

# БУРІННЯ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

УДК 622. 245

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗЬБ ОБСАДНИХ ТРУБ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОФІЛЮ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ РІЗЬБОНАРИЗНИХ ІНСТРУМЕНТІВ У СЕРЕДОВИЩІ СИСТЕМИ ПРОГРАМУВАННЯ “ДЕЛФІ”

О.Р.Онисько, Л.О.Борушак, В.Б.Копей

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 41166  
e-mail: public@nung.edu.ua

*Процес нарізання різьб на обсадних трубах повинен забезпечувати відповідну точність власне різьби і бути достатньо продуктивним задля економічної його доцільності. Ці два аспекти значною мірою залежать від різьбонарізних інструментів, зокрема різьбових різців. Точність різьби функціонально залежить від профілю різальної кромки різця, а сам профіль – від значень геометричних параметрів як самої різьби, так і інструмента. Розрахунок профілю пропонується проводити в середовищі спеціально розробленої прикладної програми, побудованої на основі новоствореного класу на алгоритмічній мові Дельфі.*

*Процесс нарезания резьб на обсадных трубах должен обеспечивать соответствующую точность непосредственно резьбы и быть при этом производительным для экономической его целесообразности. Эти два аспекта в большой степени зависят от резьбонарезных инструментов, в частности резьбовых резцов. Точность резьбы функционально зависит от профиля режущей кромки резца, а сам профиль – от значений геометрических параметров как самой резьбы, так и инструмента. Рассчитывать профиль предлагается в среде специально разработанного на базе новосозданного класса приложения на алгоритмическом языке Дельфи.*

*There are two necessary aspects of the pipe's thread-cutting process: precision of thread and productivity of the process. That ones are depends from thread cutting instruments at whole and from thread chisel specifically. Precision of the thread is functionally depends from cutting part profile of the chisel that depends from thread geometrical parameters end chisel ones. Specially developed from Delphi system application include self\_created new class, that help to calculate cutting part profile of the tread chisel.*

**Актуальність проблеми.** Ефективність процесів буріння та освоєння нафтових і газових свердловин залежить від багатьох чинників. Важливе місце серед них посідає якість виготовлення різьбових з'єднань бурових колон та обсадних труб.

Зазвичай з'єднання замків бурових труб чи обсадних колон виконують з пружним натягом, мета якого – забезпечення механічної міцності та герметичності. Величина натягу в загвинчуваній парі „труба – муфта” від довжини труби, як правило, не залежить і є функцією випадкових поєднань технологічних похибок у процесі виготовлення геометричних параметрів різьби і з'єднання загалом.

**Огляд досліджень і публікацій.** До перебігу причин, що викликають появу від'ємного натягу у з'єднанні, входять похибки кута про-

філю та самого профілю нарізаної різьби. Згвинчування різьбових з'єднань з від'ємним натягом часто супроводжується порушенням герметичності та „заїданнями” різьби, через що такі з'єднання відбраковують на буровій у процесі згвинчування труб в колону [1].

Для з'єднання труб нафтового сортаменту використовують декілька основних різновидів профілів різьб – трикутні, трапецієподібні, прямокутні. Похибки, що виникають в процесі нарізання різьб, зумовлюють небажаний характер розподілу радіальних, поздовжніх та осьових напружень і, відповідно, деформацій у з'єднаннях [2]. Це явище, у свою чергу, викликає суттєве зниження зносостійкості та підвищує ймовірність руйнування елементів з'єднань.

Технологічно вказані різьби виконують шляхом нарізання профільними різцями, а де-

коли – з подальшим відкочуванням роликми [3]. Вплив похибок таких елементів різьби, як крок, кут профілю та конусність на практиці, зазвичай, усувають діаметральною компенсацією її розміру, що, відповідно, призводить до вказаних негативних явищ.

Різці для оброблення різьбових поверхонь виконують із твердосплавними напаяними пластинками. Геометрія різальної частини різця передбачає отримання однакових значень бокових, задніх і передніх кутів та нульового кута  $\lambda$ . Для отримання потрібного профілю інструмент заточують на спеціальному пристрої, що формує кути різця в плані [4]. Проте таких заходів недостатньо для компенсації похибок профілю, що виникають за рахунок значних кутів підйому різьби, особливо замкової.

**Постановка завдання.** На нашу думку, необхідно значну увагу приділити правильному конструюванню різьбового інструмента, зокрема розрахунку геометричних параметрів та розробці конструкторської документації. На сучасному рівні розвитку нафтогазового машинобудування це є можливим шляхом застосування комп'ютерних технологій.

Виконати поставлене завдання з мінімальними затратами часу і залученням якнайменшої кількості виконавців можна, застосовуючи програмування в середовищі "Делфі" та тривимірне моделювання інструментів з отриманими параметрами за допомогою редактора "Autocad" для виготовлення конструкторської документації.

**Виклад матеріалу дослідження.** Різьбовий різець як такий, чи у складі різьбової різцевої головки повинен забезпечити високопродуктивне нарізання високоточної різьби. Для забезпечення продуктивності слід застосовувати саме ті геометричні параметри, що відповідають матеріалу заготовки і власне різця. Серед цих параметрів істотною роль відіграє передній статичний кут  $\gamma$ . Це, в свою чергу, викликає проблему корекції профілю різальної кромки різьбового різця. З рисунка 1 видно, що точка С профілю різьби, виконуватиметься точкою К на різальній кромці.

Очевидним є те, що точка С буде оброблена після точки А та інших точок, розміщених між ними. Внаслідок застосування руху подавання точка С за час, поки дійде до точки К, повернеться на кут  $\tau$  навколо осі деталі. За цей час різець переміститься вздовж осі деталі на відстань  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{P\tau}{360} \text{ (град),}$$

де  $P$  – крок різьби.

Оскільки С є довільною точкою профілю різьби, то і переміщення точок різальної кромки різця, кожна з яких формуватиме свою конкретну точку різьби з своїми значеннями  $t$ , теж різнитиметься. Отже, профіль різьби спотвориться, якщо профіль різця і різьби будуть ідентичними, і не спотвориться, якщо його відкоригувати. Точність коригування залежатиме від

кількості точок, які підлягатимуть перерахунку. Найпростішою і найменш точною буде корекція тільки двох точок, що лежать на зовнішньому діаметрі різьби. В такому разі профіль відкоригованої різьби матиме прямолінійний вигляд з відповідними кутами нахилу різальних кромки. Як видно з рисунка 2, ліва кромка зміститься до середини різця на кут  $\text{left\_angle}$ , права – на зовні різця на кут  $\text{right\_angle}$ .

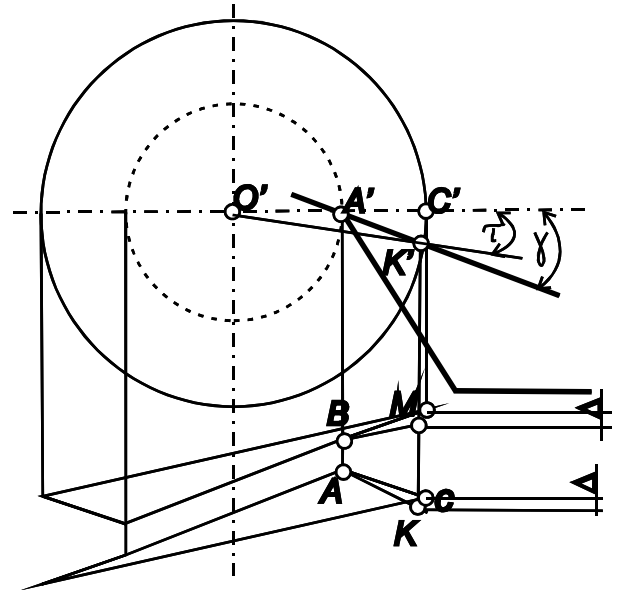


Рисунок 1 – Схема визначення різальної кромки різця

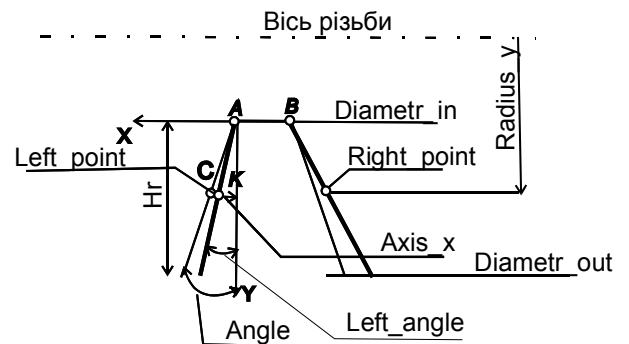


Рисунок 2 – Схема корекції профілю різьбового різця

Задля високопродуктивного розрахунку відкоригованого профілю різьби з різними параметрами і змінними значеннями переднього статичного кута пропонуємо програмний продукт, створений на основі системи програмування Дельфі. Новостворений модуль **Thread\_unit** містить в собі клас:

`TThread_profil=class(TKlyn) .`

Як бачимо, клас опирається на вже створений клас – `Tklyn` (визначає будь-який різальний клин). Від останнього новостворений клас успадкував методи загального класу `Tobject` і власну властивість – `property Gama` – тобто передній статичний кут як величину дійсного типу. У класі задекларовано такі власні властивості і методи їх опрацювання (рис. 3):

```

property bi:real read Fb write Setb; {b-ширина внутрішнього витка трапецевидної різьби (від-
стань між лівою A. і правою B. вершинами)}
property Point_list:TStringList read FPoint_list write SetPoint_list;
property Hr:real read FHr write SetHr; {висота профілю різьби}
property angle:real read Fangle write Setangle; {кут профілю різьби}
property dyametr_in :real read Fdyametr_in write Setdyametr_in; {внутрішній діаметр різьби}
property dyametr_out:real read Fdyametr_out write Setdyametr_out; {зовнішній діаметр різьби}
property radius_Y:real read Fradius_Y write Setradius_Y; {відстань від осі різьби до  шуканої
точки X на профілі різьби (координата Y точки X)}
function axis_X:real; {відстань від лівої вершини різця вздовж осі різьби до шуканої точки X на
профілі різьби}
property krok:real read Fkrok write Setkrok; {крок різьби}
function left_point: real; {координата X (вздовж осі) шуканої точки лівої різальної кромки}
function right_point: real; {координата X (вздовж осі) шуканої точки  правої різальної кромки}
function H_point: real; {координата Y (перпендикуляр до осі різьби) шуканої точки лівої і пра-
вої кромки}
function left_angle:real; {кут профілю лівої бокової різальної кромки}
function right_angle:real; {кут профілю правої бокової різальної кромки}
function HR_point: real; {координата Y (перпендикулярно до осі різьби) проєкції на основну
площину шуканої точки лівої і правої кромки}
procedure Curve_profile(h:real;n:integer); {масив точок криволінійного профілю різальної кромки}
procedure SETAll(be,angl,d_in,d_out,kroc:Real);

```

**Рисунок 3**

```

Function TThread_profil.axis_X:real; {відстань від лівої вершини різця вздовж осі різьби до
шуканої точки X на профілю різьби}
begin
Result:=(Radius_y-Dyametr_in/2)*sin(angle)/cos(angle);
end;

```

**Рисунок 4**

```

function TThread_profil.left_point: real;
{координата X (вздовж осі) шуканої точки  лівої різальної кромки}
var d,b,t:real;
begin
b:=(dyametr_in/(2*radius_y))*(sin(gama));
t:=gama-arctan(b/(sqrt(1-(sq(b))))); {кут повороту шуканої точки профілю різальної кромки
навколо осі різьби}
d:=(krok/(2*pi))*t; {осьове зміщення шуканої точки профілю різальної кромки за час пово-
роту t}
Result:=axis_X-d;
end;

```

**Рисунок 5**

```

function TThread_profil.right_angle:real;
{кут профіля правої бокової різальної кромки в передній площині}
var b,t,h:real;
begin
b:=(dyametr_in/dyametr_out)*(sin(gama));
t:=gama - arctan(b/(sqrt(1-(sq(b))))); {кут повороту найвіддаленішої точки профілю різальної
кромки навколо осі різьби}
h:=dyametr_out*(sin(t))/(2*sin(gama)); {відстань від осі різьби до найвіддаленішої точки профілю
різальної кромки в передній площині}
result:= arctan((Hr*(sin(angle))/(cos(angle))+(krok*t)/(2*pi))/h);
end;

```

**Рисунок 6**

Для визначення координат точок різьби застосовується в функція axis\_x і властивість Radius\_Y. Функція axis\_x описана в такий спосіб (рис. 4).

Для визначення координати Left\_point, яка враховує корекцію кожної точки лівої різальної

кромки різьбового різця, створено відповідну функцію (рис. 5).

Аналогічною є функція, результатом якої є координата точок правої різальної кромки. Різниця функцій в останньому рядку. Замість знака „мінус” – знак „плюс”.

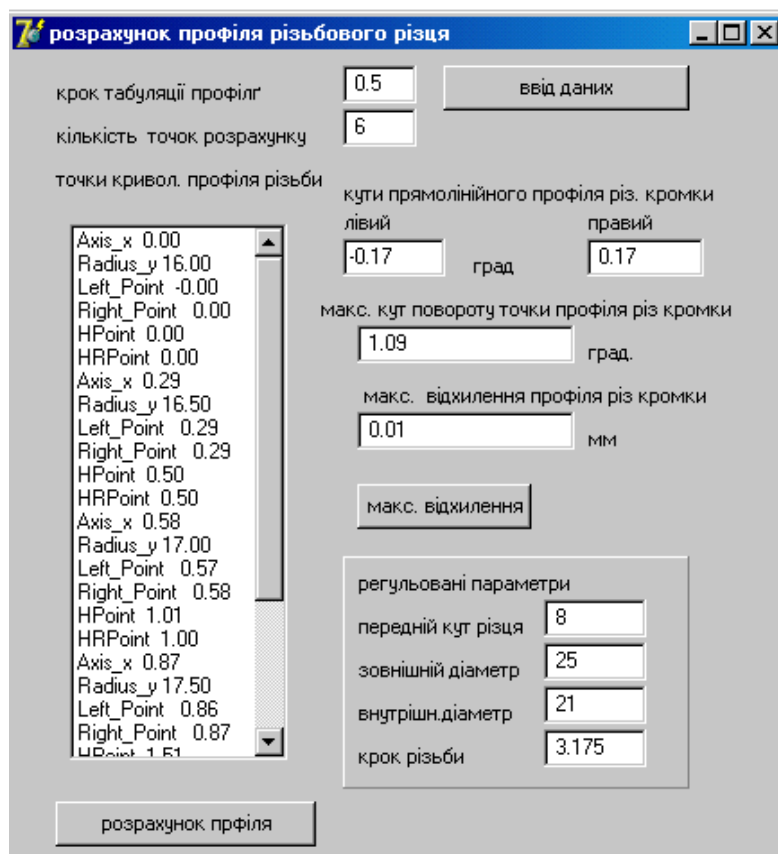


Рисунок 7 – Загальний вигляд інтерфейсу прикладної програми

Для спрощеного профілювання різальної кромки запропоновано функцію визначення відкоригованого кута (рис. 6).

Запис результатів розрахунку з наступною їх ефективною візуалізацією результатів можна здійснити за допомогою властивості Point list і процедури Curve\_profile(h: real; n: integer). У цій процедурі першим є параметр, що відповідає значенню кроку табуляції, другим – кількості точок, що призначені для профілювання різальної кромки.

Створений клас уможливіє ефективне його застосування для побудови спеціалізованих прикладних програм. Як ілюстрація на рисунку 7 представлена програма: “Розрахунок профілю різбового різця”.

Як видно з інтерфейсу прикладної програми, спрощений підхід у профілюванні вимагає “мінусову” корекцію на  $0,17^\circ$  лівої і лівої різальної кромки і відповідної їй “плюсової” – для правої. Щодо більш точного коригування, як видно максимальне відхилення від профілю різьби сягнуло  $0,01$  мм. Повна інформація про точки (6 точок) представлена у вікні з прокруткою. Вказані відхилення є менші, ніж це вимагається стандартом ГОСТ 632-80, яким регламентується допуск на профільний кут різьби –  $1^\circ 15'$ . Але, виходячи із проблем, якими переїмаються інженери і науковці щодо ущільнень і герметизації різбових з’єднань, то варто застосувати такий автоматизований розрахунок профілю різальної кромки високопродуктивних різбових різців і різцевих головок.

**Висновок.** Застосування прикладних програм середовища “Делфі” дасть змогу значно зменшити нещільність різбових з’єднань, а, отже, і покращити герметичність різбових з’єднань в обсадних колонах нафтових і газових свердловин за одночасного підвищення терміну строку їх експлуатації і продуктивності згвинчування за рахунок підвищення точності профілю різьб.

### Література

- 1 Мочернюк Д.Ю. Исследование и расчет резьбовых соединений труб, применяемых в нефтедобывающей промышленности [Текст] / Д.Ю. Мочернюк. – М. : Недра, 1970. – 137 с.
- 2 Билык С.Ф. Герметичность и прочность конических резобовых соединений труб нефтяного сортамента [Текст] / С.Ф.Билык. – М.: Недра, 1981. – 237 с.
- 3 Ковалев С.Ф. Герметичность и прочность конических резобовых соединений труб нефтяного сортамента [Текст] / С.Ф. Ковалев. – М. : Недра, 1965. – 170 с.
- 4 Родин П.Р. Металлорежущие инструменты [Текст] : [учебник для студентов машиностроительных вузов] / П.Р. Родин. – К.: Вища школа, 1986. – 456 с.

Стаття поступила в редакційну колегію

11.03.09

Рекомендована до друку професором  
Я. С. Коцкуlichem