за умови отримання цим інструментом нарізі, відповідної до стандарту [9] точності.

**Графічні дослідження дійсного та запропонованого зазорів.** На рис. 11 показано схему розміщення наявного зазору зі стандартною шириною площини нарізі  $a=1,651$  мм і запропонованого зазору, де ширина площини  $a_1$  за дослідженнями [12, 13] дорівнює 1,0 мм.

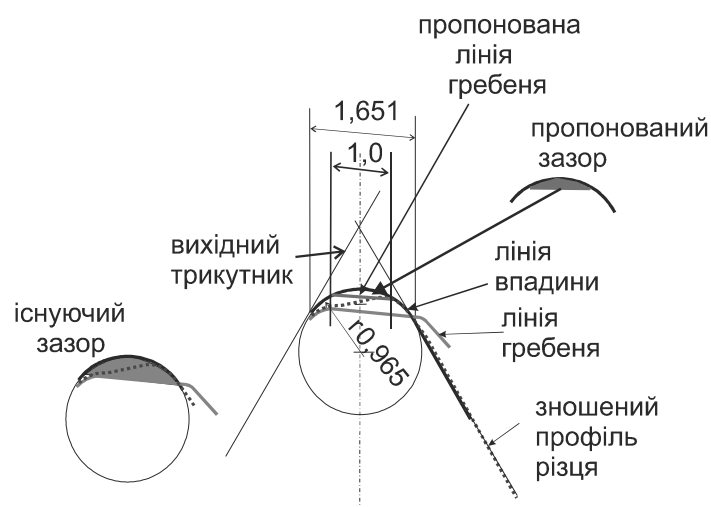


Рис. 11. Схема розміщення наявного зазору ( $a = 1,651$  мм) і запропонованого зазору ( $a_1 = 1,0$  мм)

На рис. 11 подано запропоновані зміни профілю пластини у її частині, яка формує гребінь, оскільки згідно зі зробленим вище висновком вона зазнає найменшого спрацювання, а отже, залишатиметься впродовж експлуатації практично незмінною. Отже, номінал пластини у частині формування гребеня показано голубим кольором, а нове розміщення цієї частини профілю пластини показано зеленим. Зношений профіль пластини – штриховою лінією.

На рис. 12 показано схему наявного зазору із урахуванням регламентованого стандартом [9] розміру  $r_1$ . Схема доводить, що лінія спрацьованого профілю (штрихова) фактично потрапляє у гарантований зазор. Враховуючи те, що розмір  $r$  є факультативним для виробу, можна дійти висновку, що зазор (відзначено сірим кольором) має технологічне призначення, тобто забезпечує певну технологічну стійкість пластини різця.

На рис. 13 показано формування нового зменшеного зазору з урахуванням регламентованих стандартом [9] розмірів  $r$  і  $r_1$ . Останній має номінал 0,38, а допуск +0,2, тому на рисунку наведено дві схеми з мінімальним (зліва) та максимальним (справа) значенням величини  $r_1$ .

існуючий зазор

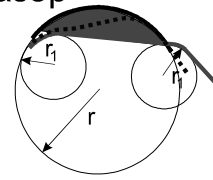


Рис. 12. Схема порівняння номінального зазору і лінії спрацювання профілю різальної пластини

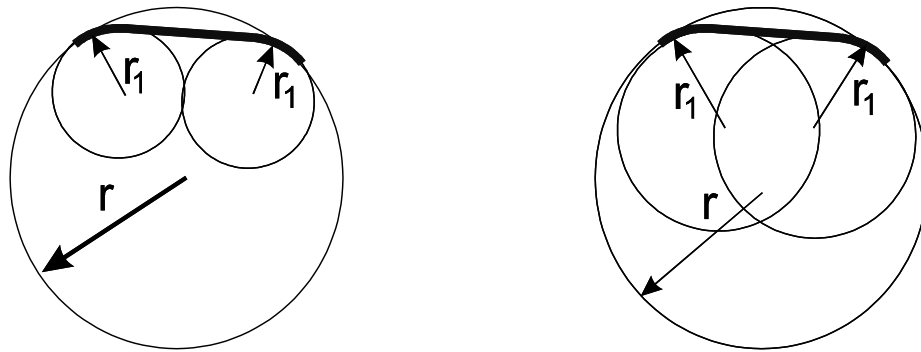


Рис. 13. Схеми розміщення частини профілю різальної кромки для формування нового зазору із урахуванням найменшого та найбільшого значень величини  $r_1$

На рис. 13, 14 показано сформовані згідно із попередньо прийнятими даними профілі різальної кромки інструмента для точіння замкової нарізі за формою IV.

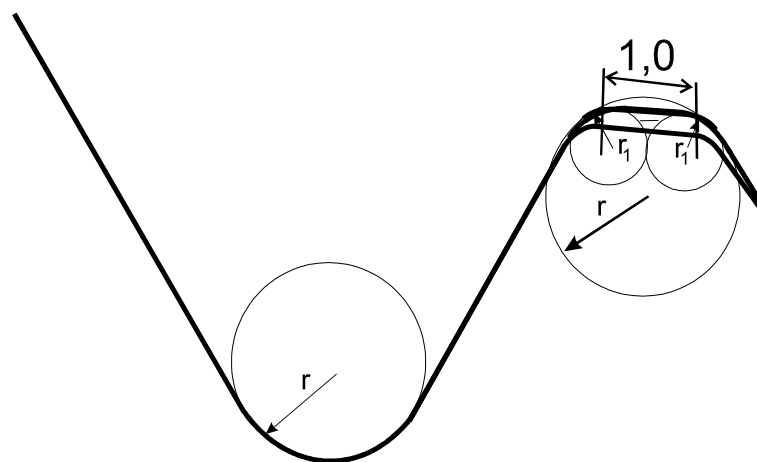


Рис. 14. Схема профілю різальної кромки для формування мінімального зазору за найменшого значення величини  $r_1=0,38$  мм



**Забезпечення технологічної стійкості різця.** Технологічний зазор за формулою (1) запропоновано зменшити на 0,328 мм, тобто від  $h_1 - h = 0,462$  мм до  $h_1 - h = 0,134$  мм, тобто на 71 %.

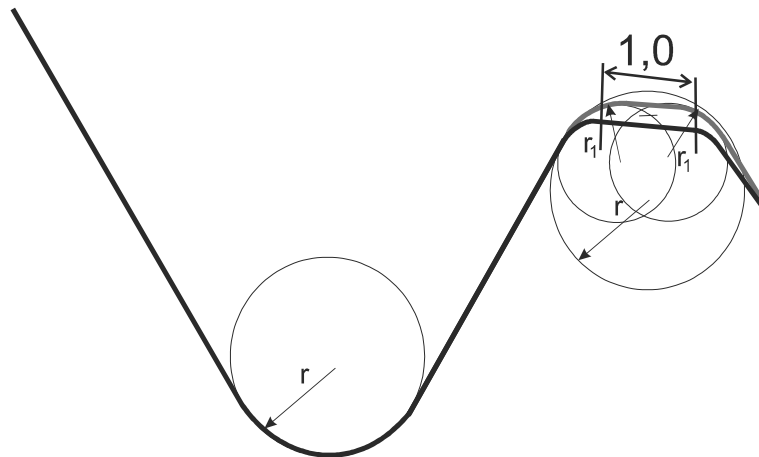


Рис. 15. Схема профілю різальної кромки для формування мінімального зазору за найбільшого значення величини  $r_1 = 0,58$  мм

Вочевидь, такий невеликого розміру зазор змусить шукати варіанти збільшення технологічної стійкості інструмента, оскільки, як видно із рис. 11, лінія зношення пластини перебуває далеко за межами нового зазору. Збільшити технологічну стійкість можливо за рахунок зміни переднього кута у вершинній точці. Можливості таких досліджень висвітлено у роботах [6–8].

**Висновки.** 1. Як видно зі зразків відпрацьованих робочих пластин різців для виготовлення замкової нарізі, найбільшого спрацювання зазнає та частина різальної кромки, яка формує впадину.

З цього висновку можна дійти до іншого:

2. Для досягнення максимальної герметичності бурового замка треба зменшити технологічний зазор до  $h_1 - h = 0,134$  мм не за рахунок зменшення висоти профілю  $h_1$ , а збільшенням на 0,328 мм робочої висоти профілю  $h$ , тобто змінити профіль різальної кромки різця у частині, яка формує гребінь нарізі.

На основі другого висновку доходимо до третього:

3. Зменшити робочу висоту профілю  $h$ , тобто величину, отриману у згвинченому замку між гребенями муфти і ніпеля, доцільно за рахунок зменшення величини  $b$ , розмір якої подається як довідковий. Це можливо зробити згідно з [9] та користуючись рис. 1, 2 та табл. 1. Отже, зменшимо величину  $b$  за формулою:  $b - 0,328/2 = (1,427 - 0,328/2) = 1,263$  мм.

4. Щоб досягти максимальної непроникності бурового розчину через зазори нарізі, необхідно виконати профілювання різця для її виготовлення таким, щоб профіль різальної кромки будувався на основі поданих у стандарті [9] величин, окрім величини  $b$ , що має бути зменшена на розмір  $\delta\eta/2$ , який можна визначити за формулою (1).

5. У зв'язку зі зменшенням технологічного зазору на понад 70 % для підвищення технологічної стійкості різця необхідно застосувати його передній кут, значення якого було б відмінним від нуля.

1. Гержберг Ю. М. Предупреждение разгерметизации замковых резьбовых соединений буровой колонны при роторном бурении в искривленном стволе скважины [текст] / Ю. М. Гержберг, Д. Г. Бельський, В. И. Кишин, А. Н. Горбиков // Известия Коми научного центра УРО РАН. Технические науки. – 2013. – Вып. 1(13), С. 74–78. 2. Хостиков М. З. Повышение качества изготовления резьб на трубах [текст] / М. З. Хостиков, В. Н. Агеева, А. Г. Бадамшина // Оборудование и инструмент для профессионалов. Международный информационно-технический

журнал. – 2016. – № 66, С.70–72. 3. *Ultra-rigid thread turning for all types of threads – internal and external*. [Електронний ресурс]: – Електрон. дан. (1 файл). Sandvik Coromant. Site. Режим доступу: [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). 2012 – Назва з екрана. 4. *Katalog 2011-2012 ZCC-CT. Гедион-Альфа Официальный дистрибутор инструмента ZCC-CT в России*. [Електронний ресурс]. – М.: Гедион Альфа, 2013 (1 файл). Режим доступу: [www.g-alfa.ru/tochenie\\_2012.pdf](http://www.g-alfa.ru/tochenie_2012.pdf) – Назва з екрана. 5. *Thread\_turning/thread\_turning\_brochure\_english.pdf*. [Electronic resource]: [//www.secotools.com/CorpWeb/Products/Turning/](http://www.secotools.com/CorpWeb/Products/Turning/).-Last access: 2017. – Title from the screen. 6. Онисько О. Р. Про функціональну залежність величини половинного кута профілю замкової нарізі від величин переднього кута, кута нахилу та половинного кута профілю різальної кромки різця. [Текст] / О. Р. Онисько // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2017. – № 867. – С. 19–28. 7. Онисько О. Р. Аналіз забезпечення точності профілю замкової нарізі, виготовленої різцями із загальним положенням передньої поверхні та заданою точністю її встановлення / О. Р. Онисько, М. І. Псюк // Вісник НТУ “ХПІ”. Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2017. – № 17 (1239). – С. 10–17. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-004X. 8. Онисько О. Р. Алгоритм розрахунку функціональної залежності форми бічних профілів гвинтової нарізі замкової конічної для елементів бурильних колон від геометричних параметрів різця [Текст] / О. Р. Онисько // Науковий вісник. – 2017. – 1(42). – С. 77–81. 9. ГОСТ 28487-90. Межгосударственный стандарт. Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль. Размеры. Допуски (с изменением № 1 [Текст]. Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 05.06.80 № 2578. – М.: Стандартинформ, 2010. – 75 с. 10. Чудик І. І. До втрат гідравлічної енергії під час промивання свердловини // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – № 2(31). – С. 34–42. 11. Чудик І. І., Богославець В. В., Дудич І. Ф. Біополімер-сілікатний буровий розчин для буріння горизонтальних свердловин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2016. – 4(61). – С. 34–42. 12. Liubomyr Borushchak. Research of the impermeability of the tool-joint tapered thread size 2 7/8 reg/ Liubomyr Borushchak, Oleh Onysko, Vitalii Panchuk // Monografia “Problemy eksploatacji I zarzadzania w górnictwie rząd Górnictwo-Kraków 2017. P. 65–72. 13. Liubomyr Borushchak. Influence of the technological gap value of the tool-joint tapered thread on the drilling mud flow rate in its screw coupling/ Lubomyr Borushchak, Stepan Borushchak, Oleh Onysko // Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. – 2017. – Vol. 3. – No. 2. – P. 24–31.