1. **Історія розвитку**

Історія виникнення і розвитку системи взаємозамінності тісно пов'язана з історією розвитку та виробництва зброї. Документи свідчать що в 1761 році на тульських заводах з виготовлення зброї майстри виготовляли окремі частини рушниць за зразковими мірами – лекалами. При цьому кожна деталь рушниці спочатку виготовлялась по відповідному лекалу, до так названого нормального калібру, який за розмірами і формою відповідав оброблюваній деталі. Після цього деталі без додаткової обробки легко підходили до будь якої рушниці. З розвитком суспільства принципи взаємозамінності поступово почали переходити з військової промисловості в загальне машинобудування.

Сучасне велико серійне і масове виробництво машин, обладнання, приладів, їх складання, експлуатація і ремонт ґрунтуються на використанні принципів взаємозамінності деталей, вузлів, агрегатів .

Відповідно до ДСТУ 1.0-93 визначення взаємозамінності звучить так. Взаємозамінність - придатність одного виробу, послуги , процесу для використання замість іншого виробу, процесу, послуги з метою виконання одних і тих самих вимог.

В виробництві , експлуатації чи ремонту машин це визначення взаємозамінності потрібно розуміти так. Незалежно виготовлені деталі, вузли чи агрегати повинні займати свої місця в машині без додаткових операцій обробки, підбирання , припасування і при цьому виконувати свої функції не порушуючи надійності робото здатності машини. Для цього ці деталі , вузли агрегати повинні бути однотипними, відповідати певним, наперед встановленим нормам, тобто бути стандартними.

Розрізняють повну і неповну (обмежену) взаємозамінність.

При повній взаємозамінності у процесі складання не повинно бути ніяких припасу вальних операцій чи регулювальних операцій. Ця умова вимагає малих допусків на розміри деталей, вимагає дуже точного обладнання і тому збільшує вартість виготовлення таких машин. Тому на виробництві дуже часто використовують неповну взаємозамінність.

При неповній взаємозамінності виготовляють деталі з більшими допусками , яких можна досягти на звичайному обладнанні без особливих витрат і зусиль, а при складанні машин з таких деталей використовують регулювальні прокладки, шайби, компенсатори. Або допускають навіть припасування деталей одна до одної. Можуть використовувати метод селективного складання.

2. **Поняття про розміри**

В процесі виготовлення машин спочатку виготовляються окремі деталі з яких складаються вузли , а з вузлів складаються вже машини. То деталі , які частково чи повністю входять одна в одну утворюють з’єднання.

Залежно від форми поверхонь , по яких відбувається з'єднання деталей розрізняють: гладкі циліндричні і конічні з'єднання, різьбові і гвинтові з'єднання, плоскі з'єднання, зубчасті і черв'ячні з'єднання, шліцьові з'єднання.

За характером контакту двох або декількох деталей з'єднання поділяються :

1.З'єднання з поверхнями контакту (гладкі циліндричні і конічні, різьбові , шліцьові).

3. З'єднання з лінійним контактом (роликові підшипники, зубчасті з'єднання).

4. 3. З'єднання з точковим контактом (кулькові підшипники).

В деталях машин розрізняють поверхні: з'єднувальні поверхні і не з'єднувальні (вільні) поверхні.

З'єднувальні поверхні поділяються на охоплюючі і охоплювані

Охоплююча поверхня – поверхня деталі , яка охоплює поверхню іншої деталі , має назву отвір,

Охоплювана поверхня - поверхня деталі , яка охоплюється поверхнею іншої деталі , має назву — вал.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ВСТАНОВЛЕНІ ДСТУ 2500-94

РОЗМІР- числове значена лінійної величини (діаметр, довжина).

ОТВІР- термін , що умовно застосовується для позначення внутрішніх елементів деталей , включаючи і нециліндричні елементи.

ВАЛ- термін , що умовно застосовується для позначення зовнішніх елементів деталей , включаючи і нециліндричні елементи.

Розміри , що належать до отворів позначаються – літерою D.

Розміри , що належать до валів позначаються – літерою d.

НОМІНАЛЬНИЙ РОЗМІР – розмір , щодо якого визначаються відхилення (граничні розміри) і який служить початком відліку відхилень (*D* - отвору, *d* - вала) .

ДІЙСНИЙ РОЗМІР - це розмір, встановлений вимірюванням із допустимою похибкою. *D*е – отвору, *de*- вала.

ГРАНИЧНІ РОЗМІРИ – два гранично припустимих розміри, між якими повинен перебувати або яким може дорівнювати дійсний розмір.(найбільші і найменші граничні розміри). Вони визначені вимогами забезпечення взаємозамінності виробів.

НАЙБІЛЬШИЙ ГРАНИЧНИЙ РОЗМІР – найбільший допустимий розмір елемента , його позначають D_{max}–для отвору, d_{max} - для вала.

НАЙМЕНШИЙ ГРАНИЧНИЙ РОЗМІР - найменший допустимий розмір елемента , його позначають D_{min}–для отвору, d_{min}- для вала.

Поле допуску - поле , обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами, яке визначається величиною допуску і його положенням відносно номінального розміру.

Нульова лінія – лінія , що відповідає номінальному розміру, від якої відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні допусків. У разі горизонтального розташування нульової лінії додатні відхилення відкладаються від неї вгору, а від'ємні — донизу. Граничні відхилення та їх знаки (+ або –) зазначаються безпосередньо після номінального розміру. Позначення верхнього граничного відхилення зазначається над ними. Граничні відхилення, які дорівнюють нулю, не зазначаються.

Умова придатності деталі

Деталь вважається придатною, якщо її дійсний розмір знаходиться в межах між найбільшим та найменшим граничним розмірами або відповідає їм

$$\mathbf{D_{max} \geq De \geq D_{min}}$$

$$\mathbf{d_{max} \geq de \geq d_{min}}$$

3. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ДОПУСКИ ТА ПОСАДКИ

1 Основні поняття про допуски.
2 Типи посадок.
3 Посадки в системі отвору та системі валу.
4 Допуск посадки.
5. *Графічне зображення полів допусків*

1 Основні поняття про допуски

1.1 T-IT – допуск розміру,мм
TD – допуск отвору,мм
Td – допуск валу,мм
IT- стандартний допуск,мм

Допуском називається різниця між найбільшим та найменшим граничними розмірами або алгебраїчна різниця між верхнім та нижнім граничним відхиленням.

$$\mathbf{TD = D_{max} - D_{min} = ES - EI, мм}$$

$$\mathbf{Td = d_{max} - d_{min} = es - ei, мм}$$

$$\mathbf{IT = ai, мм}$$

де **a** – число одиниць допуску , призначається по таблиці в залежності від квалітету;
i – числове значення одиниці допуску ,мм.

1.2 ***Граничні розміри.***

Найбільший граничний розмір отвору (валу) дорівнює алгебраїчній сумі номінального розміру та верхнього граничного відхилення.

$$\mathbf{D_{max}(d_{max}) = D(d) + ES(es), мм}$$

Найменший граничний розмір отвору (валу) дорівнює алгебраїчній сумі номінального розміру та нижнього граничного відхилення.

$$\mathbf{D_{min}(d_{min}) = D(d) + EI(ei), мм}$$

1.3 ***Граничні відхилення.***

Верхнє граничне відхилення отвору (валу)

$$\mathbf{ES(es) = D_{max}(d_{max}) - D(d), мм}$$

Нижнє граничне відхилення отвору (валу)

$$\mathbf{EI(ei) = D_{min}(d_{min}) - D(d), мм}$$

1.4 D(d) – **номінальний розмір** отвору (валу), визначений виходячи з функціонального призначення деталі та служить відліком граничних відхилень розміри якого проставляються на кресленні.

1.5 Dr(dr) – **реальний або дійсний розмір**, отриманий вимірюванням з відповідною похибкою.

Умова придатності деталі

Деталь вважається придатною, якщо її дійсний розмір знаходиться в межах між найбільшим та найменшим граничним розмірами або відповідає їм

$$D_{max} \geq Dr \geq D_{min}$$

$$d_{max} \geq dr \geq d_{min}$$

1.6 ***Схема розташування полів допуску отвору та валу.***

Поле допуску – це поле обмежене найбільшим та найменшим граничними розмірами або верхнім та нижнім граничним відхиленням.

Нульова лінія – точка відліку граничних відхилень, положення якої співпадає з номінальним розміром.

1.7 "Отвір" – це поверхня, що охоплює.

1.8 "Вал" – це поверхня, що охоплюється.

2. Посадка – характер з'єднання двох деталей

Посадки бувають:

- з зазором;
- з натягом;
- перехідна.

2.1 Посадка з зазором(S).\

Утворюється коли розмір отвору більше розміру валу.

$$S \rightarrow D > d$$

Характеризується **граничними зазорами**

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei, мм$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es, мм$$

де S_{max} -найбільший граничний зазор

S_{min}- найменший граничний зазор

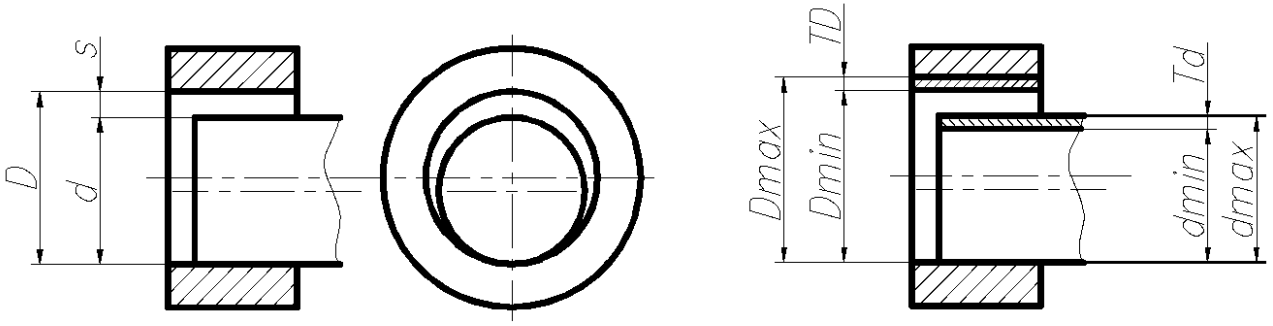


Рисунок 1. З'єднання з зазором

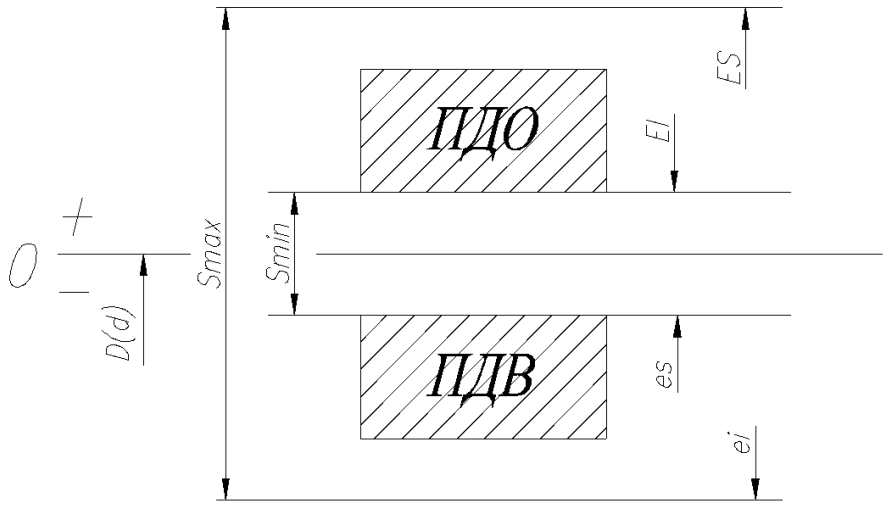


Рисунок 2. Схема розташування полів допусків з'єднання з зазором

2.2 Посадки з натягом утворюються, якщо розмір вала більший розміру отвора.

$$\mathbf{N \rightarrow d > D}$$

Характеризується граничними натягами.

$\mathbf{N_{max}}$ – найбільший граничний натяг,мм

$\mathbf{N_{min}}$ – найменший граничний натяг,мм

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

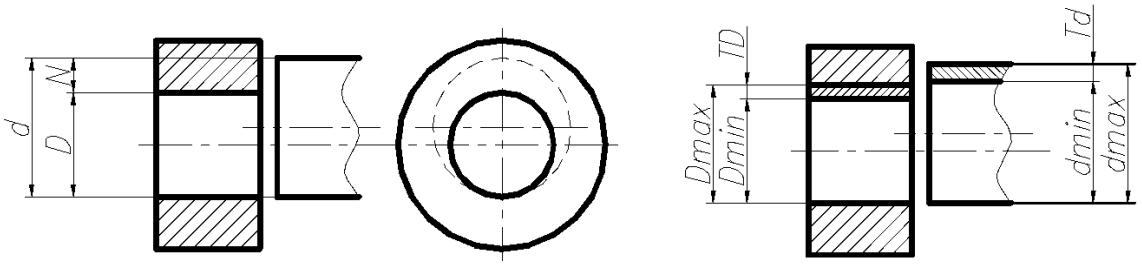


Рисунок 3. З'єднання з натягом

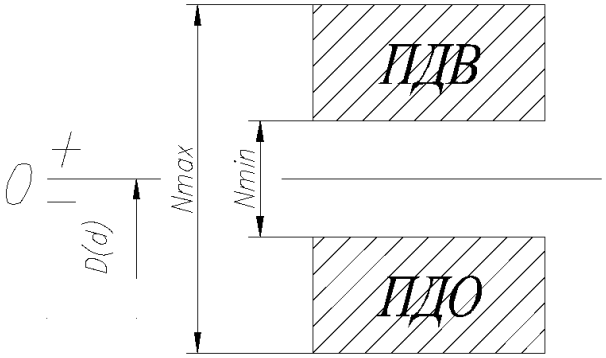


Рисунок 4. Схема розташування полів допусків з'єднання з натягом

2.3 Перехідна посадка.

Характеризується **найбільшим зазором та найбільшим натягом**.

При перехідних посадках поля допусків отвору та вала **перетинаються** повністю або частково.

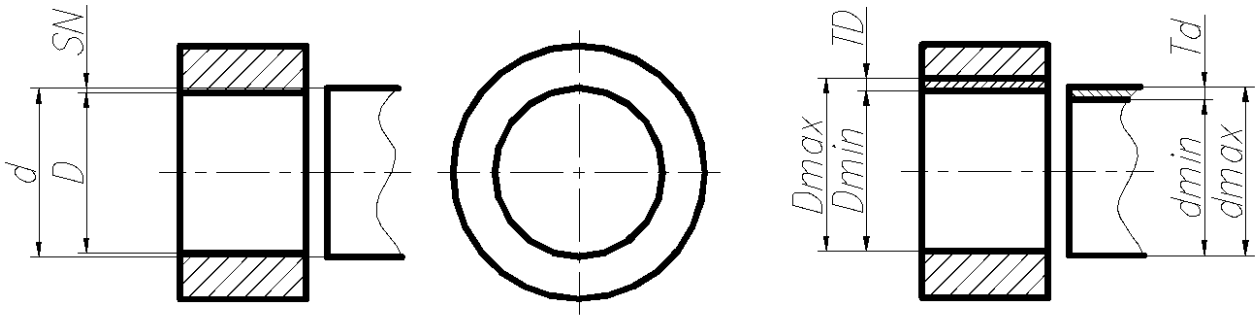


Рисунок 5. З'єднання перехідне

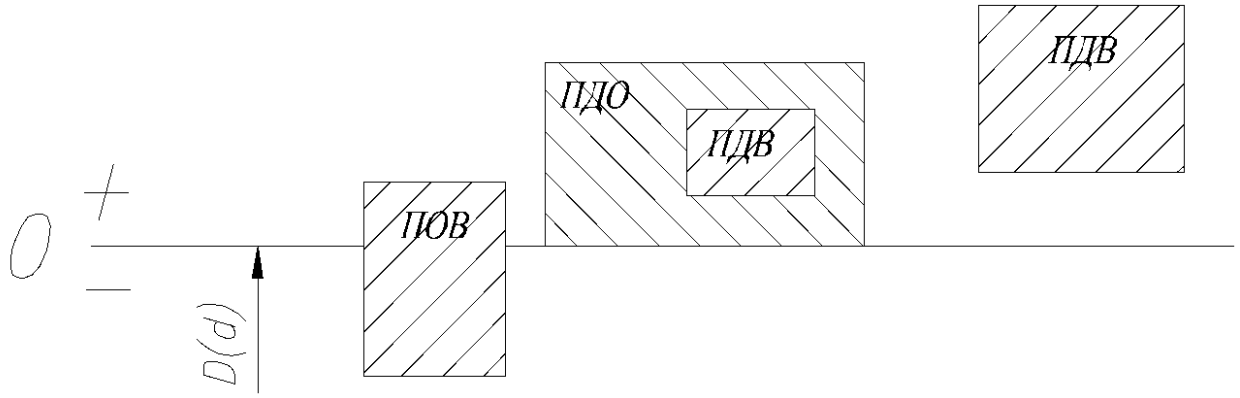


Рисунок 6. Схема розташування полів допусків перехідного з'єднання

3. Посадки в системі отвору та системі валу

3.1 Посадки в системі отвору – зазори та натяги утворюються шляхом з'єднання **основного отвору** з різними валами.

H – основний отвір, EI = 0

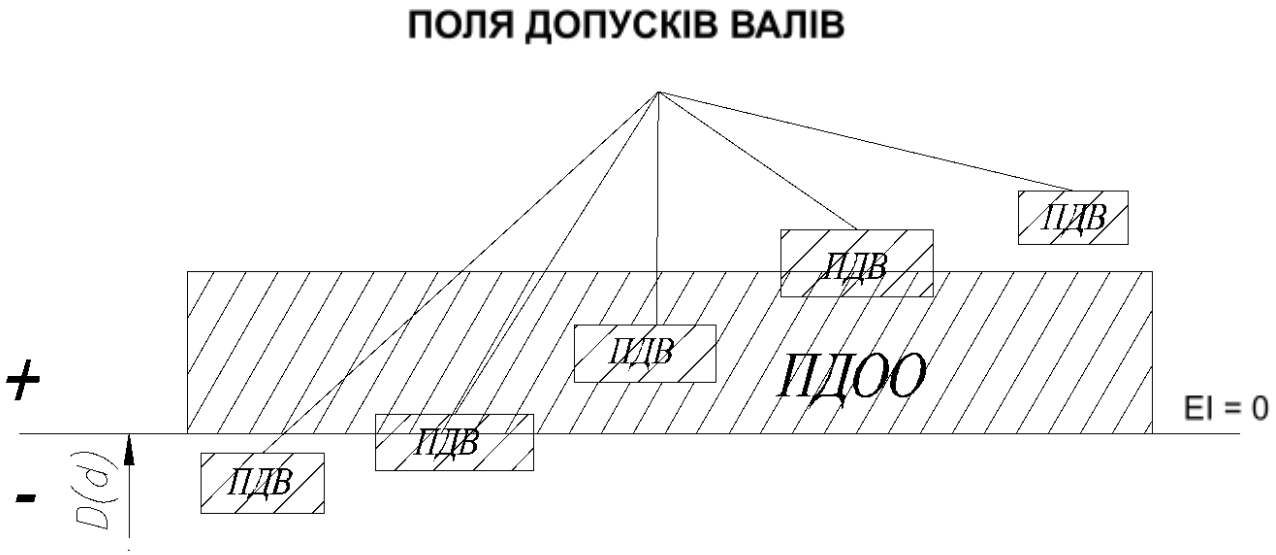


Рисунок 7. Система отвору

де **ПДВ** – поле допуску валу;
ПДОО – поле допуску основного отвору.

3.2 Посадки в системі вала

.

Зазори та натяги утворюються шляхом з’єднання основного валу з різними отворами.

Основний вал h → es =0

ПДО – поле допуску отвору;
ПДОВ – поле допуску основного валу.

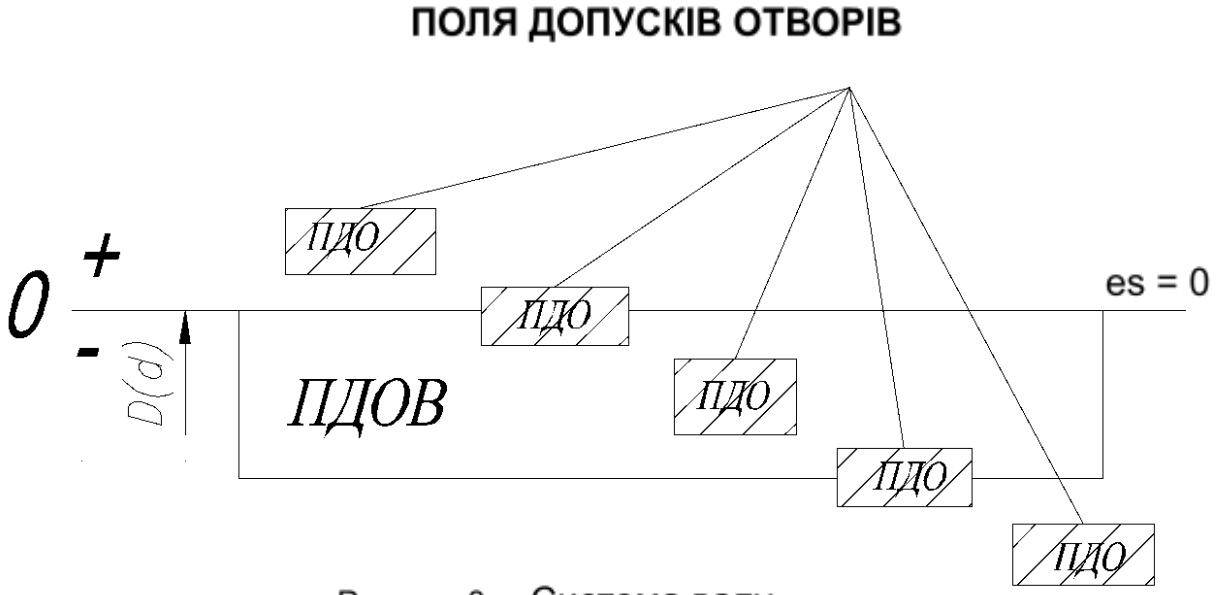


Рисунок 8. Система валу

ПДО – поле допуску отвору;
ПДОВ – поле допуску основного валу

Перевагу має система отвору, так як вона більш економічна.

4. **Допуск посадки**

Ts – допуск посадки з зазором

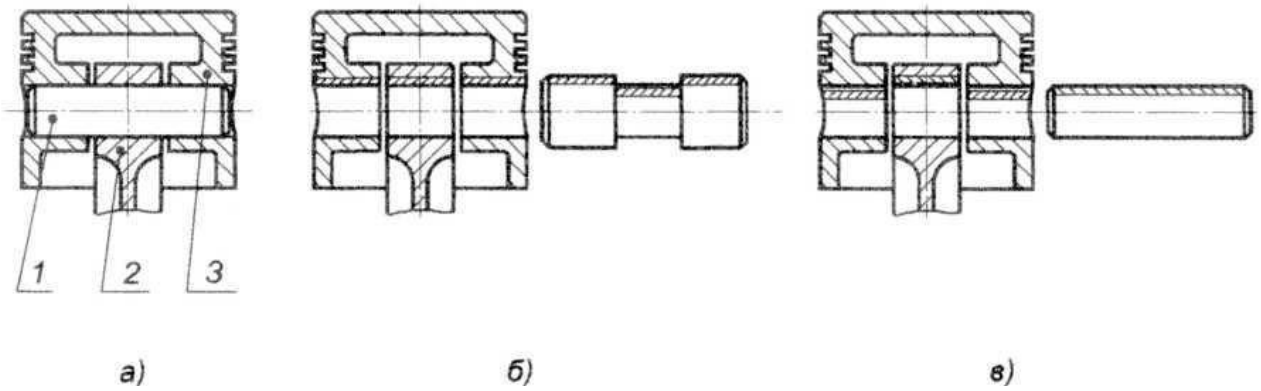
$$Ts = S_{max} - S_{min} = TD + Td$$

T_N – допуск посадки з натягом

$$T_N = N_{max} - N_{min} = TD + Td$$

Ts_N – допуск перехідної посадки

$$Ts_N = S_{max} + N_{max} = TD + Td$$



а) – з'єднання поршня з пальцем
б) – з'єднання в системі отвору;
в) – з'єднання в системі валу.

Під нульовою лінією розуміють лінію, що відповідає номінальному розміру, від якого відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні допусків. У разі горизонтального розташування нульової лінії додатні відхилення відкладаються від неї вгору, а від'ємні — донизу. Граничні відхилення та їх знаки (+ або –) зазначаються безпосередньо після номінального розміру. Позначення верхнього граничного відхилення зазначається над ними. Граничні відхилення, які дорівнюють нулю, не зазначаються.

Рисунок 9.

За заданими граничними відхиленнями номінальних розмірів можна визначити підрахунком граничні розміри, допуск і поле допуску.

Відхилення відкладаються в масштабі. Встановлено 5 випадків положення відхилень і зображення їх графічно, наприклад:

Позначимо

d — номінальний розмір;

dmax — найбільший граничний розмір;

dmin — найменший граничний розмір;

IT — допуск;

ES — верхнє відхилення;

EI — нижнє відхилення;

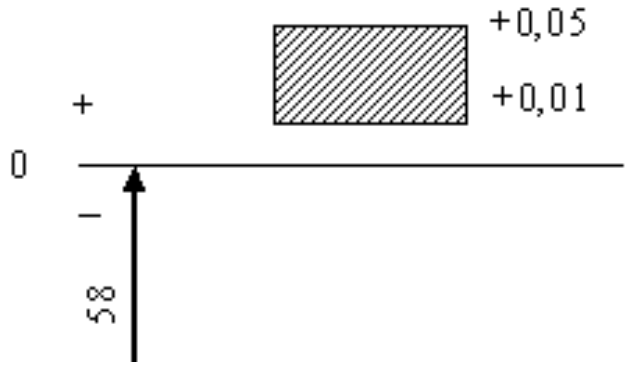
dmax = d + ES;

dmin = d + EI;

IT = ES – EI.

Розглянемо кожен із п'яти випадків. Визначити граничні розміри, величину допуску, побудувати графічно поле допуску.

1.



d = 58;

ES = +0,05;

EI = +0,01;

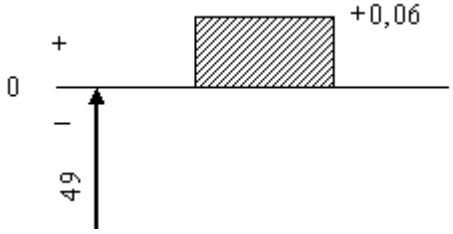
dmax = d + ES = 58 + 0,05 = 58,05;

dmin = d + EI = 58 + 0,01 = 58,01;

IT = dmax – dmin = 58,05 - 58,01 = 0,04;

IT = ES – EI = 0,05 – 0,01 = 0,04.

2.



d = 49;

ES = +0,06;

EI = 0.

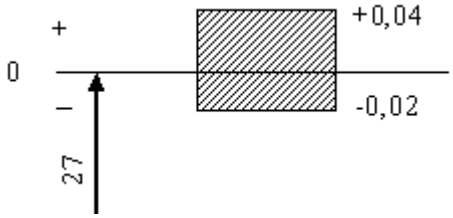
dmax = d + ES = 49 + 0,06 = 49,06;

dmin = d + EI = 49 + 0 = 49,0;

IT = dmax – dmin = 49,06 – 49,0 = 0,06;

IT = 0,06.

3.



d = 27;

ES = +0,04;

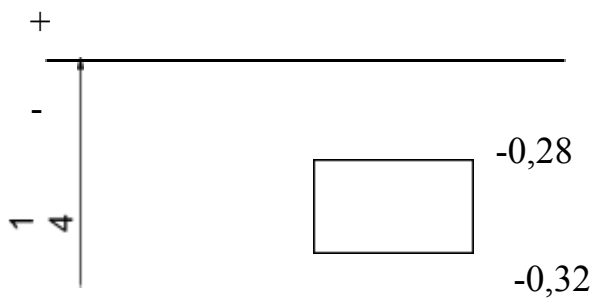
EI = –0,02;

dmax = d + ES = 27 + 0,04 = 27,04;

dmin = d + EI = 27 + (–0,02) = 26,98;

IT = dmax - dmin = 27,04 - 26,98 = 0,06;

IT = ES – EI = 0,04 – (–0,02) = 0,06.



d = 14;

ES = –0,28;

EI = –0,32;

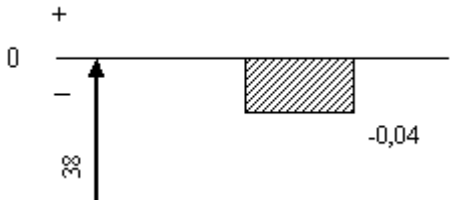
dmax = d + (–ES)= 14 + (-0,28) = 13,72;

dmin = d + (–EI) = 14 + (–0,32) = 13,68;

IT = dmax – dmin = 13,72 – 13,68 = 0,04;

IT = 0,04.

5.



d = 38;

ES = 0;

EI = –0,04;

dmax = d + 0 = 38;

dmin = d + EI = 38 + (–0,04) = 37,96;

IT = dmax – dmin = 38 – 37,96 = 0,04;

IT = 0,04.

Одного вміння правильно прочитати розмір на кресленні замало, необхідно вміти враховувати вимоги, задані на кресленні, у процесі виготовлення виробу, в першу чергу — визначати придатність дійсного розміру.

Дійсний розмір (DД), тобто розмір, встановлений вимірюванням, буде придатним, якщо він не перевищуватиме найбільший граничний розмір і не буде меншим від найменшого граничного розміру або дорівнюватиме їм. Це і є умовою придатності дійсного розміру. $D_{min} \le D_e \le D_{max}$ (1.1)

$$d_{min} \le d_e \le d_{max} \qquad (1.2)$$

Введення термінів «вал» і «отвір» (тобто прив'язка розміру до креслення деталі) дозволяє уточнити умову придатності дійсного розміру. Якщо розмір — брак, то необхідно надати характеристику браку: брак виправний, брак невиправний.

Якщо елемент деталі є зовнішнім, тобто валом, то завищений дійсний розмір (більше найбільшого граничного) можна виправити додатковою обробкою — брак є виправним.

Якщо елемент деталі є внутрішнім, тобто отвором, то завищений дійсний розмір (більше найбільшого граничного) виправити обробкою (зробити менше) вже не можна, отже, в цьому випадку брак невиправний.

Розглянемо випадок, коли елемент деталі є зовнішнім, тобто валом (рис. 1.8):

— якщо дійсний розмір виявиться більше найбільшого граничного розміру — брак виправний;

— якщо дійсний розмір виявиться менше найменшого граничного розміру — брак невиправний (остаточний).

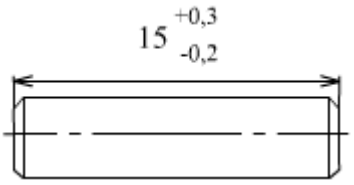


Рис.1.8

Визначення придатності деталі.

Дійсний розмір	Висновок стосовно придатності
15,6	$d_e > d_{max}$ — брак виправний
15,3	$d_e = d_{max}$ — придатний
15,0	$d_{min} < d_e < d_{max}$ — придатний

14,7 de < dmin — брак невиправний

Розглянемо випадок, коли елемент деталі є внутрішнім, тобто отвором (рис. 1.9):

— якщо дійсний розмір виявиться менше найменшого граничного розміру — брак виправний;

— якщо дійсний розмір виявиться більше найбільшого граничного розміру — брак невиправний (остаточний).

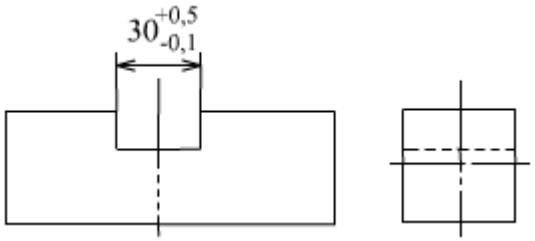


Рис. 1.9. Розмір деталі — внутрішній

Визначення придатності деталі

Дійсний розмір	Висновок стосовно придатності
30,6	De > Dmax — брак невиправний (остаточний).
30,5	De = Dmax — придатний
30,0	Dmin < De < Dmax — придатний
29,5	De < Dmin — брак виправний