

Основні терміни і визначення

1.3.1. Номінальний розмір

Кожна деталь, що є складовою частиною конструкції механізму характеризується певною формою поверхонь і розмірами. Проставлення розмірів на усіх поверхнях на кресленні деталі є необхідною, але недостатньою умовою, щоб виготовити певне число реальних взаємозамінних деталей.

Основні розміри, які визначають форму та контур поверхонь деталей, називають номінальними. Поряд з номінальними розмірами вказують відхилення, які обмежують коливання розміру реальної поверхні готової деталі.

Отже, в ЄСКД, **номінальний** розмір – це розмір, який служить початком відліку відхилень і відносно якого визначають граничні розміри поверхні.

Номінальні розміри вказують на кресленні деталі (див. рис.1.3)

Для їх визначення потрібно розрахувати на міцність дві або декілька деталей, що входять в складальну одиницю. Можливі також розрахунки на жорсткість, довговічність, втомну міцність і т. ін. В деяких випадках номінальні розміри визначають, виходячи з функціонального призначення механізму. Наприклад, можна розрізняти номінальні розміри деталей настінного і ручного годинників. Бувають випадки, коли номінальні розміри назначають, виходячи з конструктивної досконалості або зручності виготовлення деталі.

Вже на стадії розробки конструкції механізмів та їх складових частин - деталей, можна забезпечити економію коштів шляхом обґрунтованого вибору номінальних розмірів. Рекомендується номінальні розміри заокруглювати, користуючись стандартом ДСТУ 6636-94 "Нормальні лінійні розміри" (від 0,001 до 2000мм). Цей стандарт складено на основі базового ДСТУ 8032-94 "Переважні числа та їх ряди", який регламентує і взаємно пов'язує усі види

продукції, розміри споруд, величини потужностей, вантажностей, частот обертання і інші параметри та їх характеристики.

Використання обох стандартів може забезпечити величезну економію коштів, бо дозволяє зменшити кількість типорозмірів різальних і вимірювальних інструментів, а також полегшити типізацію технологічних процесів.

Обидва стандарти містять чотири ряди чисел: R5, R10, R20 та R40, побудованих по геометричній прогресії. Кожен ряд має в кожному десятиковому інтервалі відповідно 5, 10, 20, 40 різних чисел.

У ДСТУ 6636-94 величини до 500 мм для зручності заокруглені, що відмічається індексом "а" в позначенні ряду: Ra5, Ra10, Ra20 і Ra40 (табл.3.1). Значення цифр в інших десятикових інтервалах отримуються множенням або діленням вказаних в табл. 1.1 величина 10, 100, 1000 і т.д.

При виборі номінальних розмірів у першу чергу треба користуватись рядом з більш грубою градацією величин розмірів - Ra5, потім рядом Ra10 і т.д.

В окремих випадках, коли основні ряди розмірів не можуть задовольнити потреби, допускається застосовувати додаткові розміри, які відповідають додатковому ряду Ra80 ДСТУ 6636-94.

ЗАДАЧА 1.2

Зробіть аналіз номінальних розмірів деталі (див.рис.3.3), користуючись ДСТУ 6636-94 (або табл.1.1). Визначте, до якого ряду переважних чисел відноситься кожен номінальний розмір, вказаний у варіантах до задачі 1.1 (див. п.1.2).

Таблиця 1.1 – Нормальні лінійні розміри від 1 до 10 по ДСТУ 6636-94

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
1,0	1,0	1	1

		1,1	1,05 1,1 1,15 1,2 1,3 1,4 1,5
	1,2	1,2	
		1,4	
1,6	1,6	1,6	1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,4
	2,0	2,0	
		2,2	

Продовження табл. 1.1

2,5	2,5	2,5	2,5 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8
	3,2	3,2	
		3,6	
4,0	4,0	4,0	4,0 4,2 4,5 4,8 5,0 5,3 5,6 6,0
	5,0	5,00	
		5,60	
6,3	6,30	6,3	6,3 6,7 7,1 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5
	8,00	8,0	
		9,0	
10,0	10,0	10,0	10,0

1.3.2 Дійсний і граничні розміри

На сучасних заводах робоче креслення деталі є документом, по якому виготовляють певну кількість деталей залежно від величини серії випуску однакових виробів. В зв'язку з тим, що неможливо виготовити деталі з абсолютно точними розмірами, проставленими на кресленні, а також виміряти їх без внесення похибок, в ЄСДП введено термін - дійсний розмір деталі.

Дійсний розмір (D_o, d_o, l_o та ін.) - це розмір елемента деталі, визначений шляхом вимірювання. Термін "дійсний розмір" відноситься до розміру поверхні реальної, виготовленої деталі, виміряного з певним ступенем точності.

Наприклад, при вимірюванні штангенциркулем з точністю до 0,1 мм дійсні розміри вала з номіналом $d = 10$ мм були рівними: $d_{o1} = 9,9$ мм, $d_{o2} = 10,1$ мм, $d_{o3} = 10$ мм, $d_{o4} = 10,2$ мм і т.д. тобто різні в кожній деталі. При вимірюванні мікрометром перша деталь мала розмір $d_{o1} = 9,94$, при вимірюванні на оптичному верстатку - $d_{o1} = 9,943$ мм, а оптичним - $d_{o1} = 9,9434$ мм. Отже, по-перше, дійсні розміри деталей в серії є різними, а по-друге, дійсний розмір кожної деталі зокрема ніколи не може дорівнювати заданому на кресленні, тобто номінальному.

Для забезпечення взаємозамінності деталей при складанні в готові вироби не обов'язково виготовляти розміри поверхонь абсолютно точно. Достатньо встановити два гранично допустимих розміри, між якими повинен знаходитись дійсний розмір поверхні придатної деталі.

Найбільший граничний розмір ($D_{\max}, d_{\max}$) - це найбільший допустимий розмір елемента деталі (рис. 1.4).

Найменший граничний розмір ($D_{\min}, d_{\min}$) - це найменший

допустимий розмір елемента деталі (рис. 1.4).

Позначають їх $D_{\max}$ і $D_{\min}$ – для отворів, $d_{\max}$ і $d_{\min}$ – для валів. Порівняння дійсного розміру з граничними дає можливість судити про придатність деталі для забезпечення взаємозамінності:

для отворів $D_{\min} \leq D_{\bar{a}} \leq D_{\max}$,

для валів $d_{\min} \leq d_{\bar{a}} \leq d_{\max}$

(1.1)

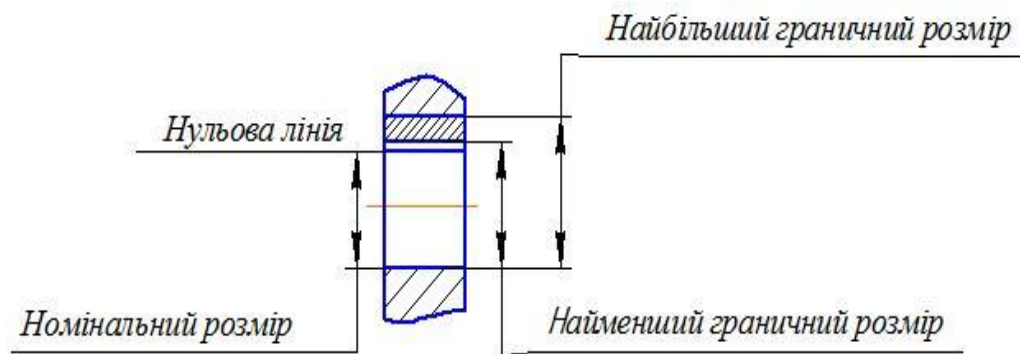


Рисунок 1.4 – Граничні розміри отвору деталі

Стандарт ДСТУ 2500-94 встановлює поняття границі максимуму і мінімуму матеріалу.

Границя **максимуму** матеріалу – це є термін, який відноситься до того з граничних розмірів, якому відповідає найбільший об’єм матеріалу, тобто найбільшому граничному розміру вала $d_{\max}$ або найменшому граничному розміру отвору $D_{\min}$.

Границя **мінімуму** матеріалу – це є термін, який відноситься до того з граничних розмірів, якому відповідає найменший об’єм матеріалу, тобто найменшому граничному розміру вала $d_{\min}$ або найбільшому граничному розміру отвору $D_{\max}$.

1.3.3 Граничні відхилення

Граничні розміри на кресленні деталі безпосередньо не задаються, бо над розмірними лініями вказувати одночасно три числа практично незручно.

Після номінального розміру записують граничні відхилення - алгебраїчну різницю між граничними і відповідним номінальним розмірами. Розрізняють верхнє та нижнє граничні відхилення.

В е р х н є відхилення (ES, es) – це алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і відповідним йому номінальним розмірами (рис. 1.5):

$$\begin{aligned} \text{для отворів} \quad ES &= D_{\max} - D, \\ \text{для валів} \quad es &= d_{\max} - d \end{aligned} \quad (1.2)$$

Н и ж н є відхилення (EI, ei) - це алгебраїчна різниця між найменшим граничним і відповідним йому номінальним розмірами (рис. 1.5.):

$$\begin{aligned} \text{для отворів} \quad EI &= D_{\min} - D, \\ \text{для валів} \quad ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (1.3)$$

Крім того, для реальних деталей використовується термін **дійсне** відхилення – як алгебраїчна різниця між дійсним і відповідним йому номінальним розмірами.

Відхилення можуть бути додатними і від’ємними. Через граничні відхилення граничні розміри можна записати:

$$\begin{aligned} \text{для отворів} \quad D_{\max} &= D + ES, \\ D_{\min} &= D + EI, \end{aligned} \quad (1.4)$$

для валів $d_{\max} = d + es$,

$$d_{\min} = d + ei. \quad (1.5)$$

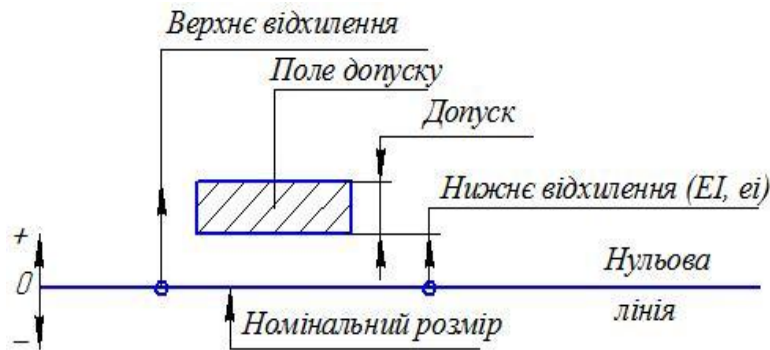


Рисунок 1.5 – Графічне зображення поля допуску

На практиці частіше користуються виразами (1.4), (1.5) бо в таблицях ЄСДП задаються граничні відхилення, а граничні розміри обчислюють.

Правила нанесення граничних відхилень розмірів встановлені ДСТУ 2.307-94. Відхилення, які вказані в цифровому виразі записуються безпосередньо після номінального розміру в долях міліметра і обов'язково із знаком, наприклад:

а) $10 \pm 0,2$ - при симетричному розташуванні відхилення вказуються одним числом із знаками $\pm$ шрифтом того ж розміру (тут $es = + 0,2$ мм, а $ei = - 0,2$ мм;

б) $10^{+0,2}_{-0,1}$, $10^{+0,5}_{+0,1}$, $10^{-0,1}_{-0,5}$ – верхнє відхилення наноситься вгорі, а нижнє - внизу справа від номінального розміру;

в) $10^{+0,2}_{-0,5}$ – відхилення рівні нулю не вказуються;

г) $10^{-0,01}_{-0,05}$, $10^{-0,010}_{-0,055}$ – відхилення повинні мати після коми найменшу або однакову кількість знаків.

1.3.4. Допуски і поле допуску

Мірою точності виготовлення розмірів є допуск. В широкому значенні допуск - це діапазон допустимих відхилень дійсних значень вимірюваної величини (розміру, маси, потужності і т. ін.).

Діапазон коливання дійсних розмірів поверхні реальної деталі обмежується граничними розмірами (див. (1.1)).

для отворів $D_{\min} \leq D_o \leq D_{\max}$,

для валів $d_{\min} \leq d_o \leq d_{\max}$

Тому визначення терміну «допуск» в ЄСДП відповідає способу його обчислення.

Д о п у с к (Т) – це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами - або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями (див. рис.1.5):

для отворів $T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$;

для валів $T_d = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$ (1.6)

Стандартні допуски, тобто будь-які допуски, які встановлені стандартами ЄСДП (див. табл. 1.2), позначають ІТ.

Допуск завжди є додатнім. Величина допуску впливає на собівартість деталі: чим більша величина допуску, тим легше і дешевше-виготовити деталь, і навпаки, чим менша величина допуску, тим важче і дорожче виготовити її. Тому конструктор, назначаючи допуски, повинен знаходити оптимальні величини допусків, які задовольняли б вимоги до експлуатації, а також вимоги до виробництва деталі з найменшими затратами.

Одинакові номінальні розміри з однаковими допусками можуть мати різні граничні розміри, тобто різні границі діапазону коливання дійсних розмірів, наприклад:

$$d_1 = 10_{-0,04}, d_2 = 10_{+0,01}^{+0,05}, 10 \pm 0,2.$$

Допуски цих трьох розмірів однакові. Якісну різницю таких допусків найкраще ілюструвати при допомозі полів допусків.

Для спрощення допуски можна зображати графічно відносно нульової лінії (див. рис. 1.6). При цьому вісь деталі завжди розташовують під схемою (на рис.1.6 не показана).

Нульова лінія – це лінія, яка відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхилення розміру при графічному зображенні поля допуску. Якщо нульова лінія розташована горизонтально, то додатні відхилення відкладаються вгору від неї, а від’ємні - вниз.

Поле допуску – це поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами і визначене величиною допуску та його розташуванням відносно номінального розміру. При графічному зображенні поле допуску замкнено між двома лініями, які відповідають верхньому та нижньому відхиленням відносно нульової лінії.

На схемах графічного зображення полів допусків розміри задають в міліметрах, а відхилення та допуск - в мікрометрах.

Поля допусків валів d_1, d_2, d_3 зображені на рис.1.6. На цій схемі наглядно видно, що розміщення поля допуску розміру відносно нульової лінії (номінального розміру), визначається величиною і знаками граничних відхилень.

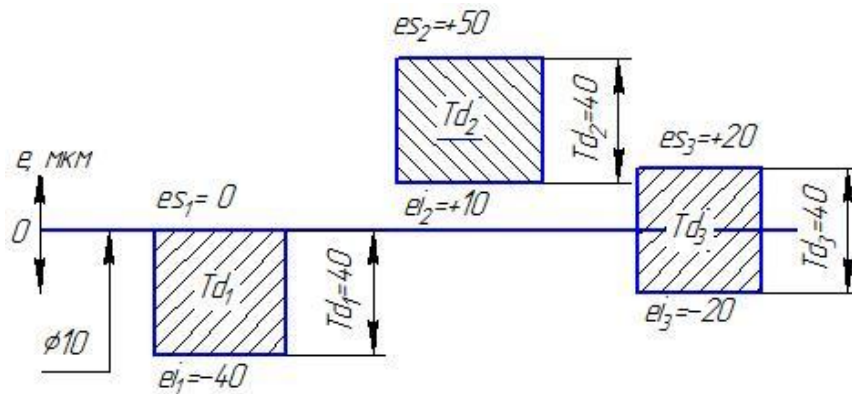


Рисунок 1.6 – Графічне зображення полів допусків валів d_1, d_2, d_3 з однаковими величинами допусків, але різними граничними розмірами

1.3.5 Посадки

У машинах і механізмах деталі працюють, як правило, в з'єднаннях. Залежно від експлуатаційних вимог та особливостей конструкції, складання з'єднань виконують з різними посадками.

П о с а д к о ю називають характер з'єднання двох деталей, який визначається різницею їх розмірів до складання.

Номінальний розмір посадки є номінальним розміром отвору і вала, які складають з'єднання (тобто для посадки $D = d$). Допуск посадки ($T_S, T_N, T_{S,N}$) представляє собою суму допусків отвору і вала, які входять в з'єднання.

В з'єднаннях, при посадці деталей, можуть виникати зазори або натяги.

З а з о р (S) представляє собою різницю між розмірами отвору і вала, якщо розмір отвору більший від розміру вала. Для дійсних розмірів деталей посадки з зазором визначають дійсний зазор :

$$S_o = D_o - d_o$$

(1.7)

Н А Т Я Г (N) представляє собою різницю між розмірами вала і отвору, якщо розмір вала більший від розміру отвору. Коли відомі дійсні розміри вала і отвору, можна обчислити дійсний натяг в з'єднанні:

$$N_o = d_o - D_o \quad (1.8)$$

Натяг можна визначити як від'ємну різницю між розмірами отвору і вала за (1.7).

Залежно від взаємного розташування полів допусків отвору і вала посадки можуть бути трьох типів: з зазором (рис.1.7), з натягом (рис.1.8) і перехідні (рис.1.9).

Посадки з зазором

Посадка з зазором є посадкою, при якій в з'єднанні завжди утворюється зазор, тобто найменший граничний розмір отвору $D_{\min}$ є більшим від найбільшого граничного розміру вала $d_{\max}$ або дорівнює йому. При графічному зображенні поле допуску отвору буде розташоване над полем допуску вала (див. рис.1.7)

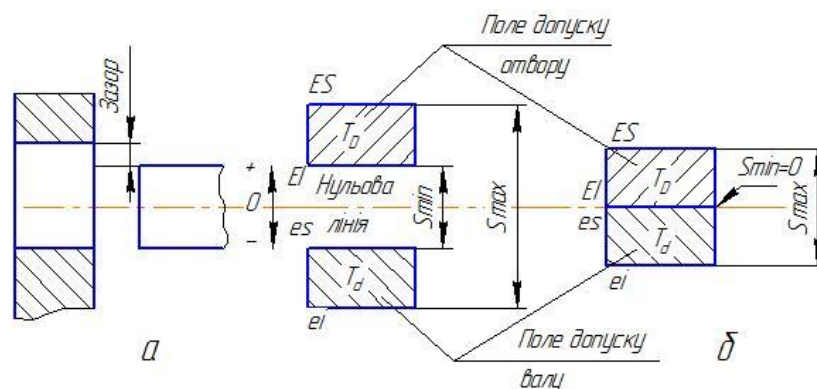


Рисунок 1.7 – Посадка з зазором

- а) зазор між отвором і валом;
- б) схема розташування полів допусків посадки з зазором

Постільки деталі, які поступають на складання, виготовлені з відхиленнями, величина дійсного зазору S_d в окремих з'єднаннях буде різною. Придатне з'єднання в граничних випадках може мати зазор, величина якого знаходиться між значеннями граничних зазорів $S_{\max}$ і $S_{\min}$:

$$S_{\min} \leq S_d \leq S_{\max}$$

(1.9)

Характеристики посадки з зазором:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei, \\ S_{\min} &= D_{\min} - d_{\max} = EI - es \end{aligned}$$

(1.10)

Характеристики посадок з зазором показані на числовій осі вліво від точки "0", яка відділяє зазори і натяги (рис.1.10). В зв'язку з тим, що дійсний зазор посадки з зазором може коливатись в діапазоні (1.9), визначають допуск зазору або допуск посадки:

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} = T_D - T_d$$

(1.11)

Посадки з натягом

Посадка, з натягом є посадкою, при якій в з'єднанні завжди утворюється натяг, тобто найбільший граничний розмір отвору є меншим найменшого граничного розміру вала або рівний йому. При графічному

зображенні поле допуску отвору розташовується під полем допуску вала (рис.1.8).

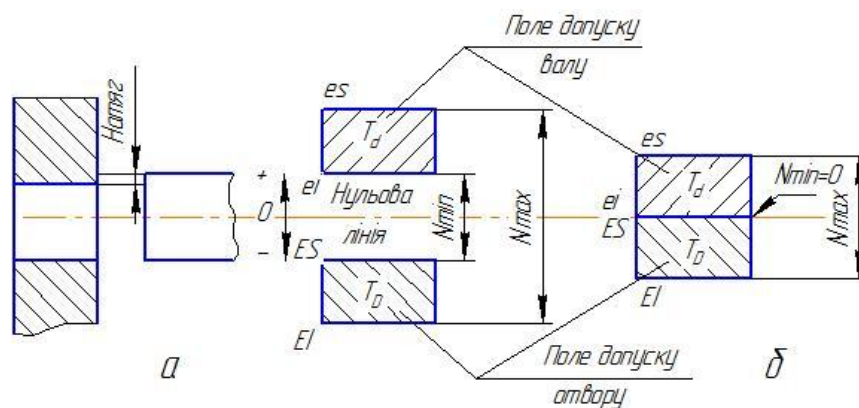


Рисунок 1.8 – Посадка з натягом

- а) натяг між отвором і валом;
- б) схема розташування полів допусків посадки з натягом

Аналогічно до посадок з зазором, в посадках з натягом величина дійсного натягу в окремих з'єднаннях буде різною. Придатне з'єднання в граничних випадках може мати натяг, величина якого знаходиться між значеннями граничних натягів

$$N_{\min} \leq N_{\bar{a}} \leq N_{\max}$$

(1.12)

Характеристики посадки з натягом:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI ,$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES$$

(1.13)

Характеристики посадок з натягом показані на числовій осі вправо від точки "0", яка відділяє зазори і натяги (рис.1.10).

Довжина діапазону розсіяння значень натягів оцінюється допуском

натягу (тобто допуском посадки з натягом) :

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} = T_D + T_d \quad (1.14)$$

Перехідні посадки

Перехідна посадка є посадкою, при якій можливо отримувати як зазор, так і натяг в з'єднанні, залежно від дійсних розмірів отвору і вала. При графічному зображенні поля допусків отвору і валу перекриваються повністю або частково (рис.1.9).

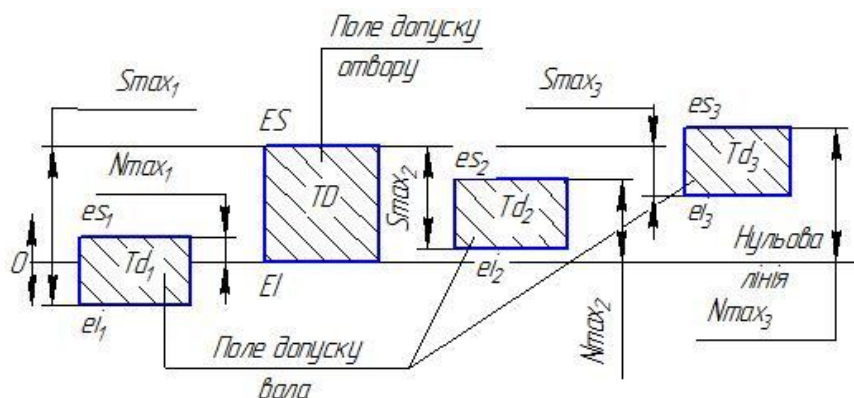


Рисунок 1.9 – Схема розташування полів допусків перехідної посадки

В окремих з'єднаннях перехідної посадки дійсний зазор буде коливатись в межах :

$$0 \leq S_o \leq S_{\max} , \quad (1.15)$$

а дійсний натяг - в межах :

$$0 \leq N_o \leq N_{\max} \quad (1.16)$$

Характеристиками перехідної посадки є $S_{\max}$ і $N_{\max}$:

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= D_{\max} - d_{\min} = ES - ei, \\
 N_{\max} &= d_{\max} - D_{\min} = es - EI
 \end{aligned}
 \tag{1.17}$$

З нерівностей (3.15) і (3.16) видно, що для перехідних посадок найменший зазор і натяг рівні нулю :

$$S_{\min} = N_{\min} = 0$$

(1.18)

На числовій осі (див. рис.1.10) характеристики перехідних посадок знаходяться в околі точки "0". Діапазон коливання дійсних зазорів-натягів обмежується вліво $S_{\max}$, а вправо – $N_{\max}$.

Довжина діапазону розсіювання дійсних зазорів-натягів перехідної посадки складається з двох частин (див.рис.1.10): $S_{\max} \dots 0$ і $0 \dots N_{\max}$. Тому допуск перехідної посадки як довжина діапазону коливання зазорів-натягів дорівнює:

$$T_{S,N} = S_{\max} + N_{\max} = T_D + T_d$$

(1.19)

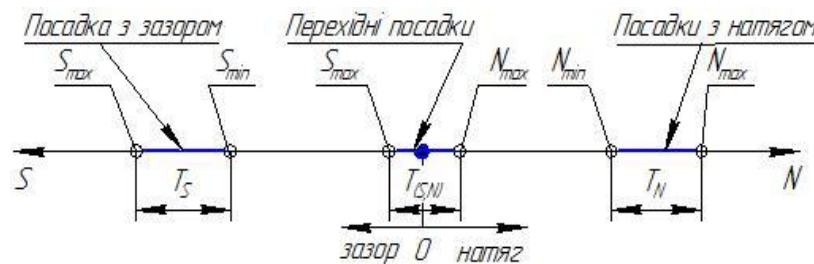


Рисунок 1.10 - Характеристики типів (груп) посадок

ЗАДАЧА 1.3

Для з'єднання з номінальним розміром $\varnothing 10$ мм задані величини (див. варіанти задачі № I, 2, ... 16). Необхідно:

- а) визначити граничні відхилення розмірів отвору і вала ;
- б) записати граничні відхилення після номінального розміру, дотримуючись вимог ДСТУ 2.307 - 94;
- в) побудувати схему розташування полів допусків посадки;
- г) визначити характеристики та допуск отриманої посадки;
- д) обчислити:

- для варіантів № I, ...8 – границі максимуму матеріалу деталей;

- для варіантів № 9... 16 – границі мінімуму матеріалу деталей.

Варіанти задачі 3

1. $T_D = T_d = 0,04$ мм, $es = 0$, $S_{\max} = 0,01$ мм.
2. $T_D = 0,05$ мм, $T_d = 0,04$ мм, $EI = 0$, $S_{\max} = 0,07$ мм.
3. $T_D = 0,06$ мм, $T_d = 0,04$ мм, $|EI| = |ES|$, $N_{\min} = 0,02$ мм.
4. $T_D = 0,1$ мм, $T_d = 0,06$ мм, $|ei| = |es|$, $S_{\min} = 0,01$ мм.
5. $T_D = 0,05$ мм, $T_d = 0,04$ мм, $es = 0$, $N_{\max} = 0,09$ мм.
6. $T_D = 0,04$ мм, $T_d = 0,03$ мм, $EI = 0$, $S_{\max} = 0,12$ мм.
7. $T_D = 0,12$ мм, $T_d = 0,1$ мм, $es = 0$, $N_{\max} = 0,1$ мм.
8. $T_D = T_d = 0,07$ мм, $EI = 0$, $N_{\min} = 0,04$ мм.
9. $T_D = 0,2$ мм, $T_d = 0,15$ мм, $|EI| = |ES|$, $S_{\max} = 0,25$ мм.
10. $T_D = 0,1$ мм, $T_d = 0,08$ мм, $|ei| = |es|$, $N_{\max} = 0,16$ мм.
11. $T_D = T_d = 0,08$ мм, $es = 0$, $N_{\max} = 0,04$ мм.
12. $T_D = 0,06$ мм, $T_d = 0,04$ мм, $EI = 0$, $S_{\max} = 0,06$ мм.
13. $T_D = T_d = 0,06$ мм, $es = 0$, $N_{\min} = 0,04$ мм.
14. $T_D = 0,1$ мм, $T_d = 0,07$ мм, $EI = 0$, $S_{\max} = 0,03$ мм.

15. $T_D = 0,14$ мм, $T_d = 0,12$ мм, $|EI|=|ES|$, $S_{\min} = 0,02$ мм.

16. $T_D = T_d = 0,07$ мм, $|ei|=|es|$, $S_{\max} = 0,02$ мм.

1.3.6 Нормальна температура

Допуски і граничні відхилення, встановлені в стандартах ЕСДП (див.табл.1.2), відносяться до розмірів деталей при температурі 20⁰С.

1.4 Побудова таблиці числових значень допусків

Стандарт ДСТУ 2500-94 встановлює допуски для розмірів до 3150 .(див. табл. 1.2). Для побудови цієї таблиці введені терміни одиниці допуску та квалітету.

Кожен допуск в таблиці числових значень допусків ДСТУ 2500-94 визначені так:

$$T = i * k \quad (1.20)$$

де i, I – одиниця допуску;

k – число одиниць допуску для кожного рівня точності(квалітету), коефіцієнт.

Одиниця допуску встановлює зв'язок величини допуску з номінальним розміром, а коефіцієнт k – з рівнем точності виготовлення розміру.

1.4.1 Одиниця допуску

О д и н и ц я д о п у с к у (i, I) представляв собою множник у формулі допуску (1.19), який є функцією номінального розміру і використовується для визначення числового значення допуску.

На основі досліджень точності механічної обробки деталей з металу для

систем допусків і посадок ІСО та ЄСДП встановлені одиниці допуску залежно від діапазону розмірів.

Для діапазону розмірів до 500 мм ($D \leq 500$ мм) одиницю допуску позначають « i » та розраховують по формулі:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_i} + 0,001D_i \text{ мкм},$$

(1.21)

для діапазону розмірів понад 500 до 3150 мм ($500 < D \leq 3150$ мм) одиницю допуску позначають "I" та розраховують по формулі:

$$I = 0,004D_i + 2,1 \text{ мкм}.$$

(1.22)

Щоб таблиця стандартних допусків (див. табл. 1.2) була компактною, допуски по формулі (1.20) обчислені не для кожного номінального розміру зокрема, а для окремих інтервалів розмірів.

У формулах одиниці допуску (1.21) і (1.22) D_i – середнє геометричне значення з крайніх значень кожного інтервалу номінальних розмірів у міліметрах:

$$D_i = \sqrt{D_{i\min} \cdot D_{i\max}},$$

(1.23)

де $D_{i\max}, D_{i\min}$ – граничні значення розмірів інтервалу розмірів у міліметрах.

Для інтервалу до 3 мм приймається $D_i = \sqrt{3}$.

Другий член у рівнянні (1.21) враховує похибки вимірювання.

Діапазон розмірів $D \leq 500$ мм поділений на 13 основних інтервалів, які

доповнені проміжними інтервалами починаючи з номінальних розмірів понад 10 мм. Проміжні інтервали поділяють кожен основний на два або три.

Діапазон розмірів $500 < D \leq 3150$ мм включає 8 основних інтервалів, які доповнені такою ж кількістю проміжних інтервалів. Тобто, кожен основний інтервал включає два проміжних.

З двох границь інтервалу номінальних розмірів тільки верхня ($D_{i\max}$) включена в даний інтервал. Розмір, що дорівнює $D_{i\min}$, відноситься до попереднього інтервалу. Наприклад, розмір 50 мм відноситься до інтервалу понад 30 до 50 мм.

Формули (1.20) і (1.21) є емпіричними, тобто виражають вплив величини розміру на величину допуску. Значення D_i у формули підставляють у міліметрах, а одиниці допуску присвоюється розмірність мікрометра.

Одиниці допуску (i, I) обчислені для **о с н о в н и х і н т е р в а л і в**. Стандартні значення одиниць допуску, за якими визначено стандартні допуски ІТ представлені в табл. 1.3.

В таблиці 1.2 числових значень стандартних допусків ІТ у кожному вертикальному стовпчику вибраного рівня точності (квалітету) величини допусків зростають пропорційно одиниці допуску, обчислений для кожного основного інтервалу.

Таблиця 1.2 – Числові значення допусків 6-го по 18 квалітет (за ДСТУ 2500-94)

Інтервал номінальних розмірів, мм		Квалітет												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Пона д	до	МКМ						ММ						
	3	6	10	14	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,00	1,40
3	6	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,20	1,80
6	10	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,90	1,50	2,20
10	18	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,10	1,80	2,70
18	30	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,30	2,10	3,30
30	50	16	25	39	62	100	160	0,26	0,39	0,62	1,00	1,60	2,50	3,90
50	80	19	30	46	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,90	3,00	4,60
80	120	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,00	3,50	5,40
120	180	25	40	63	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,50	4,00	6,30
180	250	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,90	4,60	7,20
250	315	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,20	5,20	8,10
315	400	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,00	6,70	8,90
400	500	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,00	6,30	9,70
500	630	44	70	110	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,40	7,00	11,0
630	800	50	80	125	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	5,00	8,00	12,0
800	1000	56	90	140	230	360	560	0,90	1,40	2,30	3,50	5,60	9,00	14,0
1000	1250	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,60	4,20	6,60	10,0	16,5
1250	1600	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,10	5,00	7,80	12,0	19,5
1600	2000	92	150	230	370	600	920	1,50	2,30	3,70	6,00	9,20	15,0	23,0
2000	2500	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,80	4,40	7,00	11,0	17,0	28,0
2500	3150	135	210	330	540	860	1350	2,10	3,30	5,40	8,60	13,0	21,0	33,0

Таблиця 1.3 – Одиниці допуску ЄСДП

Інтервал розмірів, мм	До 3	Понад 3 до 6	Понад 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50	Понад 50 до 80	Понад 80 до 120	Понад 120 до 180	Понад 180 до 250
<i>i</i> одиниця допуску, МКМ	0,55	0,73	0,9	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,90

Продовження табл.1.3

[illegible]

розмірів, мм	250до 315	315 до 400	400 до 500	500 до 630	630 до 800	800 до 1000	1000 до1250	1250 до1600	1600 до2000	2000 до2500
<i>i</i> одини- ця до- пуску, МКМ	3,23	3,54	3,89	4,34	4,93	5,68	6,57	7,76	9,25	11,04

1.4.2 Квалітети

У кожному механізмі деталі різного призначення виготовляють з певною точністю. Для нормування рівнів точності в ЄСДП встановлені квалітети.

Квалітет – це сукупність допусків, які характеризуються постійною відносною точністю (коефіцієнтом k) для всіх номінальних розмірів:даного діапазону розмірів. В границях одного квалітету величина допуску змінюється тільки в залежності від номінального розміру.

Стандарт ДСТУ 2500-94 встановлює: 20 квалітетів : 01, 0, I, 2,...18. Допуски по квалітетах позначаються поєднанням великих букв латинського алфавіту "IT" з порядковим номером квалітету. Наприклад, IT01, IT6, IT14 і т.д.

Окремі групи квалітетів мають певне призначення. Квалітети IT01, IT0 та IT1 застосовують для призначення допусків на виготовлення плоско-паралельних мір довжини і контрольних калібрів. Квалітети IT2 - IT5 застосовують переважно для виготовлення робочих калібрів, а також деталей особливо точних виробів, наприклад, деталей вимірювальних приладів. В загальному машинобудуванні для деталей посадок використовують квалітети IT6 – IT11. Найбільш грубі квалітети вживають для призначення міжопераційних допусків і допусків неспряжуваних (вільних) розмірів.

Для побудови рядів допусків ЄСДП кожному квалітетові встановлюється певне значення числа одиниць допуску k , табл. 1.4.

Значення k , починаючи з квалітету IT5, приблизно відповідають геометричній прогресії з знаменником 1,6. Таким чином, величини допусків в кожному інтервалі розмірів (горизонтальному рядку, табл. 1.4) залежать від квалітету, зростаючи приблизно в 1,6 раза при переході від квалітету до квалітету.

Таблиця 1.4 – Числа одиниць допуску для квалітетів ІТ6–ІТ18 (за ДСТУ 2500-94)

Квалітети	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число одиниць допуску k	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

ЗАДАЧА 1.4

Обчислити величину допуску для заданих варіантом інтервалу розмірів і квалітету. Порівняти обчислений допуск з стандартним допуском ІТ в табл.

1.2

Варіанти задачі 4:

Варіант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Інтервал розмірів	Понад	30	315	1600	50	180	2500	80	400	1000	18	250	2000	18	120	1250	10
	До	50	400	2000	80	250	3150	120	500	1250	30	315	2500	30	180	1600	18
Квалітет		ІТ 11	ІТ 8	ІТ 10	ІТ 16	ІТ 10	ІТ 14	ІТ 13	ІТ 6	ІТ 12	ІТ 9	ІТ 8	ІТ 16	ІТ 15	ІТ 11	ІТ 7	ІТ 17

1.5. Числові значення основних відхилень

У системі допусків і посадок ЄСДП різні варіанти полів допусків для розмірів деталей отримують шляхом поєднання варіантів основних відхилень і стандартних допусків.

О с н о в н и м відхиленням називають одне з двох граничних відхилень (верхнє або нижнє), яке визначає розташування поля допуску відносно нульової лінії. В ЄСДП основним є відхилення, ближче до нульової лінії.

На рис. 1.5 основним відхиленням є нижнє граничне відхилення (EI, ei). Для всіх полів допусків, що розташовані вище від нульової лінії, основним є нижнє відхилення (EI, ei), а для полів допусків, що розташовані нижче нульової лінії, основним є верхнє відхилення (ES, es), див. рис. 1.11.

За основним відхиленням і величиною допуску можна визначити друге граничне відхилення (віддалене відхилення), яке обмежує поле допуску з другої сторони. Для цього потрібно розв'язати рівняння (1.6) відносно невідомого віддаленого відхилення.

1.5.1 Основні відхилення отворів

Основні відхилення отворів позначаються великими буквами латинського алфавіту (A, B, ...ZC). В ЄСДП передбачено 27 варіантів основних відхилень отворів. Числові значення основних відхилень отворів представлені в табл. 1.5, а схема розташування – на рис. 1.12.

Стандартне поле допуску отвору позначається поєднанням букви (букв) основного відхилення отвору і порядкового номеру квалітету. Позначення поля допуску вказується після номінального розміру. Наприклад: 40H7, 40K8, 40AI2. Поле допуску розміру отвору характеризується двома відхиленнями : основним і віддаленим. Основне відхилення знаходять по табл.1.6, допуск залежно від квалітету – по табл. 1.2., а віддалене граничне відхилення обчислюється з рівняння (1.6), враховуючи знак основного відхилення.

Приклад. (див. рис. 1.11).

Визначимо граничні відхилення поля допуску отвору $D = \varnothing 40K7$ Допуск $\varnothing 40$ квалітету IT7 (див.табл.1.2): $T_D = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$. Основне відхилення для $\varnothing 40$ варіанту "K" (див.табл.1.5) – це верхнє відхилення $ES = -2 + \Delta$, мкм, де $\Delta = + 9$ мкм для квалітету IT7. $ES = - 2 + 9 = + 7 \text{ мкм} = + 0,007 \text{ мм}$.

Визначаємо віддалене граничне відхилення, розв'язуючи рівняння (3.6):

$$T_D = ES - EI :$$

$$EI = ES - T_D = +0,007 - (+0,025) = -0,018 \text{ мм}.$$

Таким чином, $D = \varnothing 40K7 \left(\begin{smallmatrix} +0,007 \\ -0,018 \end{smallmatrix} \right)$ або $D = \varnothing 40 \left(\begin{smallmatrix} +0,007 \\ -0,018 \end{smallmatrix} \right)$.

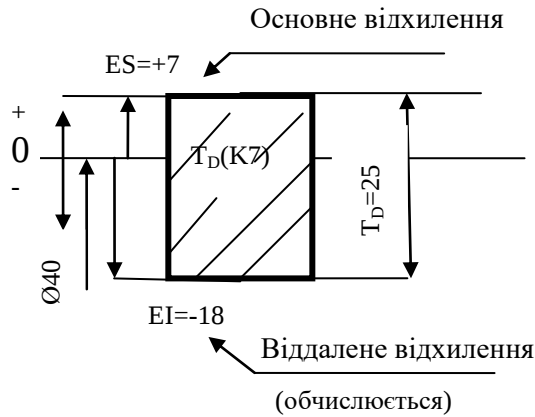


Рисунок 1.11 - Граничні відхилення отвору $\varnothing 40K7$

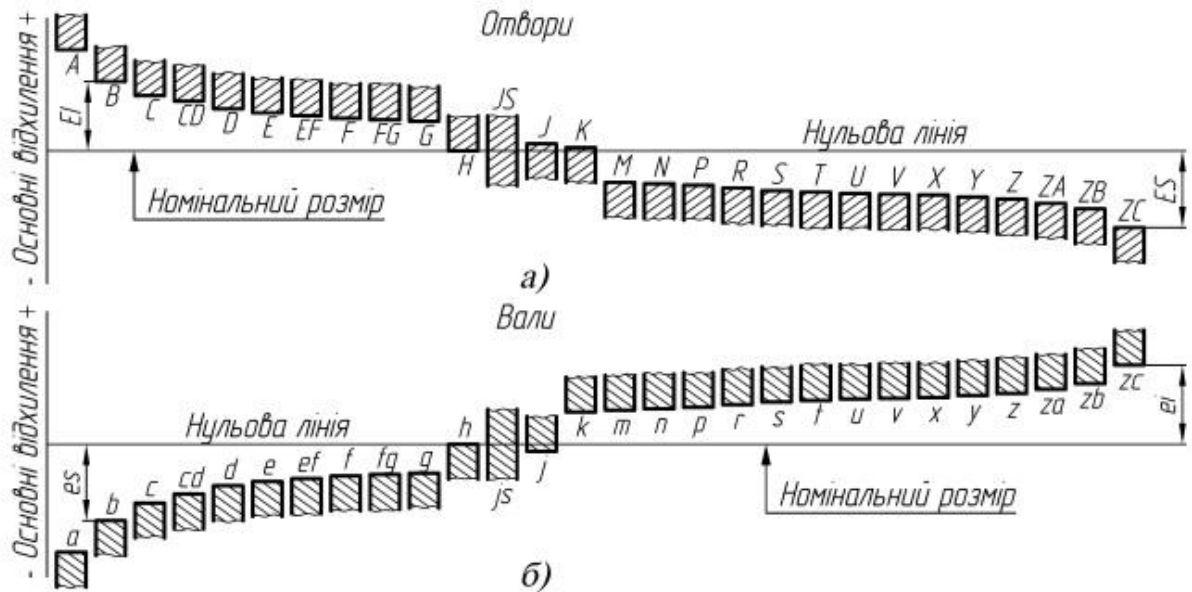


Рисунок 1.12 - Схема розташування і позначення основних відхилень

У стандарті ДСТУ 2500-94 передбачена можливість побудувати велику кількість варіантів полів допусків отворів, враховуючи 27 варіантів основних відхилень і число квалітетів 20. Серед цих варіантів є отвір, який носить назву "основний отвір".

Таблиця 1.5 - Числові значення основних відхилень отворів (діапазон розмірів $D \leq 500$ мм), мкм

Інтервал розмірів, мм		Основні відхилення											
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js
понад	до	Основне відхилення EI (для всіх квалітетів)											
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	Граничні відхилення $\pm IT_n/2$, де n – порядковий номер квалітету
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
10	14	+290	+150	+95	-	+50	+32	-	+16	-	+6	0	
14	18												
18	24	+300	+160	+110	-	+65	+40	-	+20	-	+7	0	
24	30												
30	40	+310	+170	+120	-	+80	+50	-	+25	-	+9	0	
40	50	+320	+180	+130									
50	65	+340	+190	+140	-	+100	+60	-	+30	-	+10	0	
65	80	+360	+200	+150									
80	100	+380	+220	+170	-	+120	+72	-	+36	-	+12	0	
100	120	+410	+240	+180									
120	140	+460	+260	+200	-	+145	+86	-	+43	-	+14	0	
140	160	+520	+280	+210									
160	180	+580	+310	+230									
180	200	+660	+340	+240	-	+170	+100	-	+50		+15	0	
200	225	+740	+380	+260									
225	250	+820	+420	+280									
250	280	+820	+480	+300	-	+190	+110	-	+56	-	+17	0	
280	315	+1050	+540	+330									
315	355	+1200	+600	+360	-	+210	+125	-	+62	-	+18	0	
355	400	+1350	+680	+400									
400	450	+1500	+760	+440	-	+230	+135	-	+68	-	+20	0	
450	500	+1650	+840	+480									

Продовження табл.1.5

Інтервал розмірів, мм		Основні відхилення (верхнє відхилення ES)														
		J			K		M		N		P-ZC	P	R	S	T	
		для квалітетів											Для квалітетів вище 7			
Понад	до	6	7	8	до8	в8	до8	в8	до8	в8	до7	Відхилення як для квалітетів вищих 7-го, збільшене на Δ	-6	-10	-14	-
-	3	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	0		-12	-15	-19	-
3	6	+5	+6	+10	-1+ Δ	-	-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0	0		-15	-19	-23	-
6	10	+5	+8	+12	-1+ Δ	-	-4+ Δ	-6	-10+ Δ	0			-18	-23	-28	-
10	14	+6	+10	+15	-1+ Δ	-	-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0			-22	-28	-35	-
14	18															-41
18	24	+8	+12	+20	-2+ Δ	-	-8+ Δ	-8	-15+ Δ	0			-26	-34	-43	-48
24	30															-54
30	40	+10	+14	+24	-2+ Δ	-	-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0			-32	-41	-53	-66
40	50														-75	
50	65	+13	+18	+28	-2+ Δ	-	-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0		-37	-51	-71	-91	
65	80														-104	
80	100	+16	+22	+34	-3+ Δ	-	-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0		-43	-63	-92	-122	
100	120												-66	-100	-134	
120	140	+18	+26	+41	-3+ Δ	-	-15+ Δ	-15	-27+ Δ	0			-68	-108	-146	
140	160															
160	180															
180	200	+22	+30	+47	-4+ Δ	-	-17+ Δ	-17	-31+ Δ	0		-50	-77	-122	-166	
200	225												-80	-130	-180	
													-84			

225	250													-140	-196
250	280	+25	+36	+55	-4+ Δ	-	-20+ Δ	-20	-34+ Δ	0			-56	-94	-158
280	315												-98	-170	-218
315	355	+29	+39	+60	-4+ Δ	-	-21+ Δ	-21	-37+ Δ	0			-62	-108	-190
355	400												-114	-208	-268
400	450	+33	+43	+66	-5+ Δ	-	-23+ Δ	-23	-40+ Δ	0			-68	-126	-232
450	500												-132	-252	-330
														-360	

Продовження табл.1.5

Інтервал розмірів, мм		Основні відхилення (верхнє відхилення ES)								Поправка Δ , мкм для квалітетів					
		U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
		для квалітетів вищих 7-го													
Понад	до	Верхнє граничне відхилення ES								3	4	5	6	7	8
-	3	-18		-20		-25	-32	-40	-60	0	0	0	0	0	0
3	6	-23	-	-28	-	-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6
6	10	-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7
10	14	-33	-	-40	-	-50	-64	-90	-130						
14	18		-39	-45		-60	-77	-108	-150	1	2	3	3	7	9
18	24	-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188						
24	30	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218	1,5	2	3	4	8	12
30	40	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-275						
40	50	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325	1,5	3	4	5	9	14
50	65	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405						
65	80	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480	2	3	5	6	11	16
80	100	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585						
100	120	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	2	4	5	7	13	19
120	140	-170	-202	-248	-300	-365	-460	-620	-800						
140	160	-190	-228	-280	-34-	-415	-535	-700	-900	3	4	6	7	15	23
160	180	-210	-252	-310	-380	-485	-600	-780	-1000						
180	200	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150						
200	225	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	17	25
225	250	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
250	280	-315	-380	-475	-580	-710	-920	-1200	-1560						
280	315	-330	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700	4	4	7	9	20	29
315	355	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900						
355	400	-435	-530	-660	-820	-1000	-1300	-1650	-2100	4	5	7	11	21	32
400	450	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400						
450	500	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600	5	5	7	13	23	34

Основний отвір – це отвір, основне (нижнє) відхилення якого дорівнює нулю: $EI = 0$. Позначається основне відхилення основ – отвору буквою H. Система містить 20 варіантів основних отворів: H01, H0, H1, ... H18. На базі основних отворів будується система посадок, яка носить назву "система отвору". На рис. 1.13 показана схема поля допуску 40H7 - основного твору IT7.

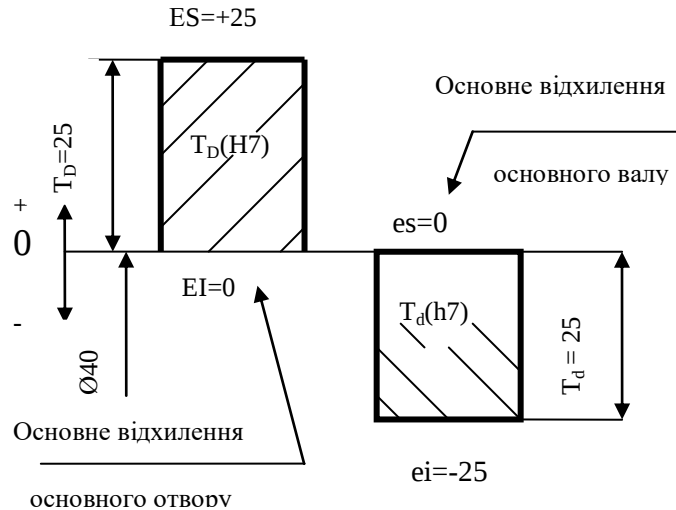


Рисунок 1.13 – Поля допусків основного отвору $\text{Ø}40H7$
і основного вала $\text{Ø}40h7$

ЗАДАЧА 1.5

Визначити граничні відхилення розмірів, побудувати поля допусків, використовуючи табл.1.2 та табл.1.5; варіанти:

- | | | | |
|------------|-------------|------------|------------|
| 1. 40H10; | 2. 50N8; | 3. 65K8; | 4. 10U8; |
| 5. 18K7; | 6. 30Z9; | 7. 40P6; | 8. 65T6; |
| 9. 120Js7; | 10. 160A10; | 11. 140B9; | 12. 160F7; |
| 13. 200C7; | 14. 250D8; | 15. 315G7; | 16. 355E9. |

5.2 Основні відхилення валів

Основні відхилення валів позначаються малими буквами латинського алфавіту (a, b, ...zc). В стандарті ДСТУ 2500-94 передбачено 27 варіантів основних відхилень валів. Числові значення основних відхилень валів дані в табл.1.6, а схема розташування і позначення – на рис. 1.12. Стандартне поле допуску вала позначається поєднанням букви (букв) основного відхилення вала і порядкового номера квалітету

Позначення поля допуску вказується після номінального розміру.
Наприклад: $40h7$, $40k6$, $40u8$

Поле допуску розміру вала характеризується двома відхиленнями: основним і віддаленим. Основне відхилення вала знаходять по табл.1.6, а допуск (залежно від квалітету) – по табл. 1.2. Віддалене граничне відхилення обчислюється з рівняння (1.6), враховуючи знак основного відхилення.

Приклад. (Див. рис.1.14).

Визначимо граничні відхилення поля допуску вала- $\varnothing 40k7$. Допуск IT7 для $\varnothing 40$ по табл.1.2: $T_d = 25 \text{ мкм} = 0,025 \text{ мм}$. Основне відхилення "k" для $\varnothing 40$ по табл. 1.6 – це нижнє відхилення $ei = +2 \text{ мкм} = +0,002 \text{ мм}$. Розв'язуємо рівняння (1.6) відносно невідомого віддаленого відхилення es : $es = T_d + ei = 0,025 + (+0,002) = +0,027$. Отримуємо $d = \varnothing 40k7 \left(\begin{smallmatrix} +0,027 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$ або $d = \varnothing 40 \begin{smallmatrix} +0,027 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$

Серед різних варіантів полів допусків валів одне поле називають "основний вал".

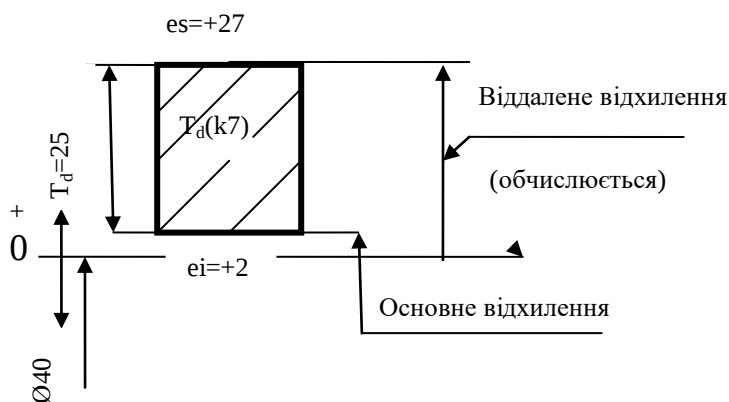


Рисунок 1.14 – Граничні відхилення вала $\varnothing 40k7$

О с н о в н и й в а л – це вал, основне відхилення (верхнє) якого дорівнює нулю: $es = 0$. Позначається основне відхилення основного вала буквою h . Система містить 20 варіантів основних валів: $h01$, $h0$, $h1$, ..., $h18$. На базі основних валів побудована система посадок, яка носить назву "система вала". На рис. 1.13 показана схема поля допуску основного вала

$\varnothing 40h7$.

ЗАДАЧА 1.6

Визначити граничні відхилення розмірів валів, використовуючи табл. 1.2 та табл. 1.6. Варіанти:

- | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1. $40a_{10}$; | 2. $50b_9$; | 3. $65c_7$; | 4. $10d_{12}$; |
| 5. $18e_8$; | 6. $30f_{11}$; | 7. $40g_8$; | 8. $65e_{10}$; |
| 9. $120k_9$; | 10. $160m_6$; | 11. $140r_8$; | 12. $160s_8$; |
| 13. $200t_8$; | 14. $250u_8$; | 15. $3151m_7$; | 16. $355x_7$. |

Таблиця 1.6 - Числові значення основних відхилень валів (діапазон розмірів $d \leq 500$ мм),мкм

Інтервал розмірів, мм		Основні відхилення es												Осн відхил. ei		
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		
														для квалітетів		
Понад	до	для всіх квалітетів												5,6	7	8
-	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Граничні відхилення $\pm IT_n/2$, де n – порядковий номер квалітету	-2	-4	-6
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4	-
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5	-
10	14	-290	-150	-95	-	-50	-32	-	-16	-	-6	0		-3	-6	-
14	18	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-4	-8	-
18	24	-300	-160	-110	-	-65	-40	-	-20	-	-7	0		-5	-10	-
24	30	-310	-170	-120	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-7	-12	-
30	40	-320	-180	-130	-	-80	-50	-	-25	-	-9	0		-9	-15	-
40	50	-340	-190	-140	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-11	-18	-
50	65	-360	-200	-150	-	-100	-60	-	-30	-	-10	0		-13	-21	-
65	80	-380	-220	-170	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-16	-26	-
80	100	-410	-240	-180	-	-120	-72	-	-36	-	-12	0		-18	-28	-
100	120	-460	-260	-200	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-20	-32	-	
120	140	-520	-280	-210	-	-145	-85	-	-43	-	-14	0	-22	-36	-	
140	160	-580	-310	-230	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-24	-40	-	
160	180	-660	-340	-240	-	-170	-100	-	-50	-	-15	0	-26	-44	-	
180	200	-740	-380	-260	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-28	-50	-	
200	225	-820	-420	-280	-	-190	-110	-	-56	-	-17	0	-30	-56	-	
225	250	-920	-480	-300	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-32	-64	-	
250	280	-1050	-540	-330	-	-210	-125	-	-62	-	-18	0	-34	-72	-	
280	315	-1200	-600	-360	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-36	-80	-	
315	355	-1350	-680	-400	-	-230	-135	-	-68	-	-20	0	-38	-90	-	
355	400	-1500	-760	-440	-	-250	-150	-	-75	-	-22	0	-40	-100	-	
400	450	-1650	-840	-480	-	-250	-150	-	-75	-	-22	0	-42	-110	-	

Продовження табл.1.6

Інтервал розмірів, мм		Основні відхилення еі												
		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
		для кваліт.												
Пон ад	до	від 4 до 7	до 3 вище 7	для всіх квалітетів										
-	3	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	-	+18		+20		+26
3	6	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	-	+23	-	+28	-	+35
6	10	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23	-	+28		+34		+42
10	14	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	-	+33	-	+40	-	+50
14	18										+39	+45		+60
18	24	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	-	+41	+47	+54	+63	+73
24	30								+41	+48	+55	+64	+75	+88
30	40	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112
40	50								+54	+70	+81	+97	+114	+136
50	65	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+120	+144	+172
65	80						+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210
80	100	+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258
100	120						+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310
120	140	+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365
140	160						+66	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415
160	180						+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465
180	200	+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520
200	225						+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575
225	250						+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640

250	280	+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710
280	315						+98	+170	+240	+330	+425	+525	+650	+790
315	355	+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900
355	400						+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000
400	450	+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+745	+920	+1100
450	500						+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250

1.6. Поля допусків і рекомендовані посадки

На базі стандарту ГОСТ 25346-89 розроблено ДСТУ 2500-94 "Поля допусків і рекомендовані посадки". Цей стандарт поширюється на гладкі елементи деталей з номінальними розмірами до 3150 мм і встановлює поля допусків для гладких деталей в посадках і неспряжуваних елементів.

Поля допусків валів і отворів, що містяться в стандарті ДСТУ 2500-94 є **рекомендованими**, тобто обмеженням відбором для загального застосування із усієї сукупності полів допусків, які можна отримати різним поєднанням основних відхилень і величин допусків.

Серед полів допусків, рекомендованих ДСТУ 2500-94, виділені поля допусків переважного застосування (виділені в рамках), які мають бути застосовувані на практиці в першу чергу. Такий підбір полів допусків створює умови для уніфікації та скорочення номенклатури різальних і вимірювальних інструментів та калібрів які випускаються на спеціалізованих заводах.

Поля допусків, які не включені в ДСТУ 2500-94, розглядаються як спеціальні. Їх застосування допускається лише в технічно та економічно **обґрунтованих** випадках.

У стандарті ДСТУ 2500-94 рекомендовані поля допусків у таблицях задаються за допомогою двох граничних відхилень: ES, EI – для отворів та es, ei – для валів. (Нагадуємо, що поля допусків задаються основними відхиленнями і величинами допусків; віддалене граничне відхилення обчислюється).

1.6.1 Способи утворення посадок

У стандарті ДСТУ 2500-94 є рекомендації з утворення посадок (рекомендовані посадки).

В машинах та механізмах деталі, як правило, працюють в з'єднаннях, які можуть бути рухомими (з зазором) або нерухомими (з натягом). Характер з'єднання визначається посадкою. Номінальний розмір по поверхнях з'єднання, яке утворює посадку, є однаковим для обох деталей і називається номінальним розміром з'єднання, а потрібний характер з'єднання досягається шляхом розташування полів допусків.

Стандарт ДСТУ 2500-94 містить велику кількість рекомендованих полів допусків валів та отворів, з яких можна утворити величезну кількість посадок.

Посадку позначають дробом після номінального розміру з'єднання. В чисельнику дробу вказують позначення поля допуску отвору (або граничні відхилення отвору), а в знаменнику – позначення поля допуску вала (або граничні відхилення вала).

Посадка може бути позначена одним з трьох способів: умовним, числовим і комбінованим (змішаним).

Умовні позначення посадок указують на складальних кресленнях та на робочих кресленнях, якщо передбачається застосовувати мірний різальний інструмент (розвертки, протяжки) і відповідні граничні калібри.

Приклади позначення: $\varnothing 40 \frac{H7}{k6}$ або $\varnothing 40H7/k6$.

Числові позначення граничних відхилень в посадках указують на робочих кресленнях деталей, якщо будуть застосовуватися універсальні вимірювальні засоби (в одиничному і дрібносерійному виробництві, при ремонтних роботах).

Приклад позначення: $\varnothing 40 \frac{+0,025}{+0,018} \frac{+0,002}{+0,002}$ граничні відхилення визначаються з таблиць ДСТУ 2500-94 значення вказують на робочих кресленнях в експериментальному виробництві, а також на складальних кресленнях, коли поверхні обробляють в процесі складання, наприклад, на поверхнях штифтових з'єднань.

Приклад позначення: $\varnothing 40 \frac{H7}{k6} \left(\frac{+0,025}{+0,018} \frac{+0,002}{+0,002} \right)$ Для досягнення різного характеру спряжень не доцільно змішувати поля допусків обох деталей. Стандарт рекомендує назначати посадки, як правило, в системі отвору або в системі вала.

1.6.1.1 Посадки системи отвору

Посадки системи отвору – це посадки, в яких необхідні зазори або натяги отримуються поєднанням різних полів допусків валів з полем допуску основного отвору (H01, H0, ... H18), див. рис. 1.15.

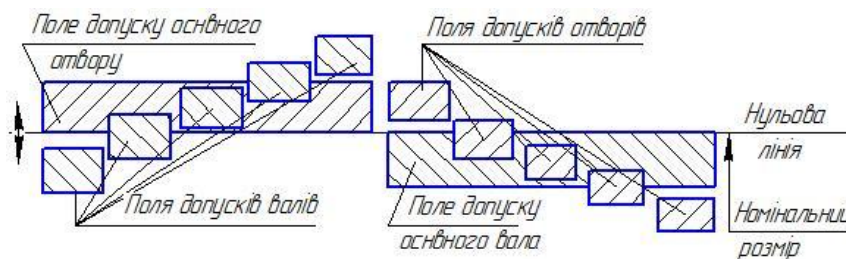


Рисунок 1.15 – Посадки системи отвору і системи вала

Приклади позначення посадок системи отвору:

$$\text{а) } \varnothing 40 \frac{H7}{g6} \text{ або } \varnothing 40 \frac{H7}{g6} \left(\frac{+0,025}{-0,009} \frac{-0,025}{-0,025} \right); \quad \text{б) } \varnothing 40 \frac{H7}{k6} \left(\frac{+0,025}{+0,018} \frac{+0,002}{+0,002} \right) \quad \text{в) } \varnothing 40 \frac{H7}{r6} \left(\frac{+0,025}{+0,050} \frac{+0,034}{+0,034} \right)$$

Схеми розташування полів допусків цих посадок показані на рис.1.16.

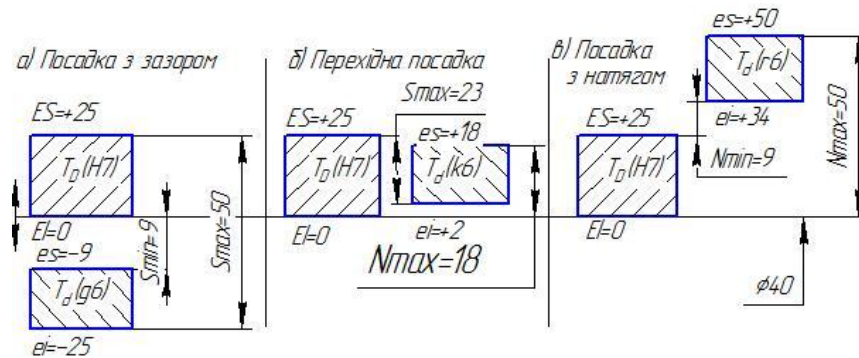


Рисунок 1.16 – Схема розташування полів допусків посадок

а) $\varnothing 40 \frac{H7}{g6}$; б) $\varnothing 40 \frac{H7}{k6}$; в) $\varnothing 40 \frac{H7}{r6}$

При однаковому діаметрі $\varnothing 40$ і однаковій точності отворів (IT7) та валів (IT6) різні значення зазорів чи натягів в системі отвору отримані зміною граничних розмірів валів, тобто зміщенням їх полів допусків відносно нульової лінії, не змінюючи при цьому виконавчих розмірів отвору (базової деталі).

Система отвору має переважне використання як більш економічна. Це обумовлюється меншою кількістю типорозмірів необхідного різального інструменту. Дійсно, для отримання трьох різних посадок системи отвору (див. рис. 1.16) різні за виконавчими розмірами вали ($\varnothing 40 g6$, $\varnothing 40 k6$, $\varnothing 40 r6$) обробляються тим самим різцем або шліфувальним кругом.

Посадки системи отвору при розмірах від 1 до 500 мм рекомендується ДСТУ 2500-94 (ГОСТ 25347-82) назначати відповідно до табл.1.7. У першу чергу треба вибирати посадки переважного застосування, вказані в прямокутних рамках.

Таблиця 1.7 - Рекомендовані посадки системи отвору при номінальних розмірах від 1 до 500 мм ДСТУ 2500-94

Осно- вний отвір	Основні відхилення валів															
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>js</i>	<i>k</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>
	Посадки															
<i>H5</i>							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$				
<i>H6</i>						$\frac{H6}{f5}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	
<i>H7</i>			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$ $\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js7}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$ $\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{s7}$
<i>H8</i>			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f7}$ $\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$ $\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$	
<i>H8</i>				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f9}$		$\frac{H8}{h9}$								
<i>H9</i>				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$ $\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}$ $\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}$ $\frac{H9}{h9}$								
<i>H10</i>				$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h9}$ $\frac{H10}{h10}$								
<i>H11</i>	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$								
<i>H12</i>		$\frac{H12}{b12}$						$\frac{H12}{h12}$								

1.6.1.2 Посадки системи вала

Посадки системи вала – це посадки, в яких необхідні зазори або натяги отримуються поєднанням різних полів допусків отворів з полем допуску основного вала ($h0I, h0, \dots, h18$), див. рис. 1.17.

Приклади позначення посадок системи вала:

а) $\varnothing 40 \frac{G7}{h6}$ або; б) $\varnothing 40 \frac{K7}{h6}$; в) $\varnothing 40 \frac{R7}{h6}$.

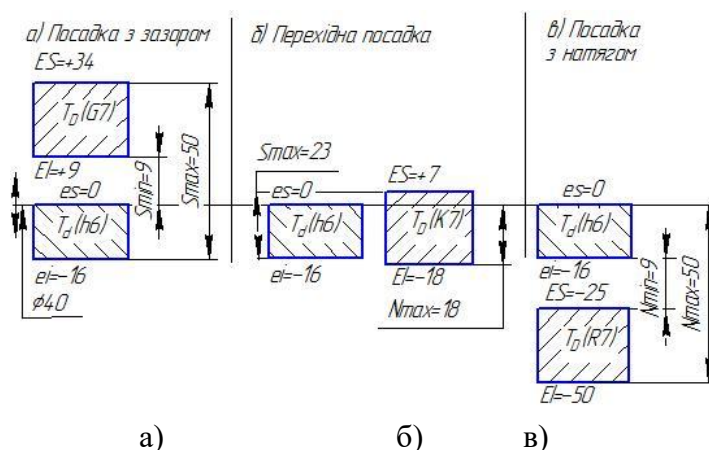


Рисунок 1.17 – Схема розташування полів допусків посадок

а) $\varnothing 40 \frac{G7}{h6}$; б) $\varnothing 40 \frac{K7}{h6}$; в) $\varnothing 40 \frac{R7}{h6}$.

При однаковому діаметрі $\varnothing 40$ і однаковій точності отворів (IT7) та валів (IT6) різні значення зазорів чи натягів у системі вала отримані зміною граничних розмірів отворів, тобто зміщенням їх полів допусків відносно нульової лінії, не змінюючи при цьому виконавчі розміри вала (базової деталі).

Застосування посадок системи вала викликає збільшення затрат на інструмент для обробки отворів. Дійсно, для отримання трьох різних посадок системи вала (див. рис. 1.17) різні за виконавчими розмірами отвори ($\varnothing 40G7, \varnothing 40K7, \varnothing 40R7$) потребують трьох різних вартісних зенкерів, розверток або протяжок.

Посадки системи вала при розмірах від 1 до 500 мм рекомендується ДСТУ 2500-94 назначати відповідно до табл. 1.8. У першу чергу рекомендується назначати посадки переважного застосування, вказані в прямокутних рамках.

1.6.1.3 Позасистемні посадки

При проектуванні машин і механізмів конструктор повинен, по можливості, призначати рекомендовані ДСТУ 2500-94 посадки. Якщо розрахункові зазори чи натяги не можна забезпечити рекомендованими посадками системи отвору або вала в технічно обґрунтованих випадках допускаються другі посадки, утворені полями допусків отворів та валів, які включені в стандарт. Такі посадки називають **п о з а с и с т е м н и м и** або комбінованими.

Таблиця 1.8 - Рекомендовані посадки в системі вала при номінальних розмірах від 1 до 500 мм ДСТУ 2500-94

Осно- вний вал	Основні відхилення отворів															
	A	B	C	D	E	F	G	H	JS	K	M	N	P	R	S	T
	Посадки															
<i>h4</i>							$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{Js5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$				
<i>h5</i>						$\frac{F6}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{Js6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$			
<i>h6</i>				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}$ $\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{Js7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$
<i>h7</i>				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{Js8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$				
<i>h8</i>				$\frac{D8}{h8}$ $\frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$ $\frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$ $\frac{F9}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$ $\frac{H9}{h8}$								
<i>h9</i>				$\frac{D9}{h9}$ $\frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h8}$ $\frac{H9}{h9}$ $\frac{H10}{h9}$								
<i>h10</i>				$\frac{D10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$								
<i>h11</i>	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$								
<i>h12</i>		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$								

При виборі позасистемної посадки стандарт рекомендує, щоб при неоднакових допусках отвору і вала більший допуск був у отвору, і допуски отвору та вала відрізнялись не більше, ніж на два квалітети. Приклади

позасистемних посадок: $\varnothing 40 \frac{K7}{k6}$, $\varnothing 40 \frac{K7}{e7}$, $\varnothing 40 \frac{E9}{p7}$

1.6.2 Вибір посадок

Стандарт ДСТУ 2500-94 рекомендує назначити посадки системи отвору або системи вала.

Необхідно чітко представляти, що вибір конкретної посадки в системі отвору або вала не змінює характеристики посадки (величини зазорів чи

натягів), а призводить лише до зміни граничних розмірів деталей (див. рис. 1.16 та 1.17 посадки а)).

Наприклад. Порівняємо характеристики посадок $\varnothing 40 \frac{H7}{g6}$ та $\varnothing 40 \frac{G7}{h6}$ системи отвору і системи вала відповідно. Ці посадки мають однакові характеристики $S_{\min} = 0,009$ мм, $S_{\max} = 0,050$ мм, $T_s = 0,041$ мм.

Системи отвору і вала зовсім рівноправні для застосування. Але в конкретних випадках для кожного з'єднання звичайно є ряд мотивів, в силу яких конструктор вирішує питання однозначно. Вибір системи утворення посадки визначається конструктивними, технологічними та економічними міркуваннями.

Систему вала застосовують в певних випадках: в з'єднаннях кількох отворів з гладким валом, використання валів з каліброваного прокату (валики, які застосовують без механічної обробки), з'єднання складальних одиниць, наприклад, підшипників кочення.

При утворенні стандартних (рекомендованих посадок), а також позасистемних посадок точність полів допусків отвору і вала назначається, як правило, однаковою, або при неоднакових допусках отвору і вала в посадці більший допуск має бути у отвору. Допуски отвору і вала можуть відрізнятися не більше, чим на два квалітети.

Наприклад:

Посадки системи отвору H8/e8 ; H7/k6; H8/f7 і т.д.

Посадки системи вала E8/h8; K7/h6; F8/h6 і т.д.

Позасистемні посадки E8/k6 ; F8/k7 і т.д.

ЗАДАЧА 1.7

Визначити граничні відхилення розмірів деталей, побудувати схему розташування полів допусків посадки. Визначити, як утворена посадка (система отвору, система вала чи позасистемна посадка), тип посадки та обчислити характеристики.

Варіанти:

- | | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. $\varnothing 50 H7 / js6$; | 2. $\varnothing 80 H7 / s6$; | 3. $\varnothing 120 H8 / z8$; |
| 4. $\varnothing 180 H8 / e8$; | 5. $\varnothing 250 F8 / h6$; | 6. $\varnothing 30 M7 / h6$; |
| 7. $\varnothing 100 K7 / h6$; | 8. $\varnothing 280 A11 / h11$; | 9. $\varnothing 18 E8 / k6$; |
| 10. $\varnothing 65 F8 / js6$; | 11. $\varnothing 150 R7 / k6$; | 12. $\varnothing 300 T7 / p6$; |
| 13. $200 \varnothing 40 E9 / k7$; | 14. $\varnothing 200 H8 / u8$; | 15. $\varnothing 315 U8 / h7$. |

ЗАДАЧА 1.8

Для гладкого циліндричного з'єднання з номінальним розміром 40мм задано величини: допуск отвору $T_D = 0,08$ мм, допуск вала $T_d = 0,10$ мм, найбільший граничний зазор $S_{\max} = 0,08$ мм..Посадка повинна бути утворена в системі основного отвору:

- 1) визначити граничні відхилення деталей (ES, es і EI, ei);
- 2) визначити граничні розміри деталей ($D_{\max}$, $D_{\min}$ і $d_{\max}$, $d_{\min}$);
- 3) побудувати схему розташування полів допусків деталей заданого спряження;
- 4) визначити тип (групу) посадки;
- 5) визначити другу характеристику посадки (одна з характеристик вказана в умові задачі);
- 6) визначити допуск посадки ($T_S, T_N, T_{(SN)}$);
- 7) зробити ескізи деталей і спряження, проставити розміри і граничні відхилення, дотримуючись вимог ДСТУ 2.307-94.

Розв'язок:

1. Визначення граничних відхилень деталей.

Якщо посадка утворена в системі основного отвору, то це повинна бути посадка, в якій різні зазори і натяги отримуються поєднанням різних полів допусків валів з основним отвором. Згідно ДСТУ 2500-94, основний отвір – це отвір, основне (нижнє) відхилення якого дорівнює нулю, тобто $EI = 0$.

Для визначення величини верхнього відхилення отвору використовуємо вираз допуску отвору:

$$T_D = ES - EI,$$

де $T_D = 0,08 \text{ мм}$ - допуск отвору в умові задачі;

$EI = 0 \text{ мм}$ - нижнє відхилення основного отвору.

Звідси верхнє відхилення отвору дорівнює:

$$ES = T_D + EI = 0,08 + 0 = 0,08 \text{ мм}$$

Таким чином, для отвору $D = \varnothing 40^{+0,08}$.

Граничні відхилення вала і отвору заданої посадки зв'язані величиною найбільшого граничного зазору

$$S_{\max} = 0,08 \text{ мм}.$$

Так як $S_{\max} = ES - ei$, можна визначити нижнє відхилення вала ei :

$$ei = ES - S_{\max} = 0,08 - 0,08 = 0 \text{ мм}$$

Для визначення величини верхнього граничного відхилення вала використовуємо визначення допуску вала:

$$T_d = es - ei,$$

де $T_d = 0,10 \text{ мм}$ - допуск вала в умові задачі;

$ei = 0$ - нижнє відхилення вала.

Звідси верхнє відхилення вала

$$es = ei + T_d = 0 + 0,10 = 0,10 \text{ мм}.$$

Таким чином, для вала $d = \text{Ø}40^{+0,10}$

2) Граничні розміри деталей.

Для отвору: $D_{max} = D + ES = 40 + 0,08 = 40,08 \text{ мм};$

$$D_{min} = D + EI = 40 + 0 = 40,0 \text{ мм}.$$

Для вала: $d_{max} = d + es = 40 + 0,14 = 40,10 \text{ мм}$

$$d_{min} = d + ei = 40 + 0,04 = 40,0 \text{ мм}.$$

3) Схема розташування полів допусків деталей заданого спряження показана на рисунку 1.18.

4) Визначення типу (групи) посадки.

На схемі (див. рисунок 1.18) видно, що поля допусків отвору і валу частково перекриваються. Тому для даного спряження можливі як зазори, так і натяги. Посадка відноситься до перехідних.

5) Визначення характеристик посадки.

Посадка перехідна характеризується найбільшим граничним зазором і найбільшим граничним натягом.

Стосовно схеми (див. рисунок 1.18) характеристики посадки будуть такими:

$$S_{max} = ES - ei = 0,08 - 0 = 0,08 \text{ мм};$$

$$N_{max} = es - EI = 0,10 - 0 = 0,10 \text{ мм}.$$

Таким чином, друга характеристика заданої посадки $N_{max} = 0,10 \text{ мм}$.

6) Визначення допуску посадки.

Допуск перехідної посадки визначається як сума найбільшого граничного зазору і найбільшого граничного натягу або сума допусків отвору і вала:

$$T_{S,N} = S_{max} + N_{max} = 0,08 + 0,10 = 0,18 \text{ мм}$$

$$T_{S,N} = T_D + T_d = 0,08 + 0,10 = 0,18 \text{ мм}.$$

Ескізи деталей і їх спряження показані на рисунку 1.19.

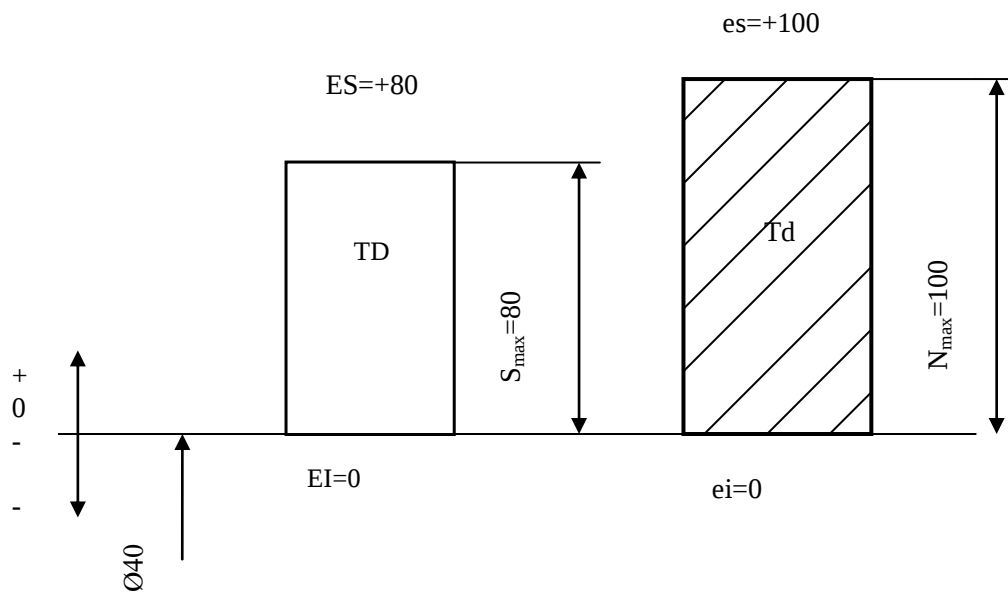


Рисунок 1.18 – Схема розташування полів допусків деталей з'єднання

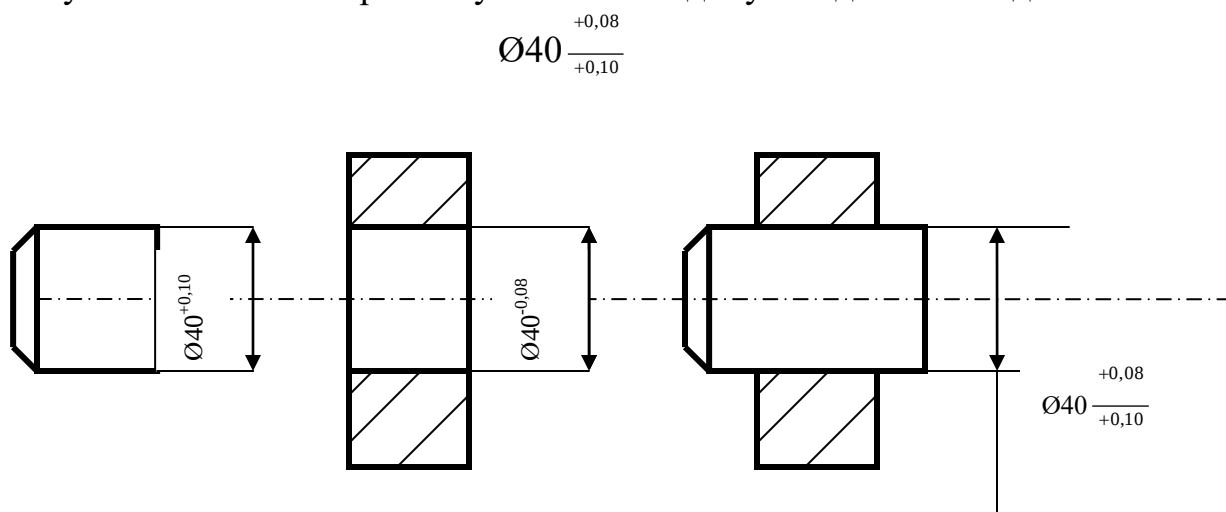


Рисунок 1.19 – Ескізи деталей і з'єднання $\text{Ø}40 \frac{+0,08}{-0,10}$

ЗАДАЧА 1.9

Для заданого гладкого циліндричного спряження $\text{Ø}15 \frac{U8}{m7}$ встановити, до якої системи відноситься посадка, визначити характер спряження (тип

посадки); характеристики посадки і граничні відхилення розмірів спряжених поверхонь. Побудувати схему розташування полів допусків посадки.

Розв'язок:

За ДСТУ 2500-94 для номінального розміру $\varnothing 15$ і заданих полів допусків отвору і валу визначаємо верхні $ES(es)$ і нижні $EI(ei)$ відхилення; вираховуємо параметри посадок і заносимо в таблицю 1.9

Таблиця 1.9 – Розрахунок характеристик посадки

Умовне позначення посадки		$\varnothing 15 \frac{U8}{m7}$	
Цифрове позначення посадки		$\varnothing 15 \begin{matrix} -0,033 \\ -0,060 \\ +0,025 \\ +0,007 \end{matrix}$	
Система, в якій задана посадка		позасистемна	
Характер спряження тип посадки		з натягом	
Назва параметру		Алгебраїчний вираз	Величина, мм
Граничні розміри	отвору	$D_{\max}=D+ES$	14,967
		$D_{\min}=D+EI$	14,940
	вала	$d_{\max}=d+es$	15,025
		$d_{\min}=d+ei$	15,007
Допуск	отвору	$T_D=ES-EI$	0,027
	вала	$T_d=es-ei$	0,018
Характеристики посадк	зазор	$S_{\max}=ES-ei$	-
		$S_{\min}=EI-es$	-
	натяги	$N_{\max}=es-EI$	0,085
		$N_{\min}=ei-ES$	0,040
Допуск посадки	із зазором	$T_S=S_{\max}-S_{\min}$	-
	із натягом	$T_N=N_{\max}-N_{\min}$	0,045
	перехідної	$T_{(SN)}=S_{\max}+N_{\max}$	-

Схеми розташування полів допусків посадок показані на рисунку 1.20.

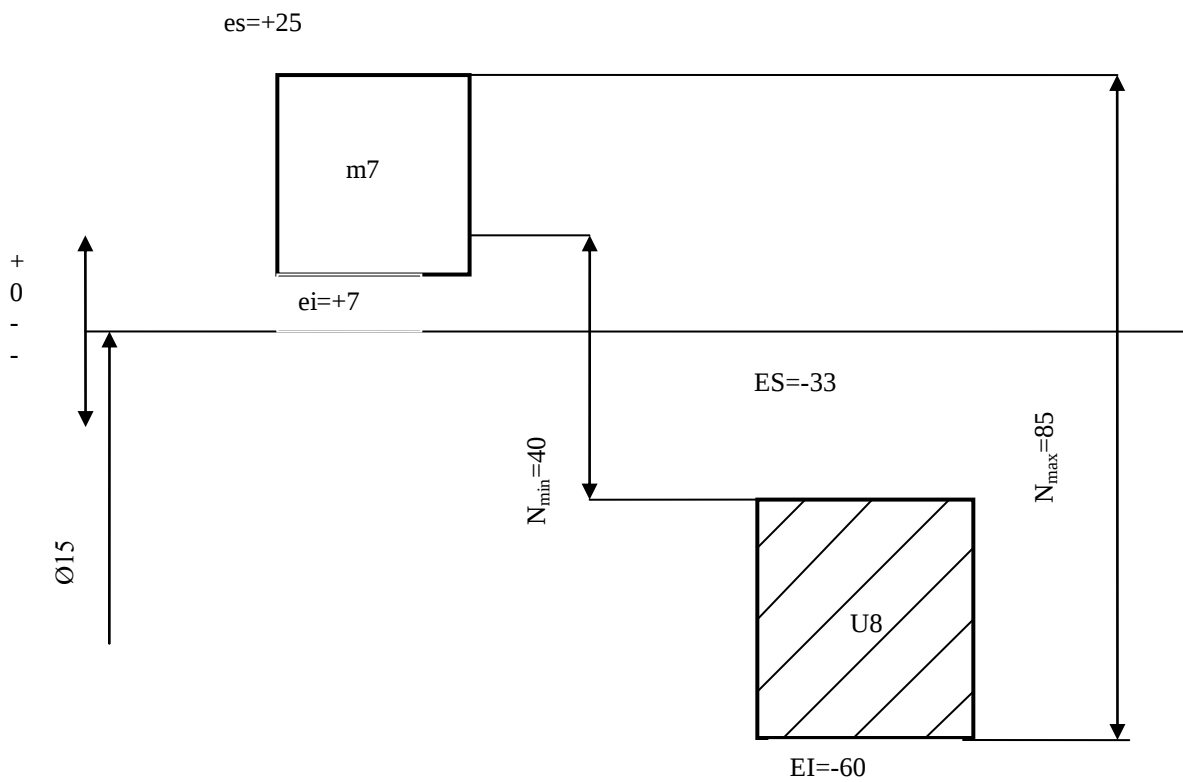


Рисунок 1.20 – Схеми розташування полів допусків посадки $\varnothing 15 \frac{U8}{m7}$