

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ НАРІЗЕВИХ З'ЄДНАНЬ

Нарізева поверхня утворюється при гвинтовому переміщенні контура певної форми по циліндричній або конічній поверхні.

Нарізеві з'єднання застосовують для кріплень, переміщень, перетворення руху з обертального в поступальний, і навпаки, герметизації. Нарізеві з'єднання застосовують у машинах, приладах, інструментах. Понад 60% деталей у машинах мають нарізь..

4.1 Класифікація нарізей

Нарізі класифікують за рядом ознак, а саме:

- за призначенням — загального призначення (, кінематична арматурна
 - а) кріпильна (метрична, дюймова) застосовують для нерухомих роз'ємних з'єднань і повинні забезпечувати міцність з'єднання і щільність стику;
 - б) кінематична (трапецієвидна, прямокутна) застосовують для ходових гвинтів у верстатах, пресах і домкратах (упорна);
 - в) трубна і арматурна (трубна циліндрична і конічна) використовується для трубопроводів і повинні забезпечити герметичність і надійність з'єднання.
- за формою деталі (циліндрична і конічна);
- за формою профілю (трикутна, прямокутна, трапецієвидна, упорна, кругла);
- за напрямом (права, ліва);
- за кількістю заходів (одно-, дво- і більше заходна);
- за величиною кроку (з великим і дрібним кроком);
- за одиницею виміру (метрична, дюймова).

4.2 Основні параметри метричної циліндричної нарізі

Профіль метричної нарізі встановлений ДСТУ ISO 68-1:2005, геометричні та загальні терміни – ДСТУ ISO 5408:2006, ДСТУ 2497-94. Основними елементами нарізі є вісь і профіль

Віссю нарізі вважається вісь, відносно якої утворена гвинтова поверхня нарізі.

Основний профіль нарізі – це спільний для зовнішньої та внутрішньої нарізі профіль в площині осьового перерізу нарізі, визначений номінальними розмірами його лінійних та кутових елементів (рис. 4.1).

Зовнішній діаметр нарізі d (D) – діаметр уявної циліндричної поверхні, описаної навколо верхівок зовнішньої та/чи западин внутрішньої нарізі. Для кріпильних метричних нарізей цей розмір є номінальним діаметром нарізі.

Внутрішній діаметр нарізі d_1 (D_1) – діаметр уявної циліндричної поверхні, вписаної в западини зовнішньої та/чи у верхівки внутрішньої нарізі.

Середній діаметр нарізі d_2 (D_2) – діаметр уявного, співвісного з нарізю прямого кругового циліндра, твірна якого перетинає реальну нарізь таким чином, що її відрізки, утворені перетином з канавкою нарізі дорівнюють половині номінального кроку нарізі.

Номінальні величини відповідних параметрів зовнішньої та внутрішньої нарізі однакові, наприклад, $d=D$, $d_2=D_2$ і т. ін. Розміри середнього та внутрішнього діаметрів зовнішньої та внутрішньої нарізі наведені у табл. К.1.

Крок нарізі P – відстань у напрямку осі нарізі між однойменними найближчими точками суміжних відповідних бічних поверхонь нарізі. Для багато-західних нарізей є додатковий термін – хід нарізі.

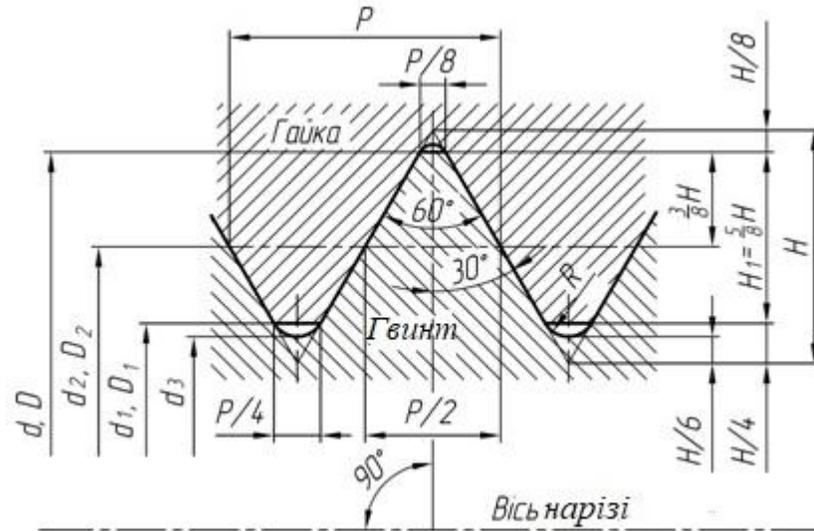


Рисунок 4.1 - Основні параметри метричної циліндричної нарізі
Основними елементами профілю нарізі є:

- d – номінальний зовнішній діаметр зовнішньої нарізі (номінальний діаметр);
- D – номінальний зовнішній діаметр внутрішньої нарізі (номінальний діаметр);
- d_2 – номінальний середній діаметр зовнішньої нарізі;
- D_2 – номінальний середній діаметр внутрішньої нарізі;
- d_1 – номінальний внутрішній діаметр зовнішньої нарізі;
- D_1 – номінальний внутрішній діаметр внутрішньої нарізі;
- P – крок нарізі;
- H – висота вихідного трикутника нарізі ($H=0,866025404 P$);
- H_1 – робоча висота профілю нарізі ($H_1=0,541265877 P$);
- α – кут профілю (для метричної нарізі $\alpha=60^\circ$);
- $\alpha/2$ – половина кута профілю (для метричної нарізі $\alpha/2=30^\circ$).

Хід нарізі Ph – це відстань у напрямку осі нарізі між точками найближчих однойменних бічних поверхонь нарізі.

Для метричної нарізі передбачено три ряди діаметрів для кожного з яких

є великі і дрібні кроки. Для нарізей з великим кроком кожному діаметру відповідає крок, що визначається залежністю $d(D) \approx 6 \cdot P^{1,3}$. Нарізі з дрібними кроками можуть мати різні кроки за однакового зовнішнього діаметра. Метричні нарізі з великим та дрібними кроками наведені у табл. Б.2. Нарізь з великим кроком вважають основною кріпильною нарізю. Нарізь з дрібним кроком застосовують на тонкостінних деталях, під час з'єднання деталей з малою довжиною згвинчування, а також для виготовлення різних регульовальних пристроїв

Кут профілю α – кут між двома суміжними бічними поверхнями нарізі в площині осьового перерізу.

Довжина згвинчування нарізі L – довжина ділянки контакту зовнішньої та внутрішньої нарізі виміряна в осьовому напрямку.

4.3 Похибки метричної нарізі та їх вплив на згвинчування деталей

На довжині згвинчування нарізевих деталей розміщено декілька витків нарізі, які утворюють нарізевий контур. Номінальний контур нарізі визначає найбільший граничний контур нарізі гвинта і найменший — гайки. Від номінального контуру в напрямку, перпендикулярному до осі нарізі, відраховують відхилення і розміщують вниз поля допусків діаметрів нарізі гвинта, в протилежну сторону — поля допусків діаметрів нарізі гайки. Для забезпечення згвинчуваності та якості з'єднань дійсні контури згвинчуваних деталей, що визначаються дійсними значеннями діаметрів, кута і кроку різьби, не повинні виходити за граничні контури на всій довжині згвинчування. У всіх циліндричних нарізях з прямолінійними бічними сторонами профілю відхилення кроку (E_p) і половини кута профілю ($E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$) для забезпечення згвинчуваності можуть бути зкомпенсовані відповідною зміною дійсного середнього діаметра нарізі.

4.3.1 Відхилення кроку нарізі (E_p) та його діаметральна компенсація

Відхилення кроку нарізі (E_p) – це різниця між дійсною та номінальною відстанями в осьовому напрямку між двома середніми точками будь-яких однойменних бічних сторін профілю в межах довжини згвинчування або заданої довжини. Згвинчування нарізевих деталей, що мають похибку кроку нарізі, можливе тільки при наявності **діаметральної компенсації похибки кроку** f_p - різниці їх середніх діаметрів, отриманої в результаті зменшення середнього діаметра нарізі гвинта або збільшення середнього діаметра нарізі гайки.

$$f_p = 1,732|E_p| \quad (4.1)$$

f_p, E_p в міліметрах.

Діаметральну компенсацію похибок кроку необхідно визначати, виходячи з абсолютного значення найбільшого відхилення ΔP_n , яке може бути як додатне, так і від'ємне.

4.3.2 Відхилення кута профілю нарізі та його діаметральна компенсація

При аналізі похибок кута профілю нарізі звичайно вимірюють не кут α , а половину кута профілю $\frac{\alpha}{2}$, який для метричної нарізі дорівнює 30° . Вимірюючи $\frac{\alpha}{2}$, можна встановити не тільки величину α , але й переки різьби.

Відхиленням половини кута профілю різьби $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ — (для різьб з симетричним профілем) називають різницю між дійсними та номінальними

значеннями $\frac{\alpha}{2}$. Відхилення $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ знаходять як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень обох половин кута профілю:

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

(4.2)

$$\text{де } E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \left| \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} - 30^0 \right|,$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \left| \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} - 30^0 \right|.$$

При рівності діаметрів нарізі гвинта і гайки згвинчування цих деталей неможливе внаслідок перекриття профілів різьби. Їх згвинчування можливе тільки при наявності необхідного зазору по середніх діаметрах їх нарізі тобто **діаметральної компенсації** f_α цієї похибки, яка може бути отримана і результатом зменшення середнього діаметра нарізі гвинта, або збільшення середнього діаметру нарізі гайки.

$$f_\alpha = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3}$$

(4.3)

4.3.3 Зведений середній діаметр нарізі

Згвинчування можна рахувати забезпеченим, якщо різниця середніх діаметрів нарізей гвинта і гайки не менша сум діаметральних компенсацій кроку і половини кута профілю обох деталей. Для спрощення контролю нарізей і розрахунку допусків введено поняття зведеного середнього діаметру нарізі, що враховує вплив на згвинчування величин $d_2(D_2)$, f_p , f_α . Значення середнього діаметру нарізі, збільшене для зовнішньої або зменшене для внутрішньої нарізі на сумарну

діаметральну компенсацію відхилень кроку і кута нахилу бокової сторони профілю, називають зведеним середнім діаметром Зведений середній діаметр для зовнішньої нарізі

$$d_{2зв} = d_{2вим} + f_P + f_\alpha \quad (4.4)$$

Для внутрішньої нарізі

$$D_{2зв} = D_{2вим} - f_P - f_\alpha \quad (4.5)$$

тут $d_{2вим}$ і $D_{2вим}$ — виміряні (дійсні) значення середнього діаметра зовнішньої та внутрішньої нарізей.

4.4 Системи допусків і посадок метричних нарізей

Системою передбачені посадки трьох видів: із зазором — ДСТУ 16093-94, ДСТУ ISO 965-1:2005; перехідні - ДСТУ 24834-94; з натягом - ДСТУ 4608-94.

Посадкою в нарізевому з'єднанні називають характер з'єднання деталей, який визначається різницею середніх діаметрів зовнішньої та внутрішньої нарізі до складання. Посадки з зазором є найбільш поширеними.

4.4.1 Основні відхилення та поля допусків нарізі

Посадкою з зазором в нарізевому з'єднанні називають посадку, у якої поле допуску середнього діаметра внутрішньої нарізі розташоване над полем допуску середнього діаметра зовнішньої нарізі. До посадок з зазором також відноситься посадка, у якої нижнє відхилення середнього діаметра внутрішньої нарізі збігається з верхнім відхиленням середнього діаметру зовнішньої нарізі.

Для отримання посадок нарізевих деталей із зазором передбачено п'ять основних відхилень для зовнішньої нарізі - d , e , f , g , h (рис. 4.2, а)) та чотири

— для внутрішньої нарізі - *E, F, G, H* (рис. 4.2, б)).

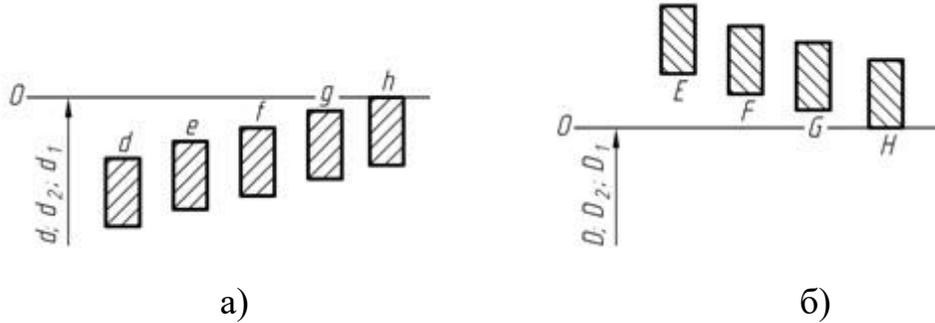


Рисунок 4.2 – Основні відхилення:
а) зовнішньої нарізі, б) внутрішньої нарізі

Числові значення основних відхилень однакові для діаметрів d_2, d, d_1 , а також для D_2, D, D_1 . Основним відхиленням діаметрів зовнішніх нарізей є верхнє es , а для діаметрів внутрішніх нарізей – нижнє EI . Відхилення відраховують від номінального профілю нарізі у напрямі, перпендикулярному до осі нарізі. На схемах полів допусків відкладаються значення половини відхилень та допусків, оскільки вважається, що болт і гайка є співвісними і інша половина відхилень чи допуску розміщена по інший бік осі (рис.4.3, рис. 4.4). Числові значення основних відхилень діаметрів зовнішньої та внутрішньої нарізі наведено у табл. Б.5 (ДСТУ ISO 965-1:2005). При поєднанні основних відхилень $\frac{H}{h}$ — утворюється посадка з найменшим зазором, рівним нулю.

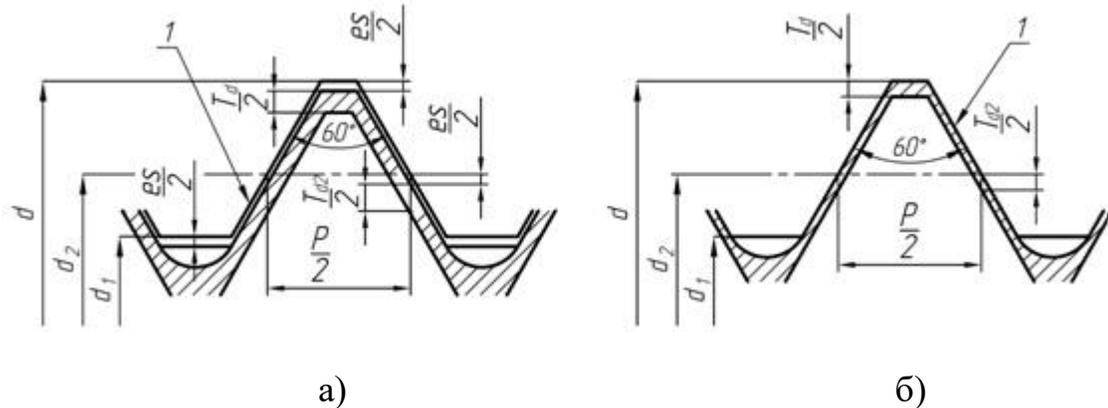


Рисунок. 4.3 - Схема полів допусків зовнішньої різьби:

а) з основними відхиленнями d, e, f, g; б) з основним відхиленням h
1 – номінальний профіль різьби

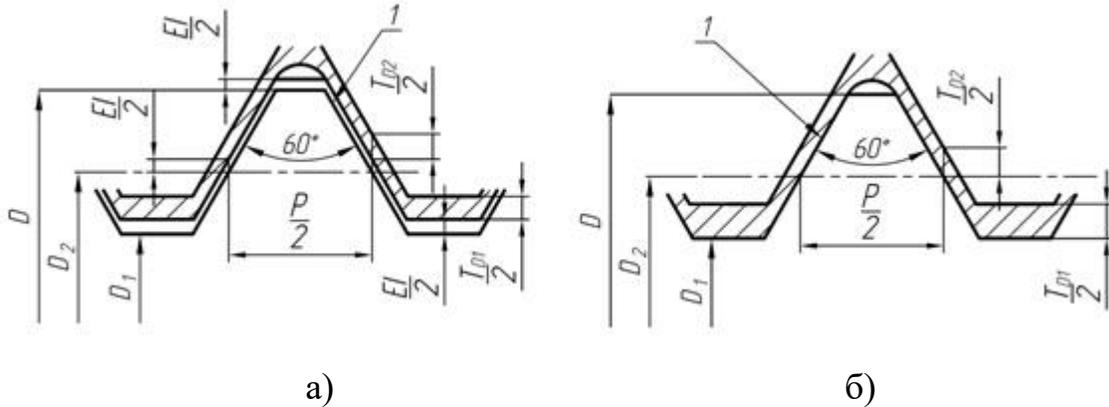


Рисунок. 4.4 - Схема полів допусків внутрішньої різьби:
а) з основним відхиленням E, F, G; б) з основним відхиленням H
1 – номінальний профіль різьби

4.4.2 Квалітети допусків нарізі

Допуски встановлюються для середнього діаметра (d_2 , D_2) та діаметра верхівок зовнішньої та внутрішньої нарізі (d , D_1) за ступенями точності, що позначаються цифрами (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Ступені точності внутрішньої та зовнішньої нарізі для посадок з зазором (за ДСТУ ISO 965-1:2005).

Діаметр зовнішньої нарізі:	Ступені точності
- зовнішній d	4; 6; 8
- середній d_2	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9
Діаметр внутрішньої нарізі:	
- внутрішній D_1	4; 5; 6; 7; 8
- середній D_2	4; 5; 6; 7; 8

Допуски на внутрішній діаметр зовнішньої нарізі d_1 та зовнішній діаметр D внутрішньої нарізі не встановлено.

Допуски на зовнішній діаметр зовнішньої нарізі d та внутрішній діаметр внутрішньої нарізі D_1 наведено у табл. Б.3.

Допуски на середні діаметри зовнішньої та внутрішньої нарізі d_2 та D_2 наведено у табл. Б.4.

4.4.3 Довжини згвинчування

Нарізі в залежності від довжин згвинчування поділяються на три групи:

1. Короткі – S.
2. Нормальні – N.
3. Довгі – L.

До нормальної N довжини згвинчування відносять довжини понад $2,24Pd^{0,2}$ до $6,7Pd^{0,2}$, де P – крок нарізі, d – зовнішній діаметр. Довжини згвинчування менші від нормальних відносять до групи S , а більші – до групи L . Якщо фактична довжина згвинчування невідома (як під час виробництва стандартних болтів), рекомендовано застосовувати групу N . Довжини згвинчування нарізі залежно від номінального діаметра та кроку наведені у табл. Б.6.

4.4.4 Класи точності

Для метричних нарізей з зазором використовуються три класи точності (табл. 4.2, 4.3):

- грубий;
- середній;
- точний.

Поля допусків грубого класу застосовують коли нарізають нарізі на гарячекатаних заготовках. Поля допусків середнього класу використовують в нарізях загального машинобудування. Поля допусків точного класу використовують для відповідальних статично навантажених нарізей, а також, коли необхідно досягнути невелике коливання зазорів в посадці.

Таблиця 4.2 – Рекомендовані поля допусків зовнішньої нарізі
(за ДСТУ ISO 965-1:2005)

Клас точності	Довжина згвинчування								
	S			N			L		
	Поля допуску зовнішньої нарізі								
Точний	-	(3h4h)	-	-	(4g)	4h	-	(5g4g)	(5h4h)
Середній	(5g6g)	(5h6h)	6e	6f	6g	6h	(7e6e)	(7g6g)	(7h6h)
Грубий	-	-	(8e)	-	8g	-	(9e8e)	(9g8g)	-

Поля допусків, вказані в рамках, вибирають для зовнішньої і внутрішньої нарізі загального призначення. Поля допусків, надруковані напівгрубим шрифтом, треба вибирати в першу чергу. Поля допусків, надруковані звичайним шрифтом, вибирають в другу чергу. Поля допусків, вказані в круглих дужках, вибирають в останню чергу.

Таблиця 4.3 – Рекомендовані поля допусків внутрішньої нарізі (за ДСТУ ISO 965-1:2005)

Клас точності	Довжина згвинчування					
	S		N		L	
	Поля допуску внутрішньої нарізі					
Точний	-	4H	-	5H	-	6H
Середній	(5G)	5H	6G	6H	(7G)	7H
Грубий	-	-	7G	7H	(8G)	8H

На кресленнях позначають не клас точності, а поле допуску нарізі. Поле допуску визначають за табл. 4.2 та 4.3, знаючи клас точності та довжину згвинчування нарізі.

4.5 Умовне позначення нарізі

Умовне позначення нарізі (ДСТУ ISO 965-1:2005) складається з позначення виду нарізі (метрична), розміру нарізі, позначення поля допуску, а також, за необхідності, позначення особливих параметрів – кроку, напрямку витків нарізі, довжини згвинчування.

Позначення поля допуску діаметра нарізі складається з цифри, яка показує степінь точності, і букви, що означає основне відхилення (наприклад 6H, 6d). На першому місці

вказується поле допуску середнього діаметру; на другому: для гвинта — поле допуску для d (7d6d), для гайки — для D_1 (5H6H). Якщо обидва поля допуски однакові, то в позначенні вони не повторюються (наприклад, 6d, 6H). Поле допуску нарізі вказують через тире після розміру (наприклад, гвинт M12-6d; гайка M12-6H; гвинт 12x1-6d — з дрібним кроком = 1 мм). Посадки нарізевих деталей позначають дробом, в чисельнику якого вказують поле допуску гайки, в знаменнику — поле допуску гвинта (наприклад, M12 - $\frac{6H}{6d}$, ліва різьба - M12LH - $\frac{6H}{6d}$). Якщо довжина згвинчування відрізняється від нормальної, її вказують в позначенні нарізі: M12-7d6d-30, де 30 — довжина згвинчування, мм).

ЗАДАЧА 4.1

Визначити зведений середній діаметр болта M10x1-6e, якщо при його вимірюванні отримані такі величини $d_{вим} = 9,964$ мм; $d_{2вим} = 9,306$; $d_{1вим} = 9,854$ мм. Розмір кроку на довжині згвинчування п'яти кроків: $5 P_{прав} = 5,034$ мм; $5 P_{лів} = 5,012$ мм; розміри половини кута профілю: $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{прав} = 29^{\circ}35'$; $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{лів} = 30^{\circ}12'$. Зробити висновок про придатність болта.

Розв'язок.

1. Нарізь болта M10x1-6e відноситься до зовнішніх нарізей. Визначаємо номінальні розміри параметрів нарізі за ДСТУ ISO 724:2005, а також граничні відхилення за ДСТУ ISO 965-1:2005, вираховуємо граничні розміри нарізі і заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок граничних розмірів нарізі M10x1-6e

Назва параметра	Позначення	Номінальний р-р,	Граничні відхилення, мм ДСТУ ISO 965-1:2005	Граничні розміри, мм

		мм ДСТУ ISO 724:2005	es	ei	найбіль- ший	наймен- ший
Зовніш- ний діаметр	d	10,00	-0,060	-0,240	9,940	9,760
Серед- ній діаметр	d ₂	9,350	-0,060	-0,172	9,290	9,178
Внут- рішній діаметр	d ₁	8,917	-0,060	не норм.	8,857	не встан.
Крок	P	1,0	Внаслідок того, що відхилення кроку, кута профілю та середнього діаметра нарізі взаємозв'язані, їх обмежують сумарним допуском Td ₂			
Кут про- філю	α	60 ⁰				

1.1 Визначаємо номінальні розміри нарізі болта за ДСТУ ISO 724:2005. За формулами в табл. Б.1, залежно від кроку нарізі, номінальні розміри середнього і внутрішнього діаметрів дорівнюють:

$$d_2 = d - 0,6495 P = 10 - 0,6495 \cdot 1 = 9,350 \text{ мм}$$

$$d_1 = d - 1,0825 P = 10 - 1,0825 \cdot 1 = 8,917 \text{ мм}$$

1.2 Визначаємо граничні відхилення болта

За табл. Б.5 основні відхилення середнього, внутрішнього та зовнішнього діаметрів

$$esd_2 = esd_1 = esd = 0,060_{\text{мм}}$$

Числові значення допусків Td_2 та Td визначаються за табл. Б.3, Б.4

$$Td_2 = 0,112_{\text{мм}}, Td = 0,180_{\text{мм}}.$$

Нижні відхилення середнього та зовнішнього діаметрів визначаються як

$$eid_2 = esd_2 - Td_2 = -0,060 - 0,112 = -0,172_{\text{мм}},$$

$$eid = esd - Td = -0,060 - 0,180 = -0,240_{\text{мм}}.$$

1.3 Визначаємо граничні розміри болта

$$d_{2\max} = d_2 + esd_2 = 9,350 + (-0,060) = 9,290 \text{ мм},$$

$$d_{2\min} = d_2 + eid_2 = 9,350 + (-0,172) = 9,178 \text{ мм},$$

$$d_{\max} = d + esd = 10,0 + (-0,060) = 9,940 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = d + eid = 10,0 + (-0,240) = 9,760 \text{ мм},$$

$$d_{1\max} = d_1 + esd_1 = 8,917 + (-0,060) = 8,857 \text{ мм},$$

$d_{1\min}$ - не встановлюється.

2. Знаходимо зведений середній діаметр зовнішньої різьби

$$d_{2зв} = d_{2вим} + f_P + f_\alpha$$

де f_P - діаметральна компенсація похибки виготовлення кроку на довжині згвинчування; для метричної різьби з $\alpha = 60^\circ$

$$f_P = 1,732|E_P|$$

де $|E_P|$ - абсолютна величина похибок кроку на $n = 5$ кроках

$$E_P = |P_n - n \cdot P|$$

де $P_n = \frac{P_n^{прав} + P_n^{лів}}{2} = \frac{5,034 + 5,012}{2} = 5,023$ - середній розмір 5-ти кроків на

довжині згвинчування;

$P = 1,0$ мм - крок різьби М10х1;

$n = 5$ - число кроків на довжині згвинчування.

$$E_p = |5,023 - 5 \cdot 1,0| = 0,023 \text{ мм}$$

$$f_p = 1,732 \cdot 0,023 = 0,0398 \text{ мм.}$$

f_α - діаметральна компенсація похибки половини кута профілю; при $\alpha = 60^\circ$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3}$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ - відхилення половини кута профілю, кутові мінути

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$ і $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$ - абсолютні значення відхилень правої та лівої половини

кута профілю від номінального значення половини кута профілю, мінути;
для метричної різьби

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \left| \frac{\alpha}{2}_{\text{прав}} - 30^\circ \right| = |29^\circ 35' - 30^\circ| = |-25'|,$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \left| \frac{\alpha}{2}_{\text{лів}} - 30^\circ \right| = |30^\circ 12' - 30^\circ| = 12'$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{|-25'| + 12'|}{2} = 18,5' ;$$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot 1,0 \cdot 18,5' \cdot 10^{-3} = 0,0054 \text{ мм}$$

Таким чином, зведений середній діаметр дорівнює

$$d_{236} = 9,306 + 0,0398 + 0,0054 = 9,3512 \text{ мм.}$$

Схема розташування полів допусків нарізі болта М10х1-6е зображена на рис. 4.5.

Висновок про придатність болта М10х1-6е.

Диференційовано величини $d_{\text{вим}}$, $d_{2\text{вим}}$, $d_{2\text{пр}}$ виходять за межі поля допуску

0,135

0,030

0,09

(див. табл. 4.4). Згвинчування болта не забезпечується. Загальний висновок – болт непридатний.

ЗАДАЧА 4.2

Визначити зведений середній діаметр гайки М16х1,5-7Н, якщо при її вимірюванні отримані такі величини $D_{вим} = 16,170\text{мм}$; $D_{2вим} = 15,002\text{ мм}$; $D_{3вим} = 14,454\text{мм}$. Розмір кроку на довжині згвинчування п'яти кроків: $5 P_{прав} = 7,480\text{мм}$; $5 P_{лів} = 7,524\text{ мм}$; розміри половини кута профілю: $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{прав} = 30^{\circ}20'$; $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{лів} = 30^{\circ}10'$. Зробити висновок про придатність гайки.

Нарізь гайки М16х1,5-7Н відноситься до внутрішніх нарізей. Визначаємо номінальні розміри параметрів нарізі за ДСТУ ISO 724:2005, а також граничні відхилення за ДСТУ ISO 965-1:2005, вираховуємо граничні розміри нарізі і заносимо в таблицю 4.6.

1.1 Визначаємо номінальні розміри нарізі гайки за ДСТУ ISO

724:2005. За формулами в табл. Б.1, залежно від кроку нарізи, номінальні розміри середнього і внутрішнього діаметрів дорівнюють:

$$D_2 = D - 0,6495 P = 16 - 0,6495 \cdot 1,5 = 15,026 \text{ мм}$$

$$D_1 = D - 1,0825 P = 16 - 1,0825 \cdot 1,5 = 14,376 \text{ мм}$$

Таблиця 4.6 – Розрахунок граничних розмірів нарізі М16х1,5-7Н

Назва параметра	Позначення	Номінальний P-P, мм ДСТУ ISO 724:2005	Граничні відхилення, мм ДСТУ ISO 965-1:2005		Граничні розміри, мм	
			ES	EI	найбільший	найменший
Зовнішній діаметр	D	16,0	не норм.	0	не встан	16,0
Середній діаметр	D ₂	15,026	+0,236	0	15,262	15,026
Внутрішній діаметр	D ₁	14,376	+0,375	0	14,751	14,376
Крок	P	1,5	Внаслідок того, що відхилення кроку, кута профілю та середнього діаметра різьби взаємозв'язані, їх обмежують сумарним допуском TD ₂			
Кут профілю	α	60°				

1.2 Визначаємо граничні відхилення гайки

За табл. Б.5 основні відхилення середнього, внутрішнього та зовнішнього діаметрів

$$EID_2 = EID_1 = EID = 0_{\text{мм}}$$

Числові значення допусків TD₂ та TD₁ визначаються за табл. Б.3, Б.4

$$TD_2 = 0,236_{\text{мм}}, TD_1 = 0,375_{\text{мм}}.$$

Верхні відхилення середнього та внутрішнього діаметрів визначаються як

$$ESD_2 = EID_2 + TD_2 = 0 + 0,236 = 0,236 \text{ мм},$$

$$ESD_1 = EID_1 + TD_1 = 0 + 0,375 = 0,375 \text{ мм}.$$

2.4 Визначаємо граничні розміри гайки

$$D_{2\max} = D_2 + ESD_2 = 15,026 + 0,236 = 15,262 \text{ мм},$$

$$D_{2\min} = D_2 + EID_2 = 15,026 + 0 = 15,026 \text{ мм},$$

$$D_{1\max} = D_1 + ESD_1 = 14,376 + 0,375 = 14,751 \text{ мм},$$

$$D_{1\min} = D_1 + EID_1 = 14,376 + 0 = 14,376 \text{ мм},$$

D_{\max} - не встановлюється.

$$D_{\min} = D + EID = 16 + 0 = 16,0 \text{ мм}.$$

3 Знаходимо приведений середній діаметр внутрішньої нарізі

$$D_{2зв} = D_{2вим} - f_p - f_\alpha$$

де f_p - діаметральна компенсація похибки виготовлення кроку на довжині згвинчування; для метричної нарізі з $\alpha = 60^\circ$

$$f_p = 1,732|E_p|$$

де $|E_p|$ - абсолютна величина похибок кроку на $n = 5$ крокам

$$E_p = |P_n - n \cdot P|$$

де $P_n = \frac{P_n^{прав} + P_n^{лів}}{2} = \frac{7,480 + 7,524}{2} = 7,502$ - середній розмір 5-ти кроків на довжині

згвинчування;

$P = 1,5$ мм - крок нарізі М16х1,5 з ГОСТ 24705-81;

$n=5$ – число кроків на довжині згвинчування.

$$E_p = |7,502 - 5 \cdot 1,5| = 0,002 \text{ мм}$$

$$f_p = 1,732 \cdot 0,002 = 0,0035 \text{ мм.}$$

f_α - діаметральна компенсація похибки половини кута профілю; при $\alpha = 60^\circ$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3}$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ - відхилення половини кута профілю, кутові мінути

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$ і $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$ - абсолютні значення відхилень правої та лівої половини

кута профілю від номінального значення половини кута профілю, мінути;

$$\text{для метричної нарізі } E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} - 30^\circ \right| = |30^\circ 20' - 30^\circ| = 20',$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} - 30^\circ \right| = |30^\circ 10' - 30^\circ| = 10'$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{20' + 10'}{2} = 15';$$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,0065 \text{ мм}$$

Таким чином, зведений середній діаметр дорівнює

$$D_{2зв} = 15,002 - 0,0035 - 0,0065 = 14,992 \text{ мм.}$$

Схема розташування полів допусків нарізі гайки зображена на рисунку

4.6.

Висновок про придатність гайки М16х1,5-7Н.

Диференційовано величини $D_{\text{вим}}$, $D_{\text{1вим}}$ входять в межі поля допуску,

величини $D_{2вим}$; $D_{2зв}$ не входять в межі поля допуску (див. табл. 4.6), .
Згвинчування гайки не забезпечується. Загальний висновок – гайка непридатна.

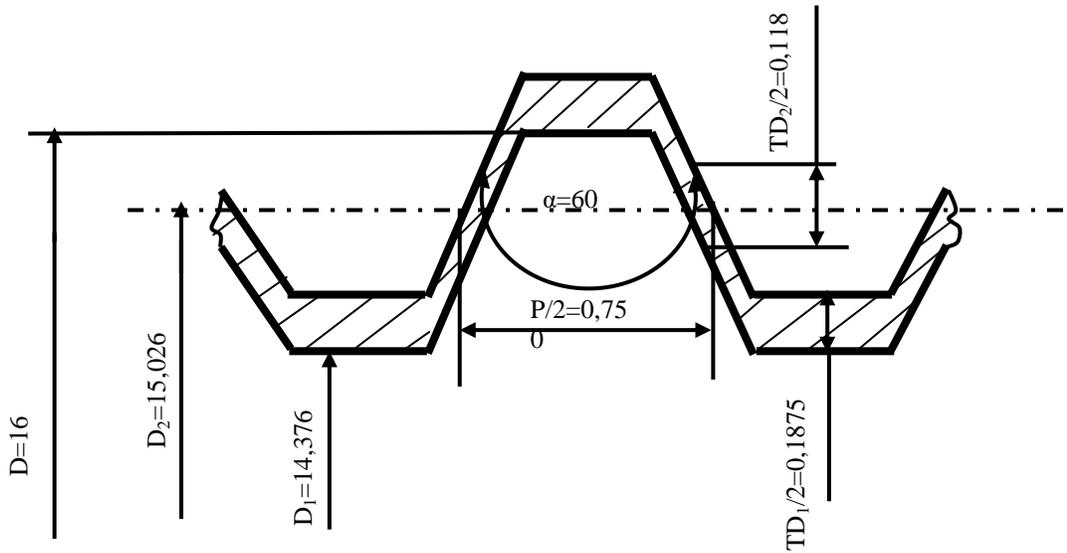


Рисунок 4.6 – Схема розташування полів допусків метричної нарізі M16x1,5-7H.

ЗАДАЧА 4.3

Визначити характеристику посадки нарізі M70x3, якщо при вимірюванні гайки одержано: $D_{2\text{вим}} = 68,148$

мм; $E_p = 0,005$; $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = -20'$; $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = 30'$ при вимірюванні болта

одержано $d_{2\text{вим}} = 68,148$ мм; $E_p = 0,01$; $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = -12'$, $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = -24'$.

Розв'язок

1. Визначаємо зведений діаметр гайки

$$D_{2\text{зв}} = D_{2\text{вим}} - f_p - f_\alpha$$

де f_p - діаметральна компенсація похибки виготовлення кроку

$$f_p = 1,732|E_p|$$

де $|E_p|$ - абсолютна величина похибок кроку

$$f_p = 1,732 \cdot 0,005 = 0,0087 \text{ мм.}$$

f_α - діаметральна компенсація похибки половини кута профілю; при $\alpha = 60^\circ$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3}$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ - відхилення половини кута профілю, кутові мінути

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$ і $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$ - абсолютні значення відхилень правої та лівої половини кута профілю від номінального значення половини кута профілю, мінути;

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{|-20'| + 30'|}{2} = 25'$$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,0217 \text{ мм}$$

Таким чином, зведений середній діаметр гайки дорівнює

$$D_{2зв} = 68,148 - 0,0087 - 0,0217 = 68,1176 \text{ мм.}$$

2. Визначаємо зведений діаметр болта

$$d_{2зв} = d_{2вим} + f_p + f_\alpha$$

$$f_p = 1,732 \cdot 0,01 = 0,0173 \text{ мм.}$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{|-12'| + |-24'|}{2} = 18'$$

$$f_\alpha = 0,29 \cdot 3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} = 0,0157 \text{ мм}$$

Таким чином, зведений середній діаметр болта дорівнює

$$d_{236} = 68,085 + 0,0173 + 0,0157 = 68,118_{\text{мм.}}$$

3. Визначаємо характеристику посадки метричної нарізі.

$$N = d_{236} - D_{236} = 68,118 - 68,1176 = 0,0004_{\text{мм}}$$