

Лекція 6. ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ

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

Різьбові з'єднання застосовують для кріплень, переміщень, перетворення руху з обертального в поступальний, і навпаки, герметизації. Різьбові з'єднання застосовують у машинах, приладах, інструментах. Понад 60% деталей у машинах мають різьбу. Її класифікують за рядом ознак, а саме:

- за призначенням — загального призначення (кріпильна, кінематична арматурна);
- за формою деталі (циліндрична, конічна);
- за формою профілю (трикутна, прямокутна, трапецієвидна, упорна, кругла);
- за напрямом (права й ліва);
- за кількістю заходів: одно-, дво- і більше західна;
- за одиницею виміру: метрична, дюймова.

У техніці поширена різьба кріпильна.

Кріпильна різьба буває метричною і дюймовою, а саме:

Метрична JCO |JSO|, $\alpha = 60^\circ$; дюймова JCO |JSO|, $\alpha = 60^\circ$; дюймова *ВІТВОРТА*, $\alpha = 55^\circ$.

Параметри різьби. Профіль різьби (рисунок 2.1) стандартизований ГОСТ 9150-81. ГОСТ 24705-81.

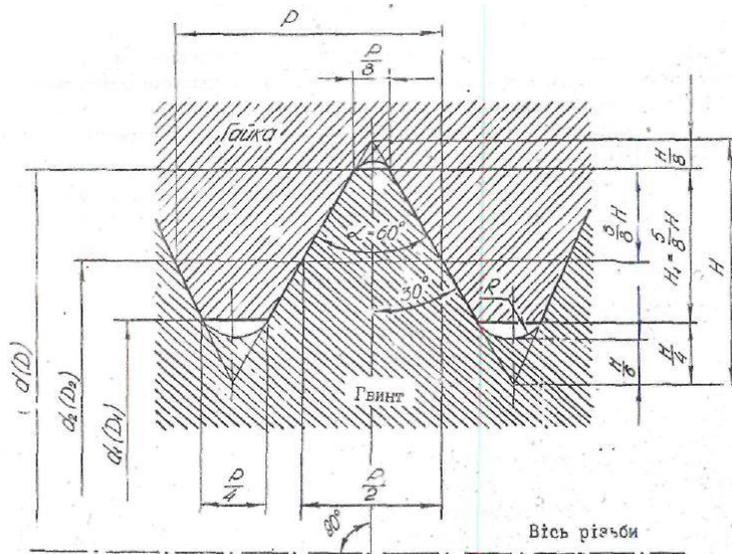


Рисунок 2.1

Основні елементи різьби: зовнішній діаметр $d(D)$, внутрішній діаметр $d_1(D_1)$, середній діаметр $d_2(D_2)$, крок P (для багатозахідної різьби-хід $P_n = P \cdot n$, де n – число заходів); кут

профілю α ; висота вихідного профілю H ; робоча висота профілю H_1 , кут підйому різьби ϕ ;

довжина згвинчування l ; номінальний радіус заокруглення впадини внутрішньої різьби R .

Довжина згвинчування (l) дорівнює довжині дотику гвинтових поверхонь зовнішньої та внутрішньої різьб в осьовому напрямку (висота стандартних гайок).

Стандартом передбачено три ряди діаметрів матричної різьби, в кожній з яких передбачені великі та малі кроки. При виборі діаметрів різьб перший ряд має перевагу перед другим,

другий - перед третім. В різьбі з великим кроком кожному зовнішньому діаметру відповідає крок, який визначається

залежністю $d(D) \approx 6P^{1.3}$. В різьбах з дрібними кроками одному зовнішньому діаметру можуть відповідати різні кроки.

Граничні контури різьби. На довжині згвинчування різьбових деталей розміщено декілька витків різьби, які утворюють різьбовий контур. Номінальний контур різьби (рисунк 2.2) визначає найбільший граничний контур різьби гвинта і найменший — гайки. Від номінального контуру в напрямку, перпендикулярному до осі різьби, відраховують відхилення і розміщують вниз поля допусків діаметрів різьби гвинта, в протилежну сторону — поля допусків діаметрів різьби 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 різьбах з прямолінійними бічними сторонами профілю відхилення кроку і кута профілю для забезпечення згвинчуваності можуть бути зкомпенсовані відповідною зміною дійсного середнього діаметра різьби.

Відхилення кроку різьби та його діаметральна компенсація. Відхиленням кроку різьби ΔP називають різницю між дійсною і номінальною віддалями в осьовому напрямку між двома середніми точками будь-яких однойменних бічних сторін профілю в границях довжини згвинчування або заданої довжини.

Накладемо на осьове січення різьби гайки, що має номінальний профіль і розміри, осьове січення різьби гвинта, в якого на довжині згвинчування крок збільшений на ΔP_n (рисунк 2.3). При рівності діаметрів різьби гвинта і гайки ці деталі не згвинчуються. Згвинчування різьбових деталей, що мають похибку кроку різьби, можливе тільки при наявності різниці f_p їх середніх діаметрів, отриманої в результаті зменшення середнього діаметра різьби гвинта або збільшення середнього діаметра різьби гайки. При зменшенні середнього діаметра різьби гвинта на f_p профіль його різьби зміститься до осі в верхній частині різьби на $0,5 f_p$ і в нижній частині різьби (на рисунку 2.3 не показано) також на $0,5 f_p$. Нове положення профілю різьби гвинта показано штрихованою лінією. Бокова сторона профілю EF різьби гвинта займає тепер положення $E'F'$. Крім цього, весь гвинт може бути зміщений вліво на ab . Отже, при $ab=a'b'=0,5 \Delta P_n$ бокова сторона EF профілю різьби гвинта може бути суміщена з боковою стороною CD профілю різьби гайки, тобто згвинчування стане можливим.

З трикутна $a'b'c'$ знайдемо

$$0,5 f_p = 0,5 \Delta P_n \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad \text{або} \quad f_p = \Delta P_n \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.1)$$

Величину f_p називають діаметральною компенсацією похибок кроку різьби. Для метричної різьби ($\alpha = 60^\circ$)

$$f_p = 1,732 \Delta P_n \quad (2.2)$$

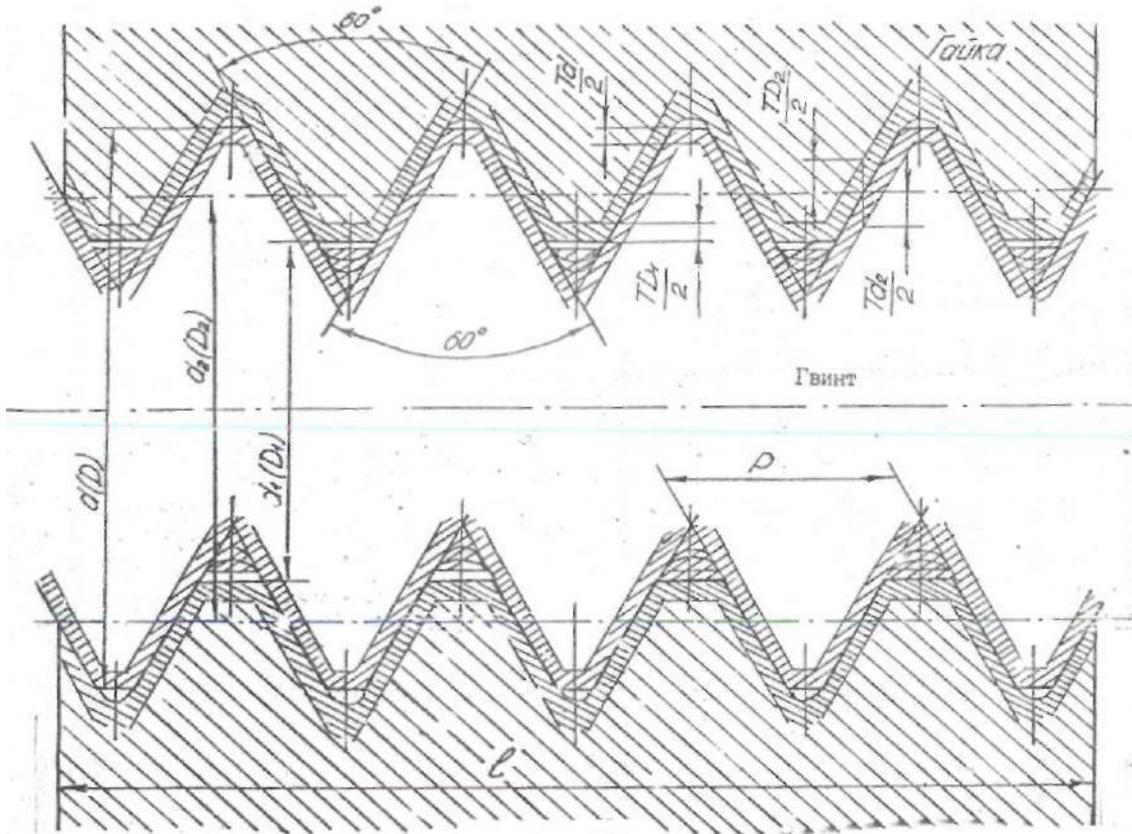
(f_p і ΔP_n в міліметрах).

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

Відхилення кута профілю різьби та його діаметральна компенсація.

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

Відхиленням половини кута профілю різьби $\Delta \frac{\alpha}{2}$ — (для різьб з симетричним профілем) називають різницю між дійсними та номінальними значеннями $\alpha/2$.



Рисунк 2.2

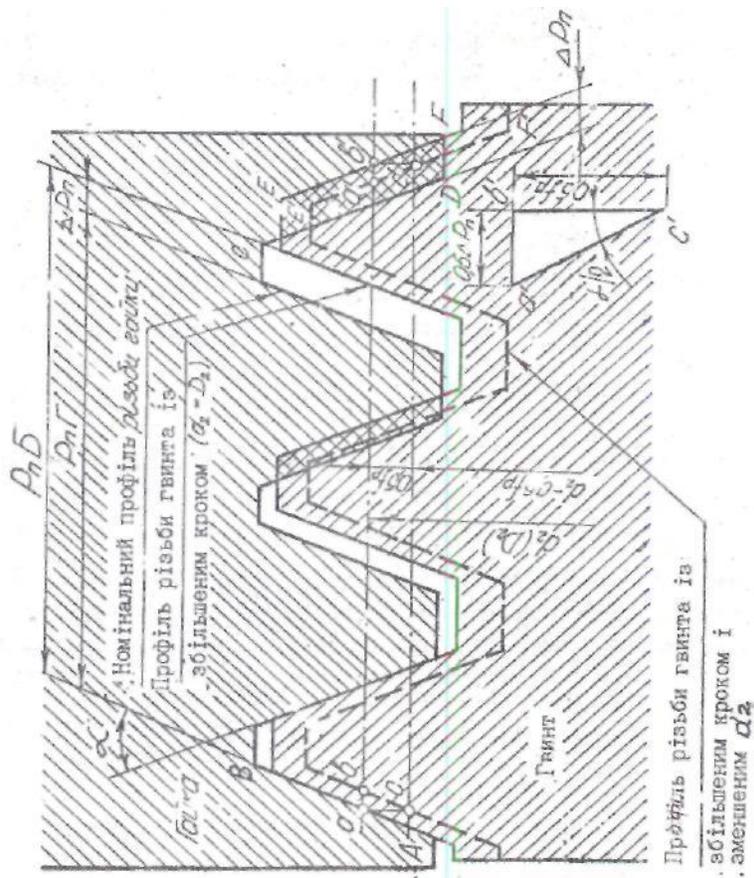


Рисунок 2.3

Відхиленням половини кута профілю різьби $\Delta \frac{\alpha}{2}$ — (для різьб з симетричним профілем) називають різницю між дійсними та номінальними значеннями $\alpha/2$.

Відхилення $\Delta \frac{\alpha}{2}$ — при симетричному профілі різьби знаходять як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень обох половин кута профілю:

$$\Delta \frac{\alpha}{2} = \frac{\left| \Delta \frac{\alpha}{2} \ddot{i} \ddot{o} \right| + \left| \Delta \frac{\alpha}{2} \ddot{e} \ddot{z} \hat{a} \right|}{2} \quad (2.3)$$

На рисунку 2.4 показане січення різьби гайки з номінальним профілем 1, на яке накладене січення різьби гвинта 2 з похибкою половини кута профілю $\Delta \frac{\alpha}{2}$. При рівності діаметрів різьби гвинта і гайки згвинчування цих деталей неможливе внаслідок перекриття профілів різьби (зона 3). Їх згвинчування можливе тільки при наявності необхідного зазору по середніх діаметрах їх різьби тобто діаметральної компенсації f_α цієї похибки, яка може бути отримана і результатом зменшення середнього діаметра різьби гвинта, або збільшення середнього діаметру різьби гайки.

Величину f_α можна знайти з $\triangle DEF$. За теоремою

синусів маємо

$$\frac{EF}{ED} = \frac{\sin \Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \left[180^\circ - \left(\frac{\alpha}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2} \right) \right]} \quad (2.4)$$

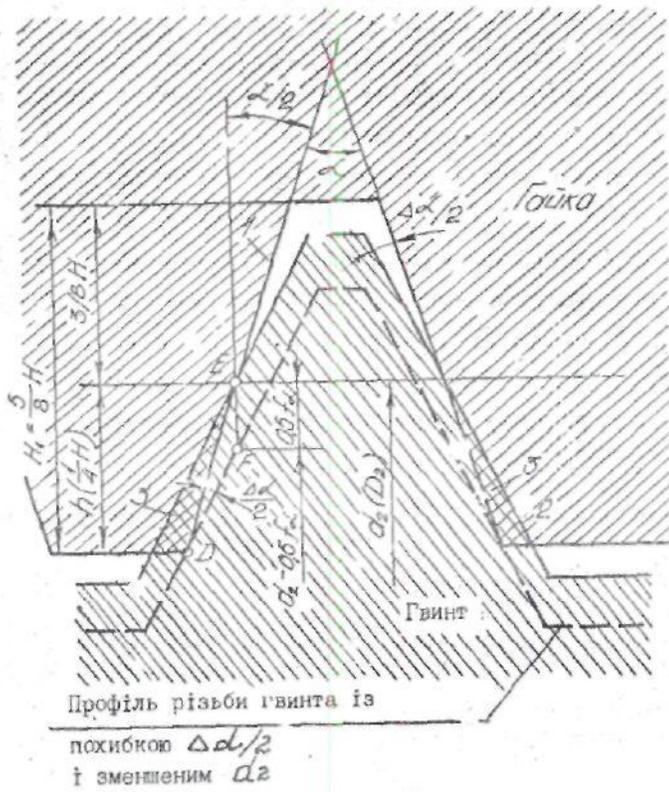


Рисунок 2.4

де $EF=0,5 f_\alpha$; $ED=\frac{h}{\cos \frac{\alpha}{2}}$.

Так як кут $\Delta \frac{\alpha}{2}$ — є відносно малою величиною, то приймають

$$\sin \left[180^\circ - \left(\frac{\alpha}{2} + \Delta \frac{\alpha}{2} \right) \right] = \sin \frac{\alpha}{2}; \quad \sin \Delta \frac{\alpha}{2} \approx \Delta \frac{\alpha}{2}.$$

Тоді рівняння (2.4) отримає вигляд

17

$$\frac{0,5 f_\alpha}{h} = \frac{\Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

Звідки після перетворень $f_\alpha = \frac{4h \cdot \Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha}$

де $\Delta \frac{\alpha}{2}$ - в радіанах; h і f_α - в міліметрах

Якщо $\Delta \frac{\alpha}{2}$ виразити в кутових мінутах, а f_α в мікрометрах, отримаємо

$$f_\alpha = \frac{4h\Delta \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \cdot \frac{2\pi}{360 \cdot 60} : 10^3 \approx \frac{1,164h}{\sin \alpha} \Delta \frac{\alpha}{2} \quad (2.5)$$

Для метричної різьби $h = \frac{H}{4} \approx 0,2165P$.

Підставивши в формулу (2.5) значення h , виражене через крок, і значення $\sin \alpha$ для метричної різьби отримаємо

$$f_\alpha = 0,29P\Delta \frac{\alpha}{2} \quad (2.6)$$

де f_α - в мікрометрах; P - в міліметрах; $\Delta \frac{\alpha}{2}$ - відхилення в кутових мінутах, вираховане по формулі (2.3).

Зведений середній діаметр різьби. Згвинчування можна рахувати забезпеченим, якщо різниця середніх діаметрів різьб гвинта і гайки не менша сум діаметральних компенсацій кроку і половини кута профілю обох деталей. Для спрощення контролю різьб і розрахунку допусків введено поняття зведеного середнього

18

діаметру різьби, що враховує вплив на згвинчування величин $d_2(D_2)$, f_p , f_α . Значення середнього діаметру різьби, збільшене для зовнішньої або зменшене для внутрішньої різьби на сумарну діаметральну компенсацію відхилень кроку і кута нахилу бокової сторони профілю, називають зведеним середнім діаметром. Зведений середній діаметр для зовнішньої різьби

$$d_{2\text{сд.}} = d_{2\text{д.}} + f_p + f_\alpha \quad (2.7)$$

для внутрішньої різьб

$$D_{2\text{сд.}} = D_{2\text{д.}} - (f_p + f_\alpha) \quad (2.8)$$

Тут $d_{2\text{д.}}$ і $D_{2\text{д.}}$ — виміряні (дійсні) значення середнього діаметра зовнішньої та внутрішньої різьб.

Сумарний допуск середнього діаметра різьби

Середній діаметр, крок і кут профілю є основними параметрами різьби. Внаслідок взаємозв'язку між відхиленнями кроку, кута профілю і власне середнього діаметру допустимі відхилення цих параметрів окремо не нормують. Встановлюють тільки сумарний допуск на середній діаметр гвинта T_{d_2} і гайки T_{D_2} , що включає допустиме відхилення власне середнього діаметра Δd_2 (ΔD_2) діаметральні компенсації похибок кроку і кута профілю:

$$T_{d_2}(T_{D_2}) = \Delta d_2(\Delta D_2) + f_p + f_\alpha \quad (2.9)$$

Системи допусків і посадок метричних різьб

Посадки передбачені трьох видів: із зазором —ГОСТ 16093-81; перехідні - ГОСТ 4608-81; з натягом - ГОСТ 24834-81.

Для отримання посадок різбових деталей із зазором передбачено п'ять основних відхилень для зовнішньої та чотири —для внутрішньої різьб (рисунок 2.5).

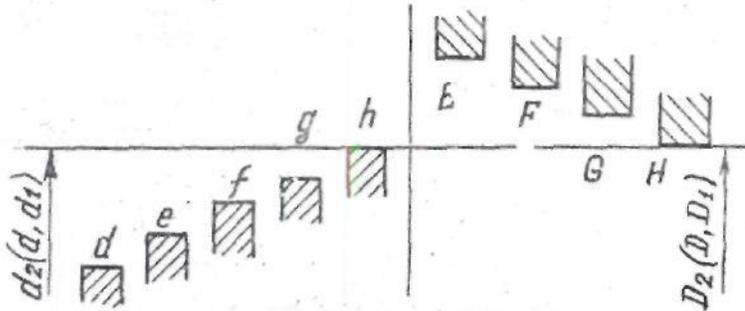


Рисунок 2.5

Відхилення відраховують від номінального профілю різьби (показаного рисунком 2.6 товстою лінією) в напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

При поєднанні основних відхилень $\frac{H}{h}$ — утворюється посадка з найменшим зазором, рівним нулю (рисунок 2.6, в). Вказані основні відхилення для зовнішньої різьби визначають верхні відхилення, а для внутрішньої — нижні відхилення діаметрів різьби. Друге граничне відхилення визначають по прийнятій степені точності різьби. ГОСТ 16093-81 встановлює для метричних різьб степені точності 3 ... 9, які для ряду діаметрів призначають тільки вибірково. Поєднання основного відхилення, позначеного буквою, з допуском по прийнятій степені точності утворює поле допуску діаметра різьби.

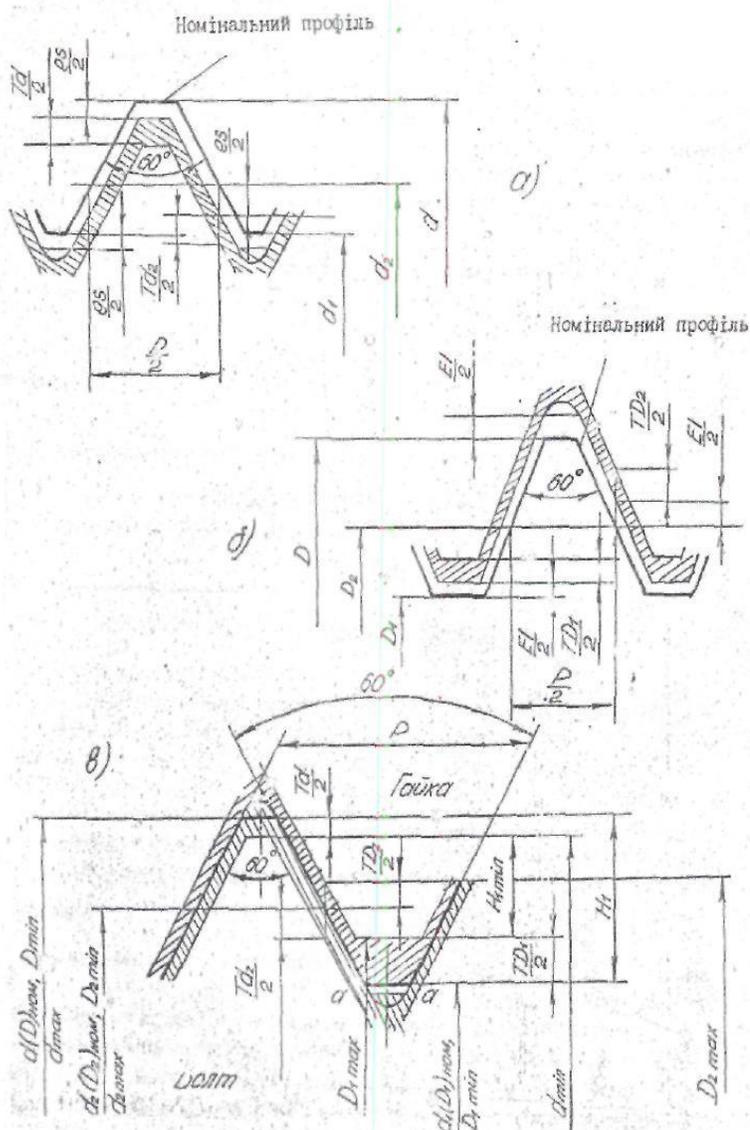


Рисунок 2.6

Так як при виготовленні трудність забезпечення заданої точності різьби залежить від довжини згвинчування (головним чином через похибки кроку), ГОСТ 16093-81 по цьому признаку встановлює три групи різьб: короткі *S*, нормальні *N* і довгі *L*. Довжини згвинчування $2,24 P d^{0,2} \dots 6,7 P d^{0,2}$ відносяться до групи *N* і довжини згвинчування менші від нормальних відносяться до групи *S*, а більші — до групи *L* (*d* і *P* — в міліметрах).

Поля допусків згруповані в три класи точності: точний, середній і грубий. Поняття про класи точності умовне, його використовують для порівняльної оцінки точності різьби.

Допуски різьби. Допуск середнього діаметру різьби є сумарним. Основним рядом допусків для всіх діаметрів згідно ГОСТ 16093-81 прийнятий ряд степені точності 6. Допуски діаметрів різьби, для 6-ої степені точності при нормальній довжині згвинчування визначають за формулами (в мікрометрах):

$$Td(6) = 180(P^2)^{1/3} - \frac{3/S}{\sqrt{P}};$$

$$Td_2(6) = 90P^{0,4} d^{0,1};$$

$$TD_1(6) = 433P - 190P^{1,22} \text{ (при } P \geq 0,8 \text{ мм);}$$

$$TD_1(6) = 230P^{0,7} \text{ (при } P \geq 1 \text{ мм);}$$

$$TD_2(6) = 1,32 Td_2(6) \text{ (при } P \geq 0,8 \text{ мм);}$$

де d — середнє геометричне крайніх значень інтервала номінальних діаметрів.

Допуски решти степеней точности визначаються множенням допуску степені точності 6 на такі коефіцієнти:

ступінь точності	3	4	5	7	8	9
коефіцієнт	0,5	0,63	0,8	1,25	1,6	2

Допуски на внутрішній діаметр зовнішньої різьби d_1 і зовнішній діаметр внутрішньої різьби D не встановлюють.

Посадки перехідні застосовують, щоб забезпечити нерухомість, але при цьому необхідні елементи заклинювання (конічний збіг, плоский бурт тощо).

Схему полів допусків посадки перехідної за ГОСТ 24834-81 зображено на рисунку 2.7, а; а основних відхилень — на рисунку 2.7, б.

За середнім діаметром передбачено степені точності 2-5.

Посадки з натягом забезпечують нерухомість за рахунок натягу. Схему полів допусків посадки з натягом ГОСТ 4608-81 зображено на рисунку 2.8, а; основних відхилень — на рисунку 2.8, б.

За середнім діаметром передбачено степені точності 2-3. Шорсткість поверхонь різьб $R_a = 0,63 \dots 5$ мкм.

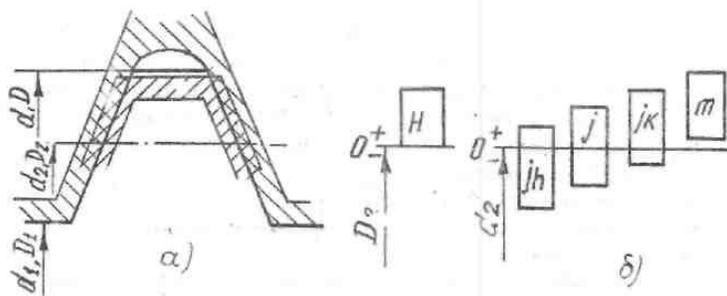


Рисунок 2.7

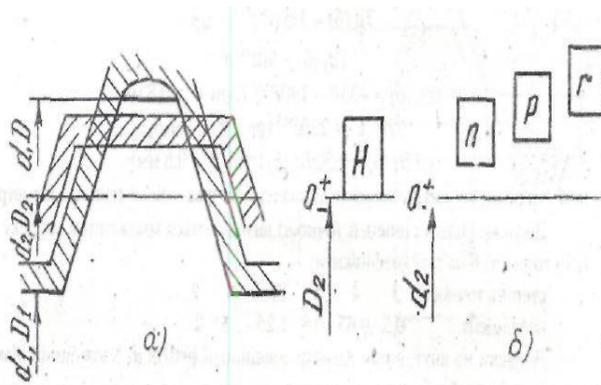


Рисунок 2.8

Позначення точності та посадок різьб. Позначення поля допуску діаметра різьби складається з цифри, яка показує ступінь 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 (7d 6d); для гайки — для D_1 (5H 6H). Якщо обидва поля допуски однакові, то в позначенні вони не повторюються (наприклад, 6d, 6H). Поле допуску різьби вказують через тире після розміру (наприклад, гвинт M12-6d; гайка M12-6H; гвинт 12x1-6d — з дрібним кроком = 1 мм; гвинт з заокругленою

впадиною — M12-6d-R). Посадки різбових 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 різьби: M12-7d6d-30, де 30 — довжина згвинчування, мм). Приклади позначення точності різьби для діаметрів менше 1 мм по ГОСТ 9000-81: M0,5-5h3; M0,5-

4H5; M0,5- $\frac{4H5}{5h3}$ (на першому місці поле допуску середнього діаметру — степінь точності та основне відхилення, на другому — степінь точності d або D₁).

Спеціальні різьби:

кругла *Rd12*; *Rd12LH* — зовнішній діаметр $d = 12$ мм (права і ліва);

трапецієвидна *Tr32x 6x7A/7e* — номінальний діаметр 20 мм, крок 6 мм;

упорна *S 80x10 - 7A/7h* — номінальний діаметр 80 мм, крок 10 мм;

трубна *Труб. 1/2" кл.А* — внутрішній діаметр труби 1/2"; клас точності А.