

ГЕОМЕТРИЧНА СУТЬ І АНАЛІТИЧНИЙ ОПИС АЛГОРИТМІВ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАМЕТРАЛЬНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБКИ КРОКУ КОНІЧНИХ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

В.Я.Василишин

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 505062,
e-mail: public@nung.edu.ua*

Запропоновано графоаналітичний підхід до визначення діаметральної компенсації похибки кроку конічних різьбових з'єднань. Розглядаються різьби із несиметричним і симетричним профілями.

Ключові слова: діаметральна компенсація, крок, конусність, різьби з несиметричним профілем, різьби із симетричним профілем.

Предложен графоаналитический подход к определению диаметальной компенсации погрешности шага конических резьбовых соединений. Рассматриваются резьбы с несимметричным и симметричным профилями.

Ключевые слова: диаметральная компенсация, шаг, конусность, резьбы из несимметричным профилем, резьбы из симметричным профилем.

The grafoanalitichiy going is offered near determination of diametral indemnification of error of step of conical screw-thread connection, screw-thread are examined with an asymmetrical and simetrie type.

Keywords: diametral indemnification, step, conical, a screw-thread is with an asymmetrical type, a screw-thread is with a simetric type.

Для буріння і експлуатації нафтових і газових свердловин використовуються бурильні, обсадні та насосно-компресорні колони, складені з окремих труб, що з'єднані між собою за допомогою конічних різьбових з'єднань.

Оскільки конічні різьби, що застосовуються в нафтовій промисловості, використовуються для з'єднань деталей колони, габарити якої обмежені за зовнішнім і внутрішнім діаметрами, то в процесі вибору основних параметрів різьби здебільшого виходять з обмеженої товщини стінки деталі.

Конічні різьби розрізняються за характером посадки вздовж профілю різьби.

Найбільш поширені конічні різьби з кутом 60° , посадкою вздовж бічних сторін профілю і зазорами по зовнішньому і внутрішньому діаметрах різьби. До них відносяться різьби стандартних обсадних, бурильних і насосно-компресорних труб, а також замкові різьби [1].

Залежно від співвідношення номінальних кутів нахилу обох бічних сторін профілю розрізняють:

– різьби з несиметричним профілем, для яких $\beta \neq \gamma$ (буквою γ позначено менший кут нахилу бічної сторони) (рис. 1,а);

– різьби з симетричним профілем, для яких

$$\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2} \text{ (рис. 1,б).}$$

Кути нахилу профілю β і γ – кути між бічними сторонами профілю і перпендикуляром до осі різьби (рис. 1,а). Сума кутів нахилу обох бічних сторін різьби дорівнює куту профілю різьби: $\beta + \gamma = \alpha$.

Висоту вихідного трикутника різьби $H = EF$ – відстань між вершиною і основою

вихідного трикутника різьби в напрямі, перпендикулярному до осі різьби, – знаходимо так (рис. 1, а):

а) крок різьби $P = AB$ – відстань вздовж лінії, паралельної осі різьби між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю різьби, що лежать в одній осьовій площині з одного боку від осі різьби;

$$\text{б) } AC = \frac{AB}{\cos \varphi}, \text{ де кут нахилу } \varphi \text{ – кут між}$$

твірною конуса і віссю різьби;

$$\text{в) } CF = \frac{AC \cos(\beta + \varphi)}{\sin(\beta + \gamma)} = \frac{P \cos(\beta + \varphi)}{\cos \varphi \sin(\beta + \gamma)};$$

$$AF = \frac{AC \cos(\gamma - \varphi)}{\sin(\beta + \gamma)} = \frac{P \cos(\gamma - \varphi)}{\cos \varphi \sin(\beta + \gamma)};$$

$$EF = \frac{CF \cdot \cos(\gamma - \varphi)}{\cos \varphi};$$

$$\text{г) } H = P \frac{\cos(\beta + \varphi) \cos(\gamma - \varphi)}{\sin(\beta + \gamma) \cos^2 \varphi}.$$

Для різьби з симетричним профілем

$$\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2}$$

$$H = \frac{P \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{\cos^2 \varphi \sin(\beta + \gamma)}.$$

Кут відхилення прямої, на якій знаходиться центр O радіуса заокруглення різьби, від вертикалі $\lambda = \frac{\beta - \gamma}{2}$, якщо $\beta > \gamma$ (рис. 1,а).

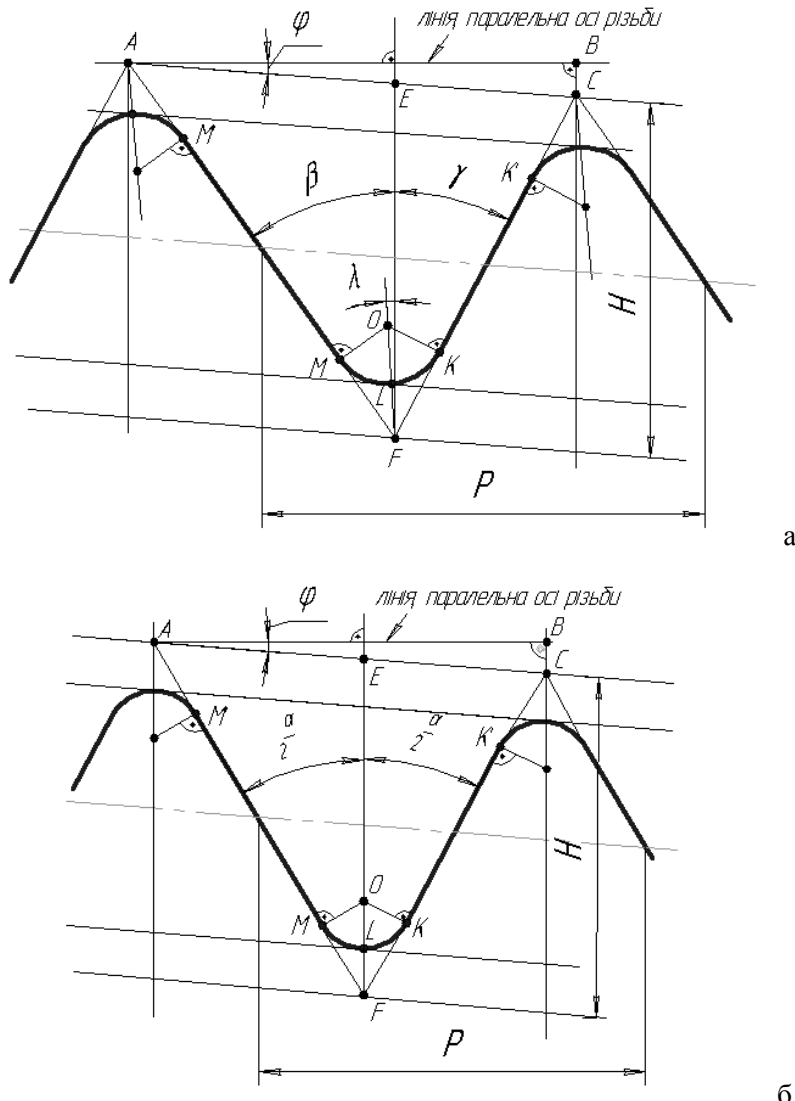


Рисунок 1 – Конічна різьба з несиметричним (а) і симетричним (б) профілями

Довжина довшої сторони прямолінійної ділянки профілю, що належить гвинтовій поверхні:

$$MM' = AF - MF - AM' = \frac{H \cdot \cos \varphi}{\cos(\beta - \varphi)} - \frac{2R}{\operatorname{tg}(\beta - \lambda)} = \frac{P \cos(\gamma - \varphi)}{\cos \varphi \sin(\beta + \gamma)} - \frac{2R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta + \gamma}{2}\right)}$$

Довжина коротшої сторони прямолінійної ділянки профілю, що належить гвинтовій поверхні:

$$KK' = CF - FK - CK' = \frac{P \cdot \cos(\beta + \varphi)}{\cos \varphi \sin(\beta + \gamma)} - \frac{2R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta + \gamma}{2}\right)}$$

Для різьби з симетричним профілем

$$\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2} \text{ (рис. 1, б)}$$

$$MM' = \frac{P \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{\cos \varphi \sin \alpha} - \frac{2R}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}};$$

$$KK' = \frac{P \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{\cos \varphi \sin \alpha} - \frac{2R}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$$

Через похибку кроку різьбові поверхні контактують тільки по кінцях ділянки різьби з найбільшим відхиленням кроку. Тому на всій іншій довжині різьби виникає зазор з обидвох боків профілю [2].

Величину діаметральної компенсації похибки кроку визначають так (рис. 2):

$$OC = \frac{f_p}{2}; \quad AD = \Delta P,$$

де: f_p – діаметральна компенсація похибки кроку;
 ΔP – похибка кроку.

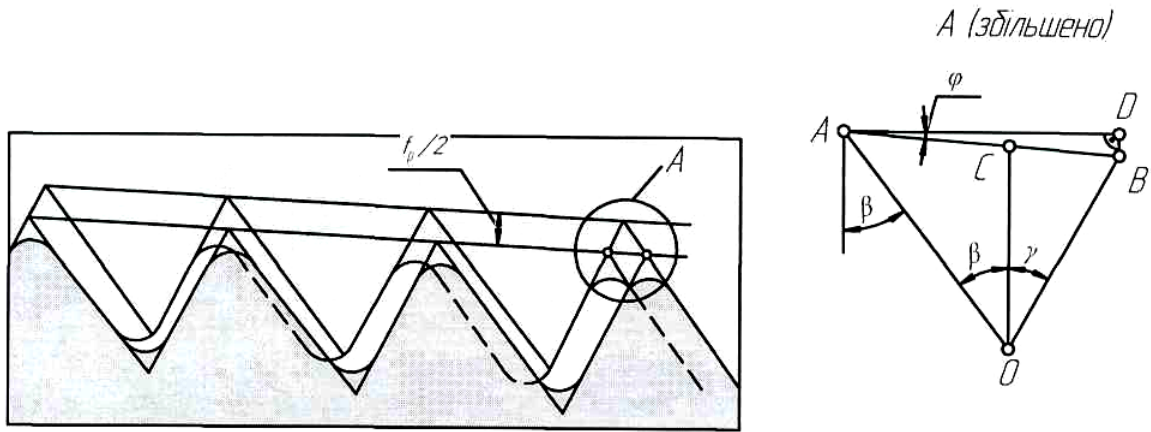


Рисунок 2 – Діаметральна компенсація похибки кроку

$$\begin{aligned}
 AB &= \frac{\Delta P}{\cos \varphi}; & \frac{AB}{\sin(\beta + \gamma)} &= \frac{OB}{\sin[90^\circ - (\beta + \varphi)]}; \\
 OB &= \frac{\Delta P \cos(\beta + \varphi)}{\sin(\beta + \gamma) \cos \varphi}; \\
 \frac{OB}{\sin(90^\circ - \varphi)} &= \frac{OC}{\sin[90^\circ - (\gamma - \varphi)]}; \\
 OC &= \frac{\Delta P \cos(\beta + \varphi) \cos(\gamma - \varphi)}{\sin(\beta + \gamma) \cos^2 \varphi}; \\
 f_p &= 2\Delta P \frac{\cos(\beta + \varphi) \cos(\gamma - \varphi)}{\sin(\beta + \gamma) \cos^2 \varphi}. \quad (1)
 \end{aligned}$$

Для різьб з симетричним профілем при $\beta = \gamma = \frac{\alpha}{2}$ маємо

$$f_p = 2\Delta P \frac{\cos\left(\frac{\alpha}{2} + \varphi\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2} - \varphi\right)}{\sin \alpha \cos^2 \varphi}. \quad (2)$$

Якщо у виробі одночасно з похибкою кроку існує похибка конусності, то вона, залежно від величини, може частково або повністю компенсувати вплив похибки кроку на зміну середнього діаметра – діаметра в основній площині або у заданому перерізі уявного прямого кругового конуса, співвісного з конічною різьбою, кожна твірна якого перетинає профіль різьби таким чином, що проекції на вісь різьби відрізків, що утворені при перетині з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку різьби.

Слід навести поняття приведеного середнього діаметра конічної різьби – середнього діаметра уявної ідеальної конічної різьби, яка має ті ж крок і кути нахилу бічних сторін, що й номінальний профіль різьби, номінальний кут конуса і довжину, що дорівнює довжині згвинчування, і яка щільно, без взаємного зміщення і натягу, сполучається з реальною різьбою вздовж бічних сторін різьби.

Граничні розміри середнього діаметра приймають так. Для внутрішньої різьби приведений середній діаметр не повинен бути меншим, ніж прохідна межа середнього діаметра, а

найбільший середній діаметр в будь-якому місці не повинен бути більшим за непрохідну межу.

Для зовнішньої різьби приведений середній діаметр не повинен перевищувати прохідну межу середнього діаметра, а найменший середній діаметр у будь-якому місці не повинен бути меншим за непрохідну межу.

Величина похибки кроку ΔP_k , яка може бути повністю зкомпенсована відхиленням конусності, залежить від сторони профілю, на якій відбудеться контакт різьбових поверхонь.

За однозначних відхилень конусності і кроку контакт проходить вздовж бічної сторони, що прилягає до кута нахилу β (рис. 3, а). У цьому випадку величина ΔP_k

$$CB = \Delta P_k; \quad AD = \frac{\Delta k}{2},$$

де Δk – найбільший діаметральний зазор від похибки конусності.

$$\Delta P_k = CD \cos \varphi; \quad \frac{CD}{\sin \beta} = \frac{\frac{\Delta k}{2}}{\sin[90^\circ - (\beta + \varphi)]};$$

$$\Delta P_k = \frac{\Delta k}{2} \cdot \frac{\sin \beta \cos \varphi}{\cos(\beta + \varphi)}.$$

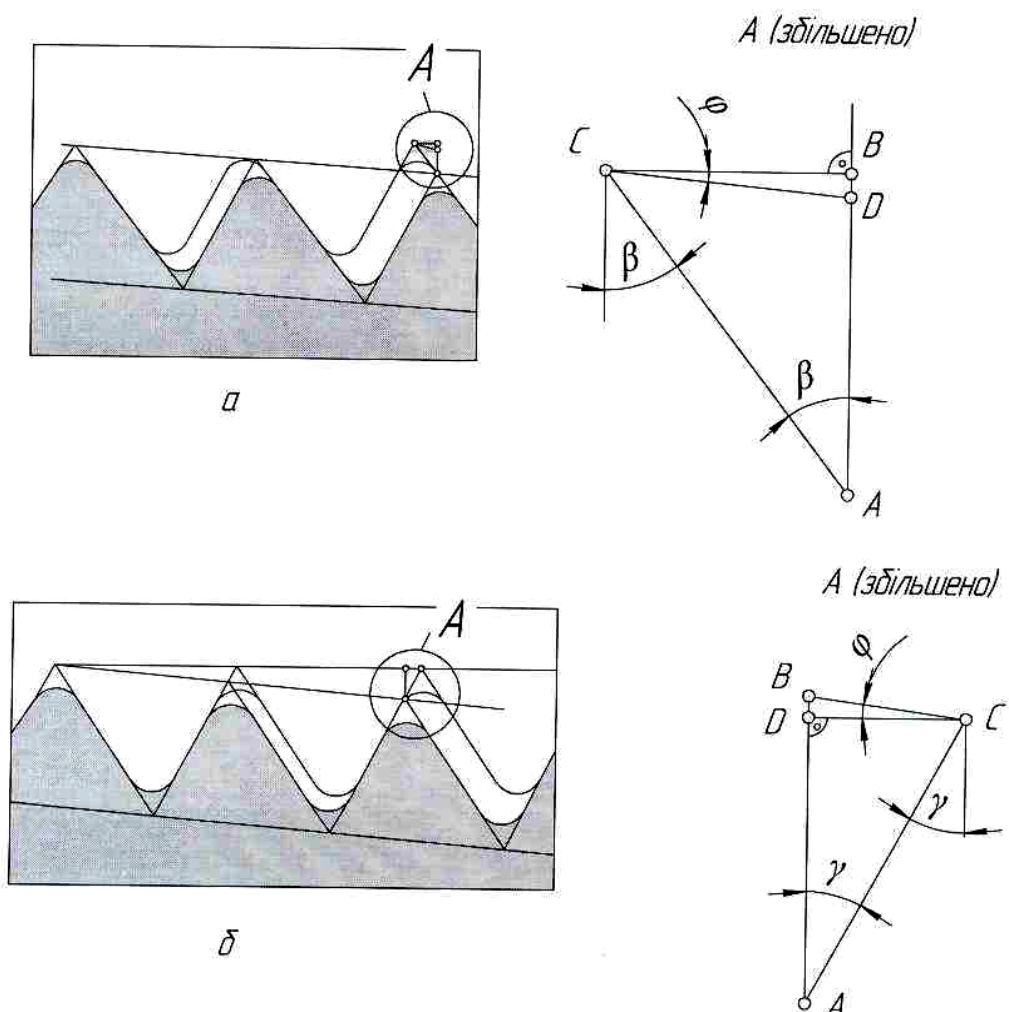
За різнозначних відхилень конусності і кроку контакт проходить вздовж бічної сторони, що прилягає до кута нахилу γ (рис. 3, б). У цьому випадку:

$$AB = \frac{\Delta k}{2}; \quad CD = \Delta P_k;$$

$$\Delta P_k = BC \cos \varphi; \quad \frac{BC}{\sin \gamma} = \frac{\frac{\Delta k}{2}}{\sin[90^\circ - (\gamma - \varphi)]};$$

$$\Delta P_k = \frac{\Delta k}{2} \cdot \frac{\sin \gamma \cos \varphi}{\cos(\gamma - \varphi)}.$$

У випадку $\Delta P \leq \Delta P_k$ діаметральна компенсація похибки кроку дорівнює нулеві. При $\Delta P > \Delta P_k$ – діаметральну компенсацію похибки кроку з врахуванням похибки конусності f_{P_k} обчислюють так.



а – контакт вздовж бічної сторони, що прилягає до кута нахилу β ;
 б – контакт вздовж бічної сторони, що прилягає до кута нахилу γ

Рисунок 3 – Вплив відхилень конусності на діаметральну компенсацію похибки кроку

1. За однозначних відхилень конусності і кроку

$$f_{P_k} = f_P - \Delta k \frac{\cos(\gamma - \varphi) \sin \beta}{\sin(\beta + \gamma) \cos \varphi} \quad (3)$$

Для різьби з симетричним профілем

$$f_{P_k} = f_P - \frac{\Delta k}{2} \frac{\cos(\alpha/2 - \varphi)}{\cos \alpha/2 \cos \varphi} \quad (4)$$

2. За різнозначних відхилень конусності і кроку

$$f_{P_k} = f_P - \Delta k \frac{\cos(\beta + \varphi) \sin \gamma}{\sin(\beta + \gamma) \cos \varphi} \quad (5)$$

Для різьби з симетричним профілем

$$f_{P_k} = f_P - \frac{\Delta k}{2} \frac{\cos(\alpha/2 - \varphi)}{\cos \alpha/2 \cos \varphi} \quad (6)$$

Висновок

Знаючи похибки кроку і конусності і використовуючи формули (1 – 6) для визначення діаметральної компенсації цих похибок, можна визначити у згвинченій різьбовій парі різницю середніх діаметрів.

Література

1 Биргер И.А. Резьбовые соединения / И.А. Биргер, Г.Б. Иосилевич – М.: Машиностроение, 1973. – 256 с.
 2 Щербюк Н.Д. Резьбовые соединения труб нефтяного сортамента и забойных двигателей / Н.Д. Щербюк, Н.В. Якубовский. – М.: Недра, 1974. – 252 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 20.02.10
 Рекомендована до друку професором Коцкуличем Я.С.