

УДК 621.9.02

О.Р. ОНИСЬКО

МОДЕЛЮВАННЯ БІЧНОГО ПРОФІЛЮ РІЗАЛЬНОЇ КРОМКИ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗЦІВ ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАМКОВОЇ НАРІЗИ

Виробництво бурильних труб включає технологічний процес виготовлення замкових нарізів на їх кінцях. До вказаних труб пред'явлено широкий діапазон вимог щодо міцності, починаючи із 400 МПа і аж до 1100 МПа. В той сам час сучасні виробники різців для точіння нарізів не застосовують відповідний діапазон геометричних параметрів, серед яких передній кут, що мав би варіюватися у межах від 20° до -10° . Існуючі профілі інструментів виконані тільки для інструментів з нульовими значеннями переднього кута і кута нахилу різальної кромки. Отримано геометричну модель бічного прямолінійного профілю різальної кромки різця для точіння замкової нарізи, який залежить від величини статичного переднього кута у вершинній точці і кута підйому нарізи, яка визначається за координатами двох його крайніх точок.

Ключові слова: замкова нарізь, різець, передній кут, кут підйому нарізи, гіперболічний профіль, профіль різальної кромки, кут нахилу різальної кромки, конічна поверхня.

Производство бурильных труб включает процесс технологический процесс изготовления замковых резьбы на их концах. К указанным трубам предъявлено широкий диапазон требований по прочности, начиная с 400 МПа и вплоть до 1100 МПа. В это же время современные производители резцов для точения резьбы не применяют соответствующий диапазон геометрических параметров, среди которых передний угол, который должен варьироваться в пределах от 20° до -10° . Существующие профили инструментов выполнены только для инструментов с нулевыми значениями переднего угла и угла наклона режущей кромки. Получено геометрическую модель бокового прямолинейного профиля режущей кромки резца для точения замковой резьбы, который зависит от величины статического переднего угла в вершинной точке и угла подъема резьбы, которая определяется по координатам двух его крайних точек.

Ключевые слова: замковая резьба, резец, передний угол, угол подъема резьбы, гиперболический профиль, профиль режущей кромки, угол наклона режущей кромки, коническая поверхность.

Drill pipe production includes manufacturing process of its tool-joint tapered thread. There is a wide range of requirements for strength, ranging from 400 MPa and up to 1100 MPa to these pipes. At the same time, today's manufacturers cutting tools for threading do not apply the appropriate range of geometric parameters, including back rake angle, which requires range from 20° to -10° . Existing instrument profiles are produced only for cutting tool with zero back rake angle and zero side rake angle. Perhaps this situation exists because of the absence of a clear algorithm simulation cutters with the profile. The view of impossibility of the creation of such instruments is prevailing today. We obtained the geometric model of the straight side cutting edge tool profile for tool-joint tapered thread, which depends on the static back rake angle in front vertex point and thread lead angle, defined by the coordinates of its two extreme points.

Keywords: Tool-joint tapered thread, cutter, back rake angle, lead angle, hyperbolic profile, cutting edge profile, side rake angle, tapered surface.

Вступ. Великосерійне виробництво бурильних труб включає в себе технологічний процес виготовлення гвинтової нарізи на її кінцях. Здебільшого вказаний процес на вітчизняних та зарубіжних підприємствах виконується з допомогою одно чи багатониткових різців та різцевих головок. Динаміка розвитку нафтовидобувної галузі диктує виробникам труб нафтогазового сортаменту усе дужчі вимоги до їх міцності. До бурильних труб, які працюють у відносно легких породах вимоги найменші і згідно зі стандартом [1] границя міцності $s_b < 400$ Мпа. Для важких умов буріння пропонують труби міцність яких за $s_b > 1000$ Мпа. У нафтогазовій індустрії застосовують також труби границя міцності яких навіть більша за 1100 Мпа [2]. У той сам час розмаїті умови середовища буріння, особливо похилого спричиняють все зростаючий попит на міцність і точність саме нарізевих поверхонь, тобто замків. Власне стан замкових нарізів активно визначають якість бурової колони. Тож вельми актуальною є проблема ефективності нарізання замків і підвищення їх якості, а значить точності цих гвинтових конічних нарізів.

Мета роботи полягає у отриманні алгоритму моделювання бічного профілю різальної кромки у залежності від геометричних параметрів різця для виготовлення замкової нарізи.

Аналіз останніх досліджень. Найближче до поставленої мети підходить праця [3]. Відповідно до [3] на рисунку 1 проілюстровано схему отримання пе-

рерізу конічної поверхні і площини, яка нахилена до осі конуса під кутом λ .

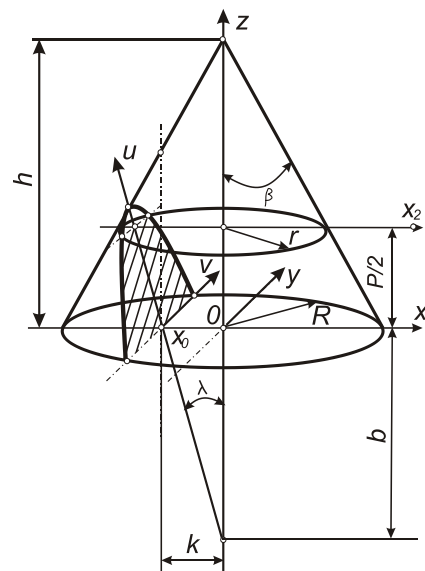


Рис.1 – Схема отримання перерізу конічної поверхні і площини, яка є нахилена до осі конуса на кут λ .

У роботі [3] отримано формулу залежності профілю різальної кромки від геометричних параметрів: переднього кута і кута нахилу різальної кромки та зовнішнього та внутрішнього діаметрів нарізи.

© О.Р. Онисько, 2016

$$v = \sqrt{c \frac{u^2 t^2}{\sqrt{1+t^2}} - \left(k - \frac{u}{\sqrt{1+t^2}}\right)^2}, \quad (1)$$

де $c = \tan \alpha$,

$$t = \tan\left(\lambda + \frac{\pi}{2}\right),$$

$$k = r \sin \gamma,$$

Слід уточнити, що α – це кут профілю нарізі.

Згідно із [4] $\alpha = 60^\circ$ (див. рис.2). Кут λ це величина повороту різня навколо осі, що проходить через його вершину і є перпендикулярною до осі нарізі. По суті це кут підйому нарізі. Кут γ – це величина статичного переднього кута у вершині різальної кромки. Параметр r – це по суті свій параметр r_{min} котрий побудовано на рисунку 2.

У працях [5,6] доведено, що теоретичний гіперболічний профіль різальної кромки технологічно доцільно замінити на прямолінійний. По суті це доводить, що криву CD на рисунку 4 доцільно підмінити на відрізок CD.

У роботі [7] йдеться про рекомендації щодо величин передніх кутів для виготовлення нарізей в деталях з різних за міцністю матеріалів. Автор вказує на діапазон величин переднього кута від $\gamma = 20^\circ$ для сталей з $\sigma_b < 400 \text{ Мпа}$ до $\gamma = 0^\circ$ для сталей із міцністю до 1177 Мпа. Окрім того у роботі [7] вказуються величини передніх кутів, що сягають відємних значень $\gamma = -10^\circ$ для обробки нарізей у деталях із міцністю понад 1765 Мпа. Останні відносяться до групи VIII важкообробних сталей [8]. Такі сталі застосовують для виготовлення важконавантажених деталей, а тому вони у найближчій перспективі можливо постануть у ролі матеріалів для нафтогазового сортаменту труб. Сучасні виробники нарізевих інструментів (у тому числі різців для виготовлення нарізей) не виготовляють інструменти у яких передній кут відмінний від 0 [9]. Менше того, профіль різальних кромки провідних виробників функціонально не залежить від кута підйому нарізі, яка як відомо у трубах нафтогазового сортаменту коливається у широких межах від 0° до 5° .

Постановка проблеми. На основі математичних залежностей слід побудувати модель бічного профілю різальної кромки різця, що призначений для виготовлення стандартних замкових гвинтових нарізей, яка є функціонально залежною від величини статичного переднього кута у вершині, а також від кута підйому нарізі.

Отримання заданого профілю трикутної різьби. Бічний профіль замкової нарізі за [9] є прямолінійним відрізком спряженим з заданими радіусними профілями у впадинах і вершинах. На рисунку 1 показано ламану лінію DAB, що є вихідним трикутником нарізі згідно із [9].

Згідно зі стандартом [9] профіль є асиметричним відносно осі AG. Кут профілю становить 60° . Інші параметри, які показано на рисунку 1 представлені у таблиці 1. У таблиці також подані їх значення при умові що форма профілю – I.

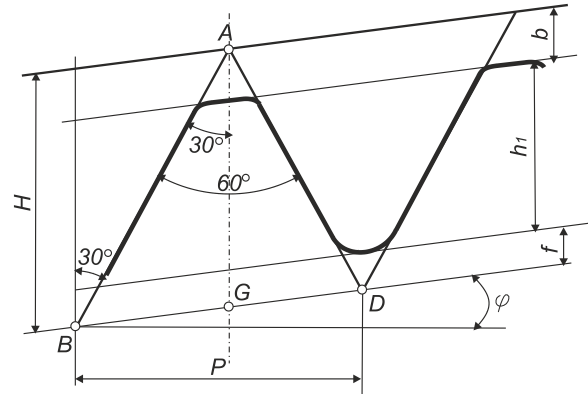


Рис. 2 – Схема профілю замкової нарізі згідно із стандартом ГОСТ 28487-90

Таблиця 1. Параметри замкової нарізі за стандартом ГОСТ 28487-90

Назва параметру	Значення параметру
Крок нарізі P	5,08 мм
Висота вихідного профілю H	4,376 мм
Висота профілю h1	2,993 мм
Кут нахилу нарізі φ	7° 7'30"
Зріз вершини, b	0,875 мм
Зріз впадини, f	0,508 мм

Побудова графічної моделі профілю різальної кромки у площині передньої поверхні, що нахилена під переднім кутом і кутом λ, який відповідає куту підйому нарізі. На рисунку 3 проілюстровано вище згадану схему замкової нарізі із прив'язкою до системи координат XYZ. Вісь Z співпадає з віссю нарізі. Профіль нарізі спроектований у площині ZOХ. Координати точок вихідного трикутника D, A, B, по осі Z визначаються відповідно: 0, 0,5P, По осі X Ці координати величинами r_{min} для точки A і r_{max} для точок B, D.

При умові, якщо мова йде про зовнішню нарізь, то зазначені величини можна визначити за формулами:

$$r_{min} = \frac{d_3(1 + 2l \tan(\varphi))}{2} - h_1 - b, \quad (2)$$

$$r_{max} = \frac{d_3(1 + 2l \tan(\varphi))}{2} + f, \quad (3)$$

Де

d_3 – діаметр меншої основи конуса;

l – відстань від торця конуса до певного витка нарізі.

На рисунку 4 зображено комплексне креслення конічної поверхні з основами $2r_{min}$ і $2r_{max}$ та висотою P/2. Конус перерізаний площиною NCDO1, що є перпендикулярною до площини проєкцій p_1 і нахилена до осі Z під кутом λ. Параметр k визначається, як вказано після формули 1, тільки замість величини r тут слід застосувати r_{min} .

Отже по суті ми маємо геометричну побудову перетину конуса і передньої плоскої поверхні із загальним розміщенням (тобто із ненульовими значеннями переднього кута і кута нахилу різальної кромки різця).

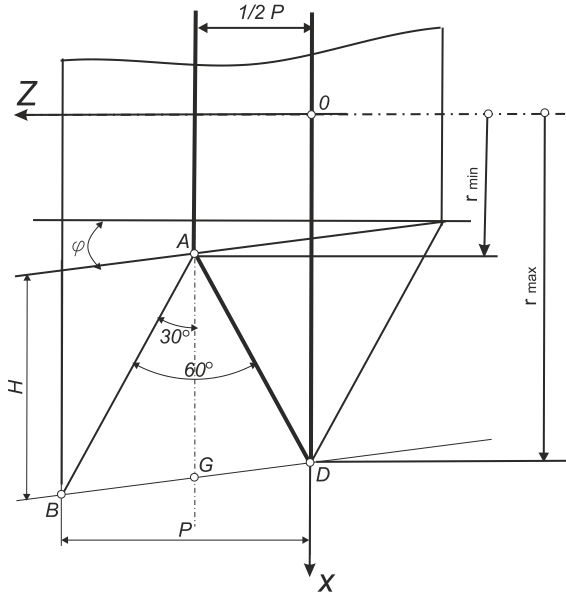


Рис. 3 – Схема профілю замкової нарізі у координатній площині ZOХ

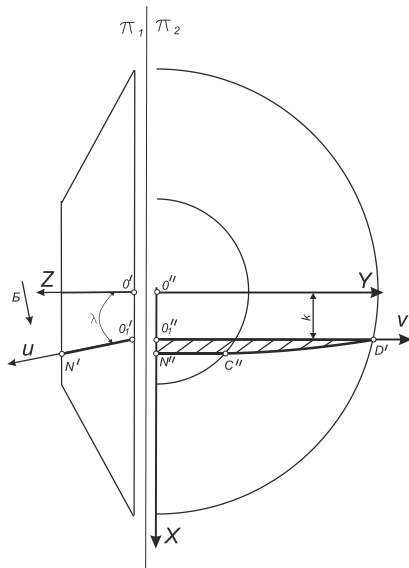


Рис. 4 – Комплексне креслення перерізу конічної поверхні площиною передньої поверхні різця

Оскільки теоретична гвинтова поверхня є поверхнею обертання і рівномірного переміщення конічної поверхні уздовж своєї осі то лінія CD на рисунку 5 є профілем цього перетину, тобто профілем різальної кромки різця у площині його передньої поверхні

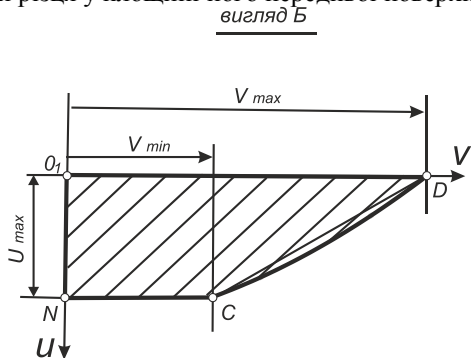


Рис. 5 – Бічний профіль різальної кромки різця для виконання нарізі

Оскільки вказаний профіль побудований у площині UV то аналітичний вигляд профілю заданий формулою 1. Лінія CD має гіперболічний вигляд, але оскільки роботами [5,6] доведено, що стріла опуклості цієї лінії щодо прямої яка проходить через її крайні точки сягає величини не більшої ніж 3мкм то технологічно доцільно замість неї за різальну кромку приймати відрізок CD.

Згідно із [3] та рисунком 3 для розрахунку вказаних на рисунку 4 координат застосуємо такі формули:

$$v_{max} = \sqrt{r_{max}^2 - r_{min}^2}, \quad (4)$$

$$v_{min} = \sqrt{r_{min}^2 - \left(k + \frac{P}{2} \tan \lambda\right)^2}, \quad (5)$$

$$u_{max} = \frac{P}{2 \cos \lambda}, \quad (6)$$

де

$$k = r_{min} \sin \gamma$$

Визначення профільного кута різальної кромки даного інструмента можна отримати за формулою:

$$\alpha_1 = 2 \arctan \left(\frac{u_{max}}{v_{max} - v_{min}} \right), \quad (7)$$

За формалами 2-7 можна вести профілювання неповно профільного різця для виготовлення вказаних конічних нарізей.

Висновки.

1. Бічний прямолінійний профіль різальної кромки різця для точіння замкової нарізі, який залежить від величини статичного переднього кута у вершинній точці і кута підйому нарізі визначається за двома його крайніми точками за отриманими математичними виразами 2,3,4,5,6.

2. Профіль різальної кромки неповнопрофільного різця із ненульовими значеннями переднього кута і кута нахилу різальної кромки можна виконати за формулами 7 і 2,3,4,5,6.

3. Геометрична модель бічного профілю вказаної різальної кромки уможливує її використання для створення завершеного профілю одно чи багато ниткового повнопрофільного різця для виготовлення усіх типорозмірів замкових нарізей з диференціальним підходом щодо величини передніх кутів.

У подальших дослідженнях, варто зосередитися на створенні програмного застосунку для автоматизованого розрахунку профілю різальної кромки вказаних різців.

Список літератури

1. ИСО 11961: 2008 Трубы стальные бурильные для нефтяной и газовой промышленности. Технические условия М.: Стандартинформ, 2010. — 164 с.
2. Онисько О.Р. Причины відмови від існуючої методики знаходження профілю різьбового токарного різця для виготовлення великорозмірних труб нафтогазового сортаменту [Текст]/О.Р.Онисько, Н.Р.Бажалук, П.В.Дякун//Прикарпатський вісник НТШ.–2015.– №1(29).–С.183–192.
3. Онисько О.Р. Визначення профілю різальної частини різця з подвійним нахилом передньої поверхні для формування трикут-

- ної різьби труб нафтогазового сортаменту. [Текст] / О. Р. Онисько, В.І.Патра, Б.Я.Прибуш // Нафтогазова енергетика.— 2015.— 2(24).—С. 77–81
4. ГОСТ 28487-90. Межгосударственный стандарт. Резьба коническая замковая для элементов буровых колонн. Профиль. Размеры. Допуски (с Изменением N 1 [Текст]. Утвержден и внесен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 05.06.80 № 2578. М.: «Стандартинформ», 2010. — 75с.
5. 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 «ХП».—2015.— №4 (1113), С.31–36.
6. 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.
7. Фомин Е. В. Повышение стойкости и точности резьбовых резцов на основе моделирования процесса резбонарезания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 Фомин Евгений Владимирович – М., 2007. – 206 с. – Библиогр.: с. 194–202.
8. Глембоцька, Л.Є. Проблеми обробки важкооброблюваних матеріалів. Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки; Т.1/(Житомир 14 травня 2014р.) . – Ж. : ЖНТУ , 2015. – С. 9.

Bibliography (transliterated)

- ISO 11961: 2008 Truby stal'nyye buryl'nye dlya neftyanoy u hazovoy promyshlennosti. Tekhnicheskyye usloviya [Petroleum and natural gas industries -- Steel drill pipe. Specifications]. Moscow. Standartynform Publ., 2010. 164 p.
- Onys'ko O.R., Bazhaluk N.R., Dyakun P.V. Prychyny vidmovy vid isnyuuchoyi metodyky znakhodzhennya profilu riz'bovoho to-karnoho riztsya dlya vyhotovlennya velykorozmirnykh trub nafto-hazovoho sortamentu [The reasons for rejection of the existing methods of the threaded profile turning tools for making large-scale oil and gas pipe assortment]. Prykarpat's'kyu visnyk NTSh., Publ., 2015, no. 1(29), pp.183–192.
- Onys'ko O.R., Patra V.I., V.Ya. Prybush. Vyznachennya profilu ryzal'noyi chastyny riztsya z podviynym nakhyлом peredn'oyi pov-erkhni dlya formuvannya trykutnoyi riz'by trub naftohazovoho sortamentu. [Determining the profile of the cutting tool with

- dual tilt the front surface to form a triangular thread of the oil and gas pipes assortment]. Naftohazova enerhetyka.Publ., 2015., no. 2(24). pp. 77–81.
4. GOST 28487-90. Mezhhosudarstvennyy standart. Rez'ba kony-cheskaya zamkovaya dlya elementov buryl'nykh kolonn. Profyl'. Razmery. Dopusky (s Yzmeneniyem N 1 [Interstate standards. Conical thread lock for drill string elements. Profile. Dimensions. Tolerances]. Moscow. Standartynform Publ., 2010. 75p.
5. Onys'ko O.R., Protsak P. M. Porivnyal'nyy analiz hrafichnykh modeley bichnykh profiliv trykutnoyi riz'by: zadanoho standartom i otrymanoho za dopomohoyu riztsya z nenul'ovym znachennyam peredn'oho kuta.[Comparative analysis of graphical models side triangular thread profiles: standard and set obtained using a cutter with a non-zero value of the front corner]. Visnyk NTU «KhPI», Publ., 2015., no. 4 (1113), pp. 31–36.
6. Onys'ko O. R., Zubyk O.V. Prohramna realizatsiya vyznachennya velychyny opuklosti hiperbolichnoho profilu riz'bovoho riztsya z nenul'ovym znachennyam peredn'oho kuta. [Software implementation of the determination of the hyperbolic convexity profile threaded cutter with a non-zero value front angle]. Naukovi notatky/Mizhvuziv's'kyy zbirnyk., Publ., 2015., no. 48, pp.159–166.
7. Fomyn E. V. Povyshenye stoykosti y tochnosti rez'bovykh reztsov na osnove modelirovaniya protsessa rez'bonarezaniya [Increased durability and precision thread cutting tools based on simulation threading process]. Candidate eng. sci. diss. (Ph. D.)). Moscow, 2007. 206 p.
8. Hlembots'ka, L.Ye. Problemy obrobky vazhkoobroblyuvanykh materialiv. Tezy Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi on-line konferentsiyi aspirantiv, molodykh uchenykh ta studentiv, prysvyachenoyi Dnyu nauky. [Problems of the hard processed material processing. Abstract of the All-Ukrainian scientific-practical conference on-line graduate students, young scientists and students, dedicated to the Science Day.(14 May 2014)]. Zhytomyr ZhNTU Publ. 2014, p. 9.
9. Ultra-rigid thread turning for all types of threads – internal and external. Sandvik Coromant. Site. – Available at: http://www.sandvik.coromant.com/engb/products/corothread_266/Pages/default.aspx. (accessed: 15.05.2015)

Поступила (received) 12.10.16

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Моделювання бічного профілю різальної кромки у залежності від геометричних параметрів різців призначених для виготовлення замкової нарізі / О. Р. Онисько // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – № 33 (1205). – С. 50–53. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2079–004X.

Моделирование бокового профиля режущей кромки в зависимости от геометрических параметров резцов предназначенных для изготовления замковой резьбы. / О. Р. Онисько // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології у машинобудуванні. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – № 33 (1205). – С. 50–53. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2079–004X.

Modeling of the cutting edge side profile depending on the geometrical parameters of cutting tools for the manufacturing of tool-joint tapered thread. in machines / O. R. Onysko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Techniques in a machine industry. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 33 (1205). – P.50–53. – Bibliogr.: 9. – ISSN 2079–004X.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Онисько Олег Романович – канд. тех. наук, ІФНТУНГ, доцент кафедри компютеризованого машинобудівного виробництва, м.Івано-Франківськ; тел.: 0954885401, e-mail: onysko.oleg@gmail.com

Онисько Олег Романович – канд. тех. наук, ІФНТУНГ, доцент кафедри компютеризованого машиностроительного производства, г. Івано-Франковск; тел. 0954885401, e-mail: onysko.oleg@gmail.com

Onysko Oleh Romanovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Associate Professor at the Department of computerized machine manufacture; tel.: 0954885401, e-mail: onysko.oleg@gmail.com.