

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНІЧНИХ НАРІЗЕЙ

І. П. Тарас, Т. О. Пригорівська

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: pryhorovska@gmail.com

В статті досліджується проблема зміцнення і конічних нарізей для труб нафтогазового сортаменту, зокрема розглянуто геометричні основи конструювання інструменту для цього. Розглянуто основні типи конічних нарізей, які використовуються для труб нафтогазового сортаменту. Встановлено, що для того, щоб отримати вихідні дані для розробки інструментів для зміцнення западин і бокових поверхонь профілю, необхідно розглянути конічні нарізи не тільки як гвинтові лінії, але і як поверхні гелікоїдів, визначити, які параметри гелікоїдів роблять нарізь конічною та отримати залежності для розрахунку цих геометричних параметрів. Здійснено визначення геометричних параметрів конічних нарізей та конструктивних параметрів, які необхідні для конструювання роликів із деформуючими виступами для одночасного зміцнення западин і бокових поверхонь профілю нарізей зазначеного типу, що вдосконалив інструмент для їх фрикційного зміцнення. Встановлено, що на відміну від циліндричних нарізей, кути нахилу гелікоїдів, які утворюють конічні нарізи, відрізняються не тільки знаком кута нахилу до площини, нормальної до їх осей, але і значеннями. Виконане дослідження геометричних особливостей конічної нарізі порівняно із циліндричною дає змогу використати ці особливості при проектуванні або удосконаленні інструментів для її виготовлення та/або зміцнення. Зазначений підхід дає змогу вдосконалити інструмент для фрикційного зміцнення конічних замкових нарізей шляхом модифікації бокових деформуючих елементів. За рахунок цього спрощується їх виготовлення, забезпечується підвищення періоду стійкості інструменту, стабільність параметрів зміцненого шару поверхні профілю конічної замкової нарізі на елементах бурильних колон, а це покращує якість, продуктивність та економічність фрикційного зміцнення конічних замкових нарізей.

Ключові слова: конічні нарізи, гелікоїд, труби нафтогазового сортаменту, геометричні параметри.

В статье исследуется проблема укрепления и конических резьбы для труб нефтегазового сортамента, в частности рассмотрены геометрические основы конструирования инструмента для данных целей. Рассмотрены основные типы конических резьб, которые используются для труб нефтегазового сортамента. Установлено, что для того, чтобы получить исходные данные для разработки инструментов для укрепления впадин и боковых поверхностей профиля, необходимо рассмотреть конические резьбы не только как винтовые линии, но и как поверхности геликоидов, определить, какие параметры геликоидов делают резьбу конической и получить зависимости для расчета этих геометрических параметров. Осуществлено определение геометрических параметров конических резьб и конструктивных параметров, которые необходимы для конструирования роликов с деформирующими выступами для одновременного укрепления впадин и боковых поверхностей профиля резьбы указанного типа, что усовершенствует инструмент для их фрикционного укрепления. Установлено, что в отличие от цилиндрических резьб, углы наклона геликоидальных, которые образуют конические резьбы, отличаются не только знаком угла наклона к плоскости, нормальной к их осям, но и значениями. Проведенное исследование геометрических особенностей конической резьбы по сравнению с цилиндрической позволяет использовать эти особенности при проектировании или усовершенствовании инструментов для ее изготовления и / или укрепления. Указанный подход позволяет усовершенствовать инструмент для фрикционного укрепления конических замковых резьб путем модификации боковых деформирующих элементов. За счет этого упрощается их изготовление, обеспечивается повышение периода стойкости инструмента, стабильность параметров упроченного слоя поверхности профиля конической замковой резьбы на элементах бурильных колонн, а это улучшает качество, производительность и экономичность фрикционного укрепления конических замковых резьбы.

Ключевые слова: конические резьбы, геликоид, трубы нефтегазового сортамента, геометрические параметры.

The article studies the problem of oil/gas pipe conical thread reinforcement; in particular, the geometrical fundamentals for tool design for reinforcement. The article considers the main types of conical threads for pipes used in oil/gas industry. It was determined, that to obtain initial data for tools, used to reinforce thread crest and flank, it is necessary to consider conical threads not only as helical lines, but also as helicoid surfaces, to determine what helicoid parameters make the thread conical and obtain relations for the calculation of these geometric

parameters. The authors determined geometrical parameters of conical threads and design parameters to develop rollers with deformed protrusions for simultaneous reinforcement of aforementioned thread crests and flank to improve tools for their frictional reinforcement. It was stated, that contrary to cylindrical threads, helicoid's angles of inclination, which form conical threads, differ not only by the angle of inclination to the plane normal to their axes, but also by the values. The study of conical thread geometrical features refers to a cylindrical one allows to use these features in the design or improvement of tools for its manufacture and/or reinforcement. This approach allows improving the tools for frictional reinforcement of conical locking threads by modifying the lateral deforming elements. It makes possible to simplify tool manufacture, increase tool durability, reinforce the conical thread surface, and improve the quality, performance and economy of the conical thread frictional reinforcement.

Keywords: conical threads, helicoid, oil and gas pipes, geometric parameters.

Вступ

Конічні нарізі використовують для з'єднання елементів бурильного обладнання та інструментів, що працюють в екстремальних умовах, а саме за умов високих крутних моментів, температур, агресивних середовищ, вібрацій і т.п. Конструкція переважної більшості труб нафтогазового сортаменту передбачає наявність саме конічної нарізі, оскільки такий тип нарізі забезпечує герметичність та передавання великих крутних моментів та осьових сил, що і стало причиною їх широкого використання [1, 2].

Для з'єднань в трубах використовуються кілька типів нарізей:

- Метрична нарізь (DIN/ГОСТ) – європейський стандарт нарізання. Він має широку лінійку розмірів, різні кроки нарізання. Використовуються як циліндрична, так і конічна нарізі такого типу. Конічна замкова нарізь для елементів бурильних колон представлена ГОСТ Р 50864 – 96 [3].

- Трубна дюймова нарізь (BSP) – англійський стандарт нарізання. Для цього стандарту використовується англійська система обчислення в дюймах.

- Дюймова нарізь (SAE) – американський стандарт нарізання. Для цього стандарту використовується американська система обчислення в дюймах.

Основною нормативною документацією для виготовлення обсадних і насосно-компресорних труб є ГОСТ 632-80 та ГОСТ 633-80 [4, 5], а також міжнародні стандарти API. Поряд із тим, як зазначають науковці [6], аналіз аварійності трубних колон на нафтових свердловинах за останні десятиліття вказує, що попри широке застосування нових типів труб загальне число відмов та розподіл їх за видами не змінилося і в даний час, як і в минулі 30 років, основною причиною аварій на нафтових свердловинах є вихід з ладу труб нафтового сортаменту, причому до 50% всіх відмов з колонами труб нафтового сортаменту відбувається через негерметичність нарізного сполучення труби і муфти. Саме тому удосконалення гео-

метричних параметрів та технології виготовлення конічних нарізей набуває актуальності.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

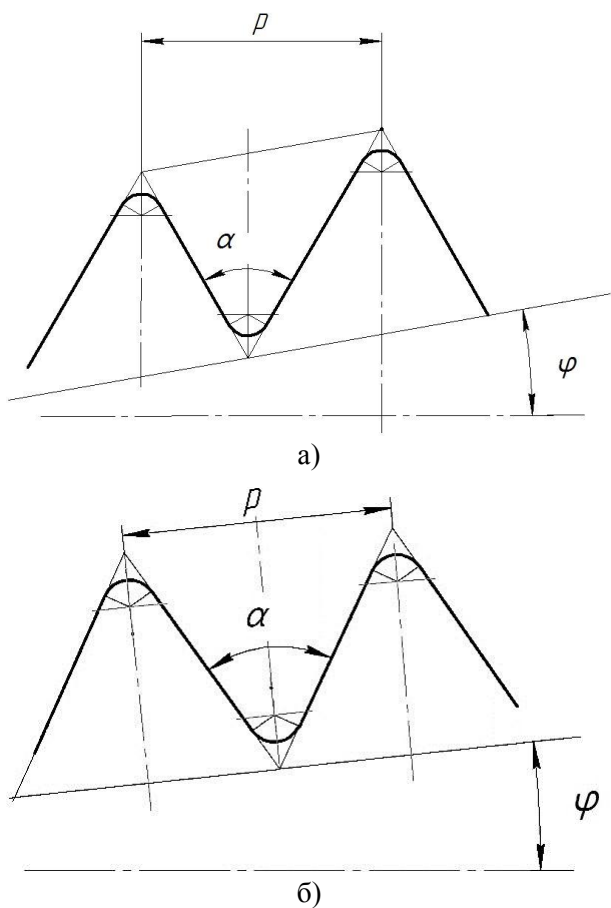
Удосконалення геометрії конічних нарізей є основою підвищення ресурсу труб нафтогазового сортаменту [7, 8].

Для підвищення якості циліндричних і конічних нарізей застосовують заходи, спрямовані на удосконалення конструкцій інструментів, методів нарізання нарізей, а також їх зміцнення [9, 10, 11, 12, 13]. Як показали обстеження деталей з конічними нарізками, їх виводить з ладу втомне руйнування по западині і зношування бокових поверхонь профілю нарізі. Тому для підвищення техніко-економічних показників роботи нарізевих з'єднань застосовують конструкторські, технологічні та експлуатаційні методи.

Перспективним є технологічний метод підвищення корозійно-втомної міцності та зносостійкості робочих поверхонь нарізей. Зокрема, поверхнєве пластичне деформування із використанням ролика. Застосування такого ролика забезпечує одночасне зміцнення западини та бокових поверхонь профілю конічної нарізі. Однак в науково-технічній та патентній літературі практично відсутні відомості щодо розташування деформуючих виступів на тілі ролика. Для їх раціонального вибору необхідно дослідити геометричні параметри конічних нарізей.

Для з'єднань бурильних, обсадних, насосно-компресорних труб та доліт використовують кілька типів конічних нарізей.

Розглянемо два типи конічних нарізей з трикутним профілем, які різняться нахилом профілю. Для першого бісектриса кута профілю перпендикулярна до осі конуса. Прикладом такої нарізі є конічна замкова нарізь для елементів бурильних колон за ГОСТ Р 50864–96. Подібний профіль конічної нарізі передбачений НТР (рис. 1, а). Для другого бісектриса кута профілю перпендикулярна до твірної конуса (наприклад, за ГОСТ 9909 – 81) (рис. 1, б).



а – конічна замкова наріз для елементів бурильних колон за ГОСТ Р 50864–96;
б – конічна наріз за ГОСТ 9909 – 81

Рисунок 1 – Конічні нарізи з трикутним профілем, які різняться нахилом профілю

Відомими параметрами є крок p нарізі, кут нахилу нарізі φ та кут профілю нарізі β , який для конічної замкової нарізі рівний 60° (наприклад, за ГОСТ Р 50864–96), або 55° (наприклад, за DIN 2999 BSPT).

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

Поряд із тим, відкритими залишаються питання розроблення інструментів для зміцнення западин і бокових поверхонь конічних нарізей, оскільки конічні нарізи передбачають різні довжини бокових поверхонь різних витків. Щоб отримати вихідні дані для розробки інструментів для зміцнення западин і бокових поверхонь профілю, необхідно розглянути конічні нарізи не тільки як гвинтові лінії, але і як поверхні гелікоїдів, визначити які параметри гелікоїдів роблять наріз конічною та отримати залежності для розрахунку цих геометричних параметрів.

Мета роботи – визначення геометричних параметрів конічних нарізей та конструктивних параметрів, які необхідні для конструювання та вдосконалення інструментів для виготовлення та зміцнення западин і бокових поверхонь профілю цих нарізей.

Виклад основного матеріалу

Дослідження геометричних особливостей конічних нарізей

Бокові поверхні нарізей утворюються двома гелікоїдами, саме їх перетин і дає гвинтову лінію западин і гвинтову лінію виступів. Визначимо, за рахунок яких параметрів ці лінії утворюються конічними.

Розглянемо наріз за ГОСТ Р 50864 – 96 (рис. 2). Вона утворена гелікоїдами з твірними (AB) та (BC), симетрично нахиленими відносно площини, перпендикулярної до осі обертання поверхонь на кут $\alpha/2$, а, значить, – $90 + \alpha/2$ та $90 - \alpha/2$.

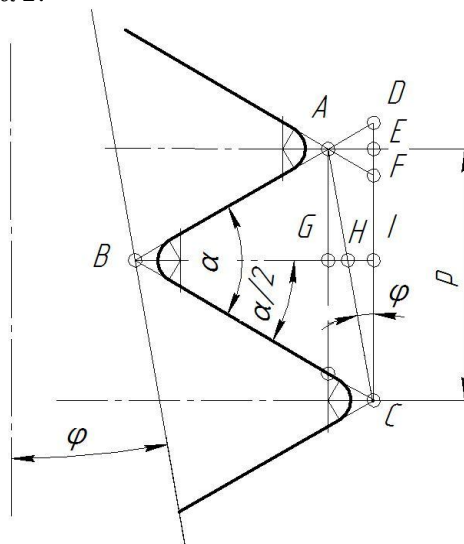


Рисунок 2 – Геометричні параметри нарізі за ГОСТ Р 50864 – 96

Гелікоїд, утворений твірною (AB), має крок |DC|:

$$|DC| = |CE| + |ED| . \quad (1)$$

З трикутника AED

$$|ED| = |AE| \cdot \tan(\alpha/2) . \quad (2)$$

З рисунка видно, що

$$p = |EC| + |EI| + |IC|, |EI| = |AG| = |EC| . \quad (3)$$

В свою чергу, з трикутника CAE

$$|AE| = |CE| \cdot \tan \varphi . \quad (4)$$

Використавши (3), формула (4) запишеться у вигляді

$$|AE| = p \cdot \tan \varphi . \quad (5)$$

Провівши прості перетворення та враховуючи (3) і (5), одержимо

$$|DC| = p \cdot [1 + \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)] . \quad (6)$$

Таблиця 1 – Різниці довжин сторін профіля для конічних замкових нарізей за ГОСТ Р 50864-96

Параметри і елементи нарізі	Форма профілю					
	I	II	III	IV	V	VI
Число кроків на довжині 25,4 мм	5	4				
P	5,08	6,35				4,233
$K (2\text{tg}\varphi)$	1:4		1:6	1:4		1:8
φ	7°7'30"		4°45'48"	7°7'30"		3°34'35"
Δ , мм	0.7332348419	0.916543552339	0.6110290349	0.916543552339	0.3054904612	

А гелікоїд, утворений твірною (BC), має крок |FC| (рис. 3). Провівши подібні розрахунки і перетворення одержимо:

$$|FC| = p \cdot [1 - \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)]. \quad (7)$$

Формули (6) і (7) показують різницю між кроками двох утворюючих гелікоїдів конічної нарізі. Саме різниця кроків гелікоїдів і робить конічними гвинтові лінії виступів і впадин для нарізей, бісектриса кута профілю яких перпендикулярна до осі конуса.

Ще одна особливість конічної нарізі така, що впадина не знаходиться на половині кроку нарізі, тобто точка I не є серединою відрізка [EC]. Розглянемо, як точка I ділить крок p (рис.3).

З трикутника AGB визначимо |AG|

$$|AG| = |AB| \cdot \sin(\alpha/2). \quad (8)$$

А з трикутника BCI – |IC|

$$|IC| = |BC| \cdot \sin(\alpha/2). \quad (9)$$

З трикутника DBC видно, що

$$|BC| = |AB| + |AP|. \quad (10)$$

Визначимо |AD|. Для цього розглянемо трикутник ADE

$$|AD| = |AE|/\cos(\alpha/2). \quad (11)$$

Підставивши (4) в (11), одержимо

$$|AD| = p \cdot \tan \varphi / \cos(\alpha/2). \quad (12)$$

Після підстановки (10) та (12) в (9), одержимо

$$|IC| = [|AB| + p \cdot \tan \varphi / \cos(\alpha/2)] \cdot \sin(\alpha/2). \quad (13)$$

Враховуючи (8) та (13), (3) запишеться

$$p = |AB| \cdot \sin(\alpha/2) + [|AB| + p \cdot \tan \varphi / \cos(\alpha/2)] \times \sin(\alpha/2). \quad (14)$$

Після спрощення виразу (14) одержимо

$$p = 2 \cdot |AB| \cdot \sin(\alpha/2) + p \cdot \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2). \quad (15)$$

З виразу (15) визначимо |AB|

$$|AB| = p \cdot \frac{1 - \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)}{2 \cdot \sin(\alpha/2)}. \quad (16)$$

Підставивши (16) в (8) одержимо |AG|

$$|AG| = (p/2) \cdot [1 - \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)]. \quad (17)$$

Відповідно

$$|IC| = (p/2) \cdot [1 + \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)]. \quad (18)$$

З трикутника BCI і простих перетворень одержимо

$$|BC| = p \cdot \frac{1 + \tan \varphi \cdot \tan(\alpha/2)}{2 \cdot \sin(\alpha/2)}. \quad (19)$$

Як видно з попередніх формул, на довжини бокових поверхонь профіля діаметр нарізі не впливає. Враховуючи формули (16) і (19), можна розрахувати різниці довжин сторін теоретичного профіля конічної замкової нарізі, використовуючи значення параметрів (ГОСТ Р 50864-96). Враховуючи, що $\alpha = 60^\circ$, різниця довжин Δ визначиться за формулою:

$$\Delta = p K \text{tg } 30^\circ, \quad (20)$$

де K – конусність нарізі. Результати для різних форм профіля зведені в таблицю 1.

Розрахунки показали, що дві твірні, які утворюють бічні поверхні впадин нарізі, мають різну довжину, що дається взнаки при виготовленні та зміцненні поверхні конічної нарізі такого типу.

Розглянемо нарізь, для якої бісектриса кута профіля перпендикулярна до твірної конуса (рис. 3).

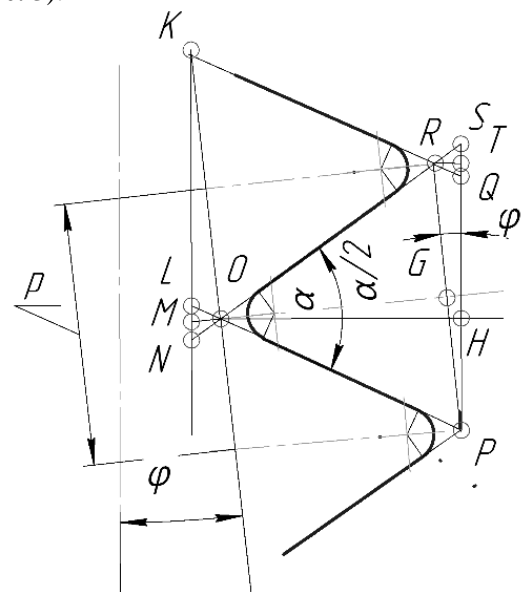


Рисунок 3 – Нарізь, для якої бісектриса кута профіля перпендикулярна до твірної конуса

Поверхня конічної нарізи утворена двома гелікоїдами з твірними (OR) і (OP). З прямо кутного трикутника OKM видно, що $\angle KMO = 90 - \varphi$, а значить кут нахилу гелікоїда з твірною (OP) – $\angle KLO = 90 - \varphi + \alpha/2$, для гелікоїда з твірною (OR) – $\angle KNO = 90 - \varphi - \alpha/2$.

Для такого типу нарізей крок p нарізи за стандартом визначається паралельно твірній. Визначимо кроки цих гелікоїдів, початково скориставшись визначенням кроку $p1$ за аналогією з попередньою нарізкою. Нагадаємо, що (рис. 3)

$$|RP| = p. \quad (21)$$

Для гелікоїда з твірною (OR) крок визначиться відрізком SP . Який, в свою чергу, рівний

$$|SP| = |PT| + |TS|. \quad (22)$$

З трикутника RPT визначимо

$$|TP| = |RP| \cos \varphi, \quad (23)$$

$$|RT| = |TP| \tan \varphi. \quad (24)$$

Підставивши (21) в (23) та (24), одержимо

$$|RT| = p \sin \varphi. \quad (25)$$

З трикутника RTS визначимо

$$|TS| = |RT| \cot(90 - \varphi - \alpha/2). \quad (26)$$

Враховуючи (20) та провівши прості перетворення, одержимо

$$|TS| = p \sin \varphi \tan(\alpha/2). \quad (27)$$

Підставивши в (21) (20) та (27), одержимо остаточну формулу для кроку гелікоїда з твірною (OR)

$$|PS| = p(\cos \varphi + \sin \varphi \tan(\alpha/2 + \varphi)). \quad (28)$$

Для гелікоїда з твірною (OP) крок визначається відрізком PQ (рис. 3).

Як видно,

$$|PQ| = |PT| - |TQ|. \quad (29)$$

З трикутника RTQ визначимо

$$|TQ| = |RT| \tan(\alpha/2 - \varphi). \quad (30)$$

Враховуючи (20) та (30), провівши прості перетворення, з (29) одержимо остаточну формулу для кроку гелікоїда з твірною (OP)

$$|PQ| = p(\cos \varphi + \sin \varphi \tan(\alpha/2 - \varphi)). \quad (31)$$

Для цього виду нарізи впадина знаходиться на середині кроку p .

Таким чином, для двох типів конічних нарізей з трикутним профілем – першого, бісектриса кута профілю якого перпендикулярна до осі конуса (рис. 1, а), та другого, бісектриса кута профілю якого перпендикулярна до твірної конуса (рис. 1, б), було визначено, що, на відміну від циліндричних нарізей, кути нахилу гелікоїдів, які утворюють такі нарізи, відрізняються не тільки знаком кута нахилу до площини, нормальної до їх осей, але і значеннями. Також були встановлені інші особливості геометричних поверхонь конічних нарізей, які можна використати для удосконалення інстру-

ментів для нарізання та зміцнення конічних нарізей.

Висновки

Дослідження геометричних особливостей конічної нарізи порівняно із циліндричною дає змогу використати ці особливості при проектуванні або удосконаленні інструментів для її виготовлення та/або зміцнення.

Таким чином, для двох типів конічних нарізей з трикутним профілем – першого, бісектриса кута профілю якого перпендикулярна до осі конуса, та другого, бісектриса кута профілю якого перпендикулярна до твірної конуса, було визначено, що, на відміну від циліндричних нарізей, кути нахилу гелікоїдів, які утворюють такі нарізи, відрізняються не тільки знаком кута нахилу до площини, нормальної до їх осей, але і значеннями. Також були встановлені інші особливості геометричних поверхонь конічних нарізей, які можна використати для удосконалення інструментів для нарізання та зміцнення конічних нарізей.

Подальші дослідження бачаться у вдосконаленні інструменту для фрикційного зміцнення конічних замкових нарізей, що вирішується шляхом модифікації бокових деформуючих елементів. За рахунок цього спрощується їх виготовлення, забезпечується підвищення періоду стійкості інструменту, стабільність параметрів зміцненого шару поверхні профілю конічної замкової нарізи на елементах бурильних колон, а це покращує якість, продуктивність та економічність фрикційного зміцнення конічних замкових нарізей.

Література

1. Чернова Є. М., Кунцяк Я. В. Забезпечення герметичності обсадних колон за рахунок конструктивних особливостей різьбових з'єднань. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения*. 2016. Вып. 19. С. 86-92. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pimi_2016_19_19.
2. ГОСТ Р 51906–2002. Соединения резьбовые обсадных, насосно-компрессорных труб и трубопроводов и резьбовые калибры для них. Общие технические требования.
3. ГОСТ Р 50864–96. Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль, размеры, технические требования.
4. ГОСТ 632–80. Трубы обсадные и муфты к ним. Технические условия.

5. ГОСТ 633–80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним. Технические условия. 3. Требования.

6. Ананченко В.Н., Цыбрий И.К., Моргунов В.В. Особенности изготовления и контроля резьбы на трубах нефтяного сортамента. *Вестник ДГТУ*, 2009. Спец. Выпуск. Технические науки. Часть I, Ст. 48-55.

7. Халтурин О.А. Анализ влияния отклонений геометрии на напряжения в замковом резьбовом соединении. *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12652>

8. Чернов Б.О., Чернова М.Є., Ільків І.М., Мовчан В.М. Підвищення герметичності обсадних колон за рахунок удосконалення конструкцій різьбових з'єднань. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения*. 2011. Вип. 14. С. 182-187.

9. Пат. на винахід 109077 С2 Україна, МПК (2006.01) В 23 В 27/06. Різець для нарізання зовнішньої трикутної циліндричної різьби / Онисько О. Р., Роп'як Л. Я., Панчук В. Г. (UA); заявники і патентовласники Онисько О. Р., Роп'як Л. Я., Панчук В. Г. (UA). № а 201403278; заявл. 31.03.14; опубл. 10.07.15, Бюл. № 13. 6 с.: іл.

10. Нешта А.А., Криворучко Д.В. Область применения метода обработки внутренней резьбы мерным инструментом. *Вісник НТУ «ХПИ»*. Серія : Технології в машинобудуванні. 2015. № 4 (1113). С. 145-149.

11. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхоностей в проектировании режущих инструментов. Москва: Машиностроение, 1968. 372 с.

12. ГОСТ Р 50864–96. Резьба коническая замковая для элементов буровых колонн. Профиль, размеры, технические требования. Введ. 1997–01–01. М.: Изд-во стандартов, 1996. 11 с.

13. Роп'як Л.Я. Маковійчук М.В., Рогаль О.В. Теоретичне дослідження зміни кута підйому гвинтової лінії конічних різьб. *Резание и инструмент*. 2015. Вып. 85. С. 252-262.

14. Онисько О.Р., Шкіца Л.Є., Тарас І.П. Геометричний аналіз технологічності виготовлення конічної замкової нарізи. *Прогресивні технології у машинобудуванні РТМЕ-2019*: зб. наук. праць VIII Міжнар. наук.-техн. конф., 4-8 лютого 2019 р. Івано-Франківськ – Яремче, 2019. С. 216-218.

15. Рогаль О.В., Тарас І.П., Роп'як Л.Я. Дослідження геометричних параметрів конічних нарізей. *Materials of the XIII International and*

practical Conference Proceeding of academic science 2017, August 30 – September 7, 2017 : Sheffield. Science and education LTD, Volume 4, No 9, 2017. URL: http://www.rusnauka.com/30_IAN_2017/Tecnic/8_228638.doc.htm

References

1. Chernova Ye. M., Kuntsiak Ya. V. Zabezpechennia hermetychnosti obsadnykh kolon za rakhunok konstruktivnykh osoblyvostei rizbovykh ziednan. *Porodorazrushayuschiy i metallobrabatyivayuschiy instrument – tehnika i tehnologiya ego izgotovleniya i primeneniya*. 2016. Vol. 19 st dlya perevoda. [in Ukrainian]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pimi_2016_19_19.

2. GOST R 51906–2002. Soedineniya rezbovyie obsadnyih, nasosno-kompressornyih trub i truboprovodov i rezbovyie kalibrii dlya nih. *Obschie tehnicheskie trebovaniya*. [in Russian]

3. GOST R 50864–96. Rezba konicheskaya zamkovaya dlya elementov burilnih kolonn. Profil, razmery, tehnicheskie trebovaniya. [in Russian]

4. GOST 632–80. Trubyi obsadnyie i muftyi k nim. *Tehnicheskie usloviya*. [in Russian]

5. GOST 633–80. Trubyi nasosno-kompressornyie i muftyi k nim. *Tehnicheskie usloviya*. 3. *Trebovaniya*. [in Russian]

6. Ananchenko V.N., Tsybriy I.K., Morgunov V.V. Osobennosti izgotovleniya i kontrolya rezbyi na trubah neftyanogo sortamenta. *Vestnik DGTU*, 2009. Spets. Vyipusk, *Tehnicheskie nauki*. Chast I, P. 48-55. [in Russian]

7. Halturin O.A. Analiz vliyaniya otkloneniy geometrii na napryazheniya v zamkovom rezbovom soedinenii. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. No 2. [in Russian] URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12652>

8. Chernov B.O., Chernova M.Ie., Ilkiv I.M., Movchan V.M. Pidvyshchennia hermetychnosti obsadnykh kolon za rakhunok udoskonalennia konstruktssii rizbovykh ziednan. *Porodorazrushayuschiy i metallobrabatyivayuschiy instrument – tehnika i tehnologiya ego izgotovleniya i primeneniya*. 2011. Vol. 14. P. 182-187. [in Ukrainian].

9. Pat. na vynakhid 109077 S2 Ukraina, МПК (2006.01) В 23 В 27/06. Rizets dlia narizannya zovnishnoi trykutnoi tsylindrychnoi rizby / Onysko O. R., Ropiak L. Ya., Panchuk V. H. (UA); zaiavnyky i patentovlasnyky Onysko O. R., Ropiak L. Ya., Panchuk V. H. (UA). № а 201403278; zaiavl. 31.03.14; opubl. 10.07.15, Biul. № 13. 6 p.: il. [in Ukrainian].

10. Neshta A.A., Krivoruchko D.V. Oblast primeneniya metoda obrabotki vnutrenney rezby mernym instrumentom. *Visnik NTU «HPI»*. Seriya : Tehnologii v mashynobuduvanni. 2015. No 4 (1113). P. 145-149. [in Russian]
11. Lyukshin V.S. Teoriya vintovyh poverhnostey v proektirovanni rezhushchih instrumentov. Moskva: Mashinostroenie, 1968. 372 p. [in Russian]
12. GOST R 50864–96. Rezbа konicheskaya zamkovaya dlya elementov burilnih kolonn. Profil, razmery, tehnicheckie trebovaniya. Vved. 1997–01–01. M.: Izd-vo standartov, 1996. 11 p. [in Russian]
13. Ropiak L.Ia. Makoviichuk M.V., Rohal O.V. Teoretychne doslidzhennia zminy kuta pidiomu hvyntovoi linii konichnykh rizb. *Rezanie i instrument*. 2015. Vol. 85. P. 252-262. [in Ukrainian].
14. Onysko O.R., Shkitsa L.Ie., Taras I.P. Heometrychnyi analiz tekhnolohichnosti vyhotovlennia konichnoi zamkovoї narizi. Prohresyvni tekhnolohii u mashynobuduvanni RTME-2019: zb. nauk. prats VIII Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 4-8 liutoho 2019 r. Ivano-Frankivsk – Yaremche, 2019. P. 216-218. [in Ukrainian].
15. Rohal O.V., Taras I.P., Ropiak L.Ia. Doslidzhennia heometrychnykh parametriv konichnykh narizei. *Materials of the XIII International and practical Conference Proceeding sof academic science 2017, August 30 – September 7, 2017* : Sheffield. Scienceandeducation LTD, Volume 4, No 9, 2017. [in Ukrainian]. URL: http://www.rusnauka.com/30_IAN_2017/Tecnic/8_228638.doc.htm