

Лекція № 7

Тема 2.3. Система допусків і посадок гладких циліндричних з'єднань.

1. Міжнародна система допусків і посадок (ІСО).
2. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) та основні принципи її побудови.
3. Інтервали розмірів. Одиниця допуску. Квалітети допусків. Число одиниць допуску (коефіцієнт точності) і його залежність від квалітету.
4. Основні відхилення та їх умовне позначення. Основний вал і основний отвір. Поля допусків та їх умовне позначення.
5. Система отвору і система вала, їх переважне використання.
6. Поля допусків і посадки переважного використання. Позначення полів допусків і посадок на кресленнях деталей і з'єднань

<https://www.youtube.com/watch?v=cecTP9Dwao4&t=6s>

Для того, щоб забезпечити мінімально необхідне число посадок з метою полегшення виготовлення та експлуатації машинобудівної продукції, розроблено систему допусків і посадок.

Єдина система допусків і посадок (ЄСДП, ІСО).

Системою допусків і посадок називається закономірно побудована на основі досвіду, теоретичних та експериментальних досліджень сукупність допусків і посадок, оформлена у вигляді стандартів.

У нашій країні діє Єдина система допусків і посадок (ЄСДП), побудована з урахуванням основних принципів побудови системи допусків і посадок ІСО, яка прийнята в усіх промислово розвинутих країнах.

ЄСДП оформлена у вигляді стандарту ДСТУ 2500-94, затверджена і введена в дію наказом Держстандарту України №119 від 24 травня 1994 року.

Цей стандарт установлює терміни, визначення і позначення допусків і посадок, а також формули розрахунку допусків та основних відхилень для розмірів до 3150 мм і їх числові значення.

Стандарт поширюється на гладкі елементи деталей, циліндричні і обмежені паралельними площинами, а також на утворені ними з'єднання.

Принципи побудови систем допусків. Відповідно до ДСТУ 2500-94 ЄСДП поширюється на розміри понад 0 до 3150 мм, однак абсолютна більшість з'єднань у загальному машинобудуванні має розміри до 500 мм, тому розглянемо основні принципи побудови системи допусків і посадок для цих розмірів.

Інтервали розмірів. Розміри, на які поширюється ЄСДП, розподілені на інтервали. Для розмірів понад 0 до 500 мм передбачено 13 основних і 22 проміжних інтервали розмірів (діаметрів). Проміжні інтервали ділять основні

інтервали на два або три проміжних інтервали. Проміжні інтервали передбачені для розмірів понад 10 мм.

Наприклад, в основному інтервалі понад 10 до 18 мм включно міститься два проміжних інтервали – понад 10 до 14 мм і понад 14 до 18 мм включно.

Проміжні інтервали передбачені для відхилень, що утворюють посадки з великими зазорами і натягами для одержання рівномірніших значень зазорів і натягів у з'єднаннях.

Одиниця допуску. Для визначення величин допусків різних розмірів прийнято умовну *одиницю допуску*, яка визначає величину допуску залежно від номінального значення розміру. Таким чином одиниця допуску є множником у формулах допусків, що є функцією номінального розміру та який служить для визначення числового значення допуску. Одиницю допуску для номінальних розмірів до 500 мм позначають літерою “*i*” і визначають за формулою:

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

де D_m – середнє геометричне з крайніх значень кожного інтервалу номінальних розмірів в мм.

Для першого інтервалу розмірів понад 0 до 3 мм включно приймається $D_m = \sqrt[3]{3}$.

Для інших інтервалів з двох граничних значень інтервалу номінальних розмірів D_{min} і D_{max} тільки верхній D_{max} включений до даного інтервалу. Розмір, що дорівнює D_{min} , відноситься до попереднього інтервалу розмірів.

Наприклад, розмір 6 мм входить до інтервалу розмірів понад 3 до 6 мм включно, а не до інтервалу понад 6 до 10 мм; розмір 18 мм входить до інтервалу розмірів понад 10 до 18 мм включно, а не до інтервалу понад 18 до 30 мм і т.д.

Так, наприклад, для інтервалу номінальних розмірів понад 3 до 6 мм включно матимемо:

$$D = \sqrt[3]{D_{min} \cdot D_{max}}$$

$$D_m = \sqrt[3]{3 \cdot 6} = 4,24 \text{ мм і т.д.}$$

Одиниця допуску для цього інтервалу номінальних розмірів становитиме:

$$i = 0,45 \sqrt[3]{4,24} + 0,0014,24 = 0,73_{\text{мкм}};$$

Коефіцієнт точності, квалітет точності. *Квалітет* (міра точності) – сукупність допусків, що розглядаються як відповідні одному рівню точності для всіх номінальних розмірів. Квалітет визначає величину допуску незалежно від номінального значення розміру.

ЄСДП (ДСТУ-2500-94) встановлено 20 квалітетів, які позначаються порядковими номерами: 01; 0; 1...18 у порядку зменшення точності (збільшення допуску). Найточніші квалітети (01, 1, 2, 3, 4), як правило,

застосовуються для виготовлення зразкових мір та калібрів. Квалітети з 5-го по 12-й, як правило, застосовуються для спряжених елементів деталей. Квалітети з 12-го по 18-й застосовуються для не спряжених елементів деталей.

Допуски з квалітетів позначаються сполученням великих літер ІТ з порядковим номером квалітету, наприклад, ІТ 01, ІТ5, ІТ14 і т.д.

Значення допуску в кожному з квалітетів характеризується сталим числом одиниць допуску “*к*”, що називається **коефіцієнтом точності**.

Таким чином, значення допуску для будь-якого розміру визначається за формулою

$$IT = \kappa i \text{ (для розмірів до 500 мм),}$$

де κ – число одиниць допуску, що залежить від квалітету допуску;

i – одиниця допуску, що залежить від номінального значення розміру.

У найбільш точних квалітетах основний вплив на точність розмірів виявляє похибка вимірювання їх, яка прямо пропорційна розміру. Тому для розмірів до 500 мм у перших трьох квалітетах допуски лінійно залежать від розміру і вираховуються за наступними формулами:

$$IT\ 01 = 0,3 + 0,008D; IT\ 0 = 0,5 + 0,012D; IT\ 1 = 0,8 + 0,020D, \text{ мкм}$$

Основні відхилення.

Основним називається одне з двох граничних відхилень (верхнє чи нижнє), що визначає положення поля допуску відносно нульової лінії. В єдиній системі допусків та посадок (ЄСДП. ДСТУ 2500-94) основним є відхилення, найближче до нульової лінії, яка відповідає номінальному розміру при графічному зображенні полів допусків.

ЄСДП встановлено 28 основних відхилень для отворів і валів, кожне з яких позначається однією чи двома латинськими літерами: великими для отворів (*A-ZC*) і малими для валів (*a-zc*).

Сполученням літери (літер) основного відхилення і порядкового номера квалітету позначається **поле допуску**, наприклад: *g6*, *d7*, *H7*, *H14* і т.д.

Позначення поля допуску вказується після номінального розміру елемента, наприклад: *40g6*, *50d7*, *35H7*.

В обґрунтованих випадках допускається позначення поля допуску з основним відхиленням “*H*” символом “+*IT*”, з основним відхиленням “*h*” – символом “–*IT*”, з відхиленням “*js*” чи “*JS*” – символом “ $\pm IT/2$ ”, наприклад, +*IT*14, –*IT*14, $\pm IT/2$.

Основним відхиленням для валів від “*a*” до “*h*” є верхнє відхилення, для валів від “*j*” до “*zc*” – нижнє відхилення.

Основним відхиленням для отворів від “*A*” до “*H*” є нижнє відхилення, для отворів від “*J*” до *ZC* – верхнє відхилення.

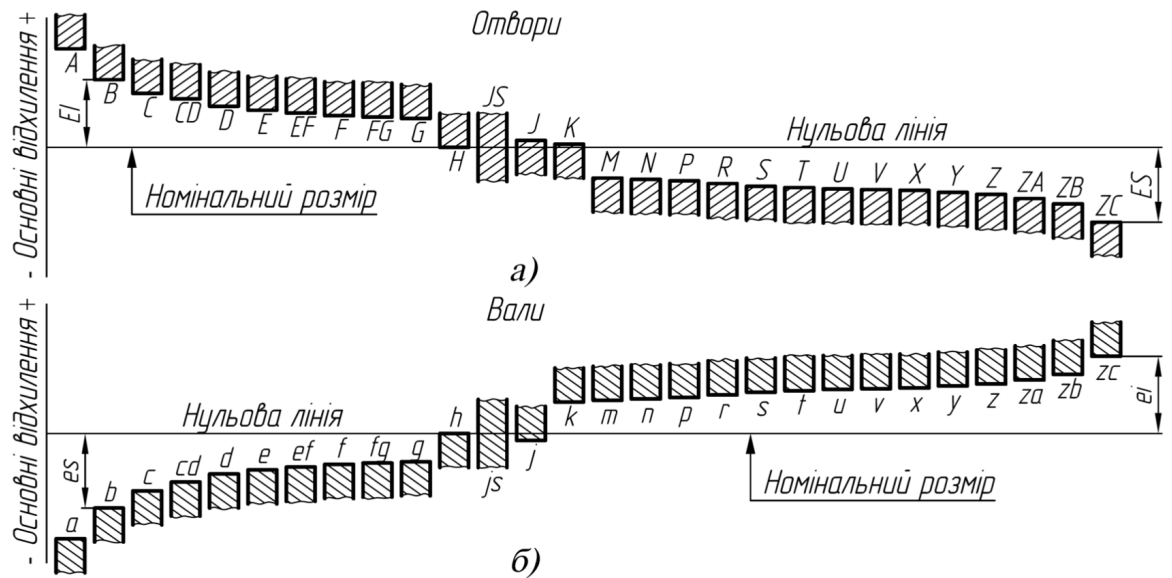


Рис. 1. Умовні позначення основних відхилень

Для вала “js” (отвору “JS”) основне відхилення не передбачено, а граничні відхилення – верхнє і нижнє є однаковими за значенням, протилежні за знаком і розташовуються симетрично відносно номінального розміру, тобто:

$$es (ES) = +IT/2; ei (EI) = -IT/2,$$

де IT – допуск розміру відповідного квалітету.

Основні відхилення від A до H для отворів і від a до h для валів призначені для утворення посадок із зазорами; від J до N (від j до n) – для перехідних посадок; від P до ZC (від p до zc) – для посадок з натягом.

Всі поля допусків (крім Js та js , які розташовані симетрично відносно нульової лінії) обмежені горизонтальними лініями лише з одного боку: з нижнього, якщо поле допуску розташоване вище від нульової лінії, або з верхнього, якщо воно розташоване нижче від нульової лінії. Це пояснюється тим, що при одному і тому ж номінальному розмірі для всіх квалітетів допуск має різні значення, а основні відхилення не змінюються.

Друге (неосновне) відхилення поля допуску вала визначається із основного відхилення і допуску IT .

Основні відхилення отворів розраховуються на основі верхнього відхилення es або нижнього відхилення ei вала того ж позначення відповідно із загальним та спеціальним правилами.

Загальне правило – основне відхилення отвору повинно бути симетрично відносно нульової лінії основному відхиленню вала того ж літерного позначення, тобто:

$$EI = -es \text{ – для отворів з основними відхиленнями від } A \text{ до } H;$$

$ES = -ei$ – для отворів з основними відхиленнями від J до ZC .

Літерою h позначається основне (верхнє) відхилення вала, що дорівнює нулю, літерою H – основне (нижнє) відхилення отвору, що дорівнює нулю.

З цього загального правила зроблений виняток для розмірів понад 3 до 500 мм для отворів з основними відхиленнями J, K, M і N з допусками до 8-го квалітету включно і для отворів з основними відхиленнями від P до ZC до 7-го квалітету включно, для яких застосовується спеціальне правило:

$$ES = -ei + \Delta,$$

де $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ – різниця між допуском квалітету IT_n , в якому утворюється поле допуску, і допуском ближчого більш точного квалітету IT_{n-1} .

Наприклад, при визначенні основного відхилення для 6-го квалітету $\Delta = IT_6 - IT_5$.

Отже, **спеціальне правило** формулюється таким чином: основне відхилення повинно бути таким, щоб дві відповідні посадки в системі отвору і в системі вала, в яких отвір даного квалітету з'єднується з валом ближчого до нього більш точного квалітету, наприклад, $H7/p6$ і $P7/h6$, забезпечували ідентичні зазори чи натяги.

Загальне правило дійсне для всіх відхилень, за винятком відхилень, на які розповсюджується спеціальне правило, а також відхилень отворів від $N9$ до $N16$ для розмірів понад 3 до 500 мм, в яких основне відхилення дорівнює нулю.

Друге (неосновне) відхилення поля допуску отвору визначається із основного відхилення і допуску IT .

Основним називається вал, верхнє (основне) відхилення якого дорівнює нулю. Оскільки верхнє (основне) відхилення вала, що дорівнює нулю, позначається літерою h , то в позначенні поля допуску основного вала записується літера h , наприклад: $20h6$, $40h9$ і т.д.

Основним називається отвір, нижнє (основне) відхилення якого дорівнює нулю. Оскільки нижнє (основне) відхилення отвору, що дорівнює нулю, позначається літерою H , то в позначенні поля допуску основного отвору записується літера H , наприклад, $30H7$, $50H14$ і т.д.

Умове позначення полів допусків.

Посадка позначається дробом, у чисельнику якого вказується позначення поля допуску отвору, а в знаменнику – позначення поля допуску вала, наприклад:

$$\frac{H7}{g6} \quad \text{чи} \quad H7/g6.$$

Позначення посадки вказується після номінального розміру з'єднання, наприклад:

$$40 \frac{H7}{g6} \quad \text{чи} \quad 40 H7/g6.$$

Номинальним розміром з'єднання називається номінальний розмір, загальний для отвору і вала, що складають з'єднання.

Це правило є загальним для позначення посадок в системі отвору і в системі вала. Якщо основне відхилення отвору позначено літерою H , а вала – будь-якою іншою літерою, крім літери h , то посадка задана в системі отвору, наприклад:

$$20 \begin{smallmatrix} H7 \\ g6 \end{smallmatrix} \quad \text{чи} \quad 20H7/g6.$$

Якщо основне відхилення вала позначено літерою h , а отвору – будь-якою іншою літерою, крім літери H , то посадка задана в системі вала, наприклад:

$$40 \begin{smallmatrix} F7 \\ h6 \end{smallmatrix} \quad \text{чи} \quad 40 F7/h6.$$

В обґрунтованих випадках допускається використовувати “позасистемні” (комбіновані) посадки – посадки, утворені сполученням полів допусків вала і отвору, взятих з різних систем утворення посадок (системи отвору і системи вала), наприклад:

$$\varnothing 40 F7/g6.$$

Використовуються також посадки, утворені сполученням полів допусків основного отвору і основного вала (посадки типу “ковзна”), наприклад, $\varnothing 20H7/h6$.

Ці посадки відносяться до групи посадок із зазором, однаково використовуються як у системі отвору, так і в системі вала. Найменший зазор в цих посадках – $S_{min} = 0$.

Таким чином, умовне позначення показує прийняту систему посадок, квалітети допусків розмірів діаметрів отвору і вала, основні їх відхилення і характер з'єднання, а також дає уяву про величину в ньому зазору або натягу.

Утворення посадок, поняття про систему отвору і систему вала.

За основу ЄСДП прийнято, як рівноправні, систему отвору і систему вала.

Посадка в системі отвору – посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків валів з полем допуску основного отвору (рис. 15).

Посадка в системі вала – посадка, в якій необхідні зазори і натяги утворюються сполученням різних полів допусків отворів з полем допуску основного вала (рис. 2).

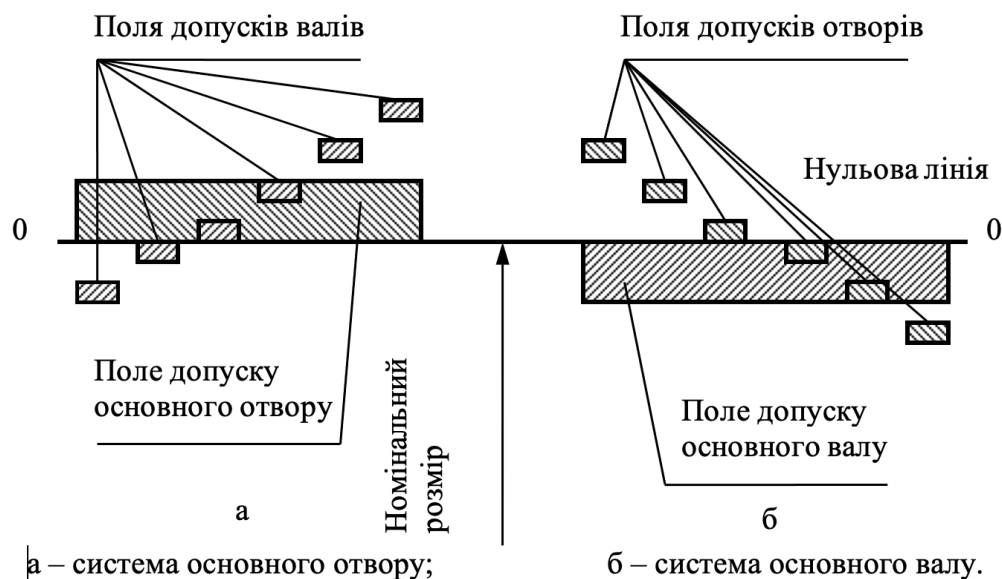


Рис. 2. Схема розташування полів допусків у системі основного отвору та основного вала

У ЄСДП прийнято одностороннє розташування поля допуску основної деталі (основного отвору і основного вала) відносно нульової лінії (номінального розміру). Отже, якщо допуски задані в системі отвору, то нижнє відхилення отвору завжди дорівнює нулю ($EI = 0$), а якщо допуски задані в системі вала, то верхнє відхилення вала завжди дорівнює нулю ($es = 0$) незалежно від характеру посадки.

Як зазначалось, система отвору і система вала в допусках і посадках є рівноправними в їх застосуванні, однак система отвору застосовується частіше по ряду технологічних та інших причин, найважливішою з яких є зменшення потреб виробництва в розмірному (нерегульованому) різальному інструменті для оброблення отворів (зенкери, розвертки, протяжки) тощо.

Обмеження у використанні полів допусків і квалітетів. Допускається будь-яке поєднання основних відхилень отворів і валів будь-яких квалітетів, що дозволяє мати великий вибір різних посадок. Однак для запобігання необґрунтованій великій різноманітності допусків і посадок з метою уніфікації виробів, технологічного оснащення, різального і вимірювального інструменту в ГОСТ 25347–89 виділені поля допусків переважного використання (вони в таблицях взяті в рамку), які треба використовувати в першу чергу.

Значення основних відхилень залежать від номінальних розмірів і залишаються сталими для всіх квалітетів. Виняток становлять основні відхилення отворів J , K , M , N і валів j та k , які при однакових номінальних розмірах в різних квалітетах мають різні значення.

Посадки, утворені з переважних полів допусків, також є переважними і їх треба застосовувати в першу чергу.

Рекомендації по утворенню посадок із стандартних полів допусків наведені в інформаційному додатку до ГОСТ 25347–89, які передбачають раціональне поєднання допусків (квалітетів) отвору і вала в посадці.

Посадки, як правило, повинні призначатися в системі отвору або в системі вала. *Посадки в системі отвору є переважними.*

При розмірах понад 1 до 3150 мм у більшості посадок більш точних квалітетів з технологічних міркувань (отвір виготовляти важче ніж вал) для отвору рекомендується більший допуск (на один квалітет грубіше), ніж для вала. Для розмірів до 1 мм граничні відхилення не передбачені.

Позначення полів допусків деталей на кресленнях.

На всі розміри, вказані на кресленнях, призначають граничні відхилення, відсутність яких ускладнює виготовлення і контролювання деталей. Правила позначення граничних відхилень встановлені в ГОСТ 2.307–68.

Поля допусків і посадки на кресленнях позначають за одним із способів, показаних на рис. 3, а саме:

- 1) умовне позначення полів допусків для валів, отворів та з'єднань (рис. 3, а, б, в);
- 2) позначення з числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 3, г, д, е);
- 3) умовне позначення полів допусків з вказаними числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 3, ж, и, к).

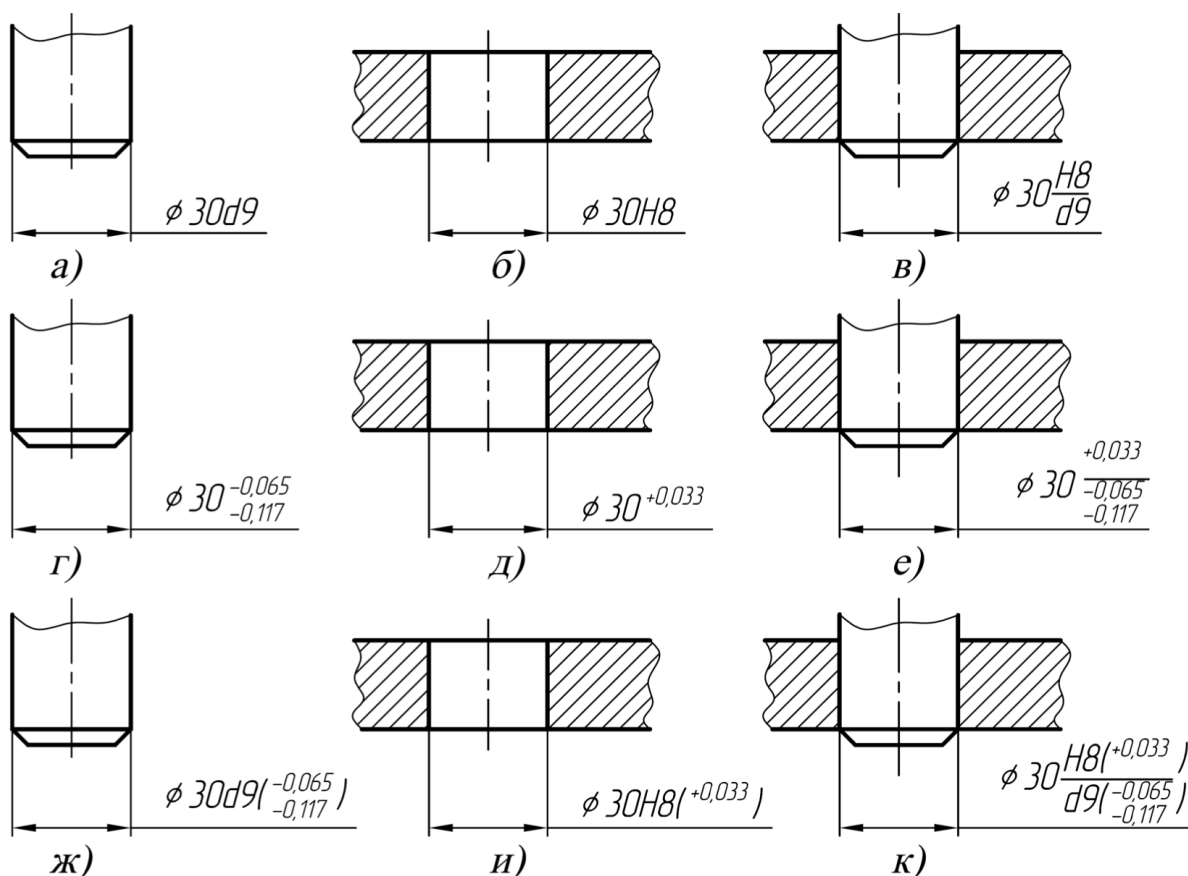


Рис. 3. Позначення полів допусків та посадок на кресленнях

Граничні відхилення можуть бути додатними, від'ємними і рівними нулю, тому відхилення треба записувати з їх знаками.

У довідниках, як правило, відхилення вказані в мікрометрах, а на кресленнях їх треба проставляти в міліметрах без позначення одиниць вимірювання.

Якщо відхилення мають різні абсолютні значення, то їх розташовують одне над одним (верхнє над нижнім) і пишуть меншими цифрами ніж ті, що прийняті для номінальних розмірів. Відхилення записують до останньої значущої цифри. Число знаків в обох відхиленнях повинно бути однаковим, при необхідності їх вирівнюють нулями, наприклад $\phi 10 \begin{smallmatrix} +0,010 \\ +0,001 \end{smallmatrix}$ (запис $\phi 10 \begin{smallmatrix} +0,01 \\ +0,001 \end{smallmatrix}$ вважається неправильним).

Якщо верхнє і нижнє відхилення мають однакове абсолютне значення, але різні знаки, то записують лише одне відхилення із знаком $\pm$, при цьому висота цифр у позначенні відхилень така сама, як і в позначенні номінального розміру, наприклад, $\phi 50 \pm 0,008$. Відхилення, що дорівнює нулю, не записується. Наприклад, $\phi 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,021 \end{smallmatrix}$ означає, що верхнє відхилення дорівнює нулю, а нижнє – від'ємне.

Поряд з умовним позначенням полів допусків значення граничних відхилень записують обов'язково, якщо відхилення призначені:

- на розміри, не включені до рядів нормальних лінійних розмірів по ГОСТ 6636–69, наприклад, $41,5 H7 (\begin{smallmatrix} +0,025 \\ 0 \end{smallmatrix})$;

- на розміри або елементи з'єднань спеціальних видів – посадки підшипників кочення, шпонкових пазів тощо;

- на розміри уступів з несиметричним полем допуску;

- на отвори, які виготовляються в системі вала.

Невказані граничні відхилення лінійних розмірів з неказаними допусками задають в технічних вимогах креслення загальним записом, який повинен містити умовне позначення однобічних і симетричних граничних відхилень, призначених за квалітетами або за класами точності.

Позначення однобічних граничних відхилень (H чи h), призначених для круглих отворів і валів за квалітетами, доповнюють символом $\varnothing$.

Загальний запис у технічних вимогах креслення про неказані граничні відхилення рекомендується подавати так (наприклад, для відхилень по 14-му квалітету і класу точності “середній”):

1. Неказані граничні відхилення розмірів: отворів – $H14$, валів – $h14$, решта – $\pm IT14/2$; або отворів – $H14$, валів – $h14$, решта – $\pm t_2/2$.

2. Неказані граничні відхилення розмірів: отворів – $\varnothing H14$, валів $\varnothing h14$, решта – $\pm IT14/2$.

У першому варіанті відхилення $H14$ відносяться до розмірів усіх внутрішніх елементів, а відхилення $h14$ – до розмірів усіх зовнішніх елементів.

У другому варіанті відхилення $H14$ відносяться тільки до діаметрів круглих отворів, а відхилення $h14$ – до діаметрів круглих валів.

Загальний запис позначення $\pm IT/2$ або $\pm t_2/2$ рекомендується для симетричних відхилень – між центрових відстаней, висот, глибин тощо.