

УДК 621.99

Л. Я. Роп'як, канд. техн. наук, М. В. Маковійчук, канд. физ.- мат. наук,  
О. В. Рогаль, Івано-Франківськ, Україна

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КУТА ПІДЙОМУ ГВИНТОВОЇ ЛІНІЇ КОНІЧНИХ РІЗЬБ**

*В роботі запропонована методика визначення кута підйому гвинтової лінії конічної різьби. Проведено розрахунки кута підйому гвинтової лінії конічних різьб для з'єднань труб нафтового сортаменту за різними виразами і встановлено величини відповідних похибок. Показано, що кут підйому гвинтової лінії за довжиною різьби зменшується більш інтенсивно для конічних різьб малих діаметрів, а для різьб більших діаметрів – міняється несуттєво. Встановлено, що збільшення кута нахилу конуса різьби призводить до зростання кута підйому гвинтової лінії.*

*В работе предложена методика определения угла подъема винтовой линии конической резьбы. Проведены расчеты угла подъема винтовой линии конических резьб для соединений труб нефтяного сортамента по различным выражениям и установлены величины соответствующих ошибок. Показано, что угол подъема винтовой линии по длине резьбы уменьшается более интенсивно для конических резьб малых диаметров, а для резьб больших диаметров – меняется незначительно. Установлено, что увеличение угла наклона конуса резьбы приводит к росту угла подъема винтовой линии.*

*In the work it is proposed technique for determining of helix angle of conical thread. The calculations of helix angle of conical threads for tubing connections of oil assortment are performed, and the values of the corresponding errors are established. It is shown that the angle of rise of the helix along the length of the thread decreases more rapidly for conical threads of small diameters, and it change is not substantially for threads of large diameters. It is established that the increase of gradient angle of the threaded cone leads to an increase of helix angle.*

**Вступ.** Конічні різьбові з'єднання широко використовують в машинобудуванні, нафтовій, газовій та будівельній промисловості, оскільки забезпечують герметичність, швидке згвинчування, а також здатність передавати великі крутні моменти та осьові навантаження.

Під час буріння геологорозвідувальних, нафтових і газових свердловин, руйнування гірської породи здійснюється буровим долотом, яке з'єднане з наземним обладнанням колоною бурильних труб. У процесі роботи деталі бурильної колони піддаються дії статичних та динамічних навантажень і контактують із буровим розчином. Такі екстремальні експлуатаційні умови роботи призводять до корозійно-втомного руйнування як труб, так і їх конічних різьбових з'єднань, причому злами по різьбі є причиною виникнення більш як половини всіх аварійних ситуацій при бурінні [1-4].

Проведення аварійно-ремонтних робіт вимагає значних матеріальних затрат і не завжди забезпечує досягнення позитивного результату. Тому для

підвищення корозійно-втомної міцності та зносостійкості бурильних труб і деталей замків (ніпелів і муфт) з кінчними різьбовими з'єднаннями застосовують конструктивні, технологічні та експлуатаційні методи [1, 3, 5, 6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для підвищення якості циліндричних і кінчних різьб застосовують заходи, спрямовані на удосконалення конструкцій інструментів [2, 3, 7, 8], методів нарізання різьб [1, 2, 3, 8], а також зміцнення різьб [1, 2, 9-12]. Найбільш поширеними методами зміцнення різьб є об'ємна та поверхнева термічна обробка [1, 2] і поверхнєве пластичне деформування: ударна чеканка, обдування дробом, алмазне вигладжування, обкочування роликом, що вільно обертається [1, 2, 5, 9, 10], фрикційне зміцнення із примусовим обертанням ролика [11], а також ультразвукове зміцнення западин різьб [12].

Унаслідок різної швидкості ковзання в зоні контактування ролика із западиною кінчної різьби та її бічними поверхнями профілю відбувається нерівномірне зміцнення западини цієї різьби. Особливо це актуально для різьб, нарізаних на алюмінієвих бурильних трубах.

В технічній та патентній літературі [1-3, 5, 9, 13] практично відсутні систематичні дослідження впливу величини кута нахилу конуса різьби, її діаметра та довжини на зміну кута підйому кінчної гвинтової лінії, що стримує розроблення конструкцій різального і деформуючого інструменту, прогресивних технологічних процесів як нарізання, так і поверхневого зміцнення кінчних різьб та конструювання технологічного обладнання для їх реалізації.

**Мета роботи** – встановлення залежності кута підйому гвинтової лінії западини кінчних різьб від їх геометричних параметрів для розроблення оптимальної технології механічної обробки різанням і поверхневого зміцнення пластичним деформуванням.

**Постановка проблеми.** Відомі способи механічної обробки різанням і поверхневого зміцнення кінчних різьб для з'єднань труб нафтового сортаменту і вибійних двигунів передбачають нарізання різьби при фіксованому встановленні різьбонарізного різця (стрижневого, роликового профільного) або профільної дискової фрези, а також профільного деформуючого ролика відповідно. Так, наприклад, встановлення профільної дискової фрези (профільного деформуючого ролика) здійснюється під кутом до осі заготовки, величина якого рівна куту підйому гвинтової лінії різьби, що нарізають (зміцнюють). Відомо, що конструкції різьбофрезерних верстатів не передбачають зміну кута встановлення профільної дискової фрези в процесі нарізання різьби, що призводить до спотворення профілю нарізаної кінчної різьби і зниження її експлуатаційних властивостей. Застосування корегування кута встановлення інструменту в процесі обробки кінчних різьб дозволить

підвищити як точність механічної обробки, так і якість поверхневого зміцнення пластичним деформуванням западин різьб.

**Виклад основного матеріалу.** Для порівняння побудуємо розгортку витка гвинтової лінії циліндричної та конічної різьб (рис. 1).

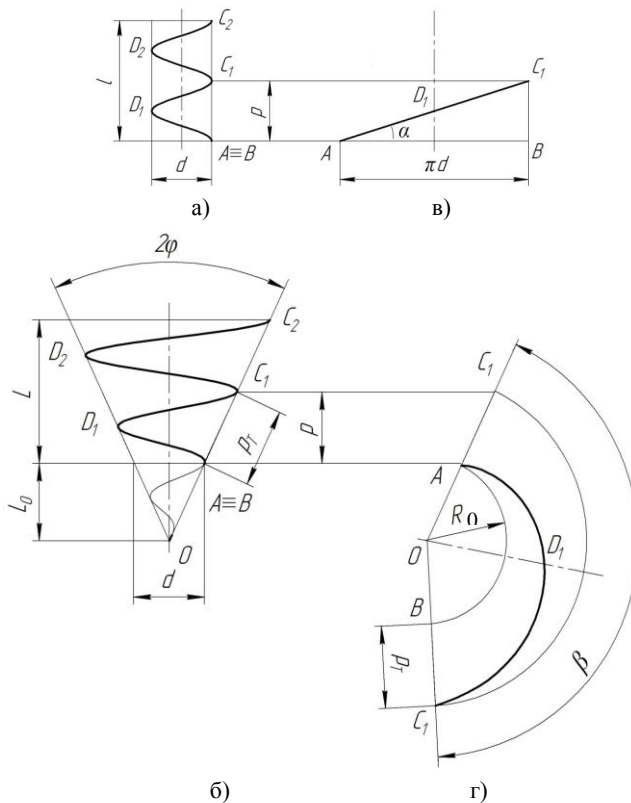


Рисунок 1 – Схема циліндричної (а) і конічної (б) гвинтової лінії та їх розгортку на площину (в, г) відповідно

Із (рис. 1, а, в) видно, що для циліндричної різьби розгорткою одного витка гвинтової лінії є пряма, яка нахилена до горизонтальної лінії під кутом підйому гвинтової лінії циліндричної різьби  $\alpha$  і є гіпотенузуо прямокутного трикутника  $ABC_1$ . Більший катет  $AB$  цього трикутника рівний довжині розгортки кола  $\pi d$ , а менший  $BC_1$  – величині кроку різьби  $P$ . Величину кута підйому гвинтової лінії циліндричної різьби розраховують за формулою

$$\alpha = \arctg \frac{P}{\pi d}, \quad (1)$$

де  $P$  – крок різьби,  $d$  – діаметр западини різьби.

При побудові розгортки другого витка циліндричної різьби отримаємо пряму лінію паралельну до  $AC_1$  і рівну їй за довжиною. Тобто кут  $\alpha$  для циліндричної різьби не залежить від її довжини  $l$  і для фіксованих значень  $P$  і  $d$  є постійною величиною.

Для конічної різьби (рис. 1, б, з) розгорткою одного витка гвинтової лінії є крива лінія  $AD_1C_1$  (спіраль Архімеда), яка служить «гіпотенузою» криволінійного трикутника  $ABC_1$ . Більший криволінійний катет  $AB$  рівний довжині розгортки кола меншої основи конуса, а менший  $BC_1$  – величині кроку різьби  $P_T$ , виміряному в напрямку паралельному до твірної конуса різьби. Крок  $P$ , виміряний в напрямку паралельному до осі конуса конічної різьби на її розгортці не відображається. При побудові розгортки другого витка конічної різьби отримаємо криву лінію, яка буде довшою за першу  $AD_1C_1$  і не буде еквідистантною до неї. Це свідчить про те, що кут підйому гвинтової лінії конічної різьби буде змінюватися за її довжиною  $l$ .

Виразимо величину кута підйому гвинтової лінії западини конічної різьби у залежності від її геометричних параметрів (рис. 2).

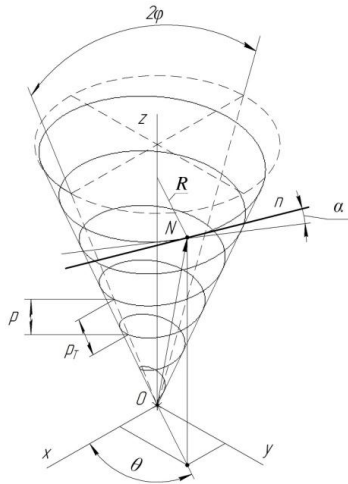


Рисунок 2 – Розрахункова схема для визначення кута підйому гвинтової лінії конічної різьби

Для цього запишемо параметричні рівняння конічної гвинтової лінії, із сталим кроком  $P$

$$\begin{cases} x = \frac{P \operatorname{tg} \phi}{2\pi} \theta \cos \theta; \\ y = \frac{P \operatorname{tg} \phi}{2\pi} \theta \sin \theta; \\ z = \frac{P}{2\pi} \theta; \end{cases} \quad (2)$$

або у векторному вигляді

$$\vec{r}(\theta) = x(\theta)\vec{i} + y(\theta)\vec{j} + z(\theta)\vec{k}. \quad (3)$$

Тут

$\phi$  – кут нахилу конуса (кут між твірною та віссю конуса);

$\theta$  – параметр (кут повороту навколо осі  $Oz$ );

$\vec{r}(\theta)$  – радіус вектор гвинтової лінії ( $ON$ );

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  – трійка ортів декартової системи координат.

Як відомо, похідною від радіуса вектора є вектор

$$\vec{r}'(\theta) = x'(\theta)\vec{i} + y'(\theta)\vec{j} + z'(\theta)\vec{k},$$

що напрямлений по дотичній до кривої в сторону руху  $\vec{r}'(\theta)$  при зростанні  $\theta$ .

Знайдемо кут підйому гвинтової лінії  $\alpha$ , тобто кут, що утворює вектор дотичної  $\vec{r}'(\theta)$  із своєю проекцією на площину  $Oxy$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dz}{\sqrt{dx^2 + dy^2}} = \frac{z'(\theta)}{\sqrt{x'(\theta)^2 + y'(\theta)^2}}. \quad (4)$$

Обчисливши похідні виразів (2) та підставивши у формулу (4), отримаємо

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \phi \sqrt{(\cos \theta - \theta \sin \theta)^2 + (\sin \theta + \theta \cos \theta)^2}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \phi \sqrt{1 + \theta^2}}. \quad (5)$$

Виключимо параметр  $\theta$  з останнього співвідношення, виразивши його через змінний (поточний) діаметр конуса  $d = 2R$ . З перших двох виразів (2) будемо мати

$$x^2 + y^2 = \left(\frac{P \operatorname{tg} \phi}{2\pi} \theta\right)^2 = R^2 \implies \theta^2 = \left(\frac{2\pi R}{P \operatorname{tg} \phi}\right)^2 = \left(\frac{\pi d}{P \operatorname{tg} \phi}\right)^2. \quad (6)$$

Отже з (5) отримаємо

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \phi \sqrt{1 + \theta^2}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \phi \sqrt{1 + \left(\frac{\pi d}{P \operatorname{tg} \phi}\right)^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 \operatorname{tg}^2 \phi + (\pi d)^2}}. \quad (7)$$

Для зрізаного конуса з діаметрами меншої  $d_1$  та більшої  $d_2$  основ та довжиною різьбової частини  $l$ , вимірної в напрямку паралельному до осі конуса ( $d_2 = d_1 + 2l \operatorname{tg} \varphi$ ) кут підйому гвинтової лінії змінюватиметься в межах  $\alpha_{\max} \geq \alpha \geq \alpha_{\min}$ , де

$$\alpha_{\max} = \operatorname{arctg} \frac{P}{\sqrt{P^2 \operatorname{tg}^2 \phi + (\pi d_1)^2}}, \quad \alpha_{\min} = \operatorname{arctg} \frac{P}{\sqrt{P^2 \operatorname{tg}^2 \phi + (\pi d_2)^2}}. \quad (8)$$

У формулі (7) змінний діаметр  $d$  виразимо через діаметр меншої основи конуса  $d_1$  та поточну відстань  $l_{\Pi}$  ( $0 \leq l_{\Pi} \leq l$ ) від цієї основи.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\sqrt{P^2 \operatorname{tg}^2 \phi + \pi^2 (d_1 + 2l_{\Pi} \operatorname{tg} \phi)^2}}. \quad (8)$$

Остаточно, залежність кута підйому гвинтової лінії кінчної різьби від її геометричних параметрів матиме вигляд

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P}{\sqrt{P^2 \operatorname{tg}^2 \phi + \pi^2 (d_1 + 2l_{\Pi} \operatorname{tg} \phi)^2}}. \quad (10)$$

Коли у виразі (10) прийняти  $\varphi=0$  то отримаємо формулу (1) для визначення кута підйому гвинтової лінії циліндричної різьби.

**Результати розрахунків.** Дослідження проводили для стандартних кінчних різьб для з'єднань труб нафтового сортаменту [14-16]. Результати обчислення величини кута підйому гвинтової лінії кінчної різьби за формулою (10) на початку, посередині та в кінці для стандартних кінчних різьб різних типів, оформлено у табличному вигляді (див. табл. 1 і 2; у таблицях: чисельник – кут підйому кінчної гвинтової лінії, знаменник – похибка). Для порівняння також наведено величини кута  $\alpha$  для тих же значень геометричних параметрів кінчних різьб, обчислені за формулами отриманими в інших роботах [9]

$$\alpha = \arcsin \sqrt{\frac{P^2}{\pi^2 (d_1 + 2l_{\Pi} \operatorname{tg} \phi)^2 + \operatorname{tg}^2 \phi}}, \quad (9)$$

та [5]

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{P}{\pi (d_1 + 2l_{\Pi} \operatorname{tg} \phi)} \right). \quad (102)$$

Таблица 1 – Результаты розрахунку кута підйому гвинтової лінії западини конічної різьби (ніпеля), варіанти 1-3

Розрахункова формула	Відстань від торця основи меншого діаметра різьби, мм	Позначення різьби та її геометричні параметри, мм		
		Варіант 1: 3–44	Варіант 2: 3–66	Варіант 3: 3–147
		$p=4,233$ $\varphi=3^{\circ}34'35''$ $d=35,754$ $l=31,300$	$p=5,080$ $\varphi=7^{\circ}7'30''$ $d=41,689$ $l=63,300$	$p=6,350$ $\varphi=4^{\circ}45'48''$ $d=119,228$ $l=114,300$
Формула (10)	0	$\frac{2^{\circ}9'29.48481''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{2^{\circ}13'16.40427''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}58'16.46104''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
	$l/2$	$\frac{2^{\circ}2'46.78469''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{1^{\circ}52'1.82094''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}53'57.85706''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
	$L$	$\frac{1^{\circ}56'43.75687''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{1^{\circ}36'37.60475''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}50'14.86962''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
Формула (11), [9]	0	$\frac{2^{\circ}9'35.02289''}{0^{\circ}0'5.53808''}$	$\frac{2^{\circ}13'22.51054''}{0^{\circ}0'6.10626''}$	$\frac{0^{\circ}58'16.96669''}{0^{\circ}0'0.50586''}$
	$l/2$	$\frac{2^{\circ}2'51.50499''}{0^{\circ}0'4.7203''}$	$\frac{1^{\circ}52'5.44676''}{0^{\circ}0'3.62582''}$	$\frac{0^{\circ}53'58.25876''}{0^{\circ}0'0.4017''}$
	$L$	$\frac{1^{\circ}56'47.81279''}{0^{\circ}0'4.05592''}$	$\frac{1^{\circ}36'39.93071''}{0^{\circ}0'2.32595''}$	$\frac{0^{\circ}50'15.19391''}{0^{\circ}0'0.32428''}$
Формула (12), [5]	0	$\frac{2^{\circ}9'29.50634''}{0^{\circ}0'0.02153''}$	$\frac{2^{\circ}13'16.49816''}{0^{\circ}0'0.09389''}$	$\frac{0^{\circ}58'16.46452''}{0^{\circ}0'0.00349''}$
	$l/2$	$\frac{2^{\circ}2'46.80304''}{0^{\circ}0'0.01835''}$	$\frac{1^{\circ}52'1.87671''}{0^{\circ}0'0.05577''}$	$\frac{0^{\circ}53'57.85983''}{0^{\circ}0'0.00277''}$
	$L$	$\frac{1^{\circ}56'43.77264''}{0^{\circ}0'0.01577''}$	$\frac{1^{\circ}36'37.64054''}{0^{\circ}0'0.03578''}$	$\frac{0^{\circ}50'14.87186''}{0^{\circ}0'0.00224''}$

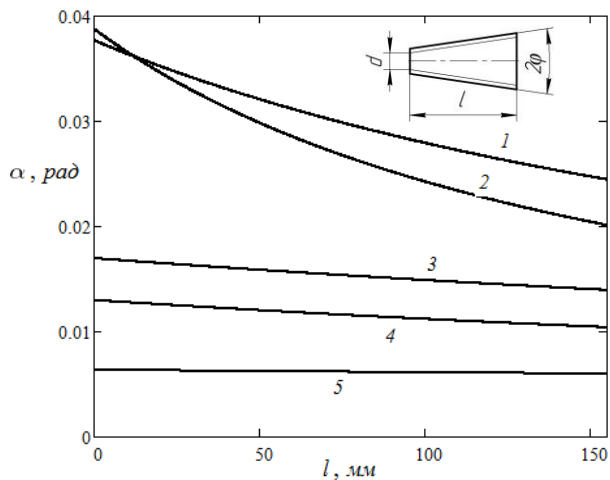
Таблица 2 – Результаты расчета угла подъема винтовой линии западины конической резьбы (нпеля), варианты 4-5

Розрахункова формула	Відстань від торця основи меншого діаметра різьби, мм	Позначення різьби та її геометричні параметри, мм	
		Варіант 4: 3–203	Варіант 5: 170×13
		$p=6,350$ $\varphi=7^{\circ}7'30''$ $d=155,784$ $l=152,300$	$p=3,175$ $\varphi=1^{\circ}47'24''$ $d=159,280$ $l=98,500$
Формула (10)	0	$\frac{0^{\circ}44'36.09296''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}21'48.73557''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
	$l/2$	$\frac{0^{\circ}39'44.70383''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}21'23.92287''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
	$L$	$\frac{0^{\circ}35'50.53794''}{0^{\circ}0'0.00000''}$	$\frac{0^{\circ}21'0.03351''}{0^{\circ}0'0.00000''}$
Формула (11), [9]	0	$\frac{0^{\circ}44'36.32165''}{0^{\circ}0'0.22869''}$	$\frac{0^{\circ}21'48.76194''}{0^{\circ}0'0.02637''}$
	$l/2$	$\frac{0^{\circ}39'44.86565''}{0^{\circ}0'0.16182''}$	$\frac{0^{\circ}21'23.94776''}{0^{\circ}0'0.0249''}$
	$L$	$\frac{0^{\circ}35'50.65662''}{0^{\circ}0'0.11868''}$	$\frac{0^{\circ}21'0.05704''}{0^{\circ}0'0.02353''}$
Формула (12), [5]	0	$\frac{0^{\circ}44'36.09648''}{0^{\circ}0'0.00352''}$	$\frac{0^{\circ}21'48.7356''}{0^{\circ}0'0.00003''}$
	$l/2$	$\frac{0^{\circ}39'44.70632''}{0^{\circ}0'0.00249''}$	$\frac{0^{\circ}21'23.92289''}{0^{\circ}0'0.00002''}$
	$L$	$\frac{0^{\circ}35'50.53977''}{0^{\circ}0'0.00183''}$	$\frac{0^{\circ}21'0.03353''}{0^{\circ}0'0.00002''}$

Аналіз результатів розрахунків, наведених в таблиці показує, що похибки кутів отриманих за формулами (11), (12) зростають для конічних різьб з більшими кутами нахилу конуса  $\varphi$ .

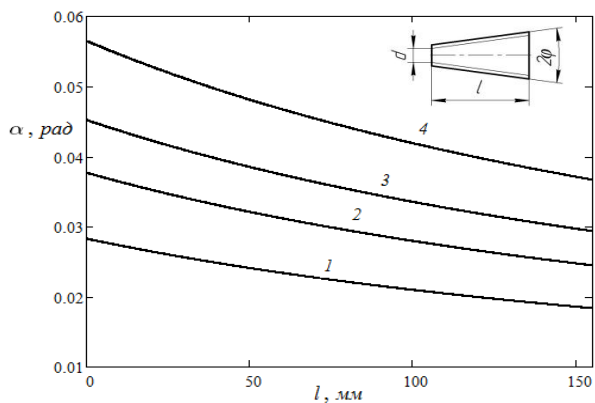
На рис. 3 і рис. 4 представлені залежності зміни кута підйому гвинтової лінії конічних різьб за їх довжиною та для різних кутів нахилу конуса різьби відповідно.





1 – 3–44, 2 – 3–66, 3 – 3–147, 4 – 3–203, 5 – 170×13

Рисунок 3 – Зміна кута підйому гвинтової лінії по довжині для конічних різьб



1 – 1°47'24", 2 – 3°34'35", 3 – 4°45'48", 4 – 7°7'30"

Рисунок 4 – Зміна кута підйому гвинтової лінії по довжині для конічної різьби 3–44 при різних кутах нахилу конуса різьби

Із рис. 3 видно, що за довжиною конічної різьби величина кута підйому гвинтової лінії зменшується для всіх різьб. Слід відзначити суттєве зменшення кута  $\alpha$  для різьб малого діаметру.

Збільшення кута нахилу конуса різьби  $\varphi$  призводить до зростання величини кута підйому гвинтової лінії для конічної різьби (рис. 4). За довжиною конічної різьби кут  $\alpha$  зменшується. Спадання цього кута для конічних різьб з великим кутом нахилу конуса різьби відбувається більш стрімко, ніж для різьб з малим  $\varphi$ .

**Висновки.** Кут підйому гвинтової лінії за довжиною різьби зменшується більш інтенсивно для конічних різьб малих діаметрів, а для різьб більших діаметрів – міняється несуттєво. Збільшення кута нахилу конуса різьби призводить до зростання кута підйому гвинтової лінії конічної різьби.

В подальших дослідженнях планується розробити конструкції інструментів для механічної обробки конічних різьб, а також їх поверхневого пластичного деформування, які забезпечать підвищення точності виготовлення різьб та їх експлуатаційних властивостей.

**Список использованных источников:** 1. *Шербюк, Н. Д.* Резьбовые соединения труб нефтяного сортамента и забойных двигателей / *Н. Д. Шербюк, Н. В. Якубовский*. – М. : Недра, 1974. – 256 с. 2. *Ковалев, М. К.* Нарезание и контроль резьбы бурильных труб и замков / *М. К. Ковалев*. – 2-е изд. – М. : Недра, 1965. – 170 с. 3. *Штамбург, В. Ф.* Бурильные трубы из алюминиевых сплавов / *В. Ф. Штамбург, Г. М. Файн, С. М. Данелянц, А. А. Шейн*. – М. : Недра, 1980. – 240 с. 4. *Копей, Б. В.* Атлас знамів елементів бурильної колони: монографія. Сер. : Нафтове обладнання, т. 4 / *Б. В. Копей, А. В. Сизоненко*. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. – 60 с. 5. *Мандрик, О. М.* Удосконалення методів підвищення експлуатаційних характеристик замкових різьбових з'єднань бурильних колон: Дис. ... канд. техн. наук; 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості / *О. М. Мандрик*; Івано-Франків. держ. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 1997. – 141 с. 6. *Роп'як, Л. Я.* Спосіб зміцнення бурильних труб із алюмінієвих сплавів : патент 103529 С2 Україна : МПК (2013.01) E 21 В 17/00 / *Л. Я. Роп'як, О. В. Рогаль*; власник : Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – № а 201114404; заявл. 05.12.2011; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20. 7. *Онисько, О. Р.* Різець для нарізання зовнішньої трикутної циліндричної різьби : патент на винахід 109077 С2 Україна : МПК (2006.01) B 23 В 27/06 / *О. Р. Онисько, Л. Я. Роп'як, В. Г. Панчук* [заявники і патентовласники]. – № а 201403278; заявл. 31.03.2014; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13. 8. *Нешта, А. А.* Область применения метода обработки внутренней резьбы мерным инструментом / *А. А. Нешта, Д. В. Криворучко* // Вісн. НТУ «ХПІ». Сер. : Технології в машинобудуванні. – 2015. – № 4 (1113). – С. 145-149. 9. *Чернов, Б. А.* Способ упрочнения конической резьбы : а. с. 1750764 СССР : МКИ<sup>5</sup> В 21 В 39/00, В 21 Н 3/04 / *Б. А. Чернов, Б. Ю. Оглабьяк, И. С. Байбюк, В. М. Гринив, Л. Я. Ропяк* [Ивано-Франков. ин-т нефти и газа]. – № 4884894/27; заявл. 26.11.1990; опубл. 30.07.1992, Бюл. № 28. 10. *Чернов, Б. А.* Способ упрочнения конических резьб : а. с. 1722671 СССР : МКИ<sup>5</sup> В 21 Н 3/04. / *Б. А. Чернов, Б. Ю. Оглабьяк, Л. Я. Ропяк, И. С. Байбюк, В. М. Гринив, Я. Б. Чернов* [Ивано-Франков. ин-т нефти и газа]. – № 4757014/27; заявл. 30.08.1990; опубл. 30.03.1992, Бюл. № 12. 11. *Бабей, Ю. И.* Повышение прочности резьбы методом фрикционно-упрочняющей обработки / *Ю. И. Бабей, Т. Т. Любицкий, М. Д. Максимихин* // В кн.: Новое в технологии изготовления резьбовых соединений труб, эксплуатируемых в особо тяжелых условиях. Тез. докл. межотрасл. науч.-техн. семинара. Челябинск, 1978. – С. 12-14. 12. *Чернов, Б. О.* Ультразвуковой инструмент для зміцнення внутрішніх поверхонь : патент 15379 А Україна : МПК В 24 В 1/04 / *Б. О. Чернов*,

О. М. Мандрик, Я. Д. Климишин; власник : Івано-Франків. держ. техн. ун-т нафти і газу. – № 95125422; заявл. 22.12.1995; опубл. 30.06.1997, Бюл. № 3. **13.** Люкшин, В. С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В. С. Люкшин. – М. : Машиностроение, 1968. – 372 с. **14.** Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль, размеры, технические требования : ГОСТ Р 50864-96. Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 11 с. **15.** Трубы бурильные с высаженными концами и муфты к ним : ГОСТ 631-75. Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 31 с. **16.** Трубы бурильные из алюминиевых сплавов. Технические условия : ГОСТ 23786-79. – Введ. 1981-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Shherbjuk, N. D. and N. V. Jakubovskij. *Rez'bovyje soedinenija trub nefijanogo sortamenta i zaboynih dvigatelej*. Moscow: Nedra, 1974. Print. 2. Kovalev, M. K. *Narezanie i kontrol' rez'by buril'nyh trub i zamkov*. 2nd ed. Moscow: Nedra, 1965. Print. 3. *Shtamburg, V. F., et al. Buril'nye trubyy iz aljuminievych splavov*. Moscow: Nedra, 1980. Print. 4. Kopej, B. V. and A. V. Sizonenko. *Atlas zlamiv elementiv buril'noi koloni: monografija*. Ser.: Naftove obladnannja, Vol. 4. Ivano-Frankivsk: Ivano-Frankivsk Nat. Tech. Univ. of Oil and Gas, 2014. Print. 5. Mandrik, O. M. *Udoskonalennja metodiv pidvishhennja ekspluatacijnih charakteristik zamkovih riz'bovih z'ednan' buril'nih kolon: Dys. ... kand. tehn. nauk*. Ivano-Frankivsk, 1997. Print. 6. Rop'jak, L. Ja. and O. V. Rogal'. *Sposib zmicnennja buril'nih trub iz aljuminievych splaviv*. Patent UA No. 103529 C2 Ukraine. IPC, 2013.01.E 21 B 17/00. No. a 201114404. Appl. 05.12.2011. Publish. 25.10.2013. Bull. No. 20. Print. 7. Onis'ko, O. R., L. Ja. Rop'jak and V. G. Panchuk. *Rizec' dlja narizannja zovnishn'oi trikutnoi cilindrichnoi riz'bi: patent na vinahid*. No. 109077 C2 Ukraine. IPC, 2006.01 B 23 B 27/06. No. a 201403278 Appl. 31.03.2014. Publish. 10.07.2015. Bull. No. 13. Print. 8. Neshta, A. A. and D. V. Krivoruchko. "Oblast' primenenija metoda obrabotki vnutrennej rez'by mernym instrumentom". *Visnyk NTU "KhPI"*. No. 4. 2015. 145-149. Print. 9. Chernov, B. A., et al. *Sposob uprochnenija konicheskoi rez'by: a. s. No. 1750764 USSR*. IPC<sup>5</sup> B 21 B 39/00, B 21 H 3/04. No. 4884894/27. Appl. 26.11.1990. Publish. 30.07.1992. Bull. No. 28. Print. 10. Chernov, B. A., et al. *Sposob uprochnenija konicheskoi rez'by: a. s. No. 1722671 USSR*. IPC<sup>5</sup> B 21 H 3/04. No. 4757014/27. Appl. 30.08.1990. Publish. 30.03.1992. Bull. No. 12. Print. 11. Babej, Ju. I., T. T. Ljubickij and M. D. Maksimishin. "Povyshenie prochnosti rez'by metodom frikcionno-uprochnjajushhej obrabotki". *Novoe v tehnologii izgotovlenija rez'bovyh soedinenij trub, jekspluatiruemych v osobo tjazhelyh uslovijah. Tez. dokl. mezhotrasl. nauch.-tehn. seminaru*. Chelyabinsk, 1978. Print. 12. Chernov, B. A., O. M. Mandrik and Ja. D. Klimishin. *Ul'trazvukovij instrument dlja zmicnennja vnutrishnih poverhon': patent No.15379 A Ukraine*. IPC B 24 B 1/04. No. 95125422. Appl. 22.12.1995. Publish. 30.06.1997. Bull. No. 3. Print. 13. Ljukshin, V. S. *Teorija vintovyh poverhnostej v proektirovanii rezhushchih instrumentov*. Moscow: Mashinostroenie, 1968. Print. 14. *Rez'ba konicheskaja zamkovaja dlja jelementov buril'nyh kolonn. Profil', razmery, tehnicheckie trebovanija*. GOST R 50864-96. Moscow: Izd-vo standartov, 1996. Print. 15. *Truby buril'nye s vysazhennymi koncami i mufty k nim*. GOST 631-75. Moscow: Izd-vo standartov, 1996. Print. 16. *Truby buril'nye iz aljuminievych splavov. Tehnicheckie uslovija*. GOST 23786-79. Moscow: Izd-vo standartov, 1979. Print.

*Поступила в редколлегию 15.08.2015*