

Міністерство освіти і науки України
Державний університет "Житомирська політехніка"
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

Лекція №3 на тему:

Єдина система допусків і посадок (ЄСДП).

1. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) – загальні відомості.
2. Види розмірів, стандартизація розмірів.
3. Допуски, граничні відхилення поля допусків.
4. Види з'єднань, класифікація посадок.
5. Нормування та вибір полів допусків і посадок.
6. Позначення на креслениках полів допусків і посадок.

1. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) – загальні відомості.

Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) відповідає міжнародній системі допусків і посадок – ISO і поширюється на гладкі циліндричні з'єднання, а також на не спряжені елементи з гладкими циліндричними або з плоскими паралельними поверхнями, без обмежень за матеріалами деталей та способами обробки.

У ЄСДП в першу чергу стандартизовані базові елементи, необхідні для отримання різних полів допусків отворів і валів. Кожне поле допуску можна уявити сполученням двох характеристик, що мають самостійне значення, - величини допуску та його положення щодо номінального розміру.

Основи побудови ЄСДП викладені в ДСТУ ISO 286-1:2002 «Допуски і посадки за системою ISO. Ч. 1. Основи допусків, відхилень та посадок», який включає: терміни і визначення; інтервали номінальних розмірів; формули для визначення допусків та основних відхилень; числові значення допусків і відхилень; правила утворення і умовні позначення полів допусків і посадок; посадки в системі отвору і посадки в системі вала; рекомендації з утворення посадок.

2. Інтервали номінальних розмірів. Допуски.

Єдина система допусків і посадок поширюється на діапазон розмірів гладких циліндричних або плоских поверхонь до 40000 мм. Усі розміри розбиті на інтервали: **основні і проміжні** (табл. 1).

Основні інтервали використовуються для визначення всіх допусків системи і тих граничних відхилень, які більш плавно змінюються в залежності від номінального розміру.

Починаючи з 250 мм, межі основних інтервалів прийняті згідно з нормальними лінійними розмірами ряду R10. Проміжні інтервали введені для номінальних розмірів понад 10 мм і поділяють кожен основний інтервал на два (в деяких випадках на три).

Починаючи з 250 мм, межі проміжних інтервалів прийняті згідно з нормальними лінійними розмірами ряду R20.

Інтервали побудовані таким чином, що перша цифра інтервалу не входить в цей інтервал, а остання входить. Наприклад, номінальний розмір 30 мм входить в інтервал «понад 18 до 30 мм».

Таблиця 1

Інтервали номінальних розмірів, мм (за ДСТУ ISO 286-1:2002, фрагмент)

а) Номінальні розміри до 500 мм (вкл.)			
Основні інтервали		Проміжні інтервали ¹⁾	
Понад	До включно	Понад	До включно
—	3	Немає ділення	
3	6		
6	10		
10	18	10	14
		14	18
18	30	18	24
		24	30
30	50	30	40
		40	50
50	80	50	65
		65	80

80	120	80	100
		100	120
120	180	120	140
		140	160
		160	180
180	250	180	200
		200	225
		225	250
250	315	250	280
		280	315
315	400	315	355
		355	400
400	500	400	450
		450	500

3. Принципи побудови системи допусків і посадок.

3.1. Квалітети

Вироби, що відрізняються за призначенням та умовами роботи, виготовлені з неоднаковою точністю. Степінь точності згідно з ЄСДП називається квалітетом.

Квалітет (ступінь точності) – степінь градації значень допусків системи.

В ЄСДП передбачено 20 квалітетів: 01; 1; 2; ...; 16; 17; 18. Найточніший з них – 01-й, а найгрубіший - 18-й.

Допуск квалітету умовно позначається латинськими літерами ІТ (International Tolerance) та номером квалітету q , де $q=01; 0; 1; \dots; 16; 17; 18$, тобто ІТ7; ІТ14;

Допуск у квалітеті однаковий, як для валів, так і для отворів одного номінального розміру.

Просто допуск без віднесення до певної системи позначається літерою **T**.

Формули допусків

Формули для розрахунку допусків за квалітетами наведено в таблиці 2. Починаючи з 2-го квалітету допуск визначається за формулою:

$$IT = k \cdot i,$$

де: k – число одиниць допуску, встановлене для кожного квалітету та незалежний від номінального розміру;

i – одиниця допуску, що залежить тільки від номінального розміру, який підраховується за формулою (таблиця 2).

Таблиця 2

Формули розрахунку допусків (за ДСТУ ISO 286-1:2002, фрагмент)

Квалітети	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Число одиниць допуску k	2,7	3,7	5	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500
Значення допусків для номінальних розмірів, МКМ	до 500мм включно	$k \cdot i, \text{де } i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$															
	понад 500 до 3150мм включно	$k \cdot i, \text{де } i = 0,004 \cdot D + 2,1$															

Примітка: D – середнє геометричне із крайніх значень кожного інтервалу номінальних розмірів в мм. Для інтервалу до 3 мм приймається $D = \sqrt{3}$.

Загальні рекомендації за призначенням квалітетів для деталей, що створюють рекомендовані посадки

Точні квалітети (01; 0; 1) – призначаються рідко, головним чином для виготовлення плоскопаралельних кінцевих мір довжини;

Квалітети (1, 2, 3, 4) – застосовуються зазвичай при виготовленні робочих і контрольних калібрів. **4-й і 5-й** квалітети застосовують рідко, в особливо точних з'єднаннях, що не допускають помітної зміни натягу або зазору. Їх іноді використовують для установки точних підшипників, поршневих кілець, високоточних зубчатих коліс тощо. Часто заданого допуску посадки досягають, використовуючи грубіші квалітети і селективне складання.

6-й і 7-й квалітети використовують у відповідальних з'єднаннях, коли до посадок пред'являються вимоги визначеності, а до деталей – взаємозамінюваності, для забезпечення точного складання. Приклади: установка підшипників кочення нормальної точності, зубчатих коліс середньої точності, підшипників рідинного тертя, для рухомих з'єднань в кривошипно-шатунних механізмах двигунів внутрішнього згорання, перехідні посадки, посадки з натягом середньої величини тощо. В автомобільній, авіаційній, верстатобудівній промисловості 60-70% відповідальних з'єднань виконується за даними квалітетами.

8-й і 9-й квалітети застосовують для отримання щодо великих гарантованих зазорів і натягу і для посадок, що забезпечують середню точність збірки. Приклади: поверхні, що сполучаються, в посадках з великим натягом, отвори в перехідних посадках зниженої точності, опори ковзання середньої точності в умовах напіввідного тертя тощо.

10-й квалітет застосовують в посадках із зазором в тих же випадках, що і 9-й квалітет, коли умови складання або експлуатації допускають збільшення коливань зазорів в з'єднаннях.

11-й і 12-й квалітети застосовують для грубих з'єднань з великими гарантованими зазорами, для невідповідальних з'єднань (деталі з пластмас, штамповані деталі, кришки, фланці і т. п.).

Грубі квалітети (13; 14; 15; 16; 17; 18) застосовуються для габаритних розмірів і для невідповідальних деталей.

Для з'єднань використовуються тільки вісім квалітетів для отворів (з **5-го** по **12-ий**) і дев'ять квалітетів для валів (з **4-го** по **12-ий**). Решта квалітетів використовується для елементів деталі, що не сполучаються.

3.2. Відхилення

Основне відхилення – це одне з двох відхилень (верхнє або нижнє), що використовується для визначення поля допуску відносно нульової лінії (основне відхилення у будь-якому разі розташовано ближче до нульової лінії).

Основні відхилення в ЄСДП позначаються літерами латинського алфавіту, а саме для **отворів – великими, а валів – маленькими.**

В діапазоні розмірів до 500 мм передбачено **28** основних відхилень отворів: A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, JS, J, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC і стільки ж – для валів: a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, js, j, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, та zc.

Схему розташування основних відхилень отворів та валів відносно нульової лінії показано на рис. 1.

Числові значення основних відхилень отворів та валів наведені у ДСТУ ISO 286-1:2002

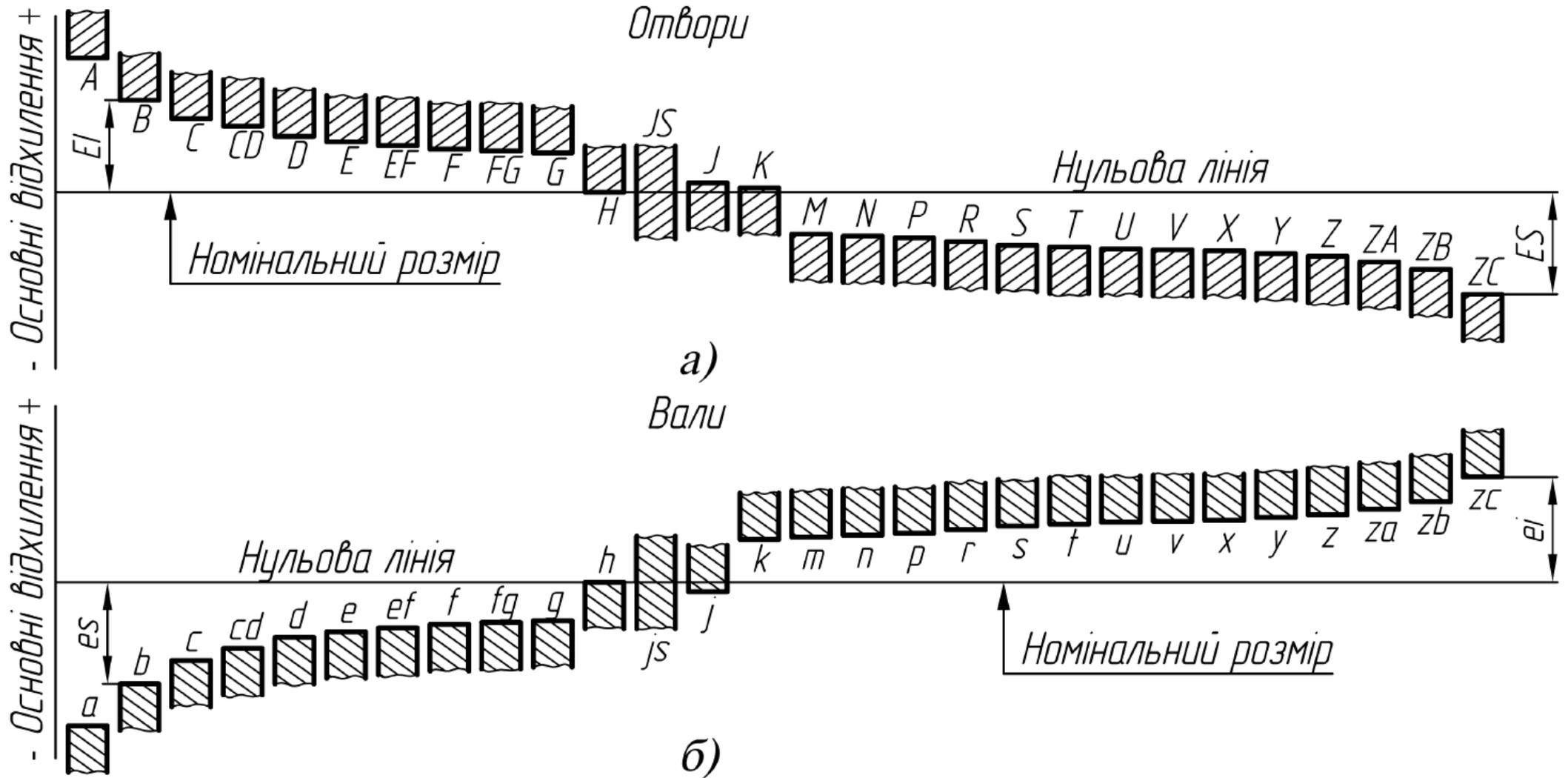


Рис. 1 - Схема розташування полів допусків отворів (а) та валів (б) відносно нульової лінії

Основні відхилення отвору і вала, позначені однаковими літерами, розташованими симетрично відносно нульової лінії:

для отворів: від А до Н: $EI = -es$;

від J до ZC , відповідно: $ES = -ei$.

Наприклад, значення основного відхилення А для розміру 30 мм становить: $EI = + 300$ мкм, а основного відхилення а для цього розміру становить: $es = - 300$ мкм.

Це правило дійсне для усіх основних відхилень отворів, за винятком основних відхилень J, K, M, N до 8-го квалітету включно, та основних відхилень від P до ZC до 7-го квалітету включно. Для цих основних відхилень діє спеціальне правило.

Таким чином, в ЄСДП для будь-якого поля допуску наведено значення тільки одного з граничних відхилень – основного, тобто найближчого до нульової лінії. Друге граничне відхилення, неосновне, визначається за однією із формул:

для отвору: $IT_D = ES - EI$; для валу $IT_d = es - ei$

Умовне позначення поля допуску складається з умовного позначення основного відхилення літерою латинського алфавіту та квалітету. Наприклад: поля допусків валів – k6, f7; поля допусків отворів – H7, U8.

3.3. Системи посадок

Однакові зазори та натяги в ЄСДП можна отримати в посадках в **системі отвору** або в **системі вала**.

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

Основний отвір – це отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю. Йому відповідає основне відхилення **H**.

Поєднуючи вали з основними відхиленнями від **a** до **zc** з основними отворами **H**, отримують посадки в системі отвору. Посадки з зазором забезпечуються поєднанням основного отвору **H** з валами **a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h**; перехідні посадки – з валами **js, j, k, m, n**, та посадки з натягом – з валами **p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc**.

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

Основний вал – це вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю. Йому відповідає основне відхилення **h**.

Поєднуючи отвори з основними відхиленнями від **A** до **ZC** з основними валами **h**, отримують посадки в системі вала. Посадки з зазором забезпечуються поєднанням основного вала **h** з отворами **A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H**; перехідні посадки – з отворами **JS, J, K, M, N**, та посадки з натягом – з отворами **P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC**.

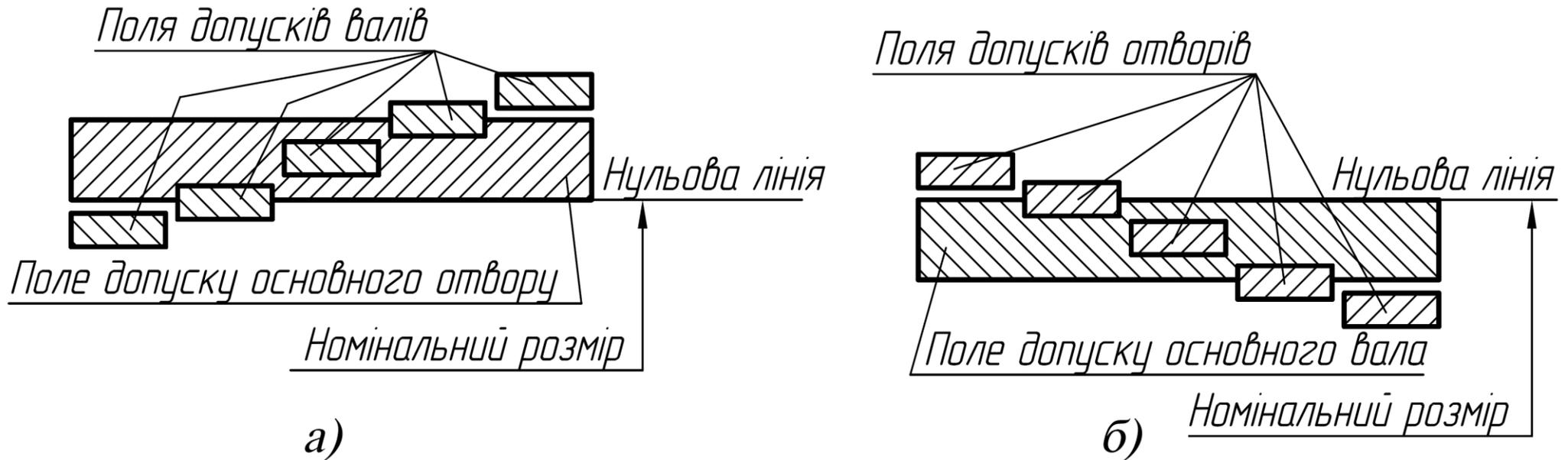


Рис. 2 - Схеми полів допусків посадок в системі отвору (а) та в системі вала (б)

Посадки можуть бути призначені або в системі отвору або в системі вала. Система отвору є переважною, як більш економічна.

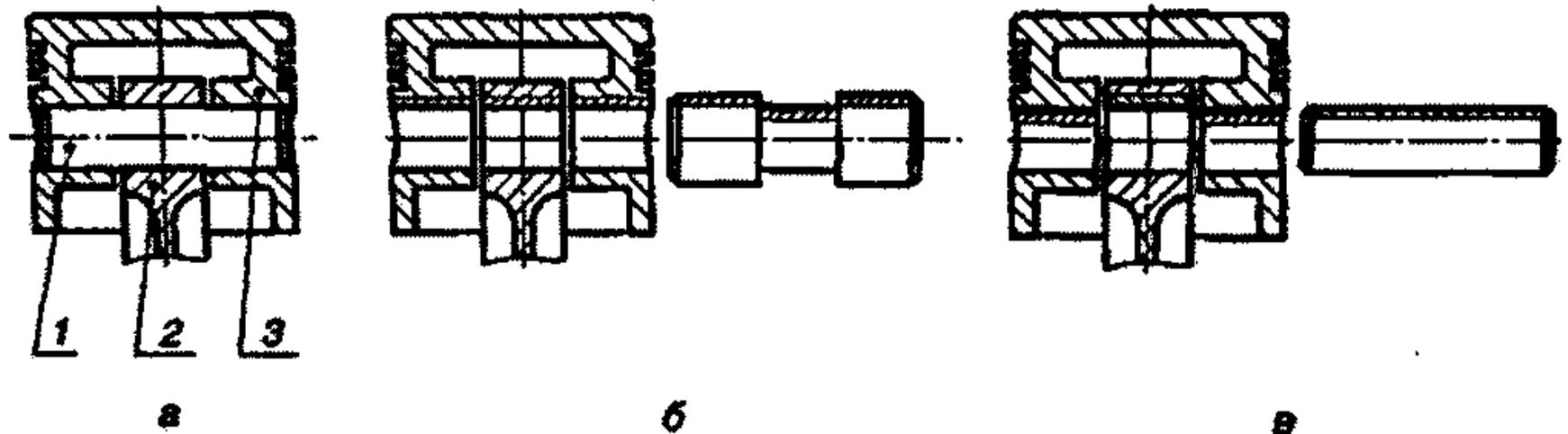
Точні отвори обробляються дорогим мірним інструментом (зенкерами, розгортками, протяжками і т. п.). Кожен такий інструмент застосовують для обробки тільки одного розміру з певним полем допуску. Вали ж незалежно від їх розміру обробляють одним і тим же різцем або шліфувальним кругом.

При широкому застосуванні системи валу необхідність в мірному інструменті багаторазово зростає, тому перевага віддається системі отвору.

Проте в деяких випадках з конструктивних міркувань доводиться застосовувати систему валу, наприклад, коли вимагається чергувати з'єднання декількох отворів однакового номінального розміру, але з різними посадками на одному валу. На рис. 3, а показано з'єднання, що має рухому посадку поршневого пальця 1 з шатуном 2 і нерухому у бобишках поршня 3, яке доцільно виконати в системі валу (рис. 3, в), а не в системі отвору (рис. 3, б). Систему валу вигідніше застосовувати і тоді, коли осі, валики, штифти можуть бути виготовлені з точних холоднотягнутих прутків без додаткової механічної обробки їх зовнішніх поверхонь.

У деяких випадках доцільно використовувати посадки, утворені таким сполученням полів допусків отвору і вала, коли жодна з деталей не є основною. Такі посадки називаються несистемними.

Рис. 3



Міністерство освіти і науки України
Державний університет "Житомирська політехніка"

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

15

Рекомендовані та переважні посадки в системі отвору для номінальних розмірів від 1 до 500 мм. (за ДСТУ EN ISO 286-1:2022)

Основні відхилення валів	Поле допуску основного отвору							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
	Посадки							
a							$\frac{H11}{a11}$	
b							$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H12}{b12}$
c			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H8}{c8}$			$\frac{H11}{c11}$	
d			$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H8}{d8}$, $\frac{H8}{d9}$	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H10}{d10}$	$\frac{H11}{d11}$	
e			$\frac{H7}{e7}$, $\frac{H7}{e8}$	$\frac{H8}{e8}$, $\frac{H8}{e9}$	$\frac{H9}{e8}$, $\frac{H9}{e9}$			
f		$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H8}{f7}$, $\frac{H8}{f8}$, $\frac{H8}{f9}$	$\frac{H9}{f8}$, $\frac{H9}{f9}$			
g	$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H7}{g6}$					
h	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$, $\frac{H8}{h8}$, $\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h8}$, $\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$, $\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$
js	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H8}{js7}$				
k	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H8}{k7}$				
m	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H8}{m7}$				
n	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H8}{n7}$				
p		$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H7}{p6}$					
r		$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H7}{r6}$					
s		$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{s6}$, $\frac{H7}{s7}$	$\frac{H8}{s7}$				
t			$\frac{H7}{t6}$					
u			$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{u8}$				
x				$\frac{H8}{x8}$				
z				$\frac{H8}{z8}$				

Рекомендовані та переважні посадки в системі валу для номінальних розмірів від 1 до 500 мм. (за ДСТУ EN ISO 286-1:2022)

Основні відхилення отворів	Поле допуску основного валу								
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
	Посадки								
A								$\frac{A11}{h11}$	
B								$\frac{B11}{h11}$	$\frac{B12}{h12}$
C								$\frac{C11}{h11}$	
D			$\frac{D8}{h6}$	$\frac{D8}{h7}$	$\frac{D8}{h8}$, $\frac{D9}{h8}$	$\frac{D9}{h9}$, $\frac{D10}{h9}$	$\frac{D10}{h10}$	$\frac{D11}{h11}$	
E			$\frac{E8}{h6}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{E8}{h8}$, $\frac{E9}{h8}$	$\frac{E9}{h9}$			
F		$\frac{F7}{h5}$	$\frac{F7}{h6}$, $\frac{F8}{h6}$	$\frac{F8}{h7}$	$\frac{F8}{h8}$, $\frac{F9}{h8}$	$\frac{F9}{h9}$			
G	$\frac{G5}{h4}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{G7}{h6}$						
H	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$, $\frac{H9}{h8}$	$\frac{H8}{h9}$, $\frac{H9}{h9}$, $\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H12}{h12}$
JS	$\frac{JS5}{h4}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{JS8}{h7}$					
K	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{K6}{h6}$	$\frac{K8}{h7}$					
M	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{M8}{h7}$					
N	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{N8}{h7}$					
P		$\frac{P6}{h5}$	$\frac{P7}{h6}$						
R			$\frac{R7}{h6}$						
S			$\frac{S7}{h6}$						
T			$\frac{T7}{h6}$						
U				$\frac{U8}{h7}$					

Приклади умовного позначення посадок:

– в системі отвору –

$$\frac{H7}{p7}; H8/e8$$

– в системі валу –

$$\frac{E9}{h7}; P7/h8$$

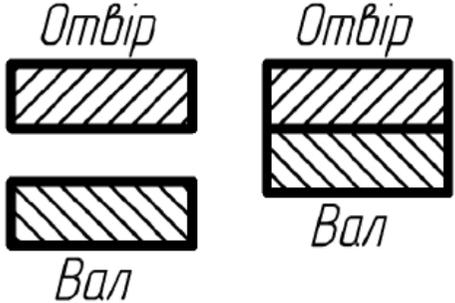
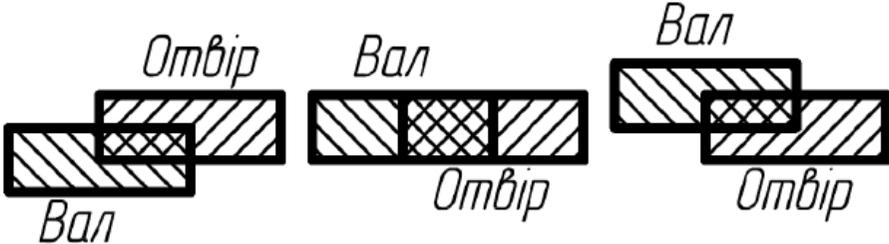
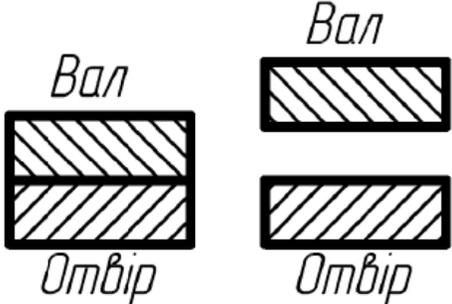
– комбінованих –

$$\frac{D11}{n6}; E9/k6$$

4. Розрахунок характеристик посадок

Залежно від характеру посадки, визначаються характеристики посадки (табл. 3).

Таблиця 3

Посадка із зазором	Перехідна посадка	Посадка з натягом
		
$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei$ $S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es$ $S_c = (S_{max} + S_{min}) / 2$ $T_S = S_{max} - S_{min}$ $T_S = IT_D + IT_d$	$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei$ $N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$ $T_{SN} = S_{max} - N_{max}$ $T_{SN} = IT_D + IT_d$	$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI$ $N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES$ $N_c = (N_{max} + N_{min}) / 2$ $T_N = N_{max} - N_{min}$ $T_N = IT_D + IT_d$

5. Позначення полів допусків і посадок на кресленнях

Поля допусків і посадки на кресленнях позначають за одним із способів, показаних на рис. 4, а саме: 1) умовне позначення полів допусків для валів, отворів та з'єднань (рис. 4, а, б, в); 2) позначення з числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 4, г, д, е); 3) умовне позначення полів допусків з вказаними числовими значеннями граничних відхилень для валів, отворів та з'єднань (рис. 4, ж, и, к).

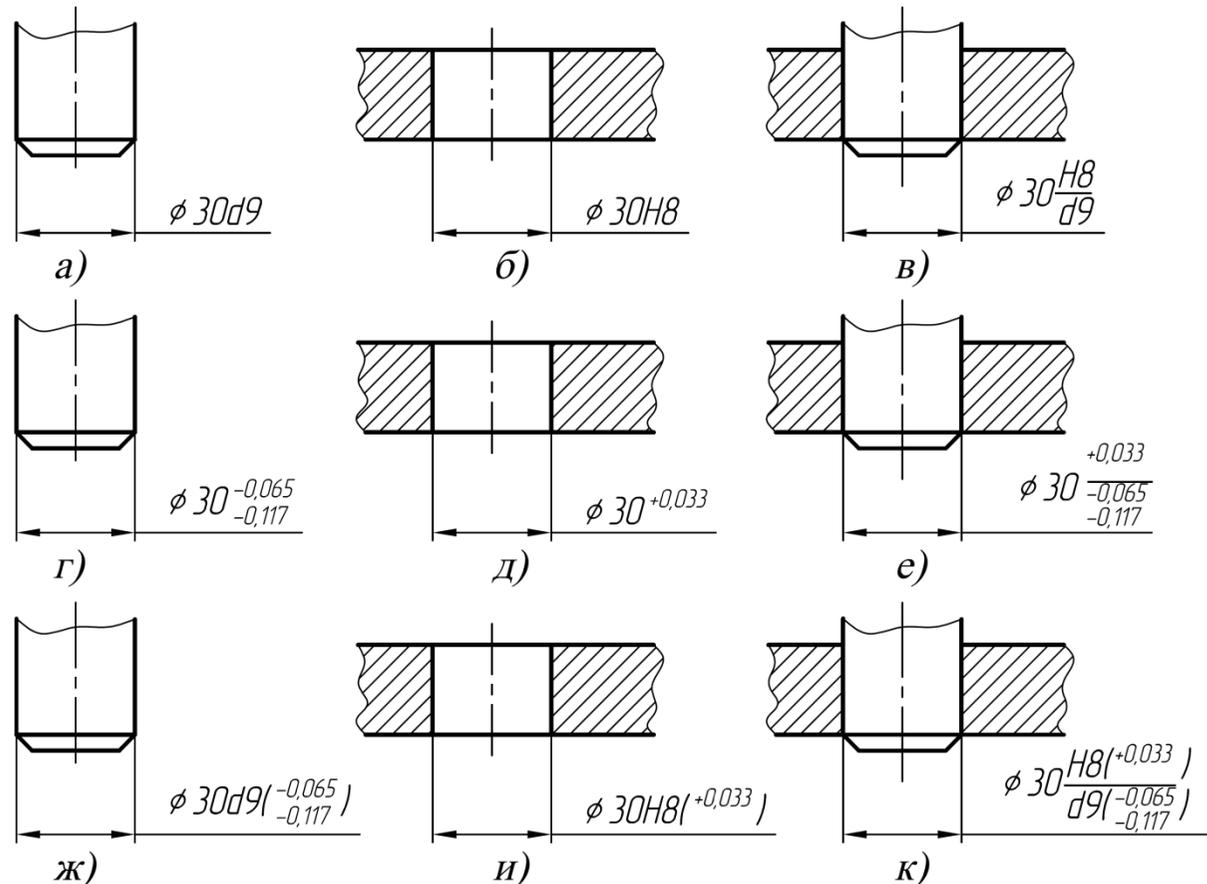


Рис. 4 - Позначення полів допусків та посадок на кресленнях

Умовне позначення полів допусків є переважним.

Позначення полів допусків з вказаними числовими значеннями граничних відхилень є обов'язковим у випадках:

- за призначення граничних відхилень розмірів, які не включені в ряди нормальних лінійних розмірів, наприклад 41,5 H7 (+0,025);
- за призначення граничних відхилень, умовне позначення яких не передбачено ГОСТ 25347-82;
- за призначення граничних відхилень розмірів уступів з несиметричним полем допуску;
- граничні відхилення кутових розмірів призначають тільки числовими значеннями.

Для поверхні, що складається з ділянок з однаковим номінальним розміром, але різними граничними відхиленнями, задають межі між цими ділянками тонкою суцільною лінією і номінальним розміром з відповідними граничними відхиленнями вказують для кожної ділянки окремо.

6. Методи вибору посадок

Вибір посадок проводиться одним із трьох методів.

1. Метод прецедентів, чи аналогів. Посадка вибирається за аналогією з посадкою в вузлі, що надійно працює. Складність методу полягає в оцінці та зіставленні умов роботи посадки в проектованому вузлі та аналогу.

2. Метод подібності – розвиток методу прецедентів. Посадки вибираються виходячи з рекомендацій галузевих технічних документів та літературних джерел.

Недоліком методу є, як правило, відсутність точних кількісних оцінок умов сполучення.

3. Розрахунковий метод – є найбільш обґрунтованим методом вибору посадок. Посадки розраховуються виходячи з напівемпіричних залежностей. Проте формули не завжди враховують складний характер фізичних явищ, які відбуваються у з'єднанні.

У будь-якому випадку нові дослідні зразки виробів перед запуском у серійне виробництво проходять цілу низку випробувань, за результатами яких окремі посадки можуть бути підкориговані. Кваліфікація конструктора, зокрема, визначається і тим, чи знадобилося коригування посадок у розробленому ним вузлі.

Література

1. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / За ред. Сірого І.С. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.
2. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2004. – 796 с.
4. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів. – Чинний від: 01.09.2014.
5. ДСТУ ISO 286-1-2002 “Допуски і посадки за системою ISO. Ч. 1. Основи допусків, відхилень та посадок.