

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**



Кафедра комп'ютеризованих технологій машинобудування

# **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни "Взаємозамінність стандартизація та технічні  
вимірювання"

для студентів спеціальностей  
7.090202, 7.090203, 7.090208 всіх форм навчання

Укладачі: Нестеренко Ю.Г.  
Лещенко Д.Д.

Черкаси 2004

## Зміст

[1 ЛЕКЦІЯ](#) "Основні поняття про якість взаємозамінність та стандартизацію"

[2 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски і посадки"

[3 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски і посадки" (продовження)

[4 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски та посадки підшипників кочення"

[5 ЛЕКЦІЯ](#) "Метрологія та технічні вимірювання"

[6 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски форми і розташування поверхонь"

[7 ЛЕКЦІЯ](#) "Калібри"

[8 ЛЕКЦІЯ](#) "Шорсткість"

[9,10 ЛЕКЦІЯ](#) "Розмірний аналіз"

[11 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски кутових розмірів і гладких конічних з'єднань"

[12 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски та посадки шпонкових з'єднань"

[13 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски та посадки шліцьових з'єднань"

[14,15 ЛЕКЦІЯ](#) "Різьбові з'єднання"

[16 ЛЕКЦІЯ](#) "Допуски зубчастих і черв'ячних передач"

[17 ЛЕКЦІЯ](#) "Стандартизація та сертифікація"

[18 ЛЕКЦІЯ](#) "Управління якістю продукції"

# 1 ЛЕКЦІЯ

## Тема: "Основні поняття про якість, взаємозамінність та стандартизацію"

### 1 Визначення ВСТВ

В – Взаємозамінність  
С – стандартизація та  
ТВ – технічні вимірювання

### 2 Мета курсу з ВСТВ

Основна мета вивчення курсу з ВСТВ:

- навчитися користуватися стандартами;
- навчитися правильно вивчати допуски і посадки на деталі машин, що проектуються;
- навчатися правильно визначати технічні засоби вимірювання при виготовленні деталей.

### 3 Значення курсу з ВСТВ

Курс з ВСТВ є початковим у підготовці інженерів-механіків.

Його знання необхідні для проектування нових машин і приладів для точного їх виготовлення, а також для експлуатації та ремонту.

Інженеру треба знати, що якість продукції є головним параметром виробництва, що в сучасних умовах підвищення якості продукції закладається при проектуванні нових машин, що тільки високоякісна продукція може бути конкурентною.

При проектуванні інженер повинен за основу брати умови, в яких буде працювати механізм. Це в першу чергу такі фактори, як навантаження, швидкість, температура, тертя та знос.

### 4. Основні поняття

#### 4.1 Якість

Якість – це сукупність властивостей і характеристик продукції, які повинні задовольняти потребам людства.

Якість продукції або якість послуг є одним з важливіших факторів успішної діяльності будь якого виробництва.

Нині в усьому світі значно підвищились вимоги споживача до якості продукції.

Показники якості продукції:

- Взаємозамінність (основна властивість)
- Технологічність.
- Екологічність.
- Естетичність.
- Потужність і габарити.
- Ергономічність (труд і закон).
- Безпечність.

## 4.2 Взаємозамінність

**Взаємозамінність** – це властивість кожного екземпляра даного виробу і його частин рівноцінно замінити один одного без припасування або з частковим припасуванням.

Питаннями взаємозамінності почали серйозно займатися в кінці XVIII сторіччя, коли промисловість у ряді країн заявила свої права на швидкий розвиток. У 1914 – 1915 роках в Росії, Франції, Англії були зроблені перші спроби розробити систему допусків і посадок. Після утворення ООН (Організації об'єднаних націй), питаннями взаємозамінності для країн всього світу займається ІСО (Міжнародна організація по стандартизації).

В Україні з 1980 року у всіх галузях народного господарства діють “Основні норми взаємозамінності (ОНВ)” та “Єдина система допусків та посадок (ЄСДП)”, які вважаються завершеними.

Взаємозамінність має велике народногосподарське значення і забезпечує єдність науково-технічних, економічних і організаційних заходів.

Взаємозамінність – це основна властивість виробів, яка визначає якість продукції.

Розрізняють взаємозамінність повну (або абсолютну) і неповну (або часткову).

При повній взаємозамінності замінюють деталі або вузли без припасування, а при неповній, тобто обмеженій взаємозамінності складання вузлів, замінюють деталі або вузли лише після попереднього сортування деталей на групи.

Прикладом взаємозамінності може бути складання підшипника кочення з валом, шестерні зі шліцьовим валом, а також такі деталі, як болти, гвинти, гайки, шпильки та інші.

Базою для здійснення взаємозамінності в сучасному промисловому виробництві є стандартизація.

## 4.3 Стандартизація і стандарти

**Стандартизація** – це встановлення та застосування єдиних правил з метою впорядкування діяльності у певній галузі.

**Стандартизація** – це встановлення єдиних норм і вимог, що пред'являються сировині, півфабрикатам і готовим виробам і матеріалам. Норми і вимоги оформляються у вигляді документів, що називаються стандартами.

**Стандарт** – це нормативно-технічний документ з стандартизації, в якому викладено норми і вимоги до продукції і послуг.

**Стандарт** – це вихідний документ, на підставі якого створюється продукція з заздалегідь заданими властивостями необхідними споживачу.

Стандарт перешкоджає випуск нестандартної продукції.

При цьому скорочується номенклатура продукції, що випускається і створюються умови для комплексної механізації і автоматизації виробництва, збільшенню продуктивності праці, поліпшенню якості продукції і зниженню її вартості. Не додержування стандарту переслідується законом.

В Україні діють слідуєчі стандарти:

- ISO – стандарт ООН (International Organization for Standardization).
- ГОСТ – "государственный" [рос.] стандарт бувшого СРСР та Російської федерації.
- ДСТУ – державний стандарт України.

Як було сказано вище, при ООН створено ISO, тобто міжнародну організацію стандартів. Головним і основним завданням ISO є координація й уніфікація національних стандартів та встановлення міжнародних стандартів.

#### 4.4 Технічні вимірювання

Технічні вимірювання є складовою частиною прикладної метрології.

При виготовленні деталей їх розміри повинні бути забезпечені достатньо точними приладами вимірювання.

Точність вимірювання – це головна характеристика якості вимірювання.

Що таке точність вимірювання?

Точність вимірювання – це ступінь наближення дійсних розмірів до номінальних, тобто заданих величин. Чим менше різниця між дійсним і номінальними розмірами, тим більше точність вимірювання.

Велике практичне значення має правильний вибір вимірювальних засобів.

Вибір приладів для вимірювання розмірів визначається економічною ефективністю, тобто точністю вимірювання, розмірами деталі, продуктивністю праці. Не слід вибирати надмірно точні (це дорого) і не досить точні (це приведе до браку вимірювання) вимірювальні засоби.

Треба знати, що будь-які вимірювання не дають абсолютно точних значень.

В залежності від засобу вимірювання, ми одержуємо похибки малі або великі. Ці похибки вимірювання залежать від багатьох причин. Головними причинами є ціна поділки шкали приладу і величина розміру, що

вимірюється. Чим більше ціна поділки шкали, тим більше похибка вимірювання і чим більше розмір, що вимірюється, тим похибка вимірювання теж більша.

Позначення похибок:

$\delta_{вим}$  - похибка вимірювання приладу,

$\delta_{доп(гран)}$  - допустима (гранична) похибка.

Похибка вимірювання приладу визначається згідно паспортних даних, або РД50-98-86 (РД – "руководящие документы" [рос.]).

Похибки вимірювання ще зветься табличними похибками.

Похибка допустима визначається по формулі

$$\delta_{доп} = 0,30 \cdot T_p,$$

де 0,30 – коефіцієнт згідно ГОСТ 8.051-81,

$T_p$  - допуск розміру вала або отвору ( $T_d$ ,  $T_D$ ).

Для визначення придатності приладу до вимірювання слід зрівняти похибку вимірювання з похибкою допустимою. Якщо похибка вимірювання приладу менше допустимої похибки, то прилад придатний до вимірювання, а якщо більше, то непридатний.

Наприклад, треба визначити придатність штангенциркуля ШЦ-I при контролі вала  $\varnothing 50$ , що виконаний по 7 квалітету точності (IT7). Для штангенциркуля ШЦ-I  $\delta_{вим}=0,1$  мм. Допуск вала складає  $T_d=0,025$  мм.

$$\delta_{доп(гран)}=0,0075 \text{ мм.}$$

В зв'язку з тим, що  $\delta_{вим} > \delta_{доп(гран)}$  штангенциркуль ШЦ-I вважається непридатним.

Припустимо, що треба визначити придатність штангенциркуля ШЦ-I при контролі вала  $\varnothing 50$ , що виконаний по 14 квалітету точності (IT14). Для штангенциркуля ШЦ-I  $\delta_{вим}=0,1$  мм. Допуск вала складає  $T_d=0,620$  мм.

$$\delta_{доп(гран)}=0,124 \text{ мм.}$$

В зв'язку з тим, що  $\delta_{вим} < \delta_{доп(гран)}$  штангенциркуль ШЦ-I вважається придатним.

## 2 ЛЕКЦІЯ

### Тема : "Допуски і посадки"

#### 1 Основні положення

Допуск розміру (Т) – це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами, або алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями.

Посадка – це з'єднання двох деталей, що характеризується зазором або натягом.

ЄСДП – єдина система допусків і посадок.

Вона розроблена і погоджена з рекомендаціями ІСО. ЄСДП складає основу для міжнародної взаємозамінності, уніфікації та стандартизації машин, приладів, вузлів, деталей і технологічної оснастки, а також забезпечує одноманітність оформлення технічної документації.

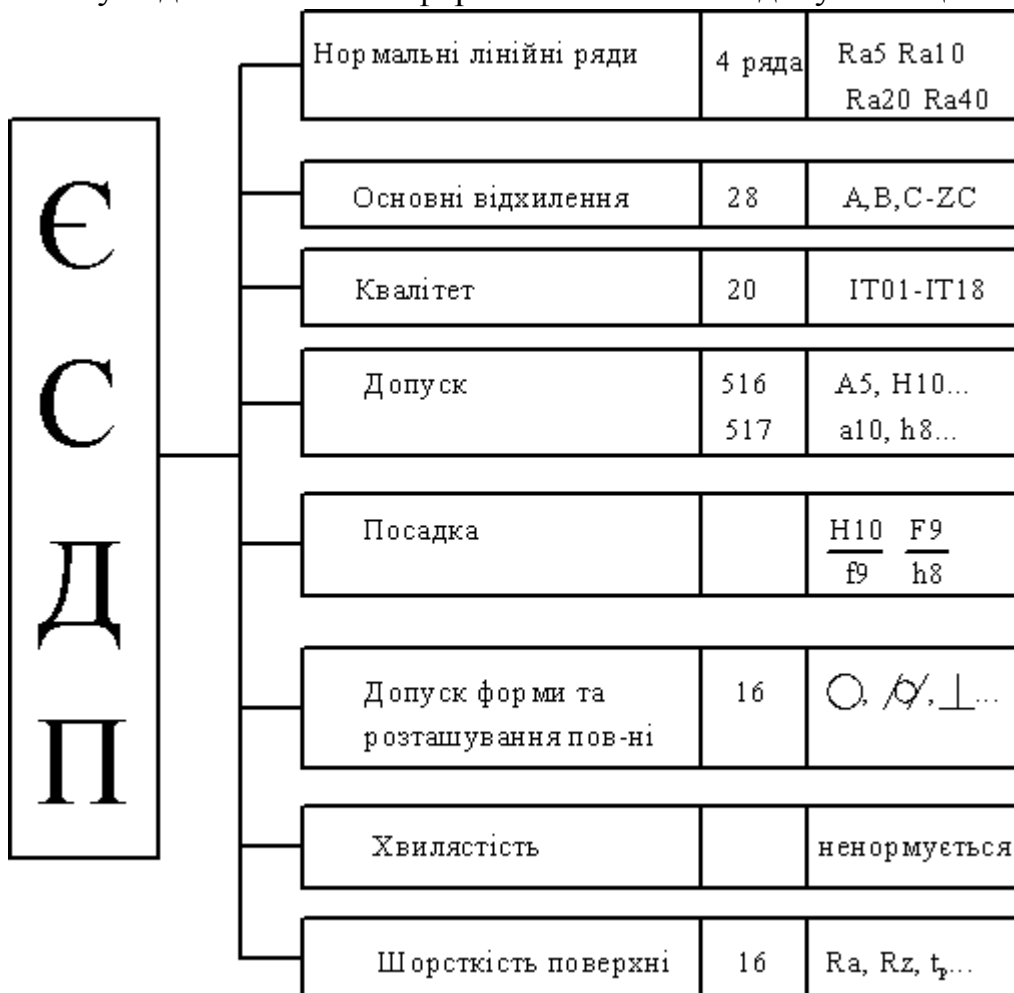


Рисунок 2.1- Структурна схема системи ЄСДП

ЄСДП призначена дати конструкторам і технологам дані для вибору допусків і посадок з найменшими затратами праці й засобів вимірювання.

Основними стандартами ЄСДП є:

ГОСТ 25346-89 – Допуски;  
ГОСТ 25347-89 – Граничні відхилення валів і отворів для розмірів до 3150 мм;  
ГОСТ 25348-82 – Для розмірів 3.150-10.000 мм;  
ГОСТ 26179-84 – Для деталей із пластмас;  
ГОСТ 25349-88 – Для розмірів 10.000-40.000 мм.  
Допуски і відхилення стосуються деталей, розміри яких визначені при температурі 20°C.

## 2 Терміни і позначення

Отвір – це умовна назва поверхонь для позначення внутрішніх елементів деталей, позначається буквою D.

Вал – це умовна назва поверхонь для позначення зовнішніх елементів деталей, позначається буквою d.

Номінальний розмір – це розмір, який є початковим при визначенні відхилень і граничних розмірів. Номінальні розміри деталей визначають розрахунковими або вибираються методом подібності.

Номінальні розміри для забезпечення взаємозамінності повинні відповідати вимогам ГОСТ 6636-69, яким встановлено чотири ряди -  $R_a 5$ ,  $R_a 10$ ,  $R_a 20$ ,  $R_a 40$  і шість діапазонів – 1,010 – 0,095; 0,10 – 0,95; 1,0 – 9,5; 10 – 95; 100 – 950; 1000 – 20.000.  $R_a$  - Range – ряд.

Позначення номінальних розмірів -  $D_n$ ,  $d_n$ .

Граничні розміри і відхилення

Граничні розміри деталей задаються граничними відхиленнями від номінального розміру.

Розрізняють найбільші граничні розміри і найменші граничні розміри:

$D_{\max}$  - найбільший граничний розмір отвору,

$D_{\min}$  - найменший граничний розмір отвору,

$d_{\max}$  - найбільший граничний розмір вала,

$d_{\min}$  - найменший граничний розмір вала.

Граничні відхилення

Розрізняють верхнє і нижнє відхилення:

$ES$  - верхнє відхилення отвору,

$es$  - верхнє відхилення вала,

$EI$  - нижнє відхилення отвору,

$ei$  - нижнє відхилення вала.

Визначення граничних розмірів:



$$D_{\max} = D_H + ES$$

$$D_{\min} = D_H + EI$$

$$d_{\max} = d_H + es$$

$$d_{\min} = d_H + ei$$

Розміри граничних відхилень визначаються згідно ГОСТ – 25347-89.

Дійсний розмір – це розмір встановлений вимірюванням. Кожний розмір деталі вимірюють три рази і більше, потім їх складають і ділять на число замірів. Середній розмір і є дійсним розміром.

Дійсний розмір дуже рідко співпадає з номінальним розміром. Щоб розмір деталі був придатним, він повинен бути менше максимального. Якщо це правило не виконується то деталь іде в брак.

Позначається:  $D_\delta$ ,  $d_\delta$ .

$$D_{\max} > D_\delta > D_{\min}$$

$$d_{\max} > d_\delta > d_{\min}$$

Нульова лінія – це лінія, що відповідає номінальному розміру. Від нульової лінії відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні полів допусків, розмірів і посадок (дивися рисунок 2.2).

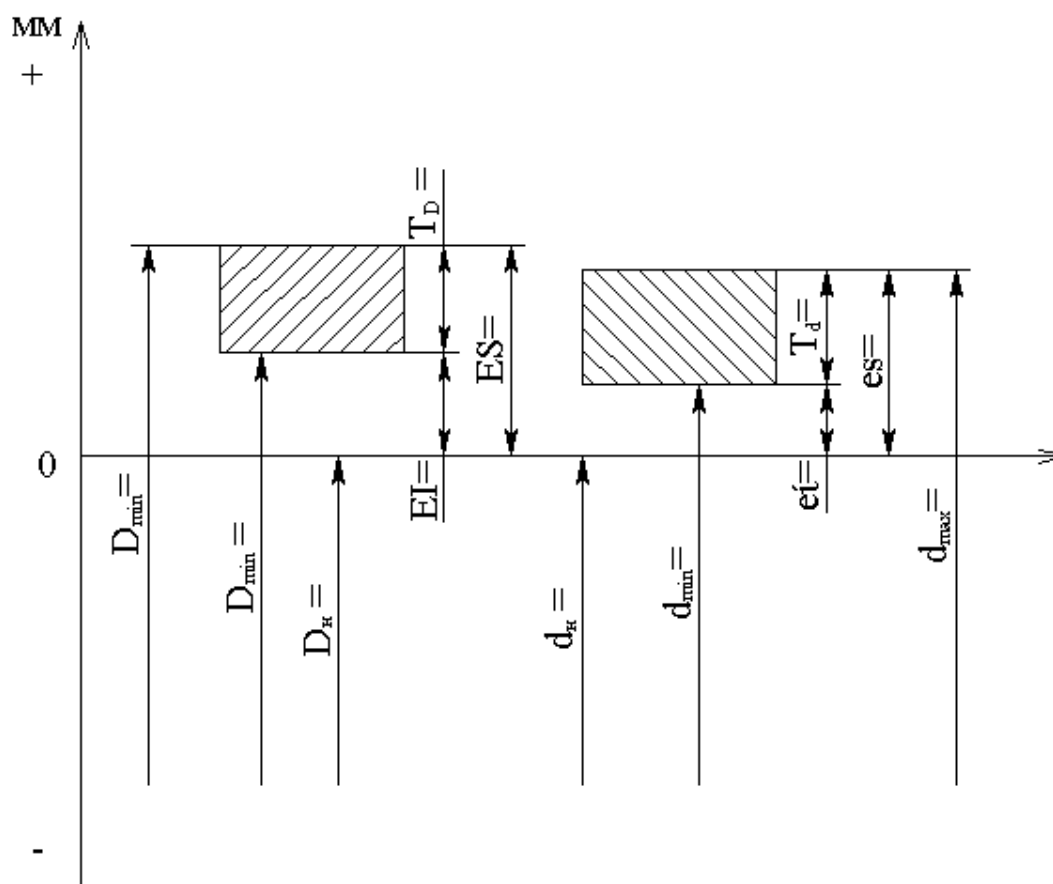


Рисунок 2.2 - Схема позначення розмірів, відхилень, допусків та полів допусків отвору та вала

## Допуски розмірів

Допуск – це абсолютна величина без знаку, позначається буквою  $T$  від слова *Tolerance*, що визначає допустиме відхилення від стандартного розміру.

ІСО позначає стандартний допуск буквами  $IT$ . Допуск розміру відповідного квалітету позначається –  $IT1, IT3, IT5, IT8$  і т.д.

Допуск – це допустиме відхилення від номінального розміру, яке може зробити робочий при виготовленні деталі з дійсним розміром. Величина допуску залежить від номінального розміру та квалітету. Чим більше номінальний розмір, тим більше допуск. Чим більше квалітет, тим більше допуск і менше точність виготовлення розмірів деталі.

Всі допуски розраховані на основі одиниці допуску.

Формули визначення допусків:

$$\text{Допуск отвору } T_D = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

$$\text{Допуск вала } T_D = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

### Квалітети

Слово "квалітет" в перекладанні з французького та німецького означає якість. ГОСТ ом встановлено, що квалітети – це сукупність допусків, що відповідають одному рівню точності для всіх номінальних розмірів.

ГОСТ 25346-89 встановлено 20 квалітетів:  $01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18$ . Чим більше квалітет, тим менше точність розмірів.

Поле допуску – це поле, обмежене найбільшим і найменшим граничними розмірами і визначене величиною допуску (дивися рисунок 2.2).

Поле допуску позначається сполученням букви основного відхилення і порядкового номера квалітети:  $S6, K6, s6, k6$ .

Позначення поля допуску вказують після номінального розміру елемента:  $40K6, 40D10, 25d8$ ,

де 40 номінальний розмір,

$K, D, d$  – основні відхилення,

6, 10, 8 – квалітети,

$K6, D10, d8$  – поля допусків.

Штриховка полів допусків отворів (наприклад  $K6, D10$ ) штрихуються з нахилом управо, а поля допусків валів (наприклад  $d8$ ) штрихуються з нахилом вліво (дивися рисунок 2.1).

### Одиниця допуску

Позначається буквою  $i$  для розмірів до 500 мм і буквою  $I$  для розмірів від 500 до 3150 мм.

Одиниця допуску є мірою точності. Формули для розрахунків допусків:

При розмірах до 500 мм,

$$T = a \cdot i,$$

де:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D,$$

$$D = \sqrt{D_{\min.інт} \cdot D_{\max.інт}}$$

(*інт* - інтервал розміру згідно ГОСТ 25346-89).

При розмірах від 500 до 3150 мм

$$T = a \cdot I,$$

де:

$$I = 0,004 \cdot D + 2,1,$$

*a* - число одиниць допусків для квалітетів від 5 до 18 згідно таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Співвідношення квалітетів і одиниць допуску

Квалітет	Одиниця допуску	Квалітет	Одиниця допуску	Квалітет	Одиниця допуску
5	7	10	64	15	640
6	10	11	100	16	1000
7	16	12	160	17	1600
8	25	13	250	18	2500
9	40	14	400		

### Основні відхилення

Основне відхилення це одне з двох відхилень (верхнє, або нижнє), яке визначає положення допуску відносно нульової лінії.

В ЄСДП основним вважається відхилення, яке знаходиться ближче до нульової лінії. Основні відхилення позначають буквами латинського алфавіту: великими для отворів А – ZС і малими для валів а – zс. Всього відхилень 28.

- Основний отвір – це отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю, позначається *H*.
- Основний вал – це вал верхнє відхилення якого дорівнює нулю, позначається *h*.

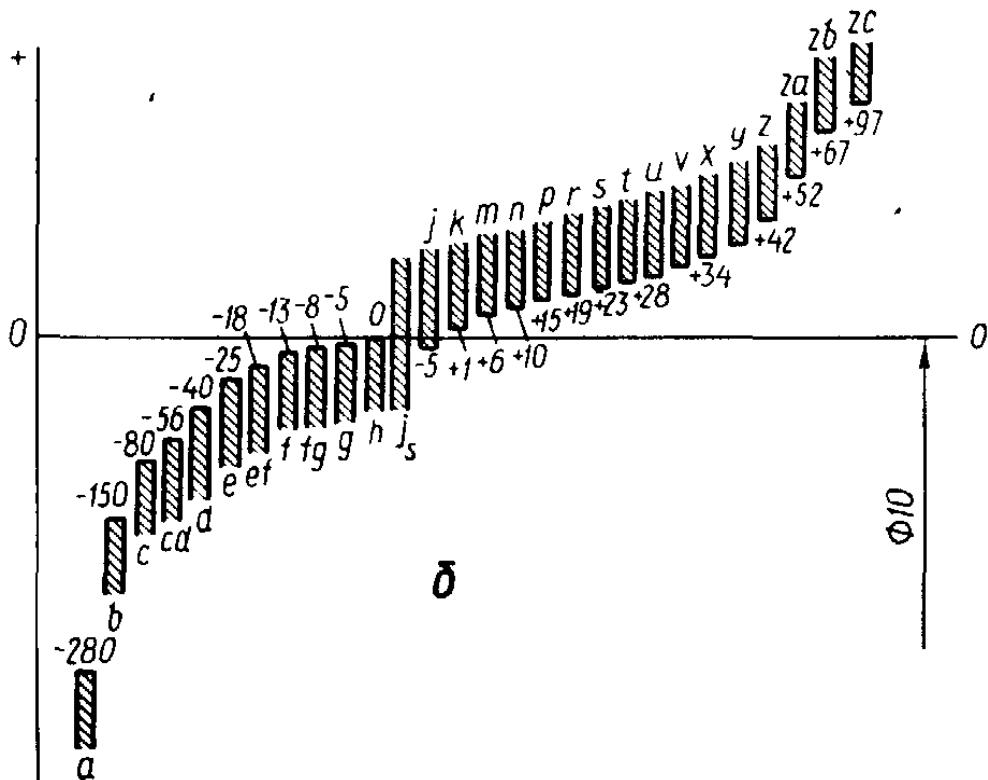
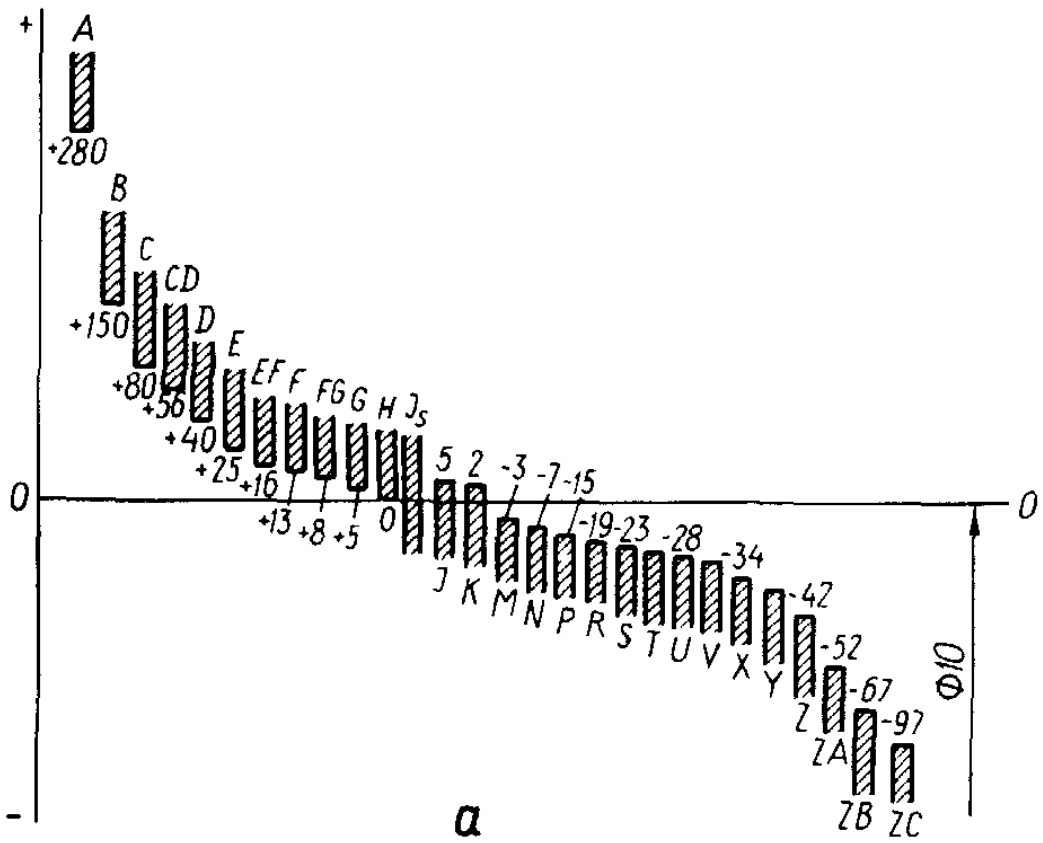


Рисунок 2.3 - Розташування полів допусків отворів (а) та валів (б)

## 3 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски і посадки (продовження)"

#### 1 Посадки

Посадками називають з'єднання двох деталей, характер яких залежить від різниці їх розмірів.

Умовно посадка записується

$$\text{Ø}50 \frac{H7}{h6},$$

де:

Ø - знак діаметра;

50 – номінальний розмір обох деталей, які з'єднуються, тобто отвору і валу;

H7 – поле допуску отвору;

h6 – поле допуску вала.

Посадки розрізняються по типах і системах.

#### 1.1 Типи посадок

Згідно класифікації існують три типа посадок:

- Посадки з зазором,
- Посадки з натягом,
- Перехідні посадки.

#### 1.2 Посадки з зазором

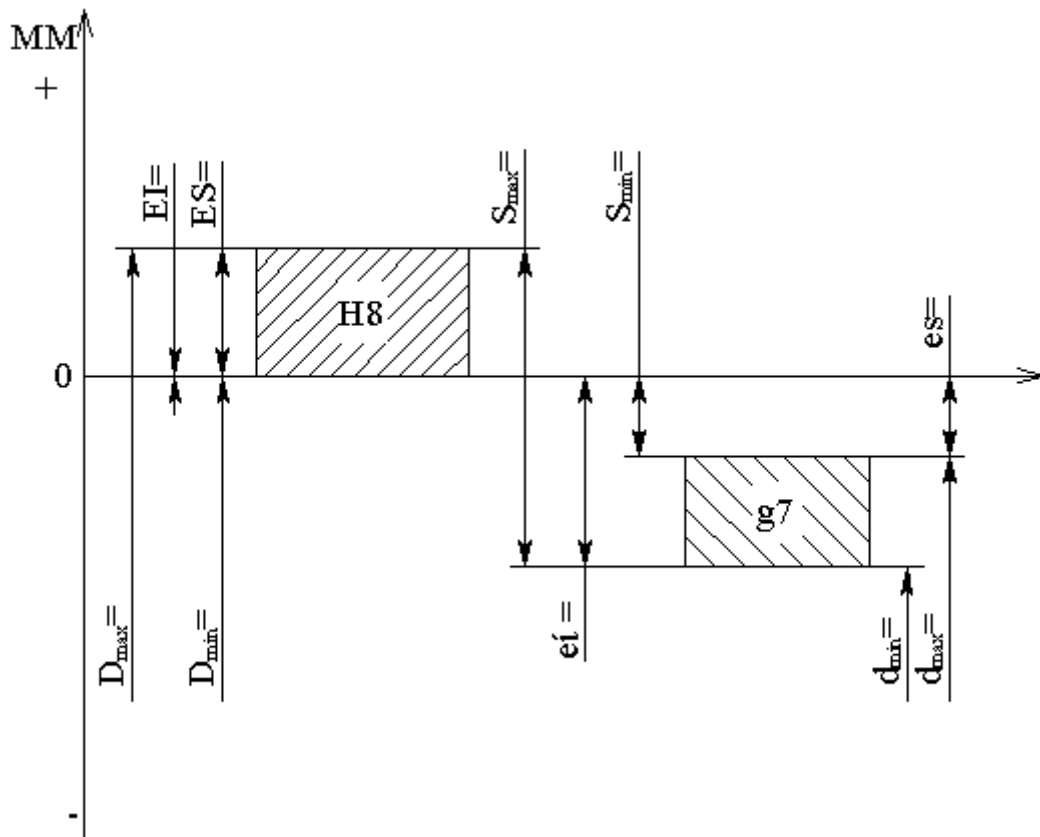
Посадки з зазором – це посадки, які при з'єднанні завжди утворюють зазор. Зазор позначається буквою S.

Зазором називається різниця між діаметрами отвору і вала до складання. Зазор дає можливість відносного переміщення деталей, які з'єднуються.

Розрізняють найменші (мінімальні) та найбільші (максимальні) зазори.

Найменшим зазором називається різниця між найменшим граничним розміром отвору і найбільшим граничним розміром вала (дивися рисунок 3.1), або різниця між нижнім відхиленням отворів і верхнім відхиленням валу

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



$\varnothing 50 \frac{H8}{g7}$

Рисунок 3.1 - Схема полів допусків посадки з зазором

Найбільшим зазором називається різниця між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим розміром вала (дивися рисунок 3.1), або різниця між верхнім відхиленням отвору і нижнім відхиленням валу,  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ .

Величина зазору залежить від дійсних розмірів.

Середній зазор,  $S_m = (S_{\max} + S_{\min})/2$ .

### 1.3 Посадки з натягом

Посадки з натягом – це посадки в яких завжди утворюється натяг у з’єднанні.

Натяг позначається буквою N.

Натягом називається різниця між діаметрами вала і отвору до складання. При цьому діаметр вала більший за діаметр отвору. Натяг характеризує ступінь опору зміщення однієї деталі відносно другої після їх складання.

Розрізняють найменший і найбільший натяг. Величина натягу залежить від дійсних розмірів.

Найменший натяг – це різниця між найменшим розміром вала і найбільшим граничним розміром отвору до складання (дивися рисунок 3.2), або різниця між верхнім відхиленням валу і нижнім відхиленням отвору,  $N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = es - EI$ .

Найбільший натяг – це різниця між найбільшим граничним розміром вала і найменшим граничним розміром отвору до складання (дивися рисунок 3.2). або різниця між нижнім відхиленням валу і верхнім відхиленням отвору,  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$ .

Середній натяг,  $N_m = (N_{\max} - N_{\min})/2$ .

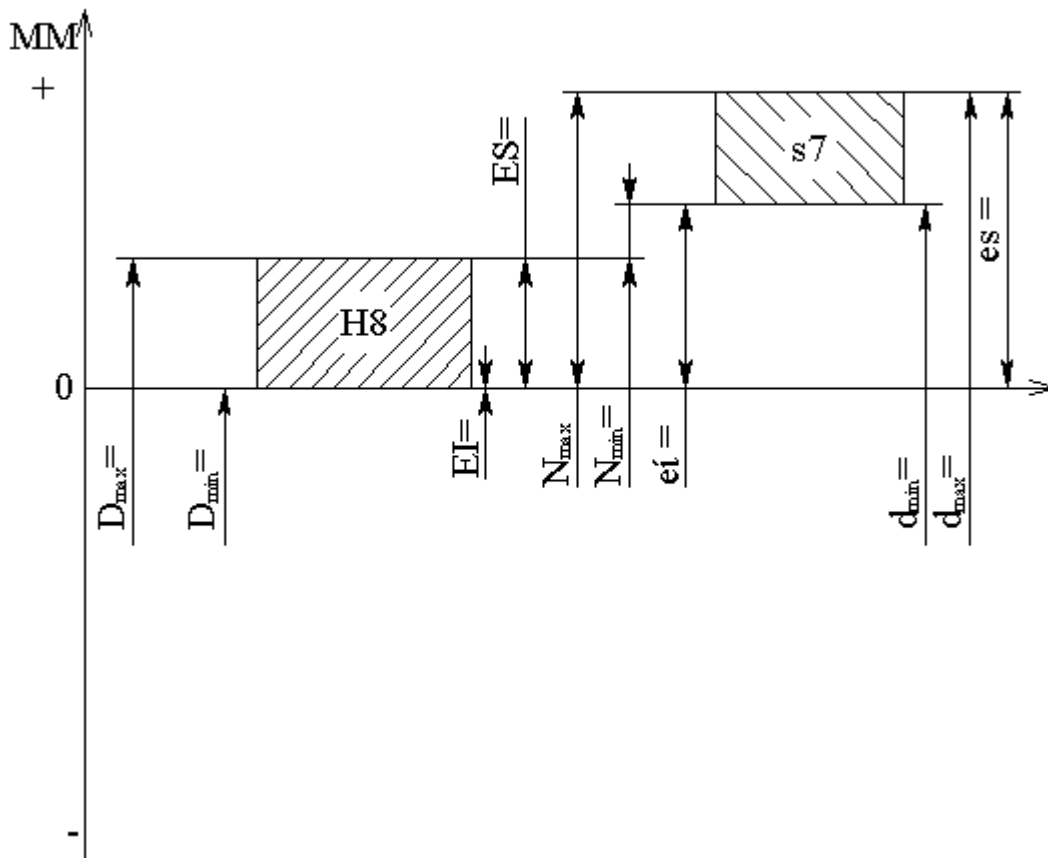


Рисунок 3.2 – Схема полів допусків посадки з натягом  $\varnothing 50 \frac{H8}{s7}$

#### 1.4 Посадки перехідні

Посадки перехідні – це посадки, що дають можливість одержати як зазор, так і натяг у з'єднаннях в залежності від дійсних розмірів отвору і валу.

При графічному зображенні полів допусків отвору і вала вони перекриваються, або повністю, або частково (дивися рисунок 3.3). Перехідні посадки утворюються отворами з відхиленнями  $J, J_s, K, M, N$  і валами з відхиленнями  $j, J_s, k, m, n$ .

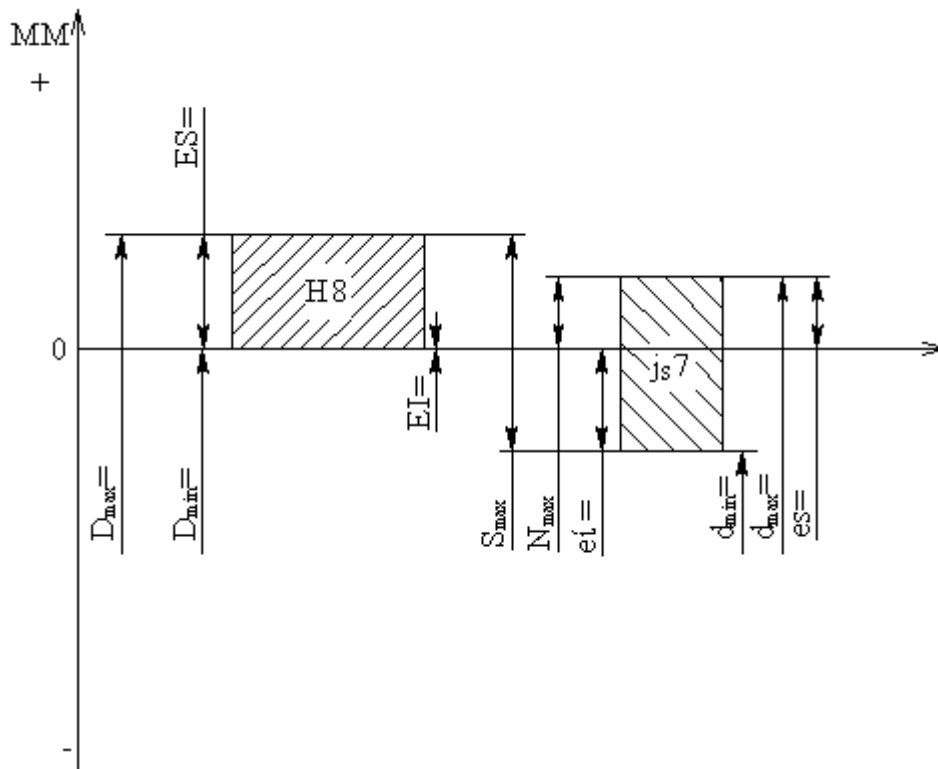


Рисунок 3.3 – Схема полів допусків перехідної посадки  $\varnothing 50 \frac{H8}{js7}$

Найбільший зазор – це різниця між найбільшим граничним розміром отвору і найменшим граничним розміром вала, або різниця між верхнім відхиленням отвору і нижнім відхиленням вала,  $S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$ .

Найбільший натяг – це різниця між найбільшим граничним розміром вала і найменшим граничним розміром отвору, або різниця між верхнім відхиленням вала і нижнім відхиленням отвору,  $N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI$ .

## 2 Системи посадок

Згідно класифікації існують дві системи посадок:

- Система отвору
- Система вала

а також існують несистемні посадки.

2.1 Посадки у системі отвору – це такі посадки, в яких потрібні зазори і натяги утворюються зміною граничних розмірів вала і вал при цьому в неосновною деталлю. Основною деталлю в такому з'єднанні є отвір з основним відхиленням  $H$  (дивися рисунок 3.4).



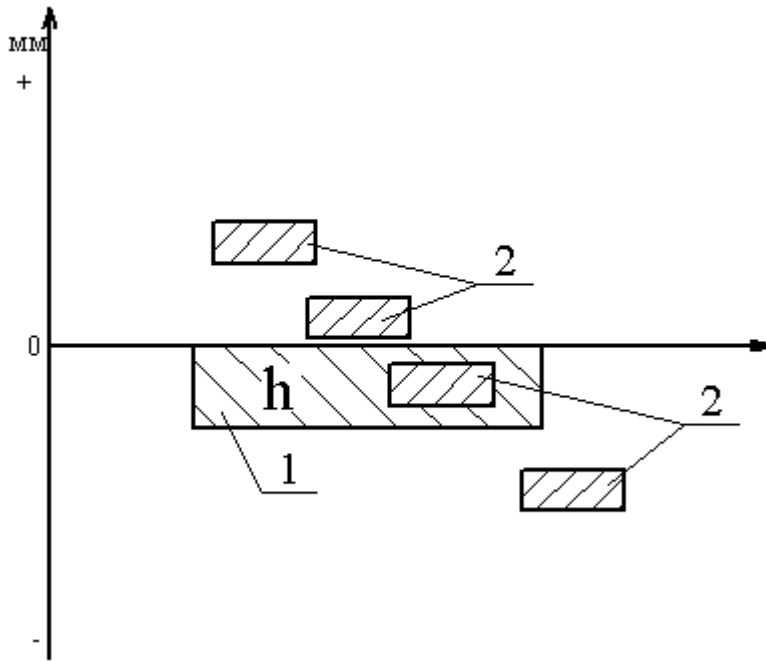


Рисунок 3.4 – Схема посадок в системі отвору:

- 1 – поле допуску основного отвору,
- 2 – поля допусків валів.

**2.2 Посадки у системі вала** – це такі посадки, в яких потрібні зазори і натяги утворюються зміною граничних розмірів отвору і отвір при цьому є неосновною деталлю. Основною деталлю такому з’єднанні є вал з основним відхиленням  $h$  (дивися рисунок 3.5)

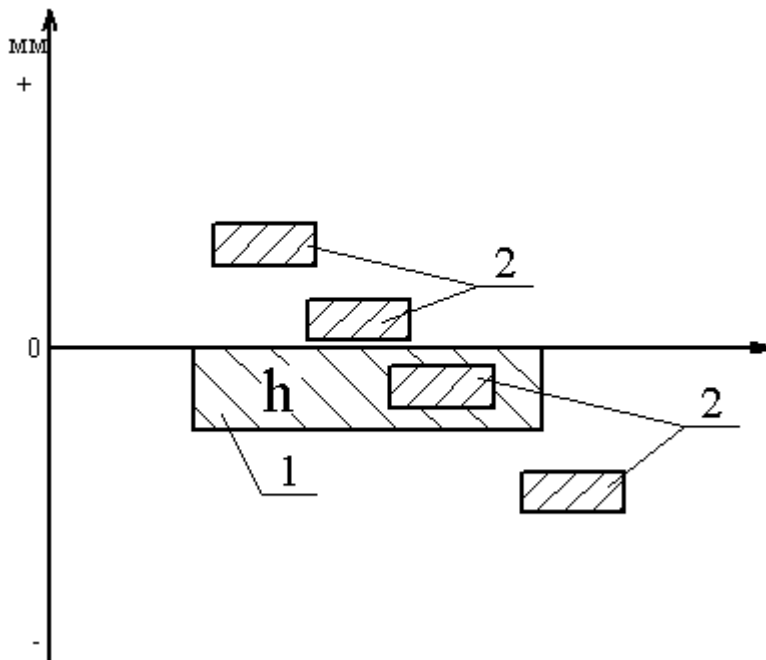


Рисунок 3.5 – Схема посадок в системі вала:

- 1 – поле допуску основного вала,
- 2 – поля допусків отворів.

Позначення посадки вказують після номінального розміру з'єднання, при цьому в чисельнику вказують поле допуску отвору, а в знаменнику – поле допуску вала. Наприклад:

$$\text{Ø}40 \frac{H7}{h6} ; \quad \text{Ø}40 \frac{H8}{c7} ; \quad \text{Ø}40 \frac{E8}{h7} .$$

### 3 Вибір посадок

Формально обидві системи посадок рівноправні, але практично майже завжди більш економічні посадки в системі отвору. Це пояснюється тим, що трудомісткість виготовлення точних отворів більше ніж точних валів. Крім того, для виготовлення точних отворів вимагається більш складні і дорогі метало ріжучі інструменти і контрольно-вимірювальні прилади.

При застосуванні посадок в системі отворів число типорозмірів інструментів зменшується, що знижує витрати на їх виготовлення, або покупку.

А при застосуванні посадок в системі вала номенклатура інструментів збільшується.

Але в деяких випадках з конструктивних міркувань приходиться застосовувати систему вала, наприклад, коли на одній ступені вала повинні розміщуватися з'єднання кількох отворів однакового номінального розміру, але з різними посадками.

Треба також при виборі системи посадки враховувати допуски на стандартні деталі. Наприклад, згідно в корпусі для установки підшипника кочення треба обробляти по системі вала, а вал для з'єднання з внутрішнім кільцем підшипника кочення завжди слід виготовляти по системі отвору.

В технічно обґрунтованих випадках допускаються інші посадки, які утворені з полів допусків по ЄСДП. Це можуть бути посадки, які не відносяться ні до системи отвору, ні до системи вала. Їх називають несистемні посадки. Такі посадки, наприклад, застосовуються в шліцьових з'єднаннях;

$$\frac{D9}{e9} ; \quad \frac{D8}{f7} ; \quad \frac{P7}{t6} \text{ та інші.}$$

В сучасних умовах конструктори і технологи машинобудування застосовують три методи вибору допусків і посадок:

- 1 Метод аналогів,
- 2 Метод подібності,
- 3 Розрахунковий метод.

Метод подібності – це удосконалений метод аналогів. Він використовується значно більше других методів. Для його використання

треба в довідниках знайти аналогічну установку, машину, або вузол чи деталь, що проектується Вами і взяти необхідні дані згідно ГОСТ.

Розрахунковий метод – це найбільш обґрунтований метод. Для посадок з зазором розраховують зазори, а для посадок з натягом розраховують натяги. Потім, по приведених і рекомендованих ГОСТ25347-89 посадках, підбирають, згідно з розрахованими зазорами або натягами необхідну посадку.

Слід чітко уявляти розміщення відхилень отворів і валів згідно схеми (рисунок 2.2), так як від їх різного сполучення залежить тип утворюваної посадки. Наприклад, з'єднуючи вали з відхиленнями від  $a$  до  $c$  з основними отворами  $H$  одержують посадки в системі отвору. При цьому посадки з зазором забезпечуються валами з відхиленням  $a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h$ ; перехідні посадки забезпечуються валами  $js, j, k, m, n$ ; а посадки з натягом забезпечуються валами  $p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc$ . З'єднуючи отвори з відхиленнями від  $A$  до  $ZC$  з основними валами  $h$  одержують посадка в системі вала. При цьому посадки з зазором забезпечуються отворами  $A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H$ ; перехідні посадки забезпечуються отворами з відхиленнями  $JS, J, K, M, N$ ; а посадки з натягом забезпечуються отворами  $P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC$ .

#### 4 Допуски посадок

Для посадок з зазором, допуском називається різниця між найбільшим і найменшим зазорами,

$$T_S = S_{\max} - S_{\min} .$$

Для посадок з натягом допуском називається різниця між найбільшим і найменшим натягами,

$$T_N = N_{\max} - N_{\min} .$$

У перехідних посадках допуск – це сума найбільшого натягу і найбільшого зазору,

$$T_{NS} = N_{\max} + S_{\max} .$$

Для всіх типів посадок допуск посадки чисельно рівний сумі допусків отвору і вала,

$$T_S(T_N) = T_D + T_d .$$

## 5 Вибір квалітетів

Встановлення найвигіднішого квалітету для розмірів деталей має велике практичне значення, бо від правильного підходу до цього питання залежать експлуатаційні характеристики машин і вартість їх виготовлення та ремонту.

Щодо експлуатаційних характеристик машини, то бажано, підвищувати точність обробки деталей, бо залежно від цього зростає точність складання вузлів і підвищується стабільність експлуатаційних характеристик машин. З точки зору вартості виготовлення і ремонту машин, бажано щонайбільше знизити точність обробки, бо деталі з великими допусками значно простіше і дешевше виготовляти.

Треба вибрати такі значення допусків на розміри, при яких буде забезпечено, з одного боку належні експлуатаційні характеристики машин, а з другого – виготовлення вузлів і деталей коштуватиме найменше.

Належні експлуатаційні характеристики машин забезпечуються правильним вибором допустимих (найменших і найбільших) зазорів і натягів. Правильний вибір забезпечується грамотним і кваліфікованим розрахунком.

Визначивши допустимі значення зазорів або натягів, можна знайти за довідником (ГОСТ 25347-89) стандартну посадку деталей, тобто характер посадки і квалітети (1 том Мягкова, стор. 145-150 для посадок з зазором; стор. 151-153 для перехідних посадок; стор. 154-157 для посадок з натягом).

Таким чином, квалітети спряжених деталей слід вибирати разом з вибором посадок. При цьому слід віддавати перевагу 6, 7 і 8-му квалітетам.

За практичними даними слід додержуватися слідуєчих рекомендацій:

- 6<sup>ий</sup> квалітети (ІТ6) в машинобудуванні застосовується рідко, тільки для особливо відповідальних деталей, таких, як поршневі пальці, втулки верхньої головки шатуна, отвори у бобиках поршнів, посадочні місця для підшипників;
- 7<sup>ий</sup> і 8<sup>ий</sup> квалітети (ІТ7, ІТ8) - є основними квалітетами в машинобудуванні;
- за 7-м квалітетом
  - виготовляють шийки колінчастих валів;
  - розточують корінні і шатунні підшипники;
  - шліфують поршні по зовнішньому діаметру;
  - шліфують посадочні отвори зубчастих коліс;
  - шліфують вали під підшипники кочення;
  - розточують корпуси.
- За 8-м квалітетом виготовляють більшість отворів у деталях тракторів і автомобілів, обробляють поршневі кільця і поршневі канавки, сегментні шпонки і пази для них у відповідальних деталях.
- За 9-м квалітетом виготовляють посадочні місця великих кришок і фланців, шпонки і шпонкові пази литих зубчастих коліс, зірочок і шківів.

- За 12-м квалітетом витримують довжину поршневого пальця, колінчастого вала, діаметри отворів під кріпильні болти, ширину шестірень, тощо;
- 13<sup>ий</sup>-18<sup>ий</sup> квалітети використовуються для деталей, які виготовляють способами вільного кування і виливання у пісчано глинисті форми.

В кінцевому рахунку, вибираючи квалітет, інженер-технолог повинен вибрати такий квалітет, який буде можливо забезпечити на наявному устаткуванні підприємства.

## 6 Рекомендації по вибору посадок

При виборі посадок на гладкі з'єднання слід дотримуватися слідуючи рекомендацій:

Посадки з зазором забезпечують легку зборку, рухомість з'єднання. До них відносяться :

$$\frac{H}{g} ; \frac{G}{h}$$

$g ; h$  - рекомендуються для точних деталей з квалітетами IT4-IT6;

$$\frac{H}{f} ; \frac{F}{h}$$

$f ; h$  - рекомендуються для отримання поміркованих гарантованих зазорів з IT6-IT9;

$$\frac{H}{e} ; \frac{E}{h} ; \frac{H}{d} ; \frac{D}{h}$$

$e ; h ; d ; h$  - рекомендуються для деталей з нормальною та зниженою точністю ;

$$\frac{H}{a} ; \frac{A}{r} ; \frac{H}{v} ; \frac{B}{h} ; \frac{H}{c} ; \frac{c}{h}$$

$a ; r ; v ; h ; c ; h$  - рекомендуються для отримання великих зазорів в з'єднаннях з IT11-IT12.

- Посадки перехідні забезпечують точне центрування. До них відносяться :

$$\frac{H}{n} ; \frac{N}{h}$$

$n ; h$  - рекомендуються для деталей, які не розбираються (або розбираються тільки при капітальному ремонті);

$$\frac{H}{m} ; \frac{M}{h}$$

$m ; h$  - рекомендуються для деталей з середньо ймовірним натягом;

$$\frac{H}{k} ; \frac{K}{h}$$

$k ; h$  - рекомендуються для деталей, що легко збираються;

$$\frac{H}{j_s} ; \frac{J_s}{h}$$

$j_s ; h$  - рекомендуються для деталей з'єднуються з невеликим зазором.

- Посадка з натягом використовують для нерухомих з'єднань. До них відносяться :

$$\frac{H}{u} ; \frac{U}{h}$$

- рекомендуються для деталей з навантаженим режимом роботи;

$$\frac{H}{r} ; \frac{R}{h} ; \frac{H}{s} ; \frac{S}{h}$$

- рекомендуються для деталей, що працюють з помірним режимом роботи;

$$\frac{H}{p} ; \frac{P}{h}$$

- рекомендуються для нерухомих з'єднань деталей, що працюють з невеликими крутячими моментами.

## 4 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски та посадки підшипників кочення"

#### 1 Загальні відомості

Підшипники кочення (ПК) є найбільш поширені стандартні складальні одиниці. Вони виготовляються на спеціальних з-дах. Промисловість виготовляє шарикові і роликові підшипники кочення з отворами діаметром від 0,6 до 2000 мм.

ПК володіють повною взаємозамінністю поверхням, що приєднуються. Основні розміри підшипників кочення регламентуються ГОСТ 3478-79.

ПК володіють повною взаємозамінністю по поверхням, що приєднуються. Це дозволяє швидко монтувати та замінити зношені підшипники при збереженні при цьому доброї якості.

Одним з головних факторів, що визначають високоякісну роботу і довговічність ПК є характер посадки внутрішнього кільця підшипника на вал і зовнішнього - в отвір корпусу.

Неправильна посадка може призвести до заклинювання тіл обертання в процесі експлуатації машин. У зв'язку з цим, питання правильного вибору посадок ПК на вали і в корпуси мають велике значення для збільшення міжремонтного строку експлуатації машин.

#### 2 Класи точності підшипників кочення

Сучасний рівень виготовлення ПК досить високий. Комплект тіл кочення для ПК підбирають селективним методом (слово "селекція" означає вибір, отбір).

Залежно від точності основних розмірів і точності обертання ГОСТ 520-89 встановлює шість основних класів точності ПК.

Класи 0, 6, 5, 4, 2, Т - для шарикових і роликових радіальних і шарикових ПК

Класи 0, 6, 5, 4, 2 - для упорних і упорно-роликових ПК

Класи 0, 6Х, 6, 5, 4, 2 - для роликових конічних ПК

Встановлено також додаткові класи точності ПК 8 і 7, які нижче нульового класу точності.

Різниця у вимогах до точності підшипників кочення велика. Наприклад, для радіальних ПК, внутрішній діаметр яких  $d=80-120$  мм, допустиме радіальне биття доріжки кочення внутрішніх кілець 2-го класу точності, відносно отвору, у 10 разів менше, ніж для ПК нульового класу точності, відповідно 2,5 і 25 мкм. (див. таблицю 4.1).

Таблиця 4.1- Вимоги до точності підшипників

Тип підшипника	Діаметр отвору, d, мм	Клас точності ПК	Радіальне биття доріжки кочення $\delta$ , мкм
Шариковий	80-120	2	2,5
радіальний		0	25

Для більшості механізмів у загальному машинобудуванні використовують ПК 0 та 6 класів точності.

При великій частоті обертання (шпинделі шліфувальних та інших прецизійних (точних) верстатів, для високо обертових двигунів) застосовують ПК 5 і 4 класів точності .

ПК класів 2 і Т призначаються для гіроскопічних (від слова "гіро" - обертаюся та "скоп" - вовчок; в технічних приладах гіроскопом є звичайний ротор асинхронного двигуна) та інших точних приладів.

Залежно від вимог до рівня вібрації встановлено 3 категорії ПК -А, В, С.

До категорії А відносяться ПК класів точності 5, 4, 2, Т

До категорії В відносяться ПК класів точності 0, 6Х, 6, 5

До категорії С відносяться ПК класів точності 8, 7, 0, 6 (до ПК цих класів точності не ставлять вимог до рівня вібрації).

### 3 Посадки підшипників кочення

При виборі посадок ПК на вали і в корпуси треба знати і враховувати:

- якщо обертаються вали, то з'єднання внутрішнього кільця з валом має бути нерухомим, тобто з натягом, а з'єднання зовнішнього кільця з корпусом - рухомим, тобто з зазором. але дуже малим;

- якщо обертається корпус, то з'єднання зовнішнього кільця з корпусом має бути нерухомим, тобто з мінімальним натягом, а з'єднання внутрішнього кільця з валом-рухомим;

- нерухома посадка обертових кілець ПК потрібна для того, щоб виключити можливість проковзування кільця по посадочній поверхні вала або отвору при роботі під навантаженням;

- рухому посадку не обертового кільця ПК вибирають для того, щоб між цим кільцем і поверхнею отвору, або вала, утворився незначний зазор. Цей зазор повинен сприяти повільному прокручуванню зовнішнього (або внутрішнього) кільця в процесі експлуатації машини. При прокручуванні кілець в роботу поступово включаються всі ділянки доріжки кочення кільця, що забезпечує збільшення строку служіння підшипникового вузла;

Умовні позначення посадок ПК вказують тільки на складальних кресленнях (дивися рисунок 4.1).



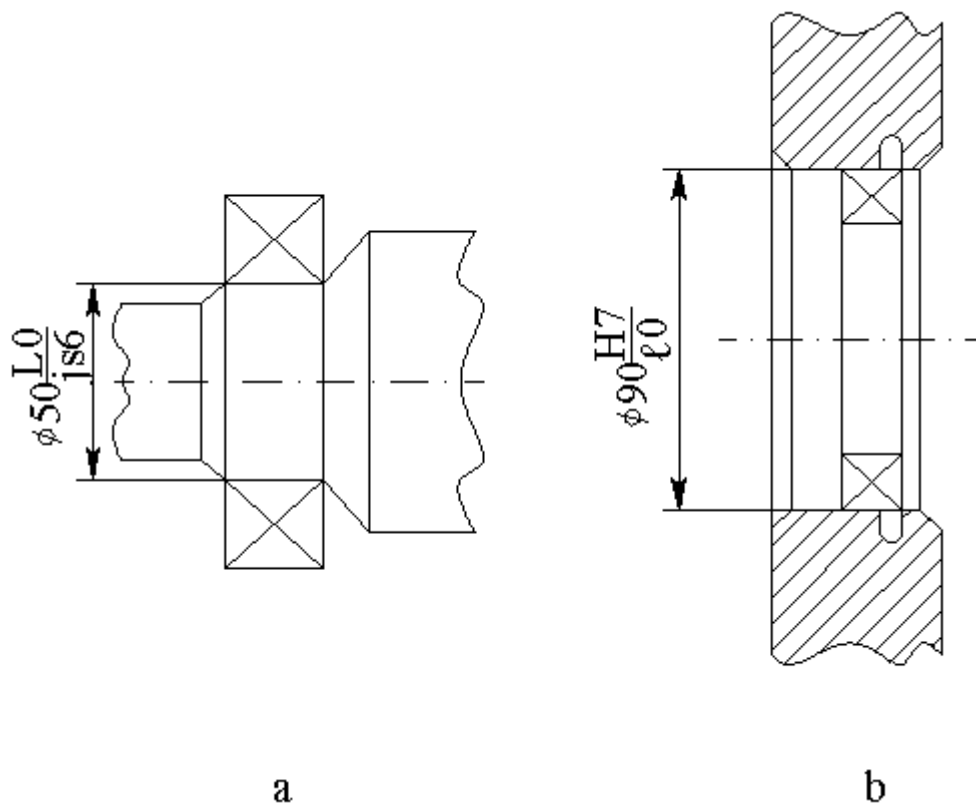


Рисунок 4.1 - Позначення посадок підшипників кочення а - на вал; б - в отвір корпусу

#### 4 Умовні позначення посадок підшипників кочення

Прикладом позначення посадки підшипника кочення на вал (для внутрішнього кільця ПК) може бути запис:

$\varnothing 50 L0/j_s6$

де  $\varnothing$  - знак діаметра;

50 - номінальний розмір отвору ПК і вала;

L0 - поле допуску внутрішнього кільця підшипника кочення;

L - основне відхилення середнього діаметра отвору підшипника ( $d_m$ );

0 - клас точності підшипників;

$j_s6$  - поле допуску вала;

$j_s$  - основне відхилення вала;

6 - квалітет.

Характеристика посадки:

- система отвору;
- тип посадки - перехідна (рисунок 4.2).

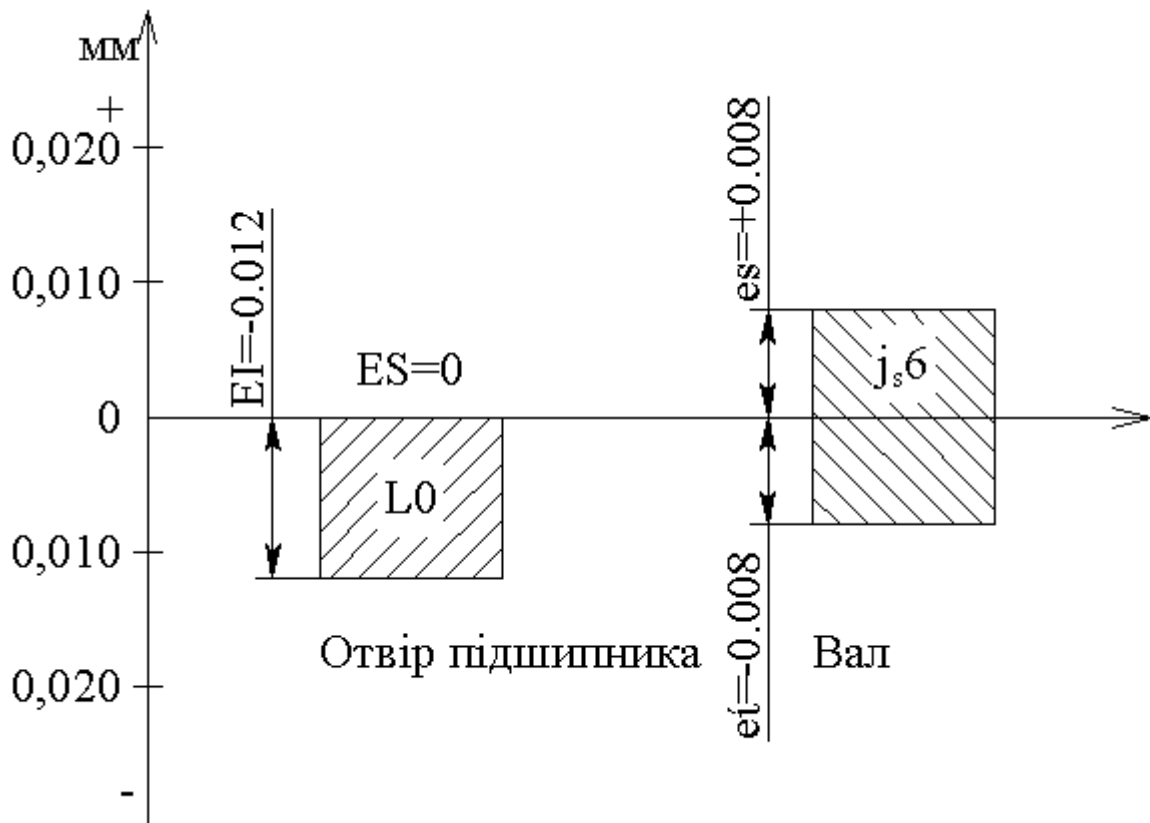


Рисунок 4.2 - Схема полів допусків посадки  $\varnothing 50 L0/j_s6$

Прикладом позначення посадки підшипника кочення в отвір корпуса може бути запис:

$\varnothing 90 H7/l_0$

де  $\varnothing$  - знак діаметра;

90 - номінальний розмір отвору і зовнішнього кільця ПК;

H7 - поле допуску отвору;

H - основне відхилення отвору;

7 - квалітет;

$l_6$  - поле допуску зовнішнього кільця ПК;

$l$  - основне відхилення середнього діаметра зовнішнього кільця ПК;

0 - клас точності підшипника.

Характеристика посадки:

- система вала;
- тип посадки - з зазором (рисунок 4.3).

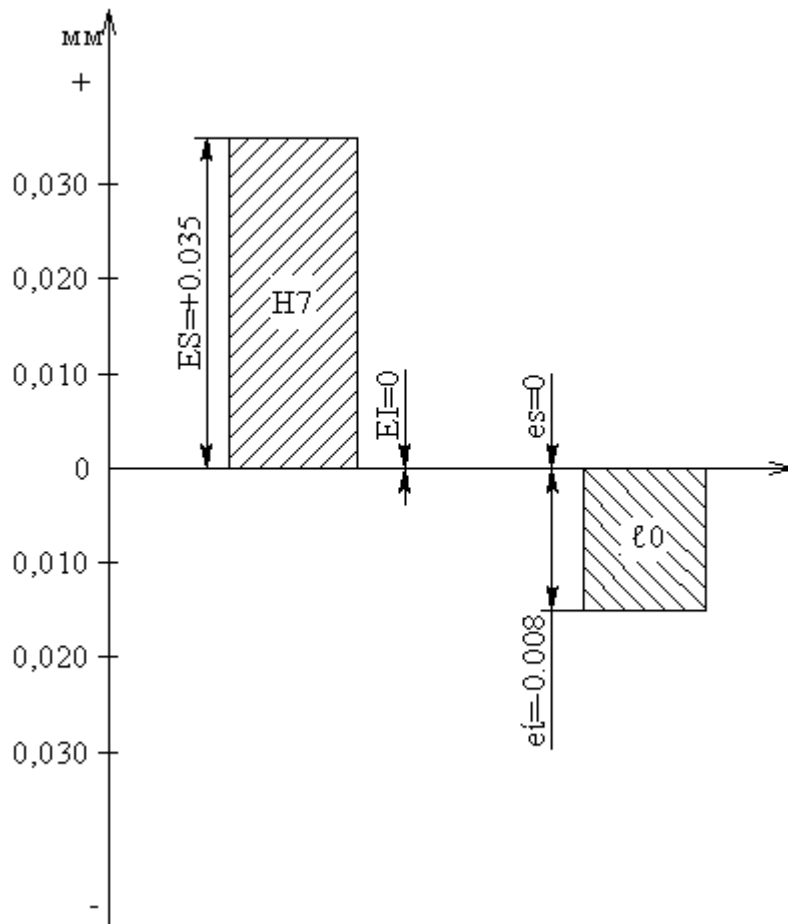


Рисунок 4.3 - Схема полів допусків посадки  $\varnothing 90 H7/e_0$

Граничні відхилення для  $d_m$  і  $D_m$  визначаються згідно ГОСТ 3325-85, а відхилення для  $j_s b$  і  $H7$  визначаються згідно ГОСТ 25347-89. При виборі системи посадок необхідно враховувати допуски на стандартні деталі, особливо на ПК. Наприклад, вал для з'єднання з внутрішнім кільцем ПК завжди слід виготовляти по системі отвору, а гніздо в корпусі для установки ПК по системі вала.

## 5 Поля допусків підшипників кочення

Поля допусків для розмірів ПК розраховані згідно ГОСТ 3325-85, згідно з яким вали повинні бути суцільні (або порожнисті, але товстостінні), корпуси теж повинні бути товстостінні. Матеріал валів і корпусів-сталь або чавун. ПК при роботі не повинні нагріватися вище  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .

Основними приєднувальними розмірами ПК по яким виконується складання на валах і в корпусах є середній діаметр отвору ПК -  $d_m$  і середній діаметр зовнішнього кільця ПК -  $D_m$ .

При розрахунках посадок ПК слід знати особистості цих посадок, які складаються з того, що поля допусків діаметра отвору ПК і зовнішнього діаметра ПК розміщено вниз від нульової лінії (рисунок 4.2 і 4.3).

Позначення полів допусків на посадочні діаметри кілець підшипника встановлено за наступними класами точності:

- для середнього діаметра отвору ПК  $d_m$  - L0, L6, L5, L4, L2, LT;
- для середнього зовнішнього діаметра ПК  $D_m$  -  $\ell 0, \ell 6, \ell 5, \ell 4, \ell 2, \ell T$ .

Загальне позначення полів ПК -  $Ld_m, \ell D_m$ .

На діаметри посадочних поверхонь валів рекомендуються слідуєчі поля допусків:  $e8, f6, f7, f8, f9, g4, g5, g6, h3-h9, j_s 3-j_s 6, k4-k6, m4-m6, n4-n6, p5, p6, r6, r7$ .

На діаметри посадочних поверхонь отворів корпусів рекомендуються слідуєчі поля допусків:  $E8, J4-J7, H4 - H8, J_s 4 - J_s 7, K4-K7, M4-M7, N5-N7, P6, P7$ .

## 6 Рекомендовані посадки шарикових та роликових підшипників кочення

В залежності від характеру навантаження існує три види навантаження кілець ПК: місцеве (а), циркуляційне (б) і коливальне (в).

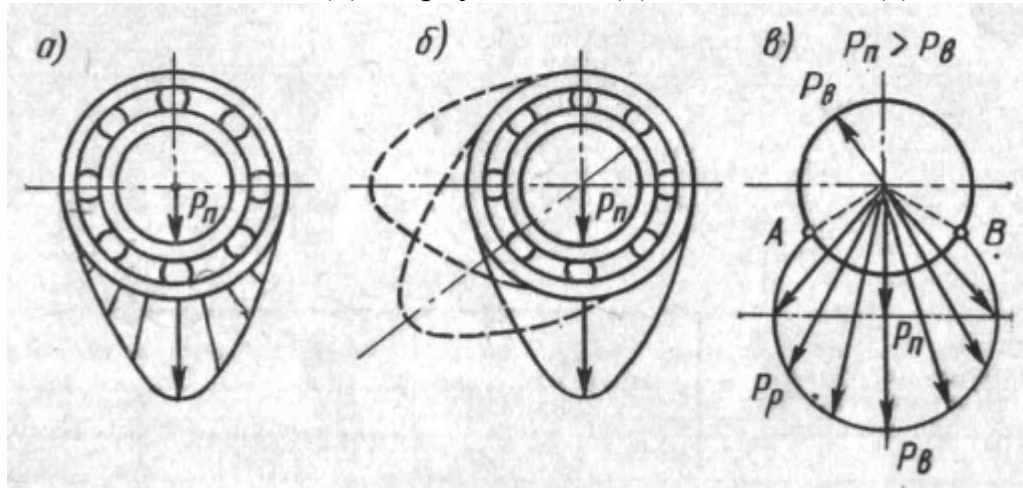


Рисунок 4.4 - Види навантаження кілець ПК

Рекомендовані посадки шарикових та роликових підшипників кочення

Таблиця 4.2 - Посадки на вал

Умови, що визначають вибір посадки		Проклади машин і підшипникових вузлів	Рекомендовані посадки
Вид навантаження внутрішнього кільця	Режим роботи		
Циркуляційне (вал обертається)	Легкий або нормальний	Сільськогосподарські, будівельні і дорожні машини, вентилятори, електромотори, коробки передач	$\frac{L0}{k6}, \frac{L6}{k6}, \frac{L0}{j_s 6}, \frac{L6}{j_s 6}$

		машин	
Циркуляційне (вал обертається)	Тяжкий	Колеса мостових кранів, екскаватори, дробарки, вібратори, грохоти	$\frac{L0}{m6}; \frac{L0}{p6}; \frac{L0}{r6}; \frac{L0}{r7};$ $\frac{L6}{m6}; \frac{L6}{n6}; \frac{L6}{p6}; \frac{L6}{r6}; \frac{L6}{r7}$

Таблиця 4.3 - Посадки в корпус

Умови, що визначають вибір посадки		Проклади машин і підшипникових вузлів	Рекомендовані посадки
Вид навантаження зовнішнього кільця	Режим роботи		
Циркуляційне (обертається корпус)	Тяжкий при постійних корпусах	Колеса автомобілів, тракторів, баштових кранів, ведучі барабани гусеничних машин	$\frac{P7}{\ell0}; \frac{P7}{\ell6}$
Циркуляційне (вал обертається)	Нормальний або тяжкий	Передні колеса автомашин і тягачів, ролики рольгангів, ходові колеса мостових і козлових кранів	$\frac{N7}{L0}; \frac{N7}{\ell6};$ $\frac{M7}{L0}; \frac{M7}{\ell6};$

Режим роботи - сукупність умов, за яких працює ПК:

- величина і характер навантаження (удари, вібрації),
- робоча температура,
- вплив зовнішнього середовища,
- тривалість безперервної роботи.

Режими роботи ділять на легкий, нормальний, тяжкий і "особливі умови".

## 7 Умовні позначення ПК

Згідно ГОСТ 3189-75 шарикові і роликові ПК позначаються за такими ознаками:

- внутрішній діаметр підшипника,
- серія значень діаметрів і серії значень ширини або висоти,
- тип ПК,
- конструктивні різновидності.

Повне умовне позначення ПК складається з основного і додаткового.

Наприклад: *A125-3000205*

додаткове A - категорія підшипника

*1* - ряд моменту тертя,

2 - група радіального зазору,

5 - клас точності.

основне 3 - серія ширини,

00 - конструктивна різновидність,

0 - тип ПК,

2 - серія діаметра,

05 - внутрішній діаметр ПК.

Умовні позначення типів ПК:

0 - шариковий радіальний,

1 - шариковий радіальний сферичний,

2 - роликовий радіальний з короткими циліндричними роликами,

3 - роликовий радіальний з сферичними роликами,

4 - роликовий радіальний з довгими циліндричними або голчастими роликами,

5 - роликовий радіальний з крученими роликами,

6 - шариковий радіально-упорний,

7 - роликовий конічний,

8 - шариковий упорний,

9 - роликовий упорний, роликовий упорно-радіальний,

Умовне позначення ПК з додатковими знаками.

Наприклад: *A125-3000205-KT2C2*

додаткові значення:

*K* - залізний штампований сепаратор,

*T2* - температура відпуску кілець 250 °С,

*C2* - мастило Циатим -221.

## 5 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Метрологія та технічні вимірювання"

#### 1 Історична довідка

Питанням метрології та її історії присвячено велику кількість досліджень. Людям здавна доводилося мати діло з різними вимірюваннями.

У стародавні часи частини людського тіла використовувалися як міра довжини:

- дюйм - ширина великого пальця,
- пальма - ширина долоні,
- фут - довжина стопи.

Фут означає нога або стопа і дорівнює 30,5см. Цю міру англійці запозичили у греків і вона є офіційною в Англії і сьогодні. Відомо, що Англія є засновником футболу і що розміри футбольних воріт становлять 24 x 8 футів, що дорівнює 7,22 x 2,44 метра.

У Київській Русі найбільш поширеними мірами були: верста (500 сажень, або 1,0668 км), сажень (2,1336 м), аршин (16 вершків), п'ядь, пуд (40 фунтів, або 120 лотів), фунт (32 лота, або 86 золотників), гривна, золотник (96 долів, або 4,266 гр.), вершок (4,45 см, або 1,75 "), почка (1/25 золотника), бочка (40 відер, або 400 штофів) та ін.

Одиницями виміру часу на Русі були: рік, місяць, тиждень, доба, година.

В кінці XVIII століття у Франції було прийнято систему мір, в основу якої покладено десятинний рахунок. За одиницю довжини прийняли одну сорокамільйонну частину земного меридіану, що проходить через Париж і назвали її-метр.

За одиницю маси було прийнято масу одного кубічного дециметра чистої води при температурі плюс 4°C і названо кілограм.

Метрична система мір з'явилась першою системою, в якій одиниці довжини, площі, об'єму і маси пов'язані між собою.

20 травня 1875 р. було підписано міжнародну метричну конвенцію і утворено Міжнародне бюро мір і ваги.

У 1893 р. у Петербурзі було утворено Головну палату мір і ваги, президентом якої став Д.І.Менделєєв.

27 липня 1916 р. "Положення про міри і ваги" було оголошено, що метрична система є рівноправною з російською системою мір.

В 1918 р. (14 вересня) в Радянському Союзі був виданий декрет про введення метричної десяткової системи мір і ваги.

Цей декрет прийнятий також і Україною.

## 2. Метрологія та її задачі

Метрологія - від грецьких слів "метрон" - міра і "логос" - вчення.

Згідно ДСТУ 2681-94 метрологія – це наука про вимірювання, яка є основою контролю якості.

Стандартизація, метрологія і вимірювальна техніка – це три основні ланки, рівень і темпи розвитку яких чинять випереджаючий вплив на якість промислової продукції.

На сучасному етапі розрізняють:

- теоретичну метрологію,
- історичну метрологію,
- законодавчу метрологію,
- прикладну метрологію.

Технічні вимірювання є складовою частиною прикладної метрології.

Точність вимірювання – це головна характеристика якості вимірювання. Вона відображає близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини.

Дійсне значення величини – це числове значення, що виражає дійсний розмір встановлений вимірюванням.

Точність вимірювання – це ступінь наближення дійсних розмірів до заданих номінальних величин. Чим менше різниця між дійсним і номінальним розмірами, тим більше точність вимірювання.

Основні задачі метрології:

- установлення одиниць фізичних величин,
- формування системи державних еталонів,
- розроблення теорії, методів і засобів вимірювання і контролю,
- забезпечення єдності вимірювання,
- розроблення методів оцінки похибок,
- метрологічний контроль за станом і зберіганням засобів вимірювання,
- розроблення методів і засобів передавання розмірів одиниць фізичних величин від еталонів зразковим і робочим засобам вимірювання.

## 3 Засоби вимірювальної техніки

Згідно ДСТУ 2681-94 (метрологія) до засобів вимірювальної техніки відносяться:

- а - засоби вимірювання,
  - б - вимірювальні пристрої.
- До засобів вимірювання відносяться :
- е - еталони;
  - у – універсальні засоби вимірювання;
  - в - вимірювальні прилади;
  - в - вимірювальні системи;



р – реєструвальні засоби вимірювання;

к - кодові засоби вимірювання.

Еталон – це одиниця фізичної величини. Еталон – це засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини та передавання її розміру відповідним засобам, що стоять нижче за перевіркою схемою.

Еталони розрізняють на первинний, спеціальний, державний, вторинний, еталон-копія, робочий еталон, еталон передавання, міжнародний еталон, груповий еталон.

Наприклад, еталоном одиниці довжини є метр. Еталоном одиниці маси є кілограм. За одиницю часу прийнята секунда.

Для відтворення і збереження одиниць фізичних величин застосовують еталони, що офіційно затверджені як вихідні для держави.

Передача одиниць величин від еталона до робочих засобів вимірювання здійснюється за ступенями зразкових мір і вимірювальних приладів. Точність вказаних мір знижується від ступеня до ступеня в 2-4 рази.

Універсальні засоби вимірювання - це вимірювальні пристрої, які оснащені шкалами і використовуються для визначення різних значень вимірюваної величини.

До засобів вимірювання відносяться :

- штрихові інструменти з ноніусом (штангенінструменти і кутоміри);
- мікрометричні інструменти;
- важільно-механічні прилади (важільна скоба, індикатор годинникового типу, індикатор-нутромір);
- оптико-механічні прилади (оптиметри, вимірювальні машини);
- проєкційні прилади (інструментальний мікроскоп, подвійний мікроскоп, проєктори);
- інтерферометри;
- пневматичні прилади (довжино мір, прилад з манометром, поплавковий пристрій);
- електричні прилади (індуктивні, електроконтактні);

До вимірювальних пристроїв відносяться :

- міра;
- компаратор (вимірювальний устрій, реалізуючий порівняння однорідних фізичних величин);
- вимірювальний перетворювач;
- масштабний перетворювач;
- обчислювальний компонент.

Міра – це вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення та (або) збереження фізичної величини заданого значення. Наприклад, плоско-паралельна кінцева міра довжини, або гиря – міра маси.

## 4 Характеристика засобів вимірювання

Всі засоби вимірювання характеризуються наступними величинами:

- ціна поділки шкали;
- похибка вимірювання;
- діапазон вимірювання;
- точність вимірювання;
- поріг чутливості;
- номінальне значення міри.

Ціна поділки шкали вимірювального приладу – це різниця між двома сусідніми позначками шкали.

Похибка засобу вимірювань (абсолютна) – це різниця між показом засобу вимірювання та істинним значенням вимірювальної величини. Вона залежить в основному від ціни поділки і діапазону вимірювань.

Діапазон вимірювань – це інтервал значень вимірювальної величини.

Поріг чутливості – це властивість засобу вимірювання реагувати на змінювання вимірювальної величини. Поріг чутливості мають автоматичні прилади з мембранного поплавком, термопарою і другими пристроями.

## 5 Вибір вимірювальних засобів

Вибираючи засоби вимірювання, треба додержуватися вимог технології виготовлення або технології ремонту і складання машин.

Правильний вибір вимірювальних засобів має велике практичне значення. Коли користуються не досить точним інструментом, то деталі прийняті за результатами вимірювання як придатні, можуть виявитися непридатними і навпаки.

Іноді вироби, що вибраковуються таким інструментом, насправді виявляються придатними, тобто такими, що знаходяться у полі допуску.

При складанні, деталі, перевірені не досить точним інструментом, можуть дати інші зазори або натяги, ніж це передбачає конструктор.

Коли ж застосовують надмірно точний, отже, й дорожчий та складніший в обслуговуванні інструмент, то зростає вартість виготовлення і відновлення деталі.

При виборі засобів вимірювання і методів контролю виробів враховують сукупність метрологічних, експлуатаційних та економічних показників.

До метрологічних показників відносяться :

- похибка вимірювального приладу –  $\delta_{дон}$  ;
- похибка вимірювання;
- ціна поділки шкали, ;
- вимірюваний розмір. ;

До експлуатаційних і економічних показників відносяться:

- вартість і надійність засобів вимірювання ;
- тривалість роботи ;
- час, затрачений на наладку і вимірювання ;
- маса, габаритні розміри ;
- робоче навантаження.

Головними показниками при виборі засобів вимірювання є допустима похибка  $\delta_{доп.}$  і  $\delta_{вим.}$  .

При цьому розглядати допуск на розмір слід як допуск на суму похибок технологічного процесу, які не дають можливості одержати абсолютно точні значення розміру, в тому числі через похибки вимірювання.

До основних складові похибок при вимірюванні відносяться:

- похибки, що залежать від засобів вимірювання,
- похибки, які залежать від установочних мір (від класу кінцевих мір довжини, від притирки),
- похибки, що залежать від вимірювального зусилля,
- похибки, які виникають від температурних деформацій,
- специфічні похибки при вимірюванні внутрішніх розмірів,
- похибки, що залежать від досвіду оператора (тобто суб'єктивні помилки).

Порядок вибору засобів вимірювання.

При виборі засобів вимірювання треба по-перше визначити допустиму похибку, а потім вибрати засіб вимірювання з належною похибкою вимірювання. При цьому головним правилом повинні бути умови, згідно яких похибка вимірювання повинна бути менше допустимої похибки, або дорівнювалась їй. Якщо вона буде більше, то такий прилад не придатний до вимірювання (дивися першу лекцію), тобто

$$\begin{aligned} \delta_{вим.} < \delta_{доп} & - \text{придатний} \\ \delta_{вим.} > \delta_{доп} & - \text{не придатний} \end{aligned}$$

Допустима похибка визначається згідно формули

$$\delta_{доп} = K \cdot T_p ,$$

де  $T_p$  – допуск розміру вала  $T_d$  , або отвору  $T_D$  ;

$K$  – коефіцієнт, який згідно ГОСТ 8.051-81 залежить від якості розміру:

для квалітетів *IT2-IT5* він дорівнює  $K=0,31-0,35$  ,

для квалітетів *IT6-IT9* він дорівнює  $K=0,26-0,30$  ,

для квалітетів *IT10-IT18* він дорівнює  $K=0,20-0,25$  ,

Найбільш часто використовується формула

$$\delta_{доп} = 0,30 \cdot T_{d(D)} .$$

Похибки вимірювання для засобів вимірювання, які серійно виробляються спеціалізованими заводами, наведено в нормативно-технічних документах, тобто в паспортах засобів, а також в РД 50-98-86 ("руководящие" [рос.] документи). Ця похибка має також назву таблична

похибка. Вона залежить від багатьох параметрів, але головними параметрами, від яких залежить похибка вимірювання, є ціна поділки шкали засобу вимірювання і вимірюємий розмір.

Наприклад, треба визначити засіб вимірювання для вала 36e9.

Визначаємо допуск і допустиму похибку відхилення:  $es = -0,050$ ,

$ei = -0,112$  мм

$Td = es - ei = -0,050 - (-0,112) = 0,062$  мм

$\delta_{доп} = 0,30 \cdot Td = 0,30 \cdot 0,062 = 0,0186$  мм = 18,6 мкм

Вибираємо засіб вимірювання.

В таблиці похибок вимірювання для розміру 36 мм маємо:

Штангенциркуль ШЦ-I з  $\delta_{вим.} = 150$  мкм = 0,150 мм

Штангенциркуль ШЦ-II з  $\delta_{вим.} = 80$  мкм = 0,080 мм

Мікрометр гладкий МК з  $\delta_{вим.} = 7,5$  мкм = 0,0075 мм

Скоба важільна з  $\delta_{вим.} = 4,5$  мкм = 0,0045 мм

Скоба індикаторна з  $\delta_{вим.} = 11$  мкм = 0,011 мм

Оптиметр вертикальний з  $\delta_{вим.} = 0,2$  мкм = 0,0002 мм

Мікроскоп інструментальний з  $\delta_{вим.} = 5$  мкм = 0,005 мм

Мікроскоп інструментальний з цифровим пристроєм з  $\delta_{вим.} = 1$  мкм = 0,001 мм

З приведених похибок у засобів вимірювання в залежності від метрологічних, експлуатаційних і економічних показників, найбільш підходить мікрометр з похибкою вимірювання  $\delta_{вим.} = 0,0075$  мм, яка менше похибки допустимої, тобто

$$\delta_{вим.} < \delta_{доп} \rightarrow 0,0075 < 0,0186 \text{ мм.}$$

## 6 Метрологічна служба України

Метрологічна служба України регламентується ДСТУ 2682-94 і складається із:

- Державної - Держстандарт комітет України з стандартизації, метрології та сертифікації;
- Відомчих метрологічних служб.

Державна метрологічна служба - це система державних метрологічних органів, на які покладена відповідальність за забезпечення єдності вимірювань у Державі. Вона є в кожному обласному центрі.

Відомча метрологічна служба - це метрологічна служба Міністерств або інших центральних органів державної виконавчої влади, об'єднання підприємств, а також підприємств, установ, організацій.

Єдність вимірювань означає, що результати вимірювання виражаються в узаконених одиницях і похибки вимірювань відомі із заданою ймовірністю.

Міри і вимірювальні прилади, що застосовуються в народному господарстві Держави, в залежності від їх призначення підлягають перевірці в зазначені строки. Від дотримання цих строків залежить єдність умов вимірювання в Державі.

Керівники підприємств, організацій незалежно від форми власності, а також громадяни - суб'єкти підприємницької діяльності, які перешкоджають органам державної метрологічної служби виконувати покладені на них функції, несуть відповідність згідно з чинним законодавством.

## 6 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски форми і розташування поверхонь"

#### 1 Поверхні і терміни

Поряд з розмірами номінальними і дійсними існують поверхні номінальні (ідеальні) і реальні (дійсні). Реальні поверхні деталей одержують в результаті обробки заготовок, або завдяки експлуатації машин.

Номінальне розташування поверхонь визначається номінальними лінійними і кутовими розмірами між ними і базами. В машинобудуванні існує правило базування і зазначення баз.

Базою може бути поверхня, або лінія.

Базою визначають одну із площин, або осей системи координат, по відношенню до котрої задається допуск розміщення або визначається відхилення. Базу позначають зачорненим трикутником, котрий з'єднують з рамкою допуску, або базу позначають буквою і з'єднують з трикутником (рисунок 6.1).

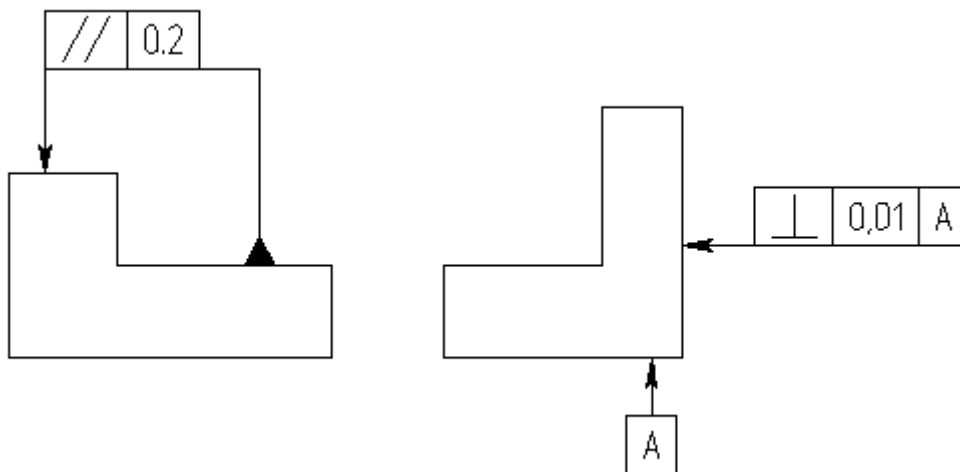


Рисунок 6.1 - Позначення бази

Прийнято такі позначення:

Δ - відхилення форми, відхилення розміщення поверхні, або сумарне відхилення форми і розміщення;

∅ або T - допуск форми, допуск розташування, або сумарний допуск форми і розташування в діаметральному виразі;

R - допуск у радіальному виразі;

L - довжина нормованої ділянки.

## 2 Відхилення і допуски

Під відхиленням форми і відхиленням розташування поверхонь розуміють відхилення, що одержують в результаті обробки і які відрізняються від допусків, що задані на кресленнях.

Основними причинами, що викликають відхилення форми і розташування поверхонь деталей при механічній обробці є:

- неточності і деформації вузлів і деталей металорізальних верстатів, інструментів і пристроїв, а також деформації самої деталі, що обробляється;
- нерівномірність припуску на оброблюваній поверхні деталі;
- неоднорідність хімічного складу і характеристик міцності в різних перерізах деталі;

Відхилення розташування поверхонь виявляються як незалежно одне від одного, так і спільно. В зв'язку з цим запроваджені поняття незалежного і залежного допуску розташування.

Поняття залежного допуску розташування може бути застосовано тільки до валів і отворів. Залежними можуть бути в окремих випадках і допуски форми, наприклад, допуск прямолінійності осі отвору або вала.

Залежним називається допуск розташування, який залежить не тільки від заданого на кресленні значення допуску, але й від дійсних розмірів поверхні.

Залежні допуски повинні бути або спеціально позначені на кресленнях, або вказані в технічних вимогах. При відсутності спеціальних позначень або вказівок допуски приймаються як незалежними.

Незалежним називається допуск розташування, який залишається незмінним при зміні дійсних розмірів поверхонь, що координуються.

## 3 Умовні позначення допусків форми та розташування

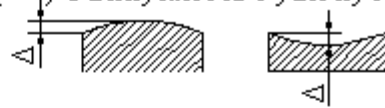
Усі відхилення і допуски діляться на три групи: допуски форми, допуски розташування поверхонь і сумарні допуски форми і розташування поверхонь. Позначення допусків наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Умовні позначення допусків форми та розташування поверхонь

Група допусків і відхилень	Вид допуску по ГОСТ 24642-81	Графічне позначення по ГОСТ 2,308	Буквенне позначення по ДСТУ 2498-94	
			Відхилення	Допуск
Відхилення і допуски форми	Прямолінійності		EFL	TFL
	Площинності		EFE	TFE
	Округлості		EFK	TFK
	Циліндричності		EFZ	TFZ
	Профілю повздовжнього перерізу циліндричної поверхні		EFP	TFP
Відхилення і допуски розташування	Паралельності		EPA	TPA
	Перпендикулярності		EPR	TPP
	Нахилу		EPN	TPN
	Співвісності		EPC	TPC
	Симетричності		EPS	TPS
	Позиційний (суміщення орієнтирів)		EPP	TPP
	Перетину осей		EPX	TPX
	Радіального біття		ESK	TCK
	Торцевого біття		ECA	TCA
	Біття в заданому напрямку		ECD	TCD
Сумарні відхилення і допуски форми та розташування	Повне радіальне біття		ESTK	TCTK
	Повне торцеве біття		ESTA	TCTA
	Відхилення і допуск форми заданого профілю		ECI	TCI
	Відхилення і допуск форми заданого поверхні		ECE	TCE

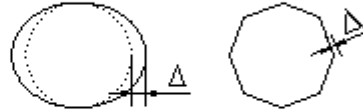


Відхиленням від допуску прямолінійності ( $\text{—}$ ) є випуклість і увігнутість



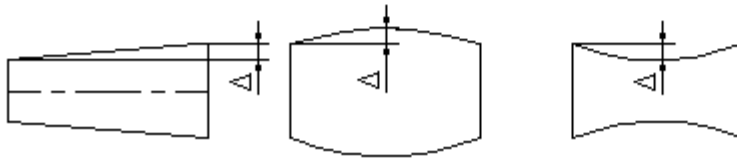
Відхиленням від допуску площинності ( $\text{▭}$ ) теж є випуклість і увігнутість

Відхиленням від допуску круглості є овальність і огранка



Відхиленням від допуску циліндричності теж є овальність і огранка

Відхиленням від допуску профіля поздовжнього перерізу є конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність



### 3.1 Позначення незалежних допусків

Правила позначення допусків форми і розташування поверхонь на кресленнях виробів для всіх галузей промисловості встановлені ГОСТ 2.308-79. В результаті виробничих похибок форма деталі буде завжди мати деякі відхилення від заданого на кресленні. В зв'язку з цим допускаються граничні відхилення форми і розташування поверхонь. Ці відхилення показують на кресленнях у вигляді умовних позначень (таблиця 6.1), або текстом в технічних вимогах. Перевага надається умовним позначенням, а не тексту.

Дані про граничні відхилення, тобто допуски, показують на кресленні у прямокутній рамці, що поділена на дві або три частини (рисунок 6.2).

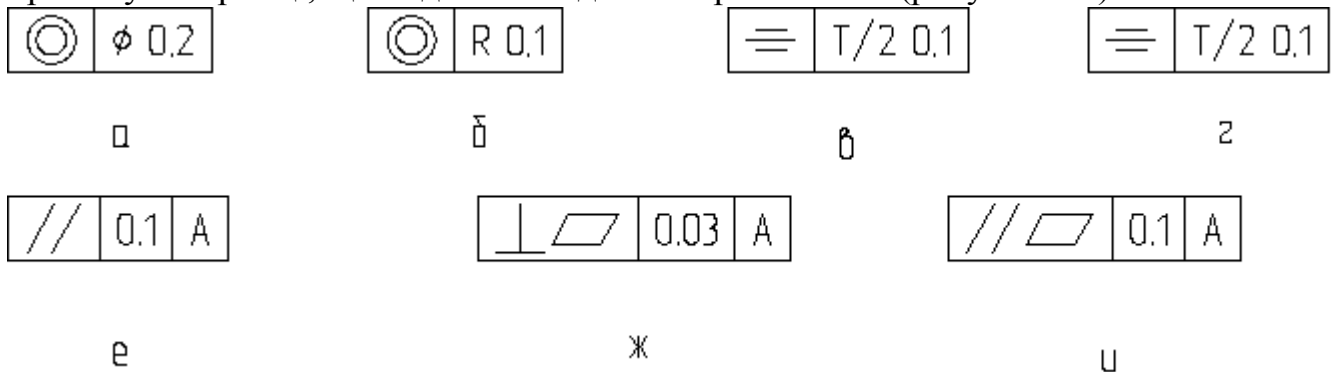


Рисунок 6.2 - Позначення незалежних допусків

а - знак діаметра ( $\text{Ø}$ ) ставиться перед числовим значенням допуску, якщо колове або циліндричне поле допуску вказують його діаметром;

- б - знак радіуса R ставиться, якщо колове або циліндричне поле допуску вказують його радіусом;
- в - знак T ставиться, якщо допуски симетричності, перетину осей, форми заданого профілю, заданої поверхні виражають через діаметр;
- г - знак T/2 ставиться якщо допуски симетричності, перетину осей, форми заданого профілю, заданої поверхні виражають через радіус;
- д - якщо допуск відноситься до частини поверхні заданої довжини (площі), то її значення вказують поряд з допуском, відділяючи від нього лінію з нахилом;
- е - позначення бази;
- ж - позначення сумарного допуску перпендикулярності і площинності;
- и - позначення сумарного допуску паралельності і площинності.

У перші частині пишуть знак допуску згідно таблиці 6.1, в другій - числове значення допуску в мм., в третій - буквене позначення бази. Якщо баз декілька, то пишуть всі їх позначення. Висота цифр, букв і знаків повинна дорівнювати розміру шрифту розмірних чисел.

### 3.2 Залежні допуски

Залежним називається допуск, мінімальне значення якого вказується на кресленнях і залежить від дійсного розміру.

Залежні допуски є перемінними, а їх мінімальні значення повинні бути спеціально позначені на кресленнях додатково буквою М в колі (рисунок 6.3).

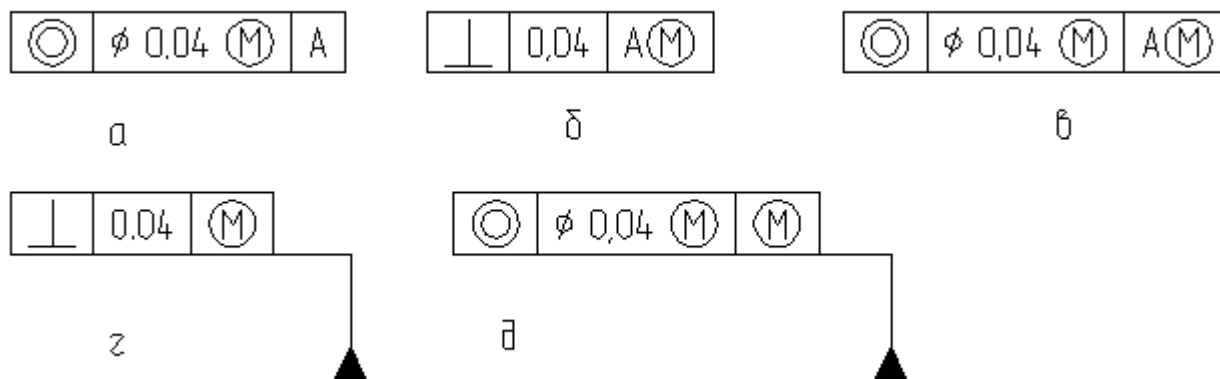


Рисунок 6.3 - Позначення залежних допусків

- а - буква М ставиться в другій частині рамки після числового значення допуску, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами елемента, що розглядається;
- б - буква М ставиться в третій частині рамки після буквеного позначення бази, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами базового елемента;
- в - буква М ставиться в другій частині рамки після числового значення допуску і в третій після буквеного позначення бази, якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами розглядуваного і базового елементів;

г - буква М ставиться в третій частині рамки після, якщо база буквою не позначається і якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами базового елемента;

д- буква М ставиться в другій частині рамки після числового значення допуску і в третій частині рамки, якщо база буквою не позначається і якщо залежний допуск пов'язаний з дійсними розмірами базового елемента.

Розглянемо приклад розташування допуску співвісності двох отворів

Мінімальний допуск співвісності  $T_{\min}$  складає 0,05 мм.

$$\delta_{\text{доп}} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{0,052 + 0,047}{2} = 0,047 \text{ мм}$$

де  $S_1$  ( $S_2$ ) максимальні зазори першого (другого) отворів;

Сумарний допуск співвісності  $T_{\max} = T_{\min} + \delta_{\text{доп}} = 0,05 + 0,047 = 0,097$  мм  
та  $\phi 15^{+0,043}$  (рисунок 6.4).

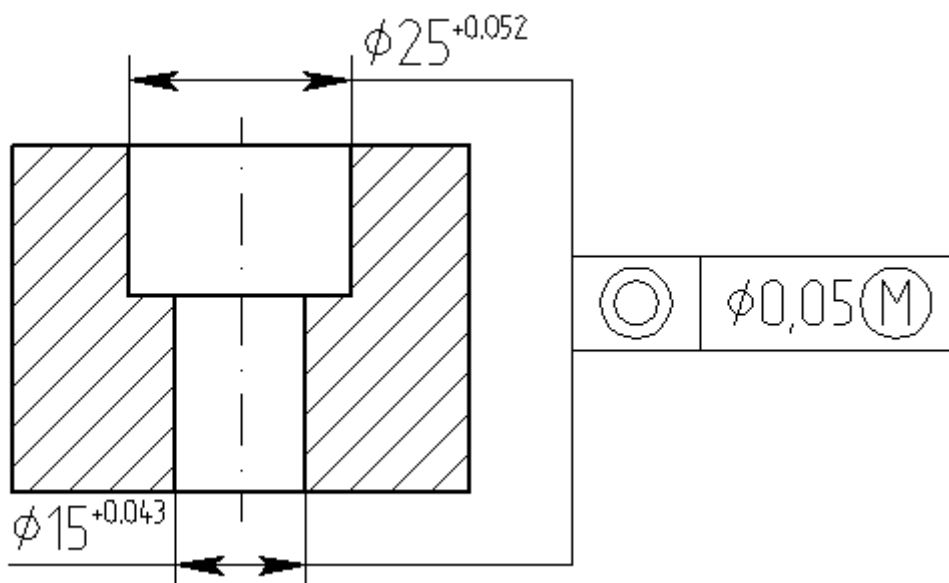


Рисунок 6.4 - Розташування допуску співвісності двох отворів

Мінімальний допуск співвісності  $T_{\min}$  складає 0,05 мм.

$$\delta_{\text{доп}} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{0,052 + 0,047}{2} = 0,047 \text{ мм}$$

де  $S_1$  ( $S_2$ ) максимальні зазори першого (другого) отворів;

Сумарний допуск співвісності  $T_{\max} = T_{\min} + \delta_{\text{доп}} = 0,05 + 0,047 = \underline{0,097 \text{ мм}}$

#### 4 Числові значення допусків

ГОСТ 24642-81 і ГОСТ 24643-81 складають комплекс необхідний для нормування допусків форми і розміщення поверхонь в деталях машин та приладів.

Для кожного виду допусків форми і розміщення встановлено 16 ступенів точності. Найвища ступінь перша, а найнижча - шістнадцята.

Ступені точності не збігаються з квалітетами, вони вибираються на одиницю менше, якщо деталь має нормальну геометричну точність.

ГОСТ 24643-81 встановлено також три рівня відносної геометричної точності:

А - нормальна;

В - підвищена;

С - висока.

Всі допуски форми або розміщення приймаються залежно від допуску розміру:

Для А -  $T_f = 0,60 \cdot T_r$ ;

Для В -  $T_f = 0,40 \cdot T_r$ ;

Для С -  $T_f = 0,25 \cdot T_r$ .

Для циліндричних поверхонь:

А -  $T = 0,30 \cdot T_r$ ;

В -  $T = 0,20 \cdot T_r$ ;

С -  $T = 0,12 \cdot T_r$ ;

#### 5 Контроль

Контроль розміщення поверхонь проводиться за допомогою калібрів. Калібри проектується прохідними. Виріб вважається придатним, якщо калібр з'єднується з виробом по всім контрольованим поверхням.

На виробництві є порядок, при якому спочатку перевіряють розміри деталей, а потім розміщення поверхонь. Це дає змогу заздалегідь відбракувати вироби за розмірами.

Недоліком калібру є різноманітність їх типорозмірів. Однак контроль за допомогою калібрів є більш продуктивний і простий ніж іншими засобами.

### 6 Приклади позначень допусків форми та розташування

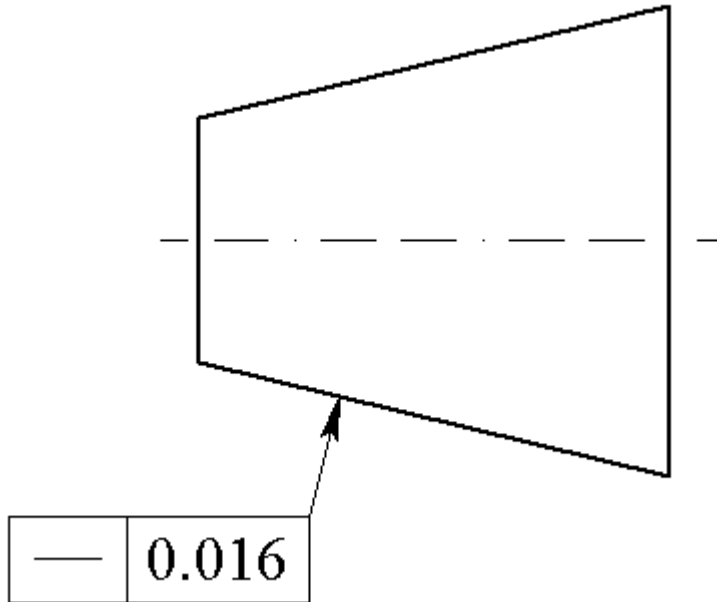


Рисунок 6.5.1 - Допуск прямолінійності утворюючої конуса не перевищує 0,01 мм

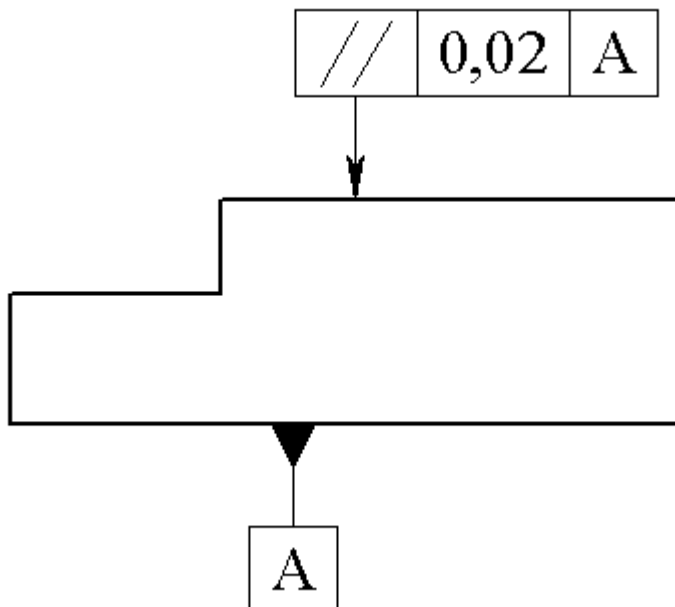


Рисунок 6.5.2 - Допуск паралельності верхньої поверхні не перевищує 0,02 мм відносно бази А

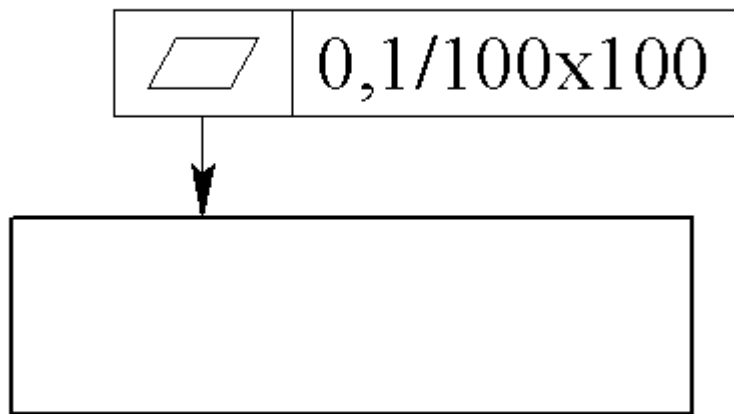


Рисунок 6.5.3 - Допуск площинності верхньої поверхні не перевищує 0,1 мм на площі 100 x 100 мм

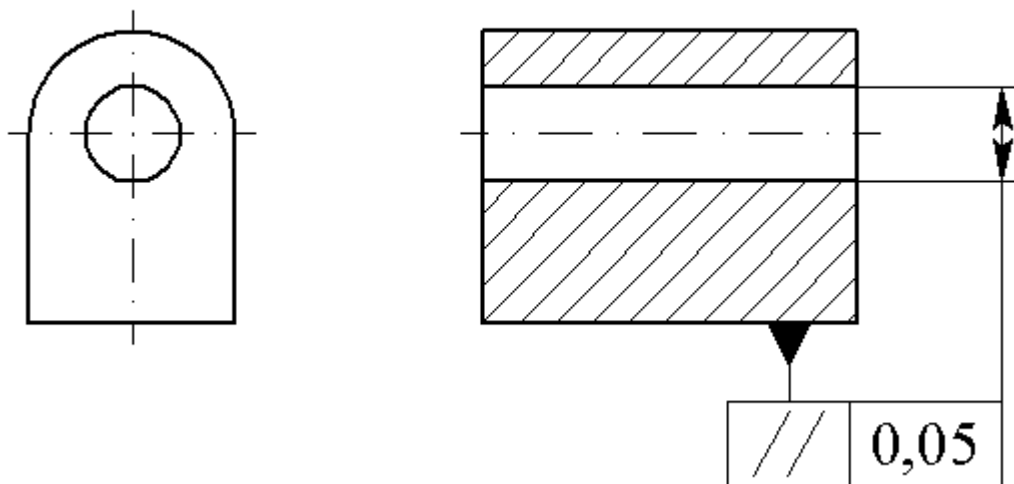


Рисунок 6.5.4 - Допуск паралельності осі отвору не перевищує 0,05 мм відносно зовнішньої поверхні

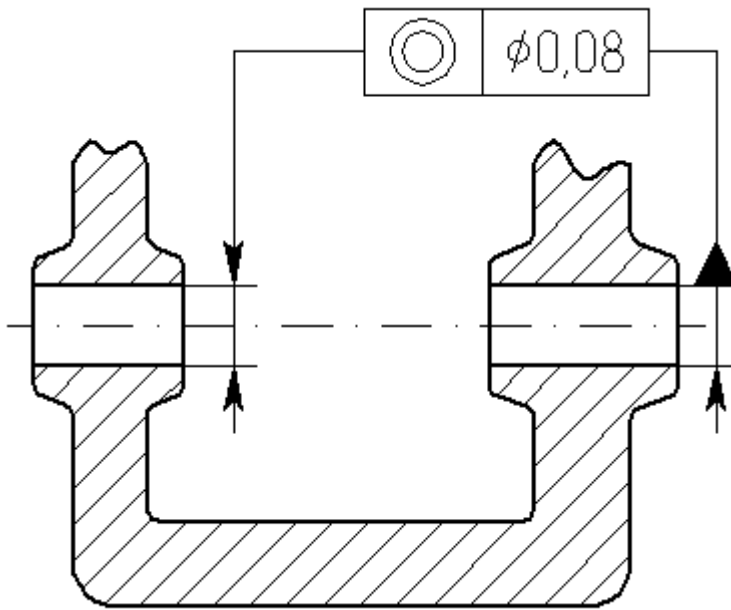


Рисунок 6.5.5 - Допуск співвісності отвору відносно осі другого отвору не перевищує 0,08 мм

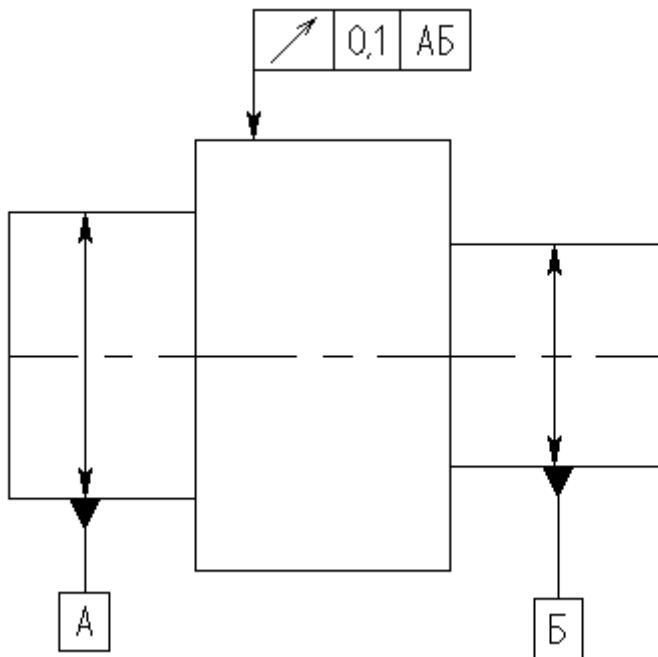


Рисунок 6.5.6 - Допуск радіального биття поверхні відносно загальної осі поверхонь А і Б не перевищує 0,1 мм

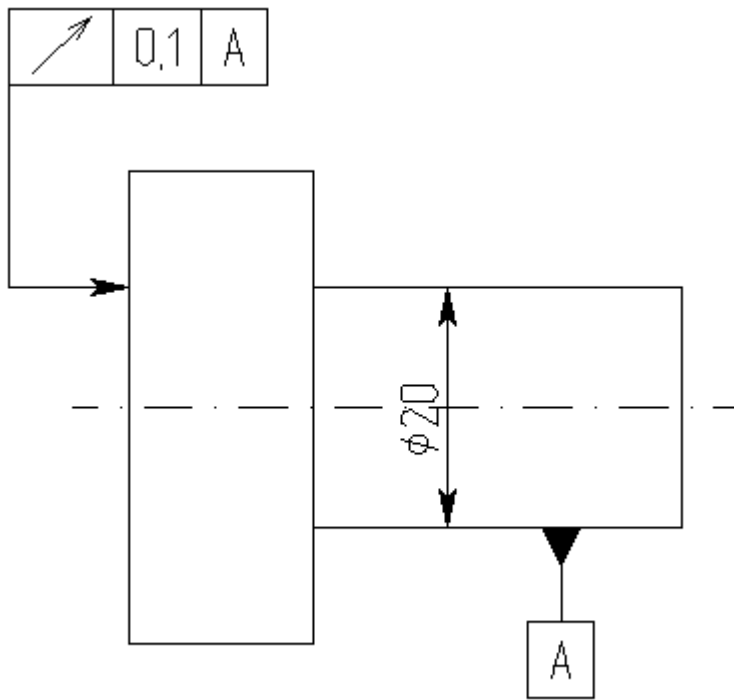


Рисунок 6.5.7 - Допуск торцевого биття відносно поверхні А не перевищує 0,1 мм

## 7 Приклади способів контролю допусків розташування

### 7.1 Способи контролю паралельності

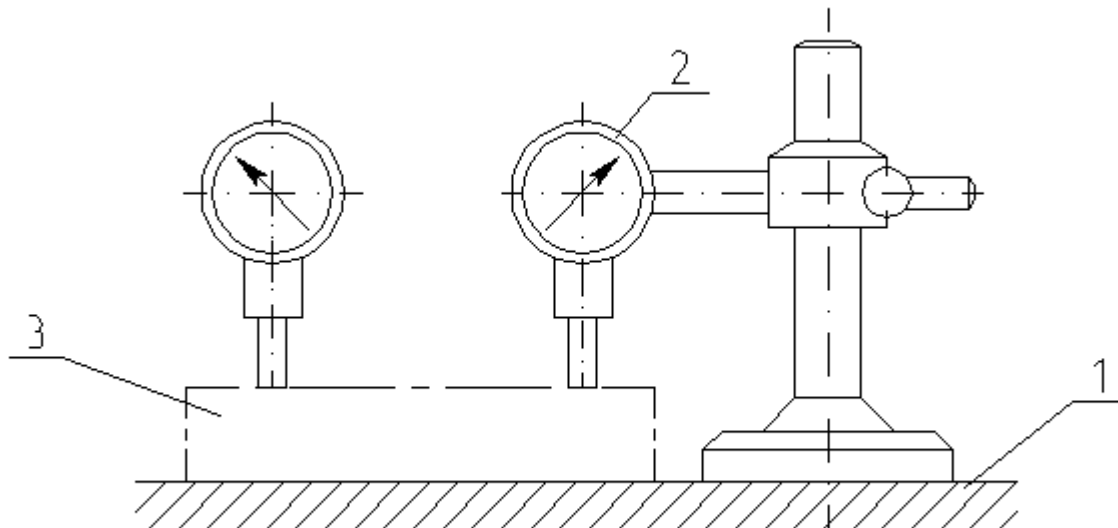


Рисунок 6.6.1 - Паралельність площин



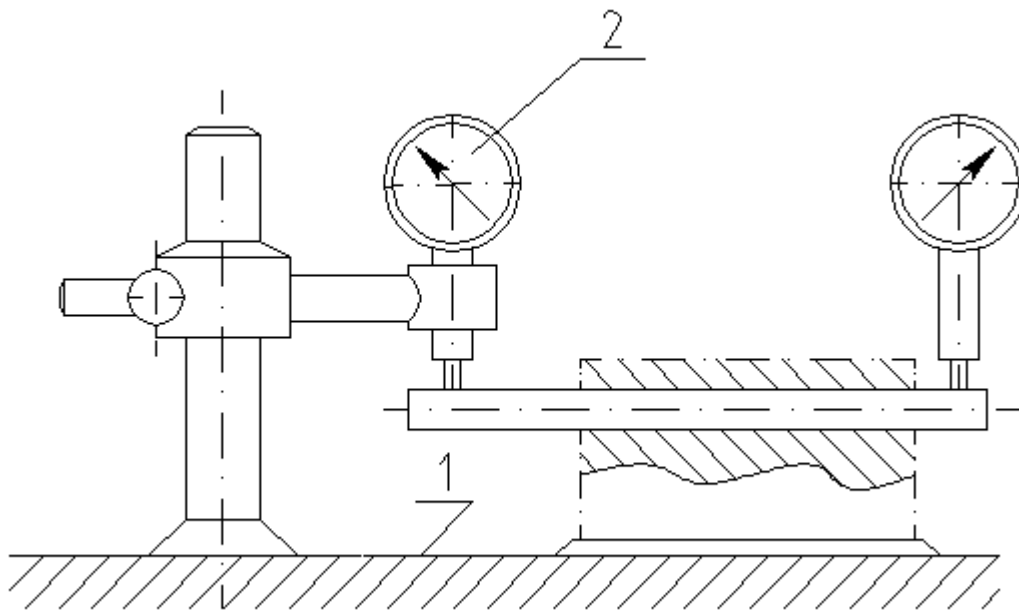


Рисунок 6.6.2 - Паралельність осі відносно площини

### 7.2 Способи контролю перпендикулярності

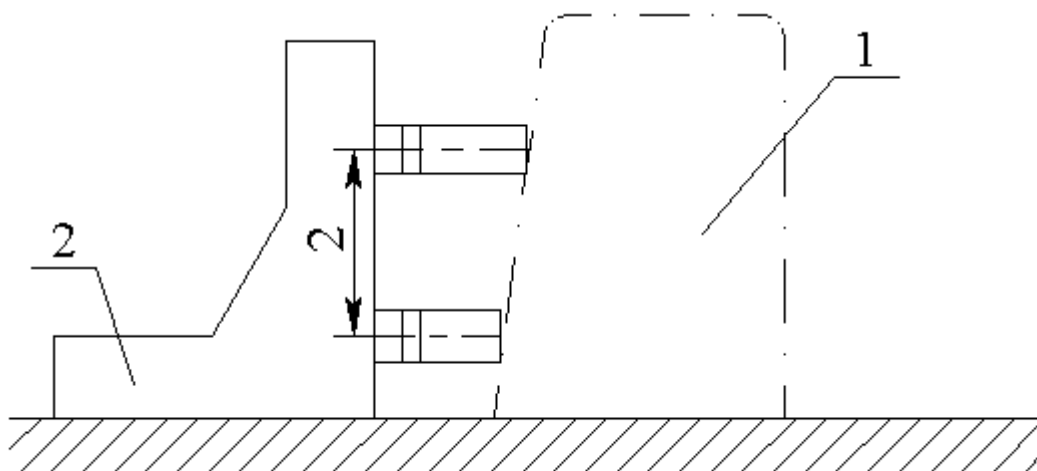


Рисунок 6.6.3 - Перпендикулярність площин

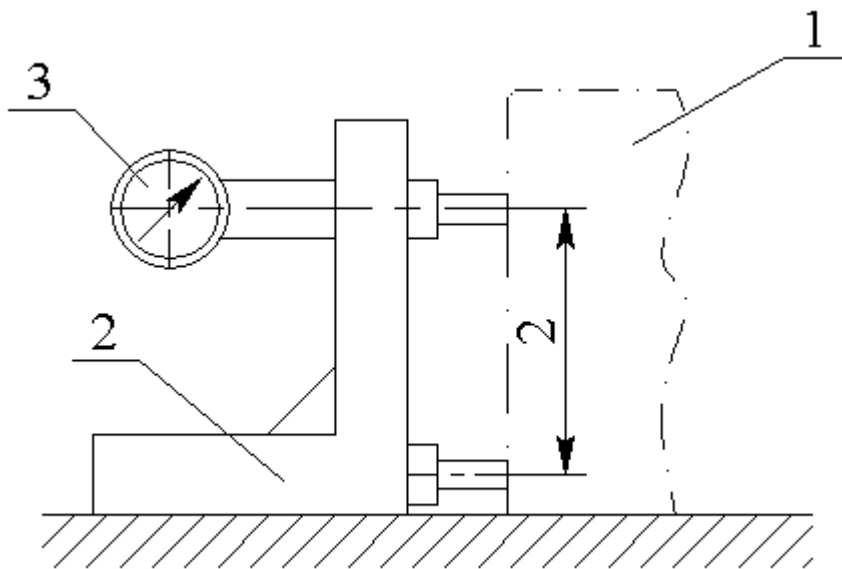


Рисунок 6.6.4 - Перпендикулярність площин

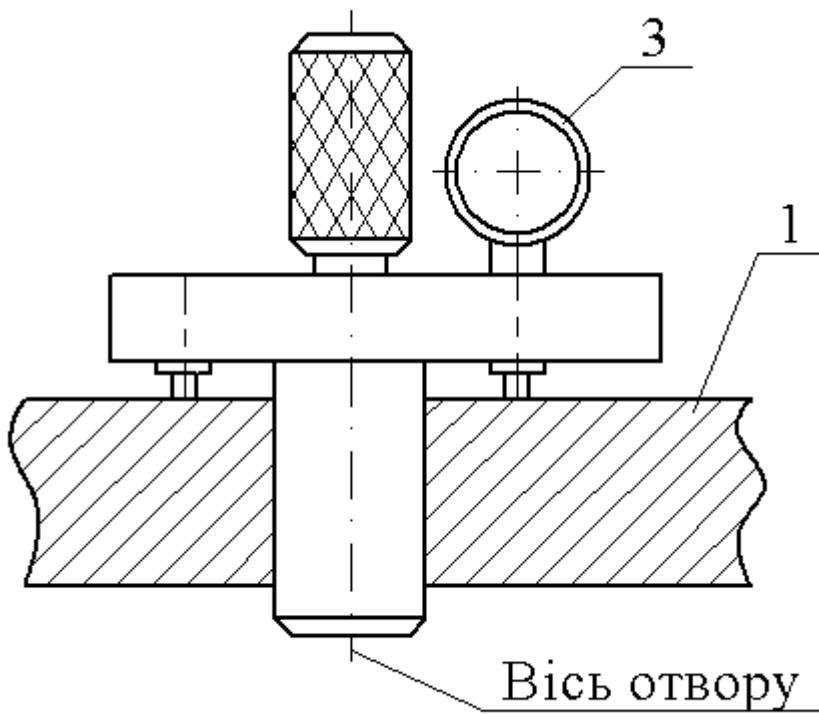


Рисунок 6.6.5 - Перпендикулярність отвору відносно площини

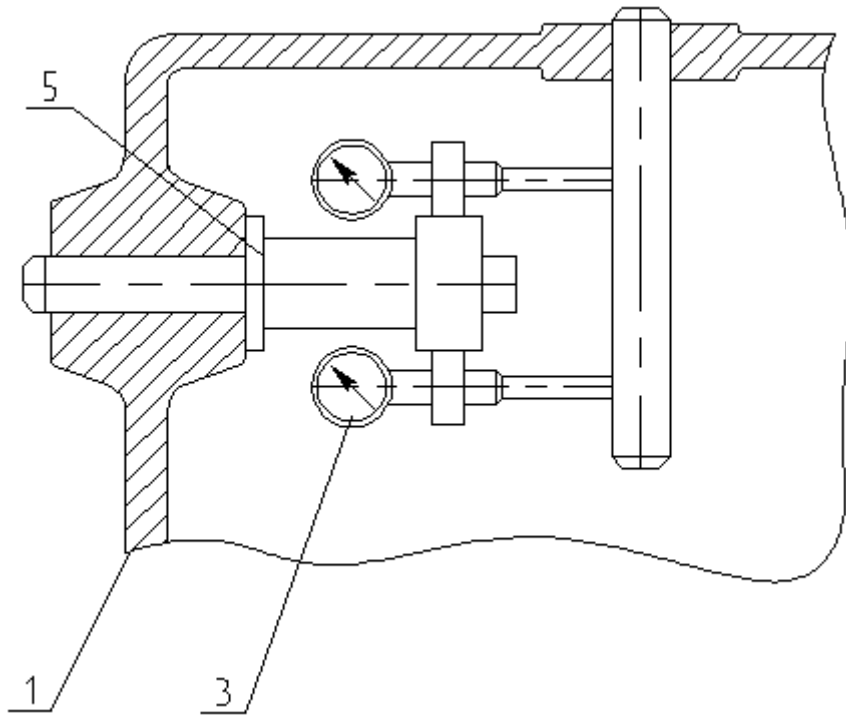


Рисунок 6.6.6 - Перпендикулярність осей

### 7.3 Способи контролю радіального биття

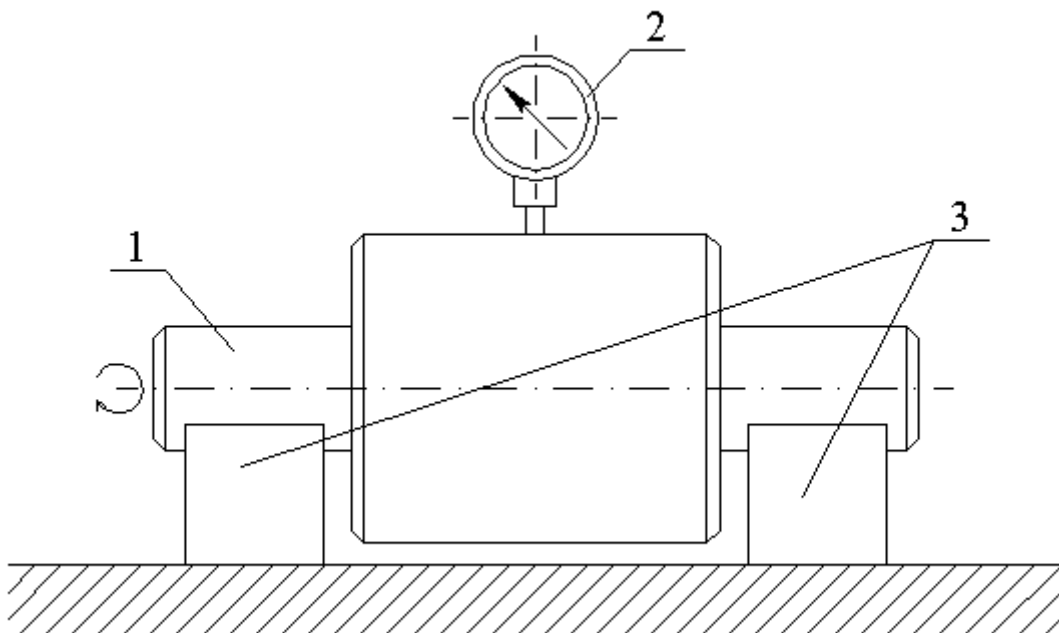


Рисунок 6.6.7 - Радіальне биття

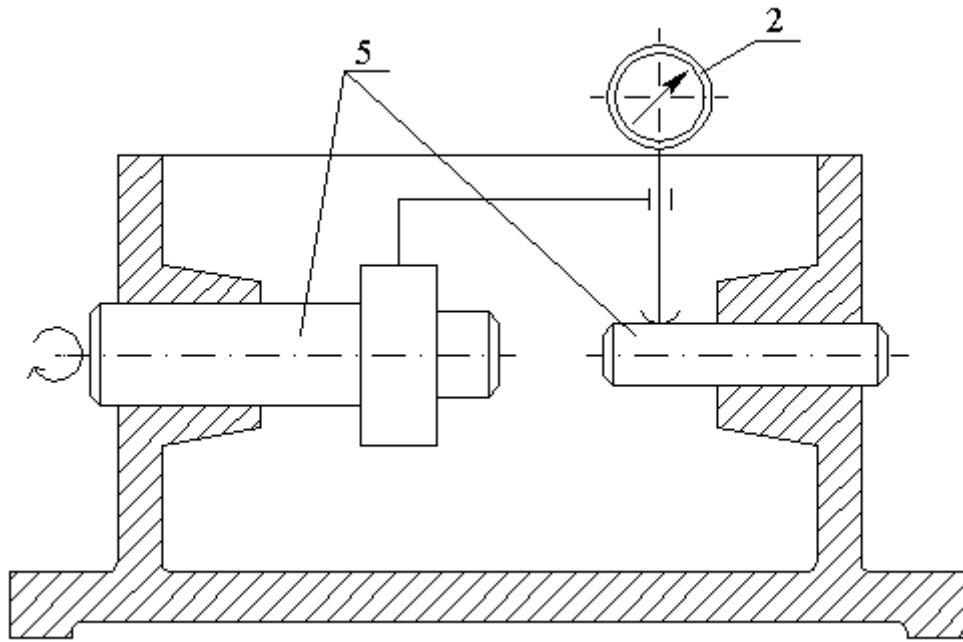


Рисунок 6.6.8 - Радіальне биття

## 7 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Калібри"

#### 1. Характеристика калібрів

Калібрами називається без шкальні контролюючі інструменти. Вони служать для контролю розмірів гладких циліндричних, конусних, різьбових та шліцьових деталей, а також для контролю форми і взаємного розміщення частин деталей.

На відміну від штангенінструментів, мікрометрів та інших універсальних засобів, калібрами не можна вимірювати дійсні розміри деталей та їх числові значення. Калібри служать тільки для перевірки граничних розмірів деталей і визначення придатності як розмірів деталей, так і самої деталі. За допомогою калібрів з'ясовують виходить чи ні розмір, що перевіряється, за нижній або верхній граничні розміри, тобто чи знаходиться дійсний розмір між двома граничними розмірами, в полі допуску. Вали і отвори з допусками точніше 6<sup>-го</sup> квалітету не рекомендується контролювати калібрами, бо вноситься велика похибка. Такі вироби перевіряють універсальними засобами.

#### 2 Типи калібрів

За конструктивними ознаками калібри розрізняють на:

- прохідні і непрохідні;
- однобічні, в яких прохідна і непрохідна сторони розташовані на одному кінці калібру;
- двобічні, в яких на протилежних кінцях розташовані прохідна і непрохідна сторони.

За призначенням калібри розрізняють на:

- робочі, які застосовують для контролю виробів під час їх виготовлення на робочому місці;
- приймальні, з якими працюють працівники ВТК (відділ технічного контролю) при прийомі виробів. Приймальними калібрами є частково зношені робочі калібри;
- контрольні, які використовуються для контролю робочих калібрів і регульованих калібрів-скоб;
- установчі, які використовують для установки на заданий розмір регульованих калібрів і вимірювальних засобів.

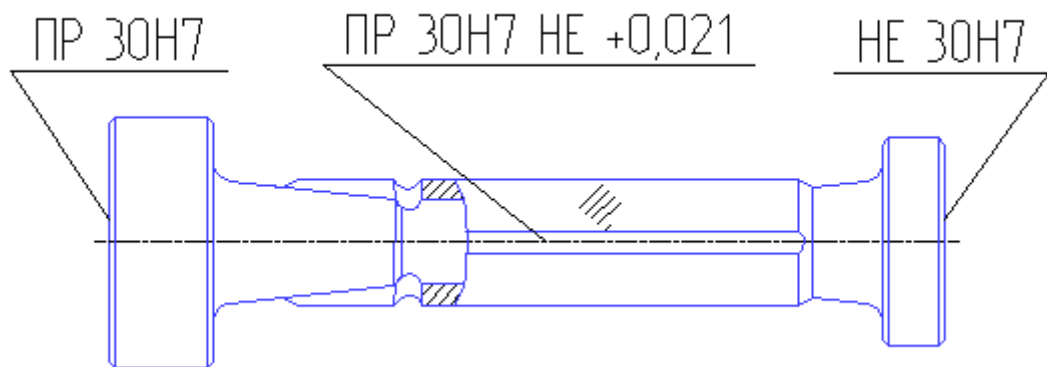
За видами вимірюваних поверхонь розрізняють:

- калібри-пробки;
- калібри-скоби;
- калібри-кільця;
- калібри-втулки.

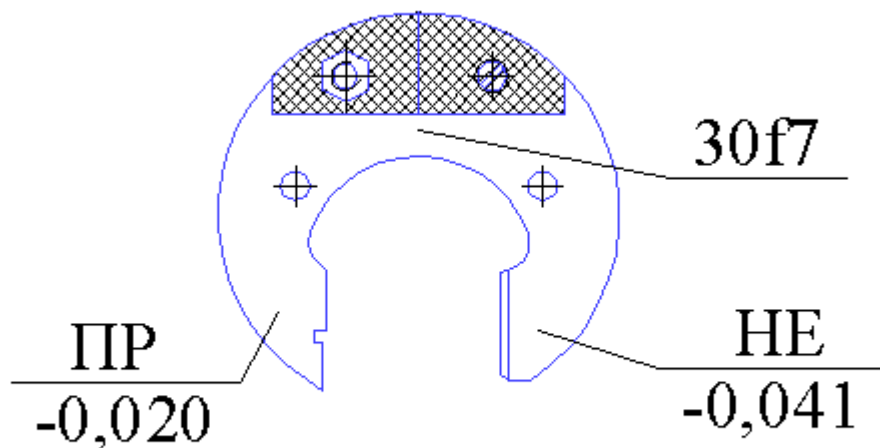
### 3 Маркування калібрів

На калібр наносять (рисунок 7.1):

- номінальний розмір деталі для якого призначений калібр;
- буквене позначення поля допуску виробу;
- числове значення граничних відхилень виробу в мм (на робочих калібрах);
- тип калібру (ПР, НЕ, К-І);
- товар знака заводу-виробника.



(a)



(б)

Рисунок 7.1 - Маркування калібру-пробки (а) та калібру-скоби (б)

#### 4 Позначення допусків калібрів

Допуски на розміри виробів встановлено ГОСТ 25346-89. Допуски на калібри для квалітетів від 6 до 18 і розмірами до 500 мм встановлено ГОСТ 24853-81, а для розмірів від 500 мм до 3150 мм з допусками від 9 до 18 квалітету ГОСТ24852-81.

Вали і отвори з допусками точніше шостого квалітету не рекомендуються перевіряти калібрами, бо вноситься велика похибка вимірювання. Такі вироби перевіряють універсальними засобами.

Згідно ГОСТ 24853-81 для робочих калібрів прийнято слідує позначення параметрів на виготовлення:

$D_{\max}$ ,  $D_{\min}$  - найбільші і найменші граничні розміри отворів;

$d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  - найбільші і найменші граничні розміри валів;

$T$  - допуск виробів;

$H$  - допуск калібр-пробки;

$H_1$  - допуск калібр-скоби;

$H_s$  - допуск калібр-пробки з сферичними виконавчими поверхнями;

$H_p$  - допуск контрольних калібрів для скоб;

$z$  - відхилення середини поля допуску  $PP$  сторони калібр-пробки в середину поля допуску виробу;

$z_1$  - відхилення середини поля допуску  $PP$  сторони калібр-скоби в середину поля допуску виробу;

$y$  - дозволений вихід розміру спрацьованого калібр-пробки за межі поля допуску виробу;

$y_1$  - дозволений вихід розміру спрацьованого калібр-скоби за межі поля допуску виробу;

$\alpha$  - величина для компенсації похибок контролю калібр-пробкою непрохідної сторони виробу;

$\alpha_1$  - величина для компенсації похибок контролю калібр-скобою непрохідної сторони виробу.

#### 5 Розрахунки виконавчих розмірів калібрів

Калібри служать для контролю граничних відхилень розмірів, форми і взаємного розміщення частин деталей.

Згідно з цим, граничні розміри деталей і одночасно номінальні розміри відповідних калібрів, що використовуються при розрахунках, дорівнюють:

- номінальний розмір  $PP$  калібр-пробки дорівнює найменшому діаметру отвору  $D_{\min}$ ;

- номінальний розмір  $HE$  калібр-пробки дорівнює найбільшому діаметру отвору  $D_{\max}$ ;

- номінальний розмір *ПР* калібр-скоби дорівнює найбільшому діаметру вала  $d_{max}$  ;

- номінальний розмір *НЕ* калібр-скоби дорівнює найменшому діаметру вала  $d_{min}$  .

Перед розрахунком калібрів згідно ГОСТ 24853-81 та СТ СЄВ 157-75 визначають допуски  $H$  ( $H_1$ ) і параметри  $z$  ( $z_1$ ),  $y$  ( $y_1$ ),  $\alpha$  ( $\alpha_1$ ) . Розміри робочих калібрів і їх граничні відхилення розраховують за формулами згідно ГОСТ 24853-81, наведеними в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Формули для розрахунку калібрів

В міліметрах

Назва калібра	Сторона калібра	Формула
Калібр-пробка	Прохідна	$PP_{max} = D_{min} + z + H/2$ $PP_{min} = D_{min} + z - H/2$
	Непрохідна	$HE_{max} = D_{max} - \alpha + H/2$ $HE_{min} = D_{max} - \alpha - H/2$
	Прохідна зношена	$PP_{cnp} = D_{min} - y + \alpha$
Калібр-скоба	Прохідна	$PP_{max} = d_{max} - z_1 + H_1/2$ $PP_{min} = d_{max} - z_1 - H_1/2$
	Непрохідна	$HE_{max} = d_{min} + A_1 + H_1/2$ $HE_{min} = d_{min} + A_1 - H_1/2$
	Прохідна зношена	$PP_{cnp} = d_{max} + y_1 - \alpha_1$

## 6 Розміщення полів допусків



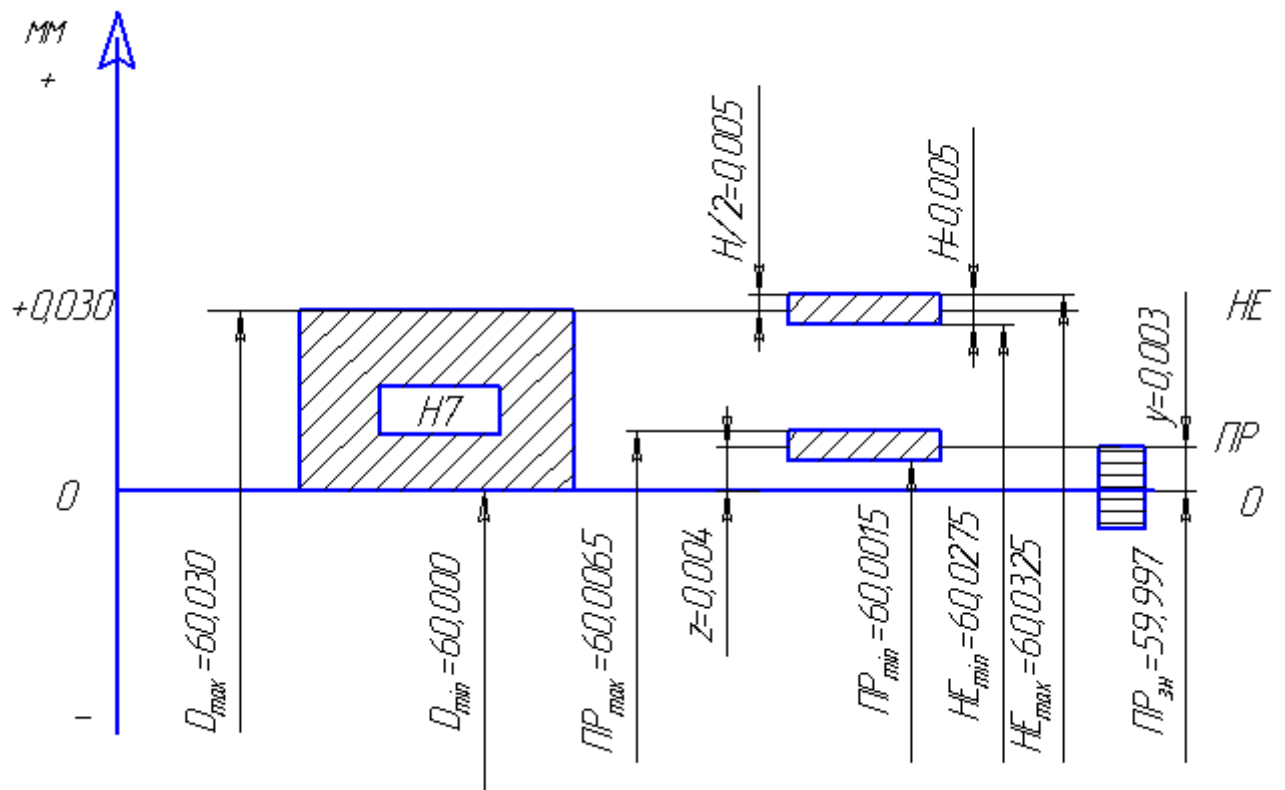


Рисунок 7.2 - Схема розміщення полів допусків на виготовлення калібра - пробки для контролю отвору  $\varnothing 60H7$

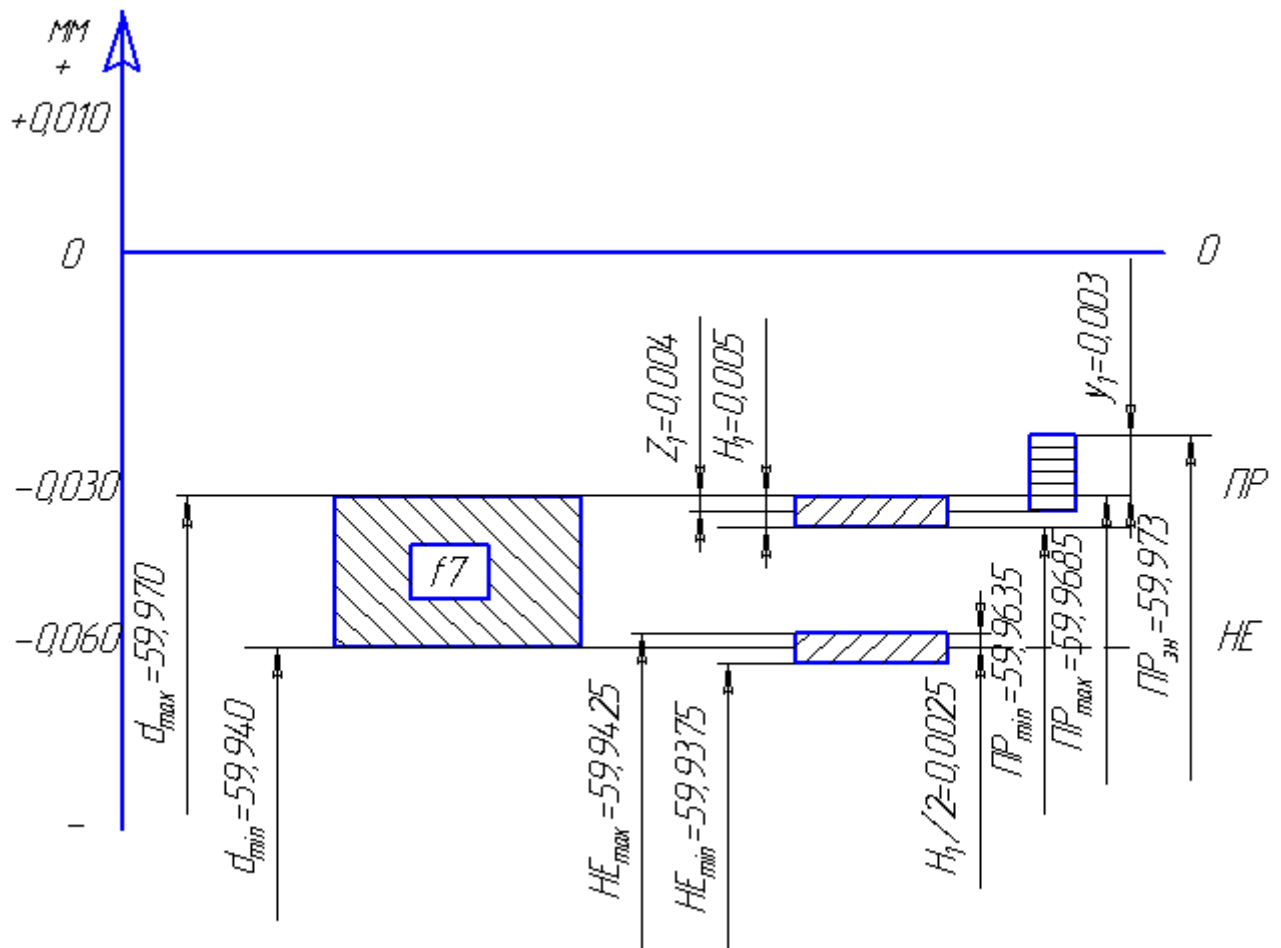


Рисунок 7.3 - Схема розміщення полів допусків на виготовлення калібру - скоби для контролю вала  $\varnothing 60f7$

## 7 Оформлення креслень калібрів

Граничні розміри калібрів, по яким виготовляють нові калібри, називаються виконавчими.

На кресленнях калібр-пробки позначають найбільший граничний розмір з від'ємним допуском  $H$  (рисунок 7.4). На кресленнях калібр-скоби позначають найменший граничний розмір з додатнім допуском  $H_1$  (рисунок 7.5).

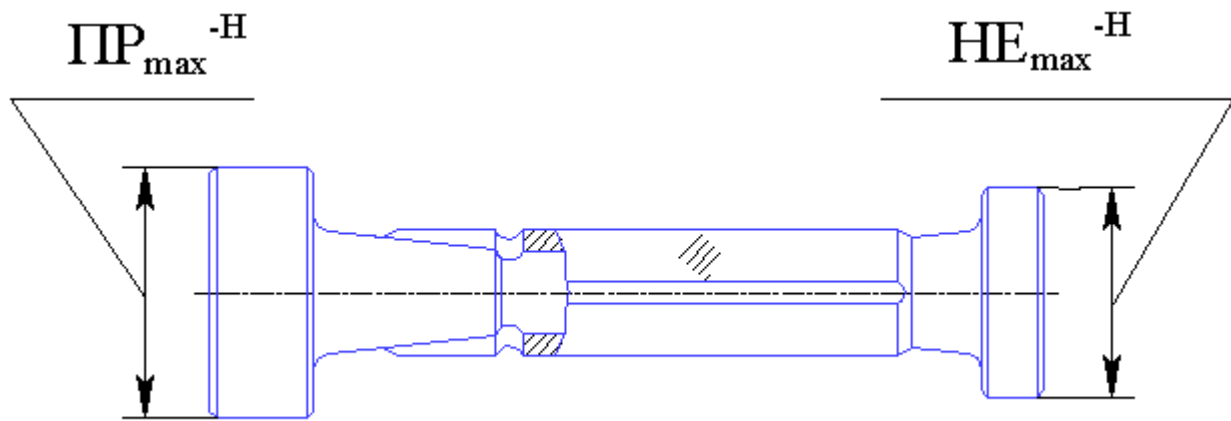


Рисунок 7.4 - Позначення виконавчих розмірів калибр-пробки

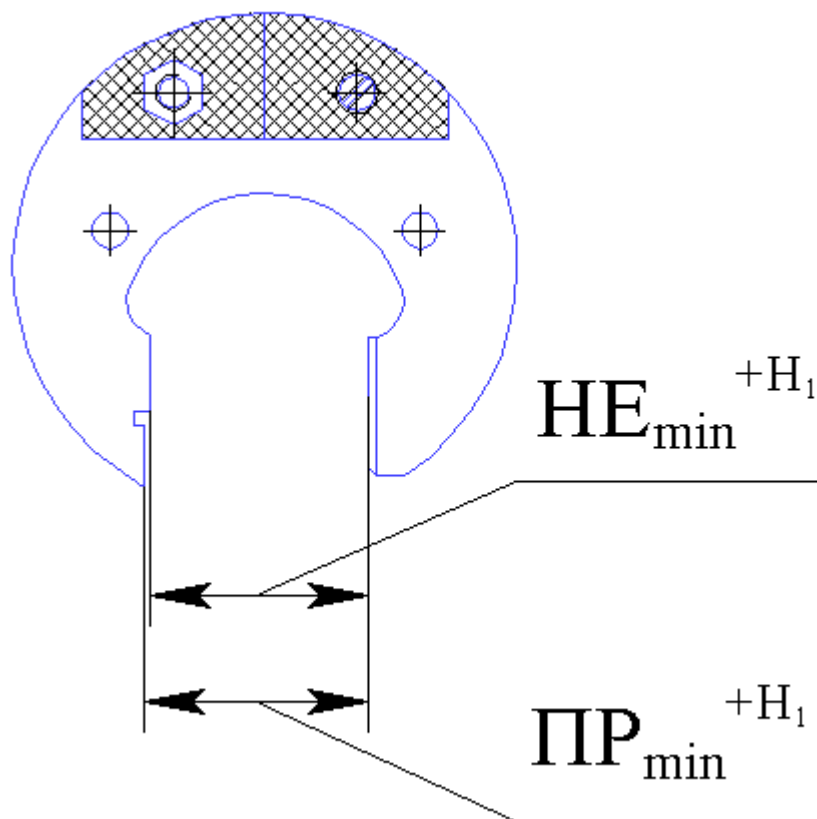


Рисунок 7.5 - Позначення виконавчих розмірів калибр-скоби

Загальні розміри калибрів залежать від номінального розміру вимірювальної деталі і регламентуються рядом ГОСТ: ГОСТ 18362, ГОСТ 18362, ГОСТ 18363, ГОСТ 18364, ГОСТ 14810, ГОСТ 14812, ГОСТ 14815, ГОСТ 14820, ГОСТ 14821.

Числові параметри шорсткості робочих поверхонь калибрів, регламентовані ГОСТ 2789-73, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Числові значення параметрів шорсткості

В міліметрах

Назва калібру	Квалітет контрольованого виробу	Параметр шорсткості $Ra$ згідно з ГОСТ 2789-73 для діаметрів	
		Від 0,1 до 100 мм	Від 100 до 300 мм
Калібр-пробка	6	0,04	0,08
	7-9	0,08	0,16
	10-12	0,16	0,16
	13 і грубіше	0,32	0,32
Калібр-скоба	6-9	0,08	0,16
	10-12	0,16	0,16
	13 і грубіше	0,32	0,32
Контрольний калібр	6-9	0,04	0,08
	10	0,08	0,16

Параметр шорсткості  $Ra$  (мкм) не повинен перевищувати 10% допуску калібру, але не більше 0,2 мкм при допусках виробів з квалітетами  $IT6-12$  і не більше 0,4 мкм при допусках виробів з квалітетами понад  $IT12$ .

Тобто  $Ra \leq 0,10 \cdot H (H1)$ , мкм,

$Ra \leq 0,2$  мкм при  $IT6-IT12$ ,

$Ra \leq 0,4$  мкм при  $IT12-IT18$ .

Шорсткість вхідних і вихідних фасок повинна бути не більше  $Ra \leq 1,6$  мкм

## 8 Правила застосування калібрів

### 8.1 Калібри для валів

Для контролю валів застосовують прохідні калібр-кільце або калібр-скобу. Вони повинні проходити по валу під дією власною ваги (маси) або визначеної сили. Непрохідні не повинні проходити по валу, в крайньому випадку можуть "закусувати".

### 8.2 Калібри для отворів

Для контролю отворів застосовують прохідний калібр. Він повинен вільно проходити крізь отвір під дією власної ваги або визначеної сили. Непрохідна калібр-пробка не повинна входити в отвір.

Контроль розмірів калібрів здійснюють на інструментальному мікроскопі, на оптичних, на вимірювальних машинах.

## 8 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Шорсткість"

#### 1 Основні положення

Якщо взяти реальний поверхневий шар деталі після обробки на верстатах, або після лиття чи іншої обробки, то він обов'язково має перемінні виступи і западини різної висоти і форми порівняно малих розмірів за висотою та кроком.

Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками які виділені за допомогою базової довжини -  $\ell$ .

Реальний поверхневий шар деталі після обробки на верстаті або після лиття чи іншої обробки має перемінні виступи і западини різної висоти і форми порівняно малих розмірів за висотою та кроком.

Висота, напрямок і форма нерівностей залежать:

- від режиму обробки на верстатах;
- умов охолодження і мастила;
- зернистості інструменту;
- матеріалу заготовки;
- жорсткості технологічної системи.

Шорсткість поверхні відіграє велику роль у рухомих з'єднаннях деталей, вона впливає на тертя і зношення, зазор та натяг, на щільність і герметичність з'єднань, на міцність зчеплення при притирці і склеюванні, на точність вимірювання деталей, на якість покриттів.

#### 2 Параметри шорсткості

Згідно ГОСТ 2789-73 і профілограми поверхні (рисунок 8.1) встановлено слідуєчі параметри шорсткості:

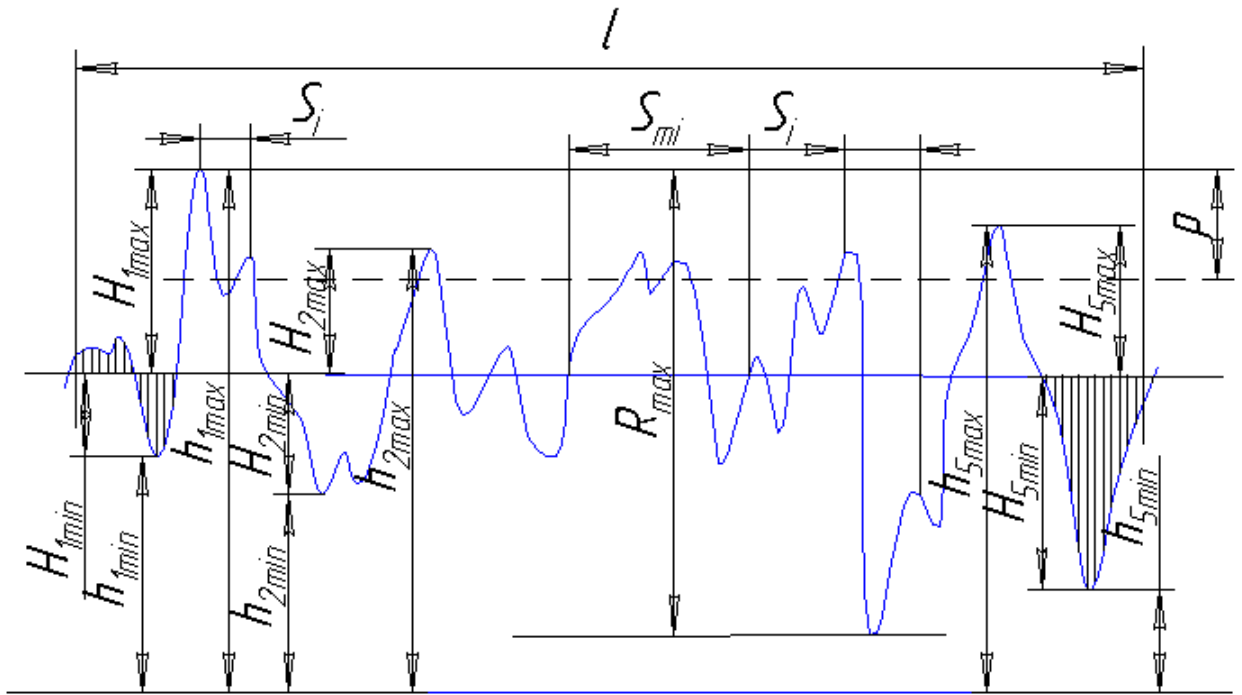


Рисунок 8.1 - Профілограма поверхні

$m$  - середня лінія профілю (єдина база відліку);

$\ell$  - базова довжина (довжина базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні). Базова довжина вибирається з ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,0; 25,0 мм;

$L$  - довжина оцінки (довжина, на якій оцінюють шорсткість). Вона може мати одну або кілька базових довжин;

$R_{max}$  - найбільша висота профілю (відстань між лінією виступів та западин профілю в межах базової довжини);

$S$  - середній крок місцевих виступів профілю в межах базової довжини

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i ;$$

$S_m$  - середній крок нерівностей профілю в межах базової довжини

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} ;$$

Значення  $S$  і  $S_m$  приймаються у діапазоні від 0,002 до 12,5 мм

$P$  - заданий рівень перерізу профілю в матеріалі (числові значення вибираються в процентах від  $R_{max}$ : 5,10,15,20,25,30,40,50,60,70,80,90 •  $R_{max}$ ;

$\eta_p$  - опорна довжина – це сума довжин відрізків

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i ;$$

$b_i$  - відрізки на заданому рівні;

$t_p$  - відносна опорна довжина профілю (відношення опорної довжини профілю до базової довжини)

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} \qquad t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{l} \% ;$$

$Rz$  - висота нерівностей профілю за десятьма точками. Визначається як сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів і впадин профілю в межах базовою довжини

$$Rz = \frac{1}{5} \left[ \sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right] ;$$

де  $y_{pi}$  - висота  $i$  - го найбільшого виступу профілю;

$y_{vi}$  - глибина  $i$  - ї найбільшої впадини профілю;

Значення параметра  $Rz$  0,025;0,100;0,40;0,80;1,6; 3,2;6,3; 25;50; 100; 400...

$Ra$  - середнє арифметичне відхилення нерівностей профілю (визначається із абсолютних значень відхилення профілю в межах базової довжини).

Параметр  $Ra$  є переважним

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

де  $n$  - число вибраних точок профілю на базовій довжині

$y_i$  - відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією.




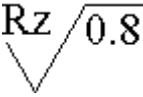
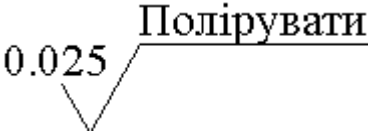
Значення параметра  $Ra$ , мкм:

100	10,0	1,00	0,100	0,010
80	8,0	0,80	0,080	0,0008
63	6,3	0,63	0,063	-
50	5,0	0,50	0,050	-
40	4,0	0,40	0,040	-
32	3,2	0,32	0,032	-
25	2,5	0,25	0,025	-
20	2,0	0,20	0,020	-
16	1,6	0,16	0,016	-
12,5	1,25	0,125	0,012	-

### 3 Позначення шорсткості

Умовні позначення шорсткості і нерівностей поверхонь наведені відповідно в таблиці 8.1 та 8.2

Таблиця 8.1 - Умовні позначення шорсткості поверхонь

Графічні зображення	Пояснення
	Застосовують у позначенні шорсткості поверхні, вид обробки якої не встановлюється.
	Застосовують у позначенні шорсткості, яка повинна бути утворена зняттям шару матеріалу обробкою на верстатах та іншими способами: точінням, фрезеруванням, травленням тощо.
	Застосовують у позначенні шорсткості поверхні, яка повинна бути утворена без зняття матеріалу. Наприклад – литтям, куванням, об'ємною штамповкою, прокатом та інше. Цим же знаком позначається і поверхні, які не оброблюються за даним кресленням.
	Значення параметра $Rz$ не повинно бути більше 5 мкм на базовій довжині 0,8 мм
	Цей запис означає, що поверхню деталі треба полірувати до шорсткості $Ra=0,025$ мкм



Знак без полиці застосовують при позначенні шорсткості тільки значенням параметра.

Знак з полицею застосовують якщо треба вказати базову довжину.

Прийнято при позначенні шорсткості знак *Rz* писати, а знак *Ra* писати біля графічного зображення шорсткості поверхні.

Для позначення нерівностей сумісно з знаками шорсткості встановлені умовні позначення.

Таблиця 8.2 - Умовні позначення нерівностей поверхонь

Умовні позначення нерівностей за ГОСТ 2789-73	Схематичне зображення	Умове позначення за ГОСТ 2.309-73
Паралельний		
Перпендикулярний		
Пересічний		
Довільний		
Колоподібний		
Радіальний		

При виконанні креслень деталей треба обов'язково у правому верхньому куту креслення написати один з нижче вказаних знаків:

$\sqrt{5.0} (\checkmark)$  - цей знак означає, що всі поверхні деталі, на яких на зображенні не нанесені позначення шорсткості, повинні мати шорсткість вказану перед знаком  $(\checkmark)$  в дужках;

$\sqrt{6.3}$  - цей знак означає, що всі поверхні деталі, повинні мати однакову шорсткість і на зображенні її не вказують;

$\checkmark (\checkmark)$  - цей знак означає, що частина поверхонь не обробляється.

#### 4 Вибір параметрів шорсткості

При виборі шорсткості поверхонь деталей треба знати їх функціональні призначення. Наприклад, для поверхонь тертя відповідальних деталей установлюють допустимі значення  $Ra$  (або  $Rz$ ),  $R_{max}$  і  $t_p$ , а також напрямок нерівностей.

Для поверхонь циклічно навантажених деталей установлюють  $R_{max}$ ,  $S_m$  і  $S$

Треба пам'ятати, що параметр  $Ra$  дає більш повну оцінку шорсткості, чим  $Rz$ , тому що для його визначення вимірюють і складають величини більшого числа точок дійсного профілю, тоді як при визначенні параметра  $Rz$  вимірюють тільки величину п'яти впадин і п'яти виступів. В окремих випадках встановлюють вимоги до напрямку нерівностей. Треба пам'ятати, що найменший коефіцієнт тертя та знос деталей, що труться буде, якщо напрямок руху не співпадає з напрямком нерівностей. Таке можна отримати при довільному напрямку нерівностей, яке утворюється при хонінгуванні та суперфінішуванні.

При визначенні шорсткості поверхонь деталей, що обробляються, числові значення треба брати згідно ГОСТ 2789-73. Наприклад, шорсткість поверхонь для деяких методів обробки приведена в таблиці 8.3, шорсткість поверхонь деталей зубчастих (шліцьових) з'єднань - в таблиці 8.4, шорсткість посадочних поверхонь валів і отворів для підшипників кочення - в таблиці 8.5.

Таблиця 8.3 - Шорсткість поверхонь в залежності від методів обробки

В мікрометрах

Вид обробки	Значення параметра $Ra$	Квалітет $IT$
Підрізка торців	3,2-12,5	8,9
Фрезерування : чистове	3,2-6,3	8,9
	1,6	6,7
Обточування: обдирочне	25,0-100,0	10,11
	1,6-3,2	6
	чистове	0,4-0,8
тонке		
Свердління	6,3-25,0	10,11
Шліфування: чистове	0,8-1,6	6
	тонке	0,2-0,4
Розточування: чистове	1,6-3,2	7
	тонке	0,4-0,8

Залежно від методів обробки шорсткість можна вибирати за допомогою рисунка 8.2

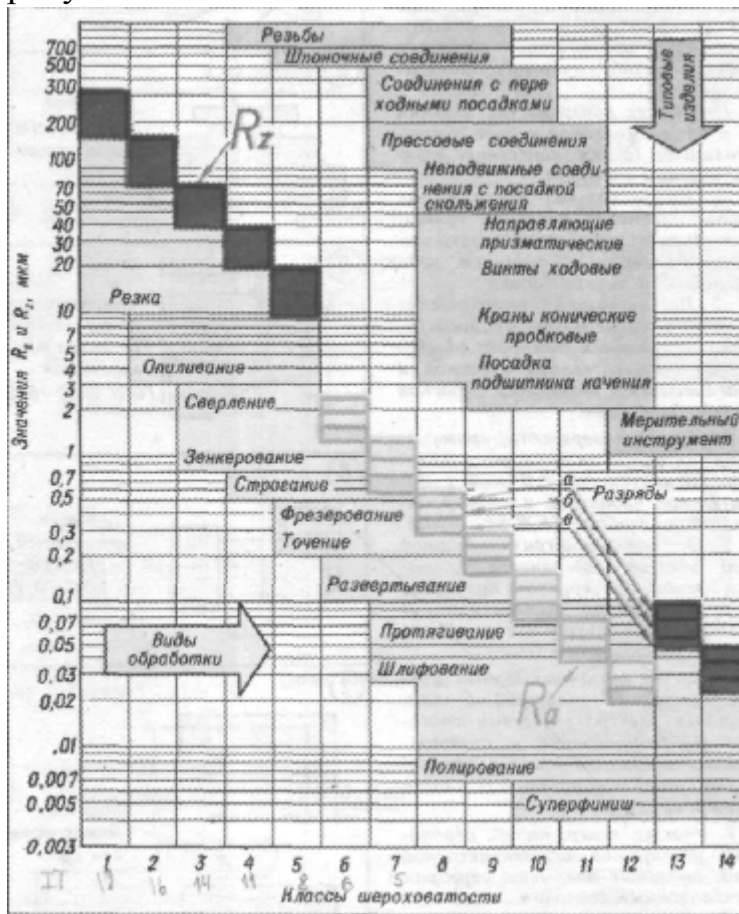


Рисунок 8.2 - Шорсткість поверхонь в залежності від методів обробки

Таблиця 8.4 - Параметри шорсткості зубчастих коліс

В мікрометрах

Вид обробки		Значення параметра $Ra$ , мкм	Економічні квалітети $IT$
Обробка зуб'ів зубчастих коліс	Стругання	3,2-6,3(1,6)	7-10
	Точіння	(1,6)-3,2	7-10
	Шліфування	0,4-0,8	5,6
	Шевінгування	0,8-1,6(0,4)	5,6

Таблиця 8.5 - Параметри шорсткості посадочних поверхонь підшипників кочення згідно ГОСТ 3325-85

В мікрометрах

Посадочні поверхні	Класи точності підшипників по ГОСТ 520-71	Граничні відхилення для номінальних діаметрів підшипників			
		До 80 мм	Понад 80 до 500 мм	Понад 500 до 2500 мм	
		Ra			Rz
Валів	0	1,25	2,50	(5,0)	20
	6 і 5	0,63	1,25	2,5	-
	4	0,32	0,63	-	-
	2	0,16	0,32	-	-
Отворів корпусів	0	1,25	2,50	(5,0)	20
	6,5 і 4	0,63	1,25	2,5	-
	2	0,32	0,63	-	-
Опорних торців заплечників валів та корпусів	0	2,50	2,50	(5,0)	20
	6,5 і 4	1,25	2,50	(5,0)	20
	2	0,63	0,63	-	-

### 5 Хвилястість поверхонь

Під хвилястістю поверхонь розуміють сукупність періодичних нерівностей, що повторюються, в яких віддаль між суміжними виступами або впадинами завбільшки базової довжини.

Хвилястість займає проміжне положення між відхиленням форми і шорсткістю поверхонь. На рисунку 8.3 приведена схема хвилястості, де:

$m_w$  - середня лінія профілю хвилястості;

$S_w$  - крок хвилястості;

$W_z$  - висота нерівностей ( Граничні числові значення  $W_z$  вибирають з ряду: 0.1;0.2;0.4;0.8;1.6; 3.2; 6.3; 12.5; 25; 50; 100; 200 мкм);

$L_w$  - довжина ділянки вимірювання.

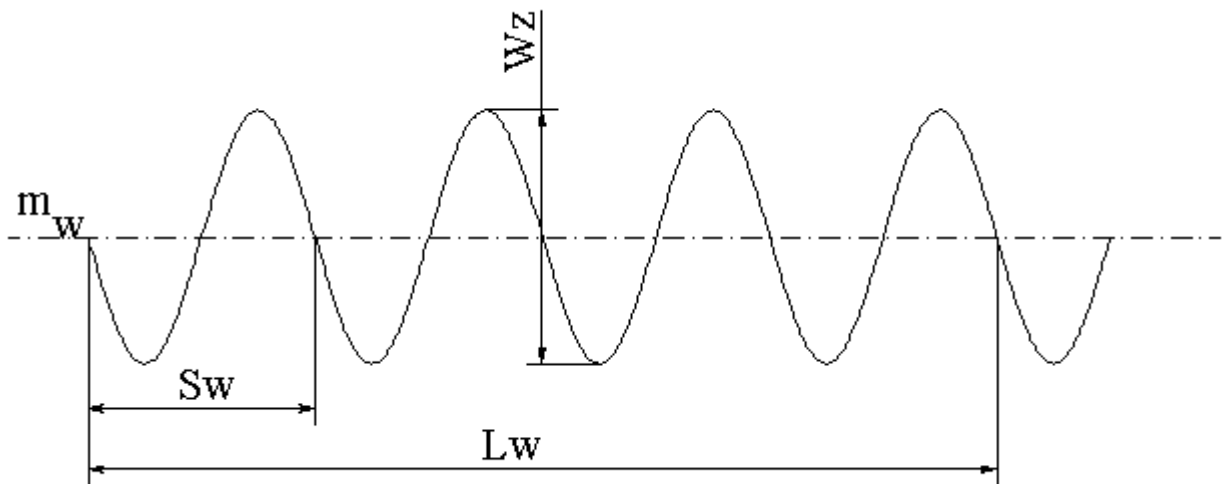


Рисунок 8.3 - Схема хвилястості

Умовно, межа між хвилястістю, шорсткістю і відхиленням форми встановлюється по значенню відношення кроку хвилястості до висоти нерівностей:

При  $\frac{S_w}{W_z} < 40$  - відхилення відносять до шорсткості поверхні;

При  $1000 > \frac{S_w}{W_z} \geq 40$  - відхилення відносять до хвилястості поверхні;

При  $\frac{S_w}{W_z} > 1000$  - - відхилення відносять до відхилення форми.

$$W_z = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)}{5}$$

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{wi}$$

Частіше хвилястість має синусоїдальний характер, що є наслідком коливання у системі СПД, в зв'язку з виникненням нерівних сил різання, похибок привода та ін.

## 6 Контроль шорсткості

При вимірюванні шорсткості поверхонь може бути застосований якісний або кількісний контроль.

Якісний контроль проводиться зрівнянням з зразками шорсткості безпосередньо в умовах виробництва візуально, або на дотик. Візуальний контроль може визначити шорсткість в межах  $Ra$  0.6-0.8 мкм і більше.

Кількісний контроль може бути контактним і безконтактним.

При безконтактному методі застосовуються прилади світлового перерізу МІС-11, ПСС-2, мікроінтерферометри, мікро профілометри. При контактному методі застосовують профілометр-профілограф 201, 252 і профілометр 253.

Відхилення форми визначають за допомогою універсальних і спеціальних приладів вимірювання, до яких відносяться:

- перевірочні плити;
- косинці;
- кінцеві міри довжини;
- оптико-механічні прилади;
- індикаторні головки годинникового типу;

При вимірюванні відхилень розташування застосовують валики, косинці, спеціальні прилади, координатно-вимірювальні машини.

## 9,10 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Розмірний аналіз"

#### 1. Основні поняття

При розробці робочих креслень деталей або складальних креслень на вузли, конструктор повинен зробити всі необхідні розрахунки для забезпечення точності виготовлення або складання.

Ці розрахунки вимагають зробити розмірний аналіз для погодження розмірів, допусків та відхилень на кресленнях деталі і складальних кресленнях. Подібні розрахунки входять в теорію розмірних ланцюгів.

Розмірним ланцюгом називають сукупність взаємозв'язаних розмірів, які впливають одне на одне і утворюють замкнений контур.

#### 2. Класифікація розмірних ланцюгів

Згідно класифікації по ознакам (ГОСТ 16319-80) розмірні ланцюги мають назву :

конструкційний, технологічний, вимірювальний, детальний, складальний, лінійний, кутовий, плоский, просторовий, скалярний, векторний, комбінований.

Кожний розмірний ланцюг складається з ланок. Ланками розмірного ланцюга можуть бути як лінійні так і кутові розміри. Наприклад: розміри діаметрів, відстань між поверхнями або осями, зазори, натяги, відхилення форми і розміщення.

Кожний розмірний ланцюг складається з однієї замикальної ланки  $A_d$ , рисунок 9.1 і кількох складових ланок  $-A_1-A_n$ .

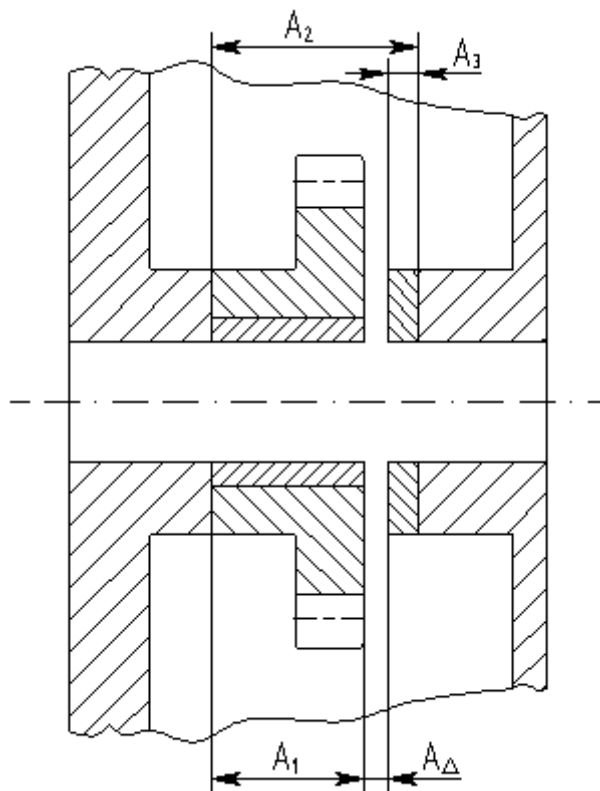


Рисунок 9.1 - Зубчасте колесо з проміжним кільцем

Замикаюча ланка - це розмір, на якому нагромаджується помилки обробки складових ланок деталей і тому до неї ставиться основна вимога щодо точності.

Розмір і допуск цієї ланки на кресленнях як правило не вказують. Їх одержують за умов дотримання розмірів і допусків складових ланок.

На складальних кресленнях замикальними ланками є розміри, що визначають нормальну роботу вузла, агрегату або машини. Наприклад, зазор або натяг, відстань від бокових поверхонь деталей, тощо.

Замикаюча лінія є головною.

Складові ланки розрізняються на дві групи: збільшуючі і зменшуючі.

Збільшуючими ланками розмірного ланцюга називають ланки, зі збільшенням яких, замикаюча ланка збільшується – на рисунку 9.2 ланка  $A_2$ .



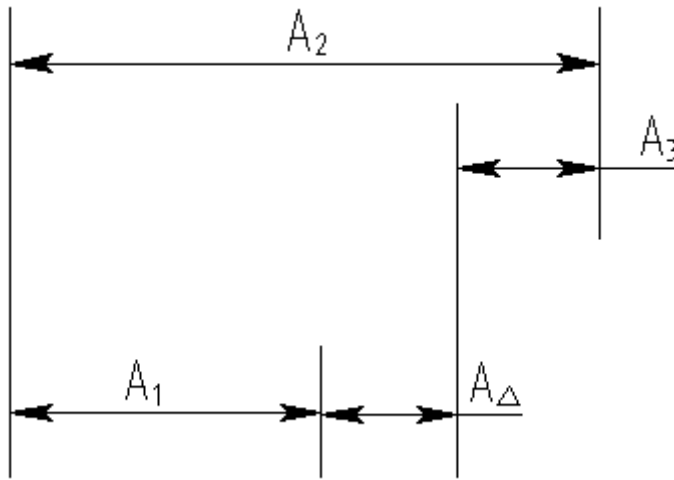


Рисунок 9.2 - Схема лінійного розмірного ланцюга

Зменшуючими ланками розмірного ланцюга називають ланки, зі збільшенням яких, замикаюча ланка зменшується – на рисунку 9.2 ланки  $A_1$  і  $A_3$ .

Складові ланки позначають буквами  $A$ ,  $B$  або  $C$ . Над буквами збільшуючи ланок ставиться стрілка з напрямом управо або поряд з буквою пишеться знак плюс (+).

Над буквами збільшуючих ланок ставиться стрілка з напрямом вліво або поряд з буквою пишеться знак мінус (-).

### 3 Методи розрахунку

Для досягнення необхідної точності замикаючої ланки існує п'ять методів розрахунку:

- метод повної взаємозамінності;
- метод неповної (часткової) взаємозамінності, або імовірний метод;
- метод групової взаємозамінності;
- метод припасування;
- метод регулювання.

Найчастіше користуються методом повної взаємозамінності. При цьому, щоб забезпечити повну взаємозамінність, розмірні ланцюги розраховують методом максимуму - мінімуму, при якому допуск замикальної ланки визначають арифметичним складанням допусків складових ланок. Цей метод розрахунку забезпечує задану точність складання без припасування (підбору) деталей.

Не рідко застосовується також метод неповної взаємозамінності, тобто імовірний метод. Розрахунки з цього методу дозволяють, при однакових допусках замикальної ланки, розширяти допуски складових ланок в порівнянні з розрахунками п методу повної взаємозамінності в 1.5-1.6 рази.

Це дає можливість знизити собівартість виготовлення деталей за рахунок зниження якості. При застосуванні цього методу є можливість виникнення браку. Розрахунки показують, що у 0,27% розмірних ланок, тобто в  $3^x$  з 1000, можуть бути не витримані граничні розміри замикаючої ланки. Як бачимо, така мала кількість можливого браку не може негативно впливати на застосування, при розрахунках, імовірного методу.

При розрахунках розмірного ланцюга може вирішуватися пряма або обернена задача.

Пряма - це задача, коли задано параметри замикальної ланки, а необхідно визначати параметри складових ланок.

Обернена - це задача, в якій відомі параметри складових ланок, а необхідно визначати параметри замикальної ланки.

Для спрощення розрахунку граничних розмірів рекомендується для ланок збільшуючих розмірів брати  $-H$ - (як для отвору), а для ланок зменшуючих розмірів  $-h$  (як для валів).

#### 4 Основні позначення при розрахунках

$j$  - складові ланки ( $j_1, j_2, j_3$ );

$A_j$  - ланка розмірного ланцюга;

$A_A$  - ланка замикаюча;

$+A$  або  $\overset{\rightarrow}{A}$  - збільшуюча ланка;

$-A$  або  $\overset{\leftarrow}{A}$  - зменшуюча ланка;

$TA_j$  - допуск складової ланки;

$TA_c$  - допуск зв'язної або компенсуючої ланки;

$TA_{сер}$  - допуск середній;

$m$  - загальне число ланок у розмірному ланцюзі;

$n$  - збільшуючі ланки;

$p$  - зменшуючі ланки;

$i$  - одиниця допуску;

$a$  - кількість одиниць допуску;

$ES$  - верхнє відхилення розміру отвору;

$EI$  - нижнє відхилення розміру отвору;

$es$  - верхнє відхилення розміру вала;

$eI$  - нижнє відхилення розміру вала.

#### 5 Основні формули які застосовують при розрахунках методом повної взаємозамінності

Визначення номінального розміру замикаючої ланки розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} A_j \quad (1)$$

або

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n A_j - \sum_{j=1}^p A_j \quad (2)$$

Визначення граничних розмірів замикальної ланки:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{J=1}^n A_{J \max} - \sum_{J=1}^p A_{J \min} \quad (3)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{j=1}^n A_{j \min} - \sum_{j=1}^p A_{j \max} \quad (4)$$

Визначення граничних відхилень замикаючої ланки:

$$es(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n es(A_j) - \sum_{j=1}^p ei(A_j) \quad (5)$$

$$ei(A_{\Delta}) = \sum_{j=1}^n ei(A_j) - \sum_{j=1}^p es(A_j) \quad (6)$$

Визначення допуску замикаючої ланки:

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min} = es(A_{\Delta}) - ei(A_{\Delta}) \quad (7)$$

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j + \sum_{j=1}^p TA_j \quad (8)$$

або

Оскільки  $n+p=m-1$ , то

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j \quad (9)$$

Визначення допуску однієї зі складових ланок, яка може бути зв'язною або комплектуючою:

$$TA_c = TA_{\Delta} - \sum_{j=1}^{m-1} TA_j \quad (10)$$

Визначення середнього допуску складових ланок:

$$T_{сер} = \frac{TA_{\Delta}}{m-1} \quad (11)$$

Визначення кількості одиниць допуску:

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j} \quad (12)$$

## 6 Основні формули методу імовірності

Визначення допуску замикаючої ланки:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} TA_j^2} \quad (13)$$

Визначення середнього допуску:

$$T_{сер} = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{m-1}} \quad (14)$$

Визначення кількості одиниць допуску:

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} i_j^2}} \quad (15)$$

## 7 Приклади розв'язання задач

### Задача 1 – Метод повної взаємозалежності

Визначити розмір замикаючої ланки, а також допуски і граничні відхилення складових ланок для п'яти ланкового розмірного ланцюга (рисунок 9.3), якщо - допуск замикаючої ланки  $TA_{\Delta}=1\text{мм}$ , а розміри ланок:  $A_1=21$ ;  $A_2=46$ ;  $A_3=12$ ;  $A_4=85$ .

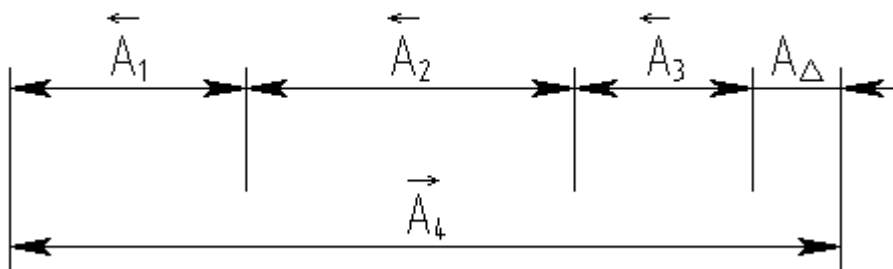


Рисунок 9.3 - Розмірний ланцюг

Для розв'язання задачі приймаємо метод повної взаємозамінності та спосіб допусків одного квалітету і розв'язуємо пряму задачу. Встановлюємо, що  $A_4$  – збільшуюча, а ланки  $A_1, A_2, A_3$  – зменшуючі.

Визначаємо номінальний розмір замикальної ланки згідно формули (2).

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^n A_j - \sum_{j=1}^p A_j = A_4 - (A_1 + A_2 + A_3) = 85 - (21 + 46 + 12)$$

$$A_{\Delta} = 6 \text{ мм}$$

Згідно рекомендаціям приймаємо для замикальної ланки основне відхилення  $h$ , тоді поле допуску для неї буде  $bh$ , а граничні відхилення будуть:

$$\text{верхнє відхилення } es(A_3) = 0$$

$$\text{нижнє відхилення } ei(A_3) = -1,0 \text{ мм}$$

Згідно таблиці 3.3 у довіднику Мягкова В.Д. визначаємо одиниці допуску для розмірів складових ланок :

$$\text{для } A_1 = 21 \text{ мм} \quad i_1 = 1,31 \text{ мкм};$$

$$\text{для } A_2 = 46 \text{ мм} \quad i_2 = 1,56 \text{ мкм};$$

$$\text{для } A_3 = 12 \text{ мм} \quad i_3 = 1,08 \text{ мкм};$$

$$\text{для } A_4 = 85 \text{ мм} \quad i_4 = 2,17 \text{ мкм}.$$

Ці допуски можна визначити по формулах. Для розмірів від 0 до 500 мм

$$T = a \cdot i$$

$$\text{де } i = 0,45 \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D;$$

$$D = \sqrt{D_{\min .int} \cdot D_{\max .int}} ;$$

для розмірів від 500 до 3150 мм

$$T = a \cdot I$$

$$\text{де } I = 0,004 \cdot D + 2,1$$

Визначаємо кількість одиниць допуску для розмірного ланцюга за формулою (12)

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum_{j=1}^{m-1} i_j} = \frac{1000}{1.31 + 1.56 + 1.08 + 2.17} \cong 163$$

Згідно таблиці 1.8 у довіднику Мягкова В.Д. знаходимо, що ця кількість одиниць допуску приблизно відповідає квалітету *IT12*.

Визначаємо допуски складових ланок. Для цього використовуємо ГОСТ 25346-89, або таблицю 1.8 у довіднику Мягкова В.Д. :

Для першої ланки  $TA_1 = 0,210$  мм;

Для другої ланки  $TA_2 = 0,250$  мм;

Для третьої ланки  $TA_3 = 0,180$  мм;

Для четвертої ланки  $TA_4 = 0,350$  мм.

Правильність призначення допусків складових ланок перевіряємо за допомогою формули (9). При цьому повинна бути виконана вимога, згідно якої сума допусків складових ланок повинна бути менша або дорівнювати допуску замикаючої ланки:

$$TA_{\Delta} \geq \sum_{j=1}^{m-1} TA_j$$

Визначаємо суму допусків

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{m-1} TA_j &= TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4 = \\ &= 0,210 + 0,250 + 0,180 + 0,350 = 0,990 \text{ мм} \end{aligned}$$

Висновок. Задача розв'язана правильно, так як сума допусків складових ланок допуск не перевищує допуску замикальної ланки, тобто

$$\sum_{j=1}^{m-1} TA_j < TA_{\Delta} \rightarrow 0.990 < 1.000 \text{ мм}$$

Тепер визначаємо граничні відхилення для складових ланок. Для цього приймаємо основні відхилення для збільшуючих ланок  $H$  і для зменшуючих  $h$ :

для ланки  $A_1$  21h12;  $es(A_1) = 0$ ,  $ei(A_1) = -0.210$  мм;

для ланки  $A_2$  46h12;  $es(A_2) = 0$ ,  $ei(A_2) = -0.250$  мм;

для ланки  $A_3$  12h12;  $es(A_3) = 0$ ,  $ei(A_3) = -0.180$  мм;

для ланки  $A_4$  85H12;  $ES(A_4) = +0.350$ ,  $EI(A_4) = 0$  мм.

Якщо необхідно, щоб сума допусків точно відповідала допуску замикальної ланки, то необхідно одну з ланок прийняти, як компенсуючою ( $TA_c$ ) і згідно формули (10) визначати її допуск:

$$TA_c = TA_\Delta - \sum_{j=1}^{m-1} TA_j$$

Наприклад, допуск для ланки  $A_3$ , якщо її прийняти за компенсуючу ланку, буде:

$$TA_3 = TA_\Delta - (TA_1 + TA_2 + TA_4) = 1.0 - (0.210 + 0.250 + 0.350)$$

$$TA_3 = 0.190 \text{ мм}$$

Якщо тепер підрахувати суму допусків складових ланок, то вона буде дорівнювати допуску замикаючої ланки:

$$\sum_{j=1}^{m-1} TA_j = 0.210 + 0.250 + 0.190 + 0.350 = 1 \text{ мм} = TA_\Delta$$

## Задача 2 – Метод імовірності

Умови: Першу задачу розв'язати методом імовірності.

Визначаємо кількість одиниць допуску за допомогою формули (15) :

$$a = \frac{TA_\Delta}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m-1} i_j^2}} = \frac{TA_\Delta}{\sqrt{i_1^2 + i_2^2 + i_3^2 + i_4^2}} = \frac{1000}{\sqrt{1.31^2 + 1.56^2 + 1.08^2 + 2.17^2}}$$

$$a \cong 315$$

Визначаємо допуски для складових ланок згідно таблиці 1,8 у довіднику Мягкова В.Д. Знаходимо, що така кількість одиниць допуску приблизно відповідає IT13, тобто на квалітет більше, ніж в розрахунку першої задачі.

Допуски для складових ланок будуть:

для розміру 21 мм -  $TA_1=0,330$  мм;

для розміру 46 мм -  $TA_2=0,390$  мм;

для розміру 12 мм -  $TA_3=0,270$  мм;

для розміру 85 мм -  $TA_4=0,540$  мм.

Приймаємо основні відхилення  $H$  для збільшуючих ланок і  $h$  для зменшуючих ланок і тоді граничні відхилення будуть :

для ланки  $A_1$  21h13;  $es(A_1)=0$ ,  $ei(A_1)= -0.330$  мм;

для ланки  $A_2$  46h13;  $es(A_2)=0$ ,  $ei(A_2)= -0.390$  мм;

для ланки  $A_3$  12h13;  $es(A_3)=0$ ,  $ei(A_3)= -0.270$  мм;

для ланки  $A_4$  85H13;  $ES(A_4)=+0.540$ ,  $EI(A_4)= 0$  мм.

Висновок. Метод імовірності дає змогу декілька збільшити допуски розмірів ланок і знизити собівартість виготовлення деталей за рахунок незначного зниження якості.

### Задача 3 – Метод повної взаємозамінності з розв'язанням на максимум – мінімум

Треба для замикаючої ланки розрахувати номінальний розмір, допуски і граничні розміри складових ланок  $A_1=60\pm 0,20$  і  $A_2=28\pm 0,14$  мм (рисунок 9.4 і 9.5).

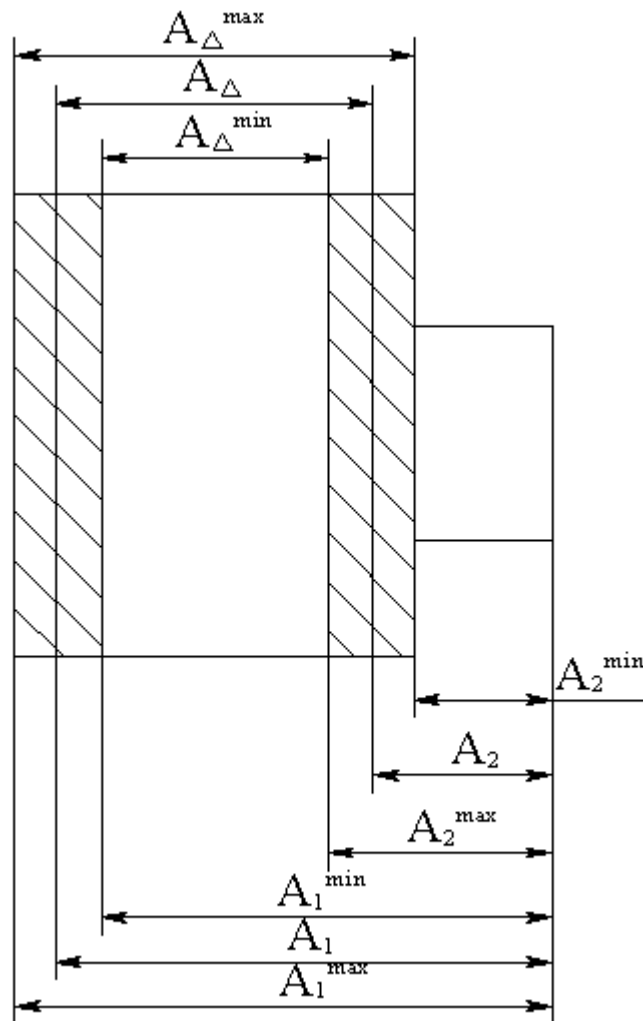


Рисунок 9.4 - Ескіз деталі



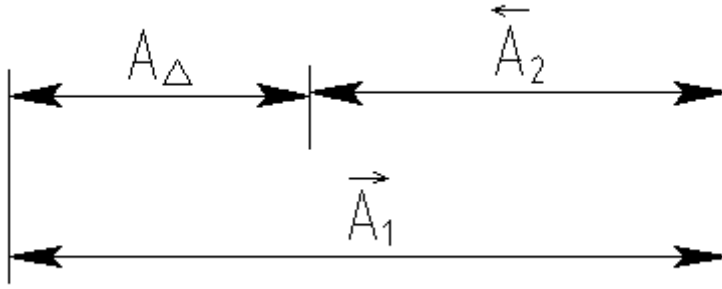


Рисунок 9.5 - Трьох ланковий лінійний розмірний ланцюг

#### Розв'язання

Для досягнення необхідної точності розрахунку приймаємо метод повної взаємозамінності з розв'язанням на максимум – мінімум.

Встановлюємо, що  $A_1$  - збільшуюча ланка,  $A_2$  - зменшуюча ланка.

В цій задачі відомі параметри складових ланок і треба визначити параметри замикаючої ланки згідно з формулою (1,2):

$$A_{\Delta} = \sum_{j=1}^{m-1} A_j = \sum_{j=1}^n A_j - \sum_{j=1}^p A_j = A_1 - A_2 = 60 - 28$$

$$A_{\Delta} = 32 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні розміри складових ланок:

$$A_1^{\max} = A_{1,H} + ES = 60 + 0.2 = 60.20 \text{ мм}$$

$$A_2^{\min} = A_{1,H} + EI = 60 - 0.2 = 59.80 \text{ мм}$$

$$A_3^{\max} = A_{2,H} + ES = 28 + 0.14 = 28.14 \text{ мм}$$

$$A_4^{\min} = A_{2,H} + EI = 28 - 0.14 = 27.86 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні розміри замикаючої ланки згідно з формулами 3 і 4:

$$A_{\Delta}^{\max} = \sum_{j=1}^n A_j^{\max} - \sum_{j=1}^p A_j^{\min} = A_1^{\max} - A_2^{\min} = 60.2 - 27.86 = 32.34 \text{ мм}$$

$$A_{\Delta}^{\min} = \sum_{j=1}^n A_j^{\min} - \sum_{j=1}^p A_j^{\max} = 59.80 - 28.14 = 31.66 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск замикаючої ланки, формула 7:

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta}^{\max} - A_{\Delta}^{\min} = ES(A_{\Delta}) - EI(A_{\Delta}) = 32.34 - 31.66 = 0.68 \text{ мм}$$

Визначаємо допуски складових ланок:

$$TA_1 = A_{1\max} - A_{1\min} = 60.20 - 59.80 = 0.40\text{мм}$$

$$TA_2 = A_{2\max} - A_{2\min} = 28.14 - 27.86 = 0.28\text{мм}$$

Перевіряємо розрахунок допуску замикаючої ланки (формула 8):

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j + \sum_{j=1}^p TA_j = TA_1 + TA_2 = 0.40 + 0.28 = 0.68\text{мм}$$

Якщо прийняти основне відхилення Н, то замикаюча буде мати вигляд

$$A_{\Delta} = 32^{+0.68},$$

а відхилення дорівнюють:  $ES = \pm 0.68$ ,  $EI = 0\text{мм}$ .

Визначаємо гранично розміри замикаючої ланки:

$$A_{\Delta}^{\max} = A_{\Delta H} + ES = 32 + 0.68 = 32.68\text{мм},$$

$$A_{\Delta}^{\min} = A_{\Delta H} + EI = 32 + 0 = 32\text{мм}.$$

## 11 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски кутових розмірів і гладких конічних з'єднань"

#### 1 Одиниці вимірювання кутів

Самою поширеною одиницею вимірювання кутів є градус.

Градус від латинського означає шаг, ступінь. Градус дорівнює 1/90 частини прямого кута, він ділиться на 60 хвилин, хвилина - на 60 секунд.

Як додаткова одиниця вимірювання є радіан.

Радіан дорівнює  $57^{\circ} 17' 45''$ .

$$1 \text{ рад} = \frac{360}{2\pi} \quad \ell = 2 \cdot \pi \cdot R \quad \pi = \frac{\ell}{D}$$

Радіанна система вимірювання дуже зручна в розрахунках, однак її застосування при виготовленні та контролі виробів ускладнений в зв'язку з тим, що не виробляються прилади, які градууються у радіани.

#### 2 Ряди кутів

Всі кути нормовані згідно нормального ряду СТ СЕВ 712-77.

В допусках кутів умовне позначення значень з індексами:

*e* - відповідає зовнішнім допускам, а

*i* - внутрішнім допускам.

Всі кути, що застосовуються при конструюванні діляться на 3 групи:

- нормальні кути загального призначення;
- нормальні кути спеціального призначення;
- спеціальні кути.

Найбільше застосовуються кути першої групи. Згідно ГОСТ 8908-81 вони розділені на три ряди. При виборі кутів необхідно давати перевагу першому ряду над другим і другому над третьому.

Таблиця 11.1 - Ряди кутів.

В градусах, хвилинах

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0°, 5°, 15°, 20°, 30° , 45°, 60°, 90°, 120°	30', 1°, 2°, 3°, 4°, 6°, 7°, 8° , 10°, 40°, 75°	15', 45', 1°30', 2°30', 9°, 12°, 18°, 22°, 25°, 35°, 50°, 55°, 65°, 70°, 80°, 85°, 100°, 110°, 135°, 150°, 165°

#### 3 Допуски кутових розмірів

Стандартом прийняти такі позначення:

*AT* - допуск кута, від англ. angle tolerance;

*AT<sub>α</sub>* - допуск кута в кутових одиницях;

$AT_{\alpha}'$  - допуск кута округлений;

$AT_h$  - допуск кута, що виражений відрізком на перпендикулярі до сторони кута, протилежному куту на  $AT_{\alpha}$  на відстані  $L_1$  від вершини цього кута. Практично цей відрізок дорівнює довжині дуги радіуса, яка стягує кут  $AT_{\alpha}$ , в мкм.

$AT_D$  - допуск кута конуса, виражений допуском на різницю діаметрів у двох нормальних до осі перерізах конуса на заданій відстані  $L$  та між ними (визначається по перпендикуляру до осі конуса).

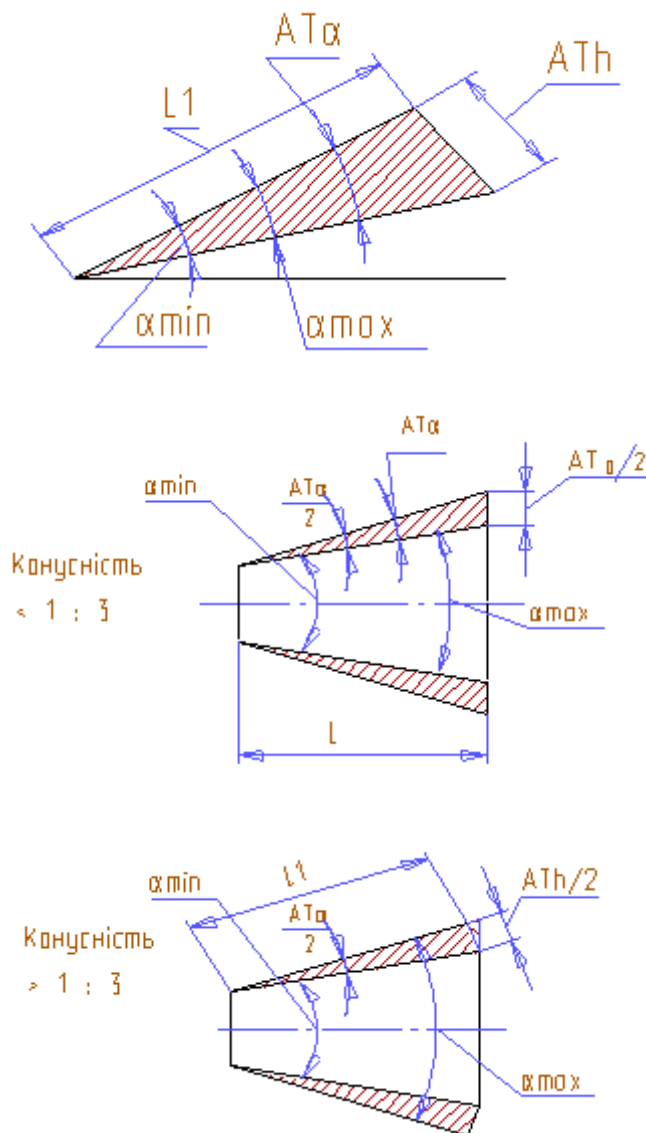
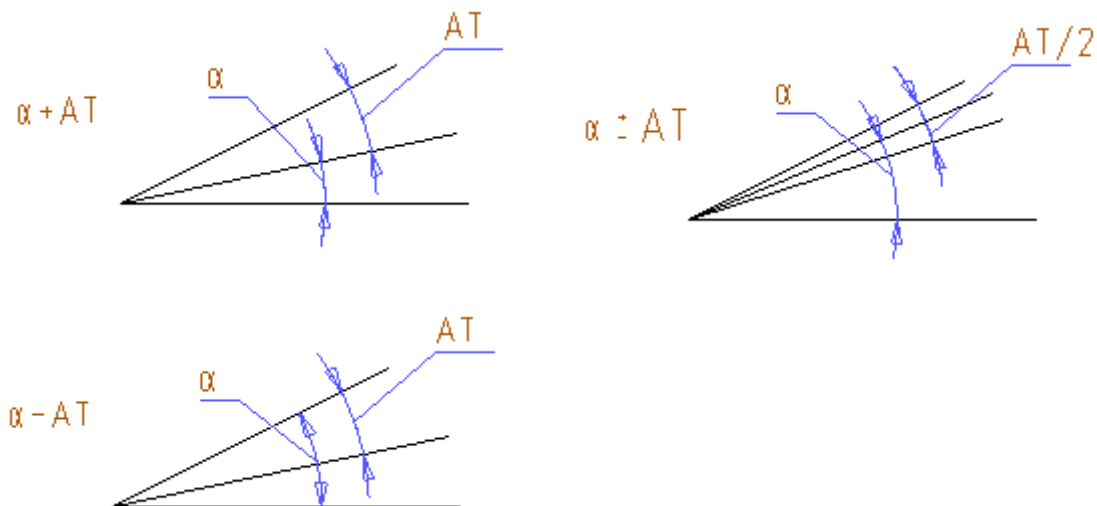


Рисунок 11.1 - Позначення кутів

При позначенні допуску кута заданого ступеню точності до позначення допуску кута додається номер відповідного ступеня точності, наприклад  $AT5$ ,  $AT8$ .

Встановлено 17 ступенів точності допусків кутів: 1,2...17, числові значення яких наведено в стандарті.

Допуски кутів можуть бути розташовані у плюс (+AT), у мінус (-AT) або симетрично ( $\pm \frac{AT}{2}$ ) відносно номінального кута.



**Рисунок 11.2 - Допуски кутів**

Конструктор або технолог сам визначає яким повинен бути допуск і ставить відповідний знак.

Наприклад:  $AT_{\alpha}' = +12'$ , тоді якщо  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\square$   
 $\alpha_{\max} = 30^\circ 12'$ ;  $\alpha_{\min} = 30^\circ$ , або

$AT_{\alpha}' = -12'$ , тоді якщо  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\alpha_{\max} = 30^\circ$ ;  $\alpha_{\min} = 29^\circ 48'$ , або

$AT_{\alpha}' = \pm 6'$ , тоді якщо  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\alpha_{\max} = 30^\circ 6'$ ;  $\alpha_{\min} = 29^\circ 54'$ .

Допуски кутів конусів з конусністю не більш 1 : 3 треба призначати залежно від номінальної довжини конуса  $L$ .

Допуски кутів конусів з конусністю більш 1 : 3 треба призначати залежно від довжини твірної конуса  $L_1$ .

Примітка. При конусності не більше 1:3 довжина конуса  $L$  приблизно дорівнює довжині твірної  $L_1$  (різниця значень не більш 2%).

Для малих конусів  $c \leq 1:3$   $AT_D \approx AT_h$ ;

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \frac{\alpha}{2}};$$

Для великих конусів  $c \geq 1:3$

Значення  $AT_h$  треба визначати по формулі:

$$AT_h = AT_\alpha \times L_1 \times 10^{-3}$$

де  $AT_h$  - в мікрометрах;

$AT_\alpha$  - в мікро радіанах;

$L_1$  - в міліметрах.

Значення  $AT$  приведені у таблиці 11.2 (ГОСТ8908-81).

Наприклад, для кута  $30^\circ AT_{10}$  з  $L = 30$  мм  $AT_\alpha' = 5'$

Таблиця 11.2 - Допуски кутів (ГОСТ 8908-81)

Інтервал довжин	Ступінь точності							
	9				10			
	$AT_\alpha$		$AT_\alpha'$	$AT_h,$ $AT_{D, \text{мкм}}$	$AT_\alpha$		$AT_\alpha'$	$AT_h,$ $AT_{D, \text{мкм}}$
	мкрад	кутові одиниці			мкрад	кутові одиниці		
до 10	2000	6'52"	6'	до 20	3100	10'49"	10'	до 32
10-16	1600	5'30"	5'	16-25	2500	8'35"	8'	25-40
16-25	1250	4'18"	4'	20-32	2000	6'52"	6'	32-50
25-40	1000	3'26"	3'	25-40	1600	5'30"	5'	40-63
40-63	800	2'45"	2'30"	32-50	1250	4'18"	4'	50-80

Значення  $AT_\alpha$  рекомендується при позначенні на кресленнях.

Якщо конусність більше 1:3, то значення  $AT_D$  визначають по формулі:

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

де  $\alpha$  - номінальний кут конуса.

#### 4 Характеристика гладких конічних з'єднань

Конічні поверхні деталей машин приладів і механізмів мають різне призначення. Вони застосовуються в нерухомих пресових з'єднаннях (для передачі великих зусиль; в нерухомих щільних з'єднаннях для забезпечення геометричності; в рухомих центрових з'єднаннях типу підшипників ковзання). Конічну поверхню можуть мати штифти, шпильки, болти та інші деталі.

Перевагою конічних з'єднань є само центрування, герметичність, регульованість. Особливо важливим є регульованість конічних з'єднань. Вона дає можливість:

а - забезпечити потрібну посадку деталей при порівняно низькій точності їх виготовлення;

б - відновлювати порушені при спрацюванні зазори або натяги у з'єднанні між отворами і валом.

Це пояснюється тим, що конічна форма вала і втулки дає змогу в широких межах змінювати зазори або натяги у з'єднанні за рахунок осьового переміщення деталей.

Конусністю називається відношення різниці двох діаметрів конусів до відстані між ними;

$$C = \frac{D_i - d_i}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

На кресленнях конусність позначається через відношення  $1:L$  і знаком трикутника.

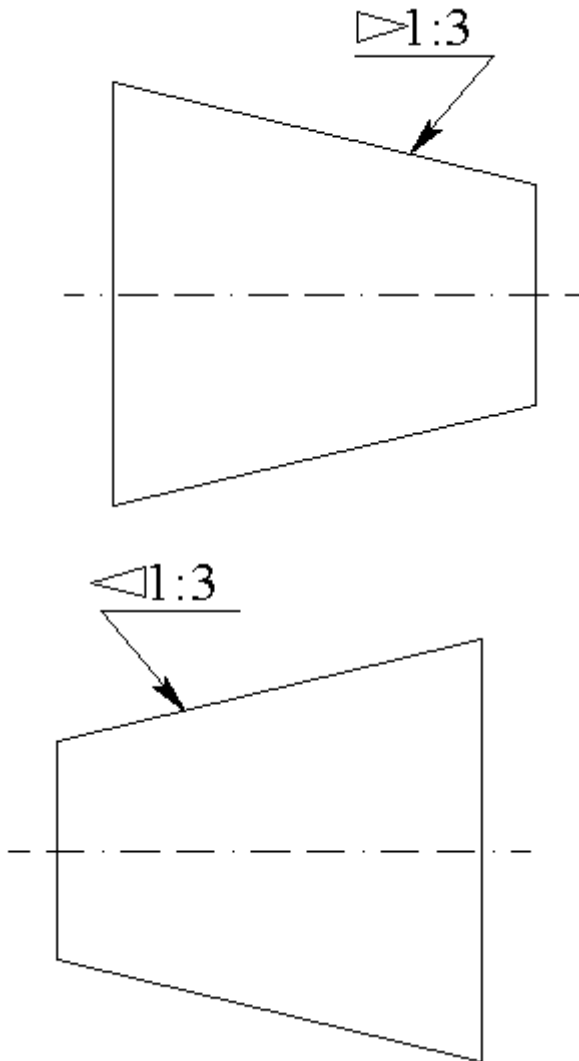


Рисунок 11.3 - Позначення конусів

Наприклад:  $c = 1:L = 1:50$

Це означає, що на довжині конуса  $L = 50$  мм, різниця діаметрів  $D-d$  дорівнює 1 мм.

Похил  $i$ :

$$c/2 = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D_i - d_i}{2L}$$

де  $D$  - діаметр великої основи;

$d$  - діаметр малої основи.

## 5 Система допусків і посадок для конічних з'єднань

### 5.1 Допуски і поля допусків

Встановлено два способи нормування конусів

- перший спосіб - сумісне нормування всіх видів допусків допуском  $T_D$  в будь-якому перерізі;

- другий спосіб - роздільне нормування кожного виду допусків:

$T_{DS}$  - допуск діаметра конуса в заданому перерізі

$AT$  - допуск кута конуса

$T_{FR}$  - допуск круглості

$T_{FL}$  - допуск прямолінійності твірної конуса

Перший спосіб має перевагу.

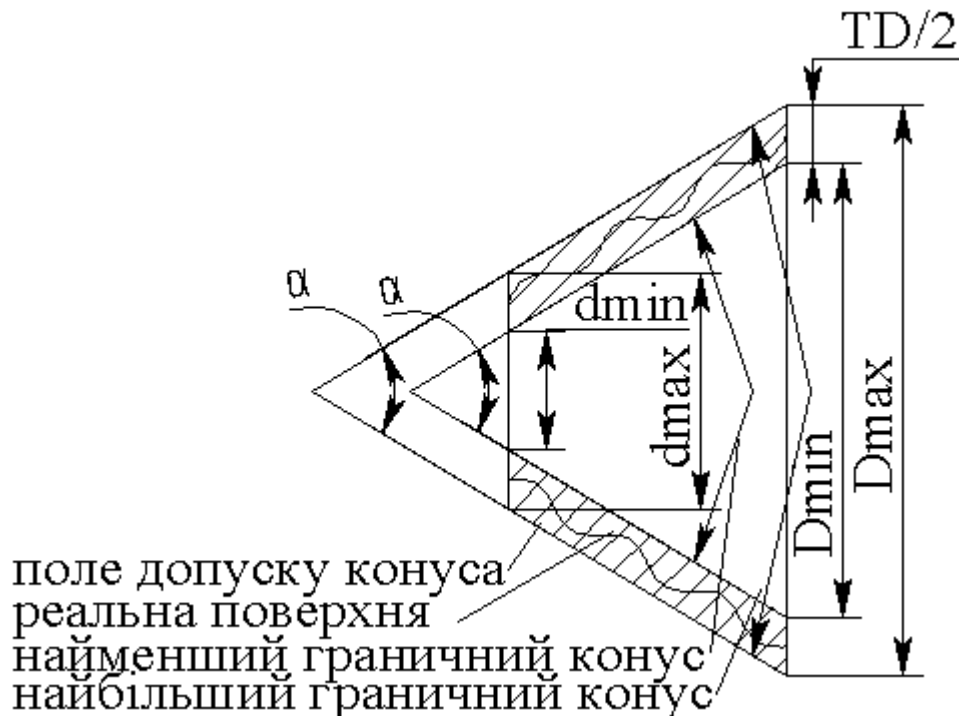


Рисунок 11.4 - Допуски конусів

Для нормальної експлуатації конічних з'єднань треба щоб відхилення дійсних розмірів конуса були в границях заданих допусків.

Допуски  $T_D$ ,  $T_{DS}$  повинні відповідати ГОСТ 25346-89

Допуски  $T_{FR}$ ,  $T_{FL}$  повинні відповідати ГОСТ 24643-81

При вибраному квалітеті допуск  $T_D$  визначається за номінальним розміром великого конуса ГОСТ 25346-89.

### 5.2 Типи посадок

Для конічних з'єднань установлені наступні посадки:

- з зазором ( $H8/d8; H9/e9; H9/f8; H8/g8; H8/h8$ );



- з натягом ( $H8/p8; H8/r8; \dots H8/z8$ );

- і перехідні ( $H7/J_s 7$ );

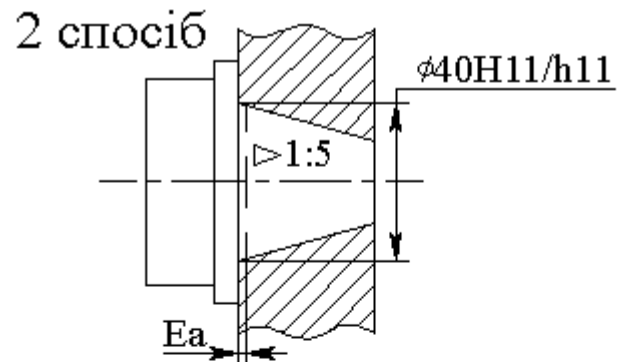
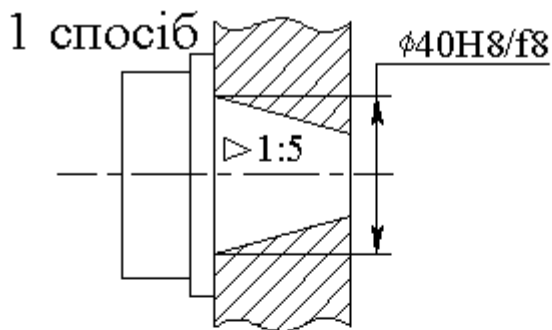
Крім цього, залежно від способу фіксації взаємного осевого положення зовнішнього і внутрішнього конусів існують 4 способи фіксації посадок:

1 спосіб - посадки з фіксацією шляхом поєднання конструктивних елементів конусів, що з'єднуються. При цьому способі фіксації можливе одержання посадок з зазором, перехідних і з натягом;

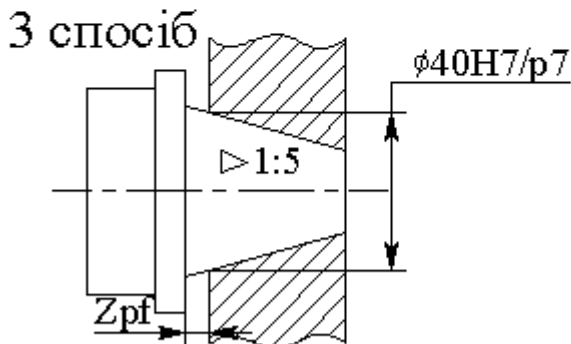
2 спосіб - посадки з фіксацією по заданих осевих зміщеннях  $E_a$ . Одержують посадки з зазором і натягом;

3 спосіб - посадки з фіксацією за заданою осевою відстанню між базовими площинами  $Z_{pf}$ . При цьому способі одержують три види посадок;

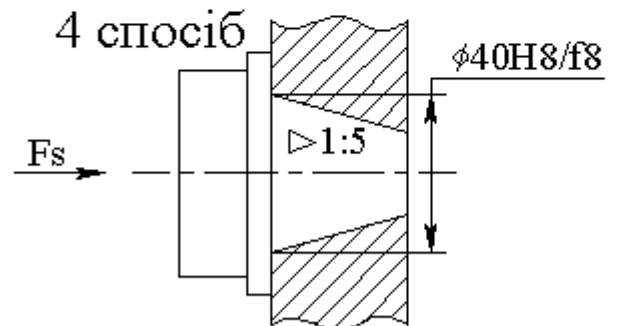
4 спосіб - посадки з фіксацією за заданим зусиллям запресовки  $F_s$ . Одержують посадки з натягом.



суміщення базових площин конусів по заданим осевим зміщенню



по задній осевій відстані між базовими площинами



по заданому зусиллю запресовки

Рисунок 11.5 - Способи фіксації посадок

Система отвору для конічних осадок є переважною.

Для одержання різних посадок ГОСТ 25307-82 установлені основні відхилення:

для зовнішніх конусів  $-d, e, f, g, h, js, k, m, n, p, r, s, t, u, x, z$ ;

для внутрішніх конусів  $-H, Js, N$ .

Ці основні відхилення в сполученні з квалітетами від 4<sup>го</sup> до 12<sup>го</sup> утворюють поля допусків.

У посадках рекомендується застосовувати поля допусків діаметрів зовнішнього і внутрішнього конусів одного квалітету.

## 6 Методи і засоби контролю кутів і конусів

Гладкі конічні деталі контролюють за допомогою калібрів.

Кути контролюють кутомірами, кутовими шаблонами, косинцями та на інструментальному мікроскопі. кутоміри є з ноніусом, універсальні і оптичні

Для точних кутових переміщень при обробці на верстатах застосовують оптичні ділильні головки.

Невеликі кутові похили вимірюють ("уровнями" [рос.]) рівнями.

Для перевірки кутових шаблонів, косинців та ін. засобів вимірювання застосовують синусні лінійки.

## 12 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски та посадки шпонкових з'єднань"

#### 1 Призначення шпонок

Шпонки застосовують для з'єднання втулок, шківів, муфт, рукояток та інших деталей машин з валами, коли центрування з'єднання деталей не вимагає особливої точності.

В машинобудуванні шпонки одержали широке застосування для передачі крутячого моменту в з'єднанні вала зі шківом. Шпонки бувають:

- призматичні;
- клинові;
- сегментні;
- тангенціальні.

Найбільше застосування мають призматичні та сегментні шпонки.

ГОСТ 23360-70 передбачено 3 види призматичних шпонок (рисунок 12.1)

1. з двома округленими кінцями;
2. з двома прямими кінцями;
3. з одним кінцем округленим, а другим прямим.

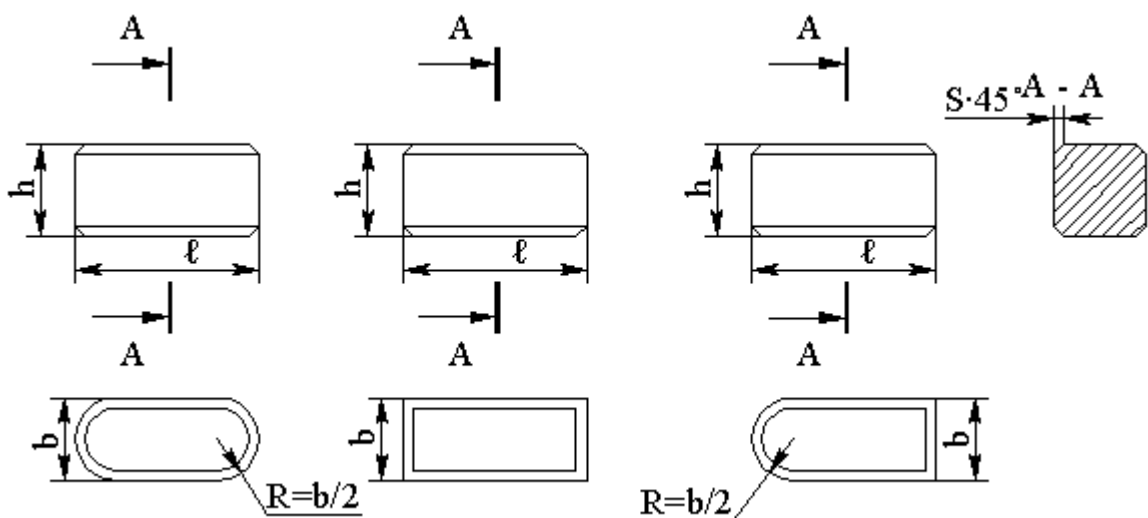


Рисунок 12.1 - Призматичні шпонки різної форми

ГОСТ 24071-80 передбачено два види сегментних шпонок (рисунок 11.2):

- нормальна сегментна форма;
- сегментна форма зменшена по висоті.

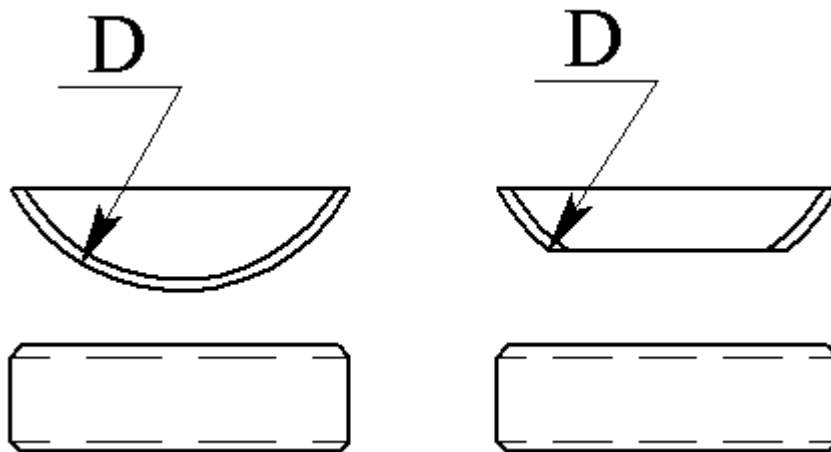


Рисунок 12.2 - Сегментні шпонки

Матеріал для шпонок - сталь чисто тягнута (ГОСТ 8787-68).

## 2 Посадки на призматичні та сегментні шпонки

Для призматичних шпонок (ГОСТ 23360-78) рекомендовані три види шпонкових з'єднань:

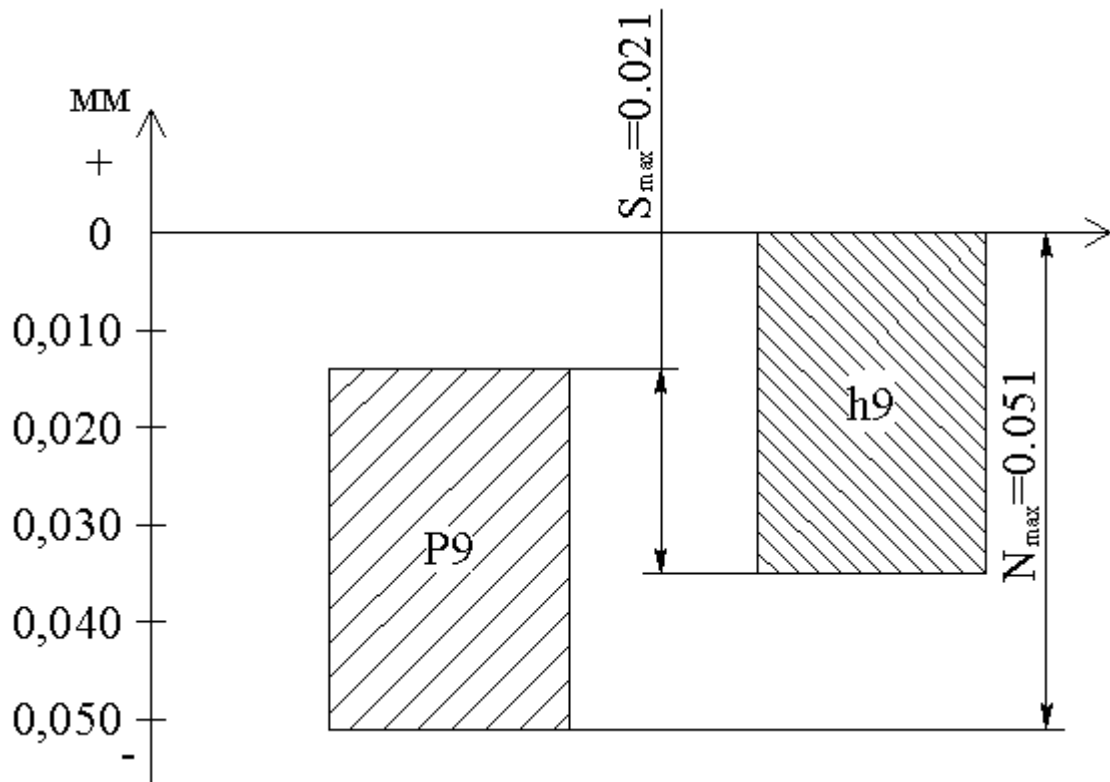
- вільне з'єднання ( $\frac{H9}{h9}$  *паз\_вала* /  $\frac{D10}{h9}$  *паз\_втулки* ;  $\frac{D10}{h9}$  *паз\_втулки* /  $\frac{H9}{h9}$  *ширина\_шпонки* );
- нормальне з'єднання ( $\frac{N9}{h9}$  *паз\_вала* /  $\frac{J_s9}{h9}$  *паз\_втулки* ;  $\frac{D10}{h9}$  *паз\_втулки* /  $\frac{H9}{h9}$  *ширина\_шпонки* );
- щільне з'єднання ( $\frac{P9}{h9}$  *паз\_вала* /  $\frac{P9}{h9}$  *паз\_втулки* ;  $\frac{D10}{h9}$  *паз\_втулки* /  $\frac{H9}{h9}$  *ширина\_шпонки* ).

Стандартом передбачені наступні поля допусків:

- $h9$  - для ширини шпонки;
- $h11$  - для висоти шпонки;
- $h14$  - для довжини шпонки;
- $H15$  - для довжини паза вала.

$$10 \frac{P9}{h9} \begin{pmatrix} -0,015 \\ -0,051 \\ 0 \\ -0,036 \end{pmatrix}$$

Наприклад розглянемо схему полів допусків посадки



$$10 \frac{P9}{h9} \begin{pmatrix} -0,015 \\ -0,051 \\ 0 \\ -0,036 \end{pmatrix}$$

Рисунок 12.3 - Схема полів допусків посадки

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 10 - 9,849 = 0,051_{\text{мм}};$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 9,985 - 9,964 = 0,021_{\text{мм}}.$$

Поле допуску довжини паза вала *H15*.

Посадочними місцями в шпонкових з'єднаннях з призматичною і сегментною шпонками є бічні поверхні шпонки і пазів вала та втулки.

За технічними умовами на складання призматичні шпонки садять з натягом у шпонковий паз вала і з зазором у шпонковий паз втулки.

Зазор між шпонкою і пазом втулки потрібен для компенсації можливих зміщень пазів вала і втулки при складанні.

Умовне позначення шпонки:

Шпонка 18x11x100 ГОСТ 23360-78

Запис означає, що шпонка першого виду (з двома округленими кінцями), (вид 1 не позначається),  $b=18$ ,  $h=11$ ,  $\ell=100$  мм.

Запис - Шпонка 2-18x11x100 ГОСТ 23360-78 означає, що шпонка 2<sup>го</sup> виду (з двома прямими кінцями),  $b=18$ ,  $h=11$ ,  $\ell=100$ .

Шорсткість шпонкового паза рекомендується приймати  $Ra=6,3$  мкм.

Сегментні шпонки (ГОСТ 24071-80) мають два види з'єднання:

- нормальне і щільне.

Для нормальної посадки приймають поля допуску ширини шпонкового паза вала  $N9$  і втулки  $Js9$ .

Для щільної посадки - вал і втулка  $P9$ .

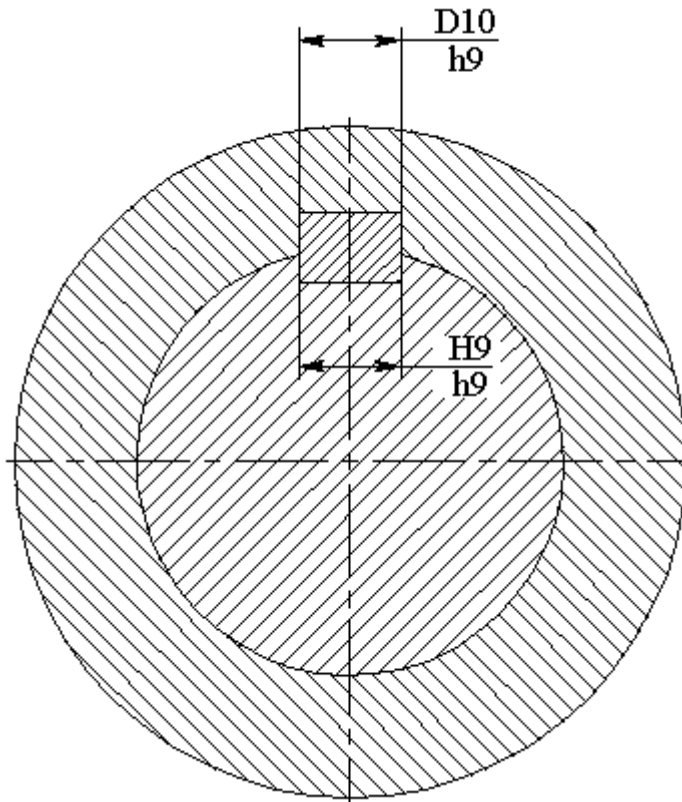


Рисунок 12.4 - Позначення посадок на вільне з'єднання шпонки з валом та втулкою

### 3 Контроль шпонкових з'єднань

Для забезпечення взаємозамінності в серійному і масовому виробництві елементи шпонкових з'єднань контролюють комплексними і по елементними калібрами.

Комплексний калібр-пробка застосовують для контролю валів з шпонковим пазом.

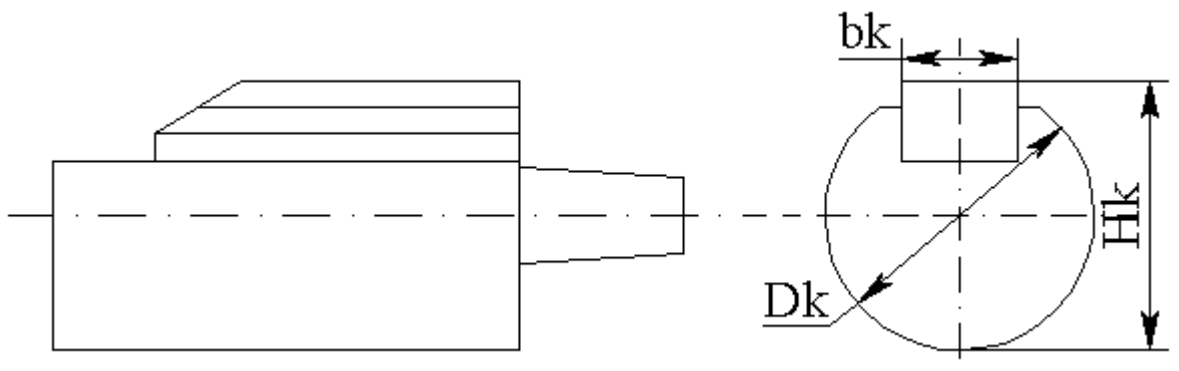


Рисунок 12.5 - Комплексний калібр-пробка

Комплексний калібр-призма застосовують для контролю валів з шпонковим пазом.

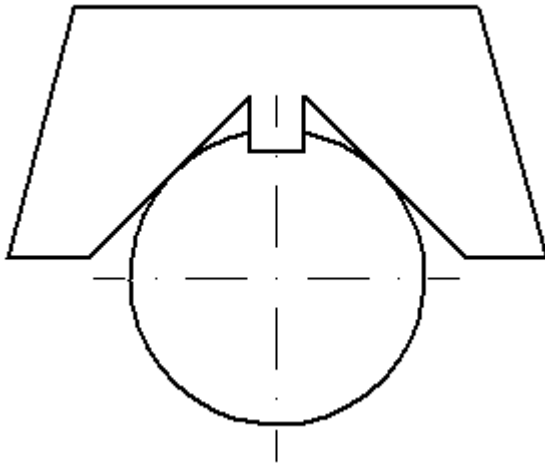


Рисунок 12.6 - Комплексний калібр-призма

По елементні калібри:

- калібр-пробка *HE* для отвору *D*;
- пазовий калібр *PP* і *HE* для ширини паза *b*;
- калібр-глибиномір *PP* і *HE* для контролю глибини паза.

## 13 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски та посадки шліцьових з'єднань"

#### 1 Характеристика і посадка шліцьових з'єднань

Шпонкові пази на валах і втулках послаблюють їх перерізи, вони є концентраторами напружень.

В результаті перекосів і зміщення пазів, а також контактних деформацій від радіальних сил в шпонкових з'єднаннях можливий перекоп втулки на валу.

Ці недоліки шпонкових з'єднань обмежують область їх застосування і обумовлюють заміну їх шліцьовими з'єднаннями, які передають великі крутячі моменти, мають великий опір втомлюваності і високу точність центрування і направлення.

Шліцьове з'єднання є багато шпонковими з'єднаннями, в яких шпонки виготовлено не у вигляді окремих деталей, а разом з валом.

Залежно від профілю зуб'ів є три види шліцьових з'єднань:

- прямобічні (або прямокутні),
- евольвентні,
- трикутні.

Евольвентні і прямобічні з'єднання є переважними.

Шліцьові з'єднання з евольвентним профілем зуб'ів мають істотні переваги в порівнянні з прямобічними: вони можуть передавати великі крутячі моменти, мають на 10 ... 40% меншу концентрацію напружень біля основи зуб'ів, підвищену циклічну довговічність, забезпечує краще центрування і направлення деталей, простіше для виготовлення.

Шліцьові з'єднання з трикутним профілем не стандартизовані; їх застосовують частіше замість посадок з натягом, а також при тонкостінних втулках для передачі невеликих крутячих моментів.

#### 2 Допуски і посадки шліцьових з'єднань з прямобічним профілем зуб'ів

Поля допусків валів і втулок повинні відповідати наведеним у ГОСТ 1139-80. У системі допусків і посадок для прямобічних шліцьових з'єднань передбачено 20 полів допусків валів (з них 7 переважних) і вісім полів допусків отвору (з них 3 переважних).

$h7, h8, h9, g5, g6, J_s 5, J_s 6, J_s 7$  та інші  $T_d$

$D9, D10, F8, F10, H6, H7, H8, J_{s10}$   $T_D$ .

Посадки за тим чи іншим елементом шліцьових з'єднань встановлюються в системі отвору з використанням посадок для гладких циліндричних з'єднань (в ЕСДП).



ГОСТ 1139-80 встановлено три способи центрування шліцьових з'єднань (рисунок 13.1):

- центрування за внутрішнім діаметром  $d$ ;
- центрування за зовнішнім діаметром  $D$ ;
- центрування за боками зуб'їв  $b$ , а також три серії з'єднань:
  - легка;
  - середня;
  - важка.

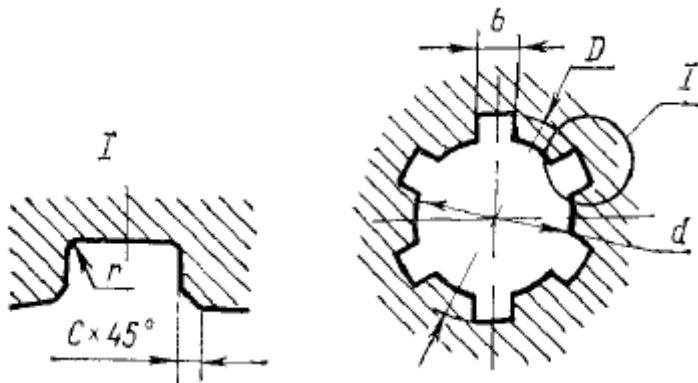


Рисунок 13.1 - Розміри для центрування

Серії з'єднань відрізняються висотою зуб'їв і їх кількістю:

- легка серія (6,8,10 зуб'їв) застосовується для нерухомих з'єднань;
- середня серія (6,8,10 зуб'їв) застосовується для помірно навантажених з'єднань;
- важка серія (10,16,20 зуб'їв) застосовується для найбільш тяжких умов роботи.

При виборі способу центрування шліцьових з'єднань враховують характер і умови роботи вузла, а також технологію обробки шліцьових з'єднань деталей.

Центрування за внутрішнім діаметром  $d$  доцільно, коли втулка має високу твердість (вище 35-37 HRC) і її неможливо обробити чистовою протяжкою. Цей спосіб забезпечує точне центрування і застосовується для рухомих з'єднань в тракторах, автомобілях і металорізальних верстатах.

Центрування за зовнішнім діаметром  $D$  є найбільш простим і економічним, тому що точні посадкові поверхні досягають протягуванням втулки і шліфуванням вала. Цей спосіб застосовують в основному для нерухомих з'єднань при середніх навантаженнях в тракторах і автомобілях. Застосовують також і для рухомих з'єднань.

Центрування за боками зуб'їв  $b$  застосовують при знакозмінному навантаженні, коли потрібні максимальні зазори по ширині зуб'їв, наприклад, у карданній передачі автомобілів. Дозволяється таке центрування тільки для з'єднань з числом зуб'їв 10 і зовнішнім діаметром від 25 до 90 мм. Застосовується рідко.

Основними факторами, що впливають на взаємозамінність шліцьових з'єднань є:

- правильність виготовлення зуб'ів вала і западин втулки по ширині;
- паралельність боків зуб'ів вала і западин втулки між собою та осі деталі;
- рівномірність розміщення зуб'ів по колу вала або втулки;
- співвісність центруючих поверхонь вала і втулки.

Якісна робота шліцьових з'єднань залежить не тільки від правильності виготовлення елементів шліців, але й від ступеня спрацьованості цих елементів у процесі експлуатації.

При центруванні за внутрішнім і зовнішніми діаметрами поле допуску втулки, як правило, більше допуску вала на один квалітет. При центруванні з'єднання по боках зуб'ів в окремих випадках допуски отвору і вала різняться на 2-3

квалітети (IT), наприклад  $D9/js7$  ;  $F10/k7$ .

Приклади умовного позначення шліцьового з'єднання при числі зуб'ів  $z=8$ , внутрішнім діаметрі  $d=36$  мм, зовнішнім діаметрі  $D=40$  мм, ширині зуба  $b=7$  мм з центруванням по внутрішньому діаметру  $d$  , з посадкою по діаметру центрування  $H8/e8$  і за розміром  $b$   $D9/e9$  (з'єднання рухоме).

$d-8 \times 36 \ H8/e8 \times 40 \ H12/a11 \times 7 \ D9/e9$

те саме при центруванні по зовнішньому діаметру з посадкою по діаметру центрування  $H7/h7$  і за розміром  $b$  -  $F8/h7$ .

$D-8 \times 36 \times 40 \ H7/h7 \times 7 \ F8/h7$

те саме при центруванні по боках зуб'ів  $b$ :

$b-8 \times 36 \times 40 \ H12/a11 \times 7 \ D9/e9$

Посадки для розмірів  $d$  та  $b$  при центруванні по  $d$

Для розміру  $d$

$H7/f7^*$ ,  $H7/g6^*$ ,  $H7/h7$ ,  $H7/js6$ ,  $H7/js7$ ,  $H8/n6$ ,  $H8/e8$

Для розміру  $b$

$F8/f7$ ,  $F8/f8$ ,  $F8/h7$ ,  $F8/js7$ ,  $D9/e8$ ,  $D9/f8$ ,  $D9/h9^*$ ,  $D9/k7$ ,  $F10/js7$

Посадки для розмірів  $D$  та  $b$  при центруванні по  $D$

Для розміру  $D$

$H7/f7^*$ ,  $H7/g6$ ,  $H7/h7$ ,  $H7/js6^*$ ,  $H7/n6$ ,  $H8/e8$

Для розміру  $b$

$F8/e8$ ,  $F8/f7^*$ ,  $F8/f8$ ,  $F8/h8$ ,  $F8/js7^*$ ,  $D9/e8$ ,  $D9/f7$ ,  $D9/h9$ ,  $D9/js9$

Посадки для розмірів  $b$  при центруванні по  $b$

Для розміру  $b$

$F8/js7$ ,  $F8/f8$ ,  $F8/h9$ ,  $D9/e8^*$ ,  $D9/f8^*$ ,  $F10/d9^*$ ,  $F10/f8^*$ ,  $F10/k7$

### 3 Допуски і посадки шліцьових з'єднань з евольвентним профілем зуб'ів

Розміри, допуски, посадки і вимірювальні величини шліцьових евольвентних з'єднань з ухилом профілю 30 градусів встановлено ГОСТ 6033-80.

Для шліцьових евольвентних з'єднань створена принципово нова система у межах міжнародних норм взаємозамінності. Для центрування за бічними поверхнями зубців ця система розроблена на базі різних за точністю градацій і основних відхилень, причому використані ступені точності з 7 по 11 для товщини зуба вала, 7,9,11 - для ширини западин втулки.

Шліцьові з'єднання з евольвентним профілем зуб'ів мають істотні переваги в порівнянні з прямобічними та іншими з'єднаннями:

- вони простіші для виготовлення, тобто технологічні (для їх виготовлення можна обійтися тільки фрезеруванням без послідувочого шліфування; крім того можливе застосування всіх точних методів обробки зуб'ів);
- вони мають високу твердість і можуть передавати великі крутячі моменти;
- вони мають від 10 до 40 % менше концентрацію напружень біля основи зуб'ів;
- вони мають високу точність і забезпечують краще центрування і самоцентруються під навантаженням.

Основні відхилення товщини зуба вала забезпечують посадки, які характеризуються широкими межами зміни зазорів і відносно помірними натягами, а деякі основні відхилення ( $h$ ,  $k$ ) призначені для утворення перехідних посадок. Для ширини западин втулки встановлено лише одне основне відхилення  $H$  з одностороннім позитивним розміщенням поля допуску, утвореного на базі цього відхилення.

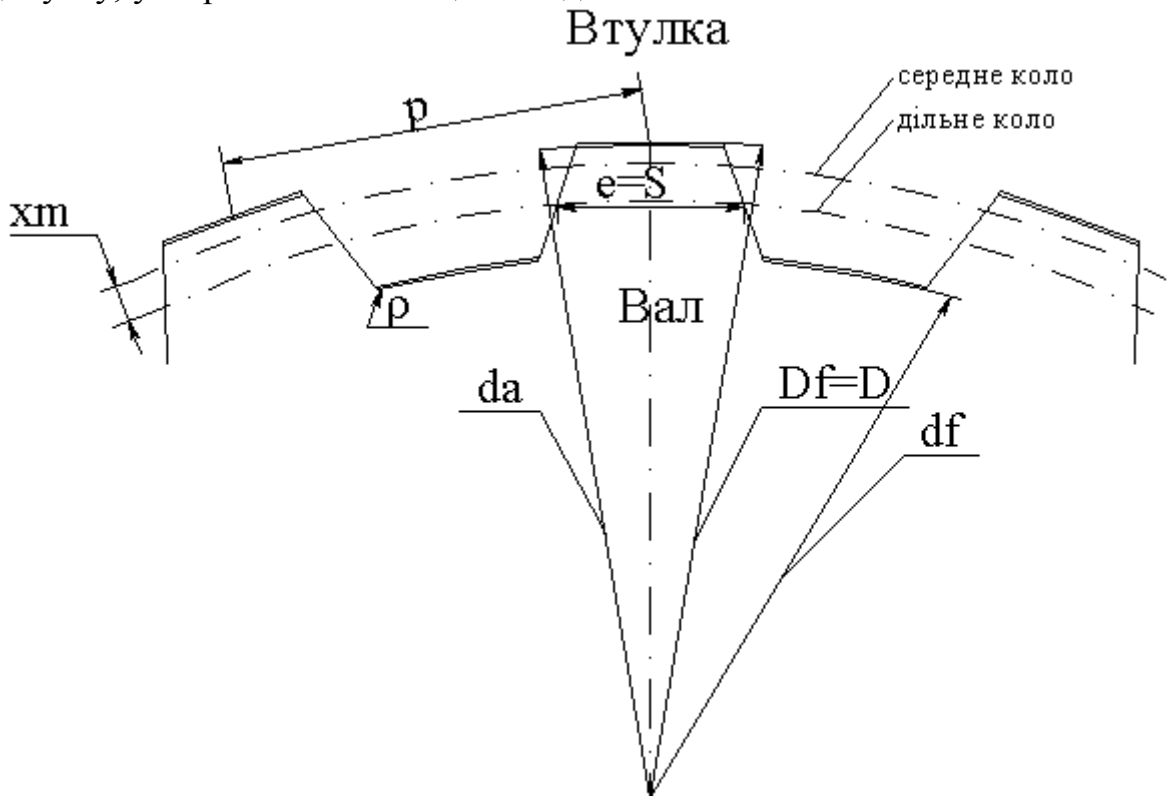


Рисунок 13.2 - Центрування за бічними поверхнями зубців

Допуски і посадки евольвентних з'єднань встановлено за трьома видами центрування, однак перевага віддається центруванню втулки відносно валу за бічними поверхнями зубців та за зовнішнім діаметром.

В евольвентних з'єднаннях прийнято слідуєчі позначення:

$e$  - ширина западини втулки;

$S$  - товщина зуба вала;

$Te$  - допуск ширини зуба вала;

$TS$  - допуск товщини зуба вала;

$T$  - сумарний допуск, що включає в себе відхилення форми і розміщення елементів профілю западини зуба;

$D_f$  - діаметр кола западин втулки;

$d_a$  - діаметр кола (виступів) вершин зубів вала;

$d_f$  - діаметр кола западин вала.

При центруванні за бічними поверхнями зубів прийнято два види допусків  $Te$  ( $TS$ ) і  $T$ .

Для ширини западини  $e$  встановлено одне основне відхилення  $H$  і три ступені точності 7,9 і 11.

Для товщини  $S$  зуба вала встановлено десять основних відхилень:  $a, c, d, f, g, h, k, n, p, r$  і п'ять ступенів точності 7-11 (рисунок 13.3).

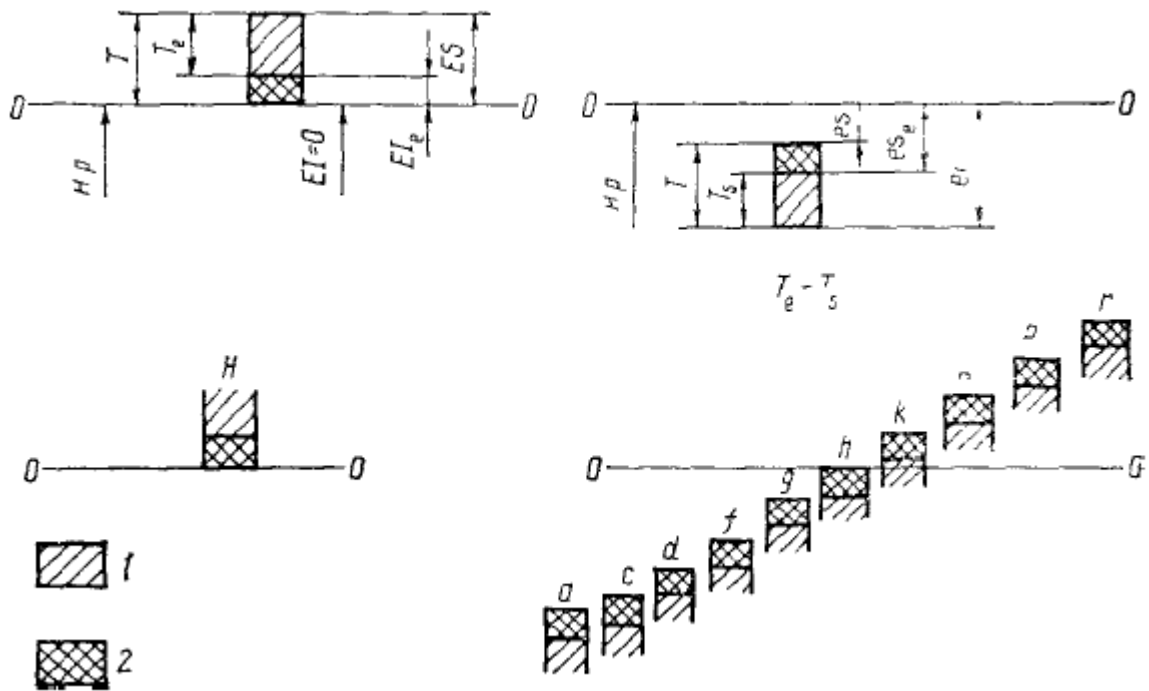


Рисунок 13.3 - Поля допусків з'єднання шліцевого евольвентного



- поле допуску ширини западин;



- поле допуску для відхилення форми і розміщення.

Посадки за бічними поверхнями зуб'ів передбачені тільки в системі отвору.

При центруванні за зовнішнім діаметром встановлено допуски:

для  $D_f - H$ ;

для  $d_a - n6, j_s 6, h6, g6$ .

Числові значення відхилень за ГОСТ 25346-89. При цьому центруванні поля допусків ширини западин втулки -  $9H$  або  $11H$ , а товщина зуба вала  $S - 9h, 9g, 9d, 11c, 11a$ .

#### 4 Умовні позначення шліцевих з'єднань з евольвентним профілем зуб'ів

Умовні позначення шліцевих евольвентних з'єднань, валів і втулок містять: номінальний діаметр з'єднання  $D$ , модуль  $m$ , позначення посадки з'єднання (поля допусків втулки і вала), які розміщені після розмірів центруючих елементів, та номер стандарту. Різниця в позначенні полів

допусків прямобічний і евольвентних з'єднань зводиться до порядку написання букви основного відхилення і цифри з номером ступені точності. При позначенні прямобічних шліцьових з'єднань на першому місці стоять букви , а на другому - цифри (наприклад  $h7, F8$ ), у евольвентних, навпаки - спочатку цифра, а потім буква (наприклад,  $7H, 8k$ ).

Приклад позначення евольвентних з'єднань:

1.  $D=50$  мм,  $m=2$  мм з центруванням за бічними сторонами зуб'їв:

$50 \times 2 \times 9H/g$  ГОСТ 6033-80

допуск ширини западини втулки  $9H$

допуск товщини зуба вала  $9g$

2.  $D=50$  мм,  $m=2$  мм з центруванням по центрування по  $D$  з посадкою по діаметру центрування  $H7/g6$ :

$50 \times H7/g6 \times 2$  ГОСТ 6033-80

3.  $D=50$  мм,  $m=2$  мм з центруванням по  $d$  з посадкою по діаметру центрування  $H7/g6$ :

$150 \times 2 \times H7/g6$  ГОСТ 6033-80

## 5 Контроль шліцьових з'єднань комплексними калібрами

Для забезпечення складання шліцьових валів і втулок необхідно, щоб їх параметри, відхилення форми і розташування поверхні знаходилися в заданих межах.

Вали і втулки шліцьових прямобічних з'єднань за ГОСТ 1139-80 контролюють за допомогою комплексних калібрів.

Види і основні розміри калібрів встановлено ГОСТ 24960-81, ГОСТ 24961-ГОСТ24968-81.

Стандартами встановлено два види калібрів: калібр-пробка шліцьова прямобічна у трьох варіантах:

1) застосовується при центруванні по  $d$ ,  $D$ , або  $b$  і довжині контрольованого отвору не більше  $2L$  пробки;

2) при центруванні по  $d$  і довжині контрольованого отвору не менше  $1,5L$ ;

3) при центруванні по  $D$  або  $b$ .

Основними факторами, що впливають на взаємозамінність шліцьових з'єднань, є: правильність виготовлення зуб'їв вала і западин втулки по ширині; паралельність боків вала і втулки між собою та осі деталі; рівномірність розміщення зуб'їв по колу вала або втулки; співвісність центруючих поверхонь вала і втулки.

## 14,15 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Різьбові з'єднання"

#### 1 Класифікація різьб і вимоги до різьбових з'єднань

Різьбові з'єднання широко застосовуються в машино і приладобудуванні. Приблизно 60 % усіх деталей мають різьбу. Різьбова поверхня утворюється при гвинтовому переміщенні плоского контуру по циліндричній або конічній поверхні. Всі різьби класифікуються по кількох ознаках:

- по призначенню, різьби діляться на загальні і спеціальні (до різьб загального призначення відносяться різьби кріпильні і трубні; до спеціальних різьб відносяться різьби, що застосовуються тільки в певних виробках (різьба для цоколів електроламп, різьба для протигазів, різьба для окулярів та оптики);
  - по профілю витків різьби діляться на трикутні, трапецеїдальні, упорні, пилоподібні, прямокутні, круглі;
  - по числу заходів (на однозахідні і багатозахідні);
  - по напрямку обертання контуру осьового перерізу (на праві і ліві);
  - по одиниці вимірювання лінійних розмірів (на метричні і дюймові).
- Загальними для всіх різьб є вимоги довговічності та згвинчуємості.

#### 2. Основні елементи і параметри різьб ДСТУ2497-94

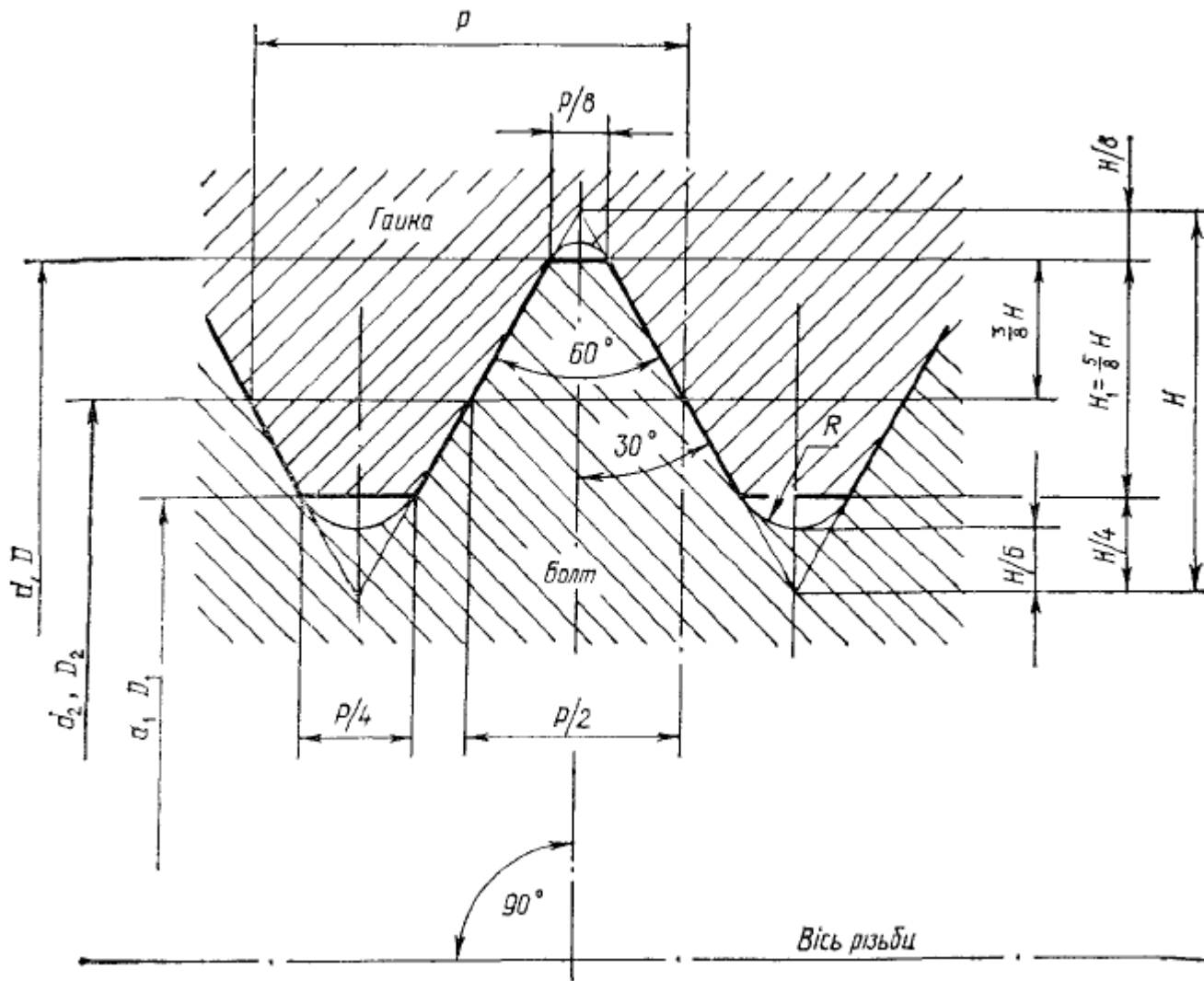


Рисунок 14.1 - Основний профіль різьби

$d$  і  $D$  - зовнішній діаметр різьби болта і гайки;

$d_1$  і  $D_1$  - внутрішній діаметр різьби;

$d_2$  і  $D_2$  - середній діаметр різьби;

$P$  - крок різьби;

$\alpha$  - кут профілю різьби;

$\beta, \gamma$  - кути нахилу бічної поверхні різьби з несиметричним профілем;

$$\beta + \gamma = \alpha \quad \beta \neq \gamma \neq \frac{\alpha}{2}$$

Літерою  $\gamma$  позначають менший кут.



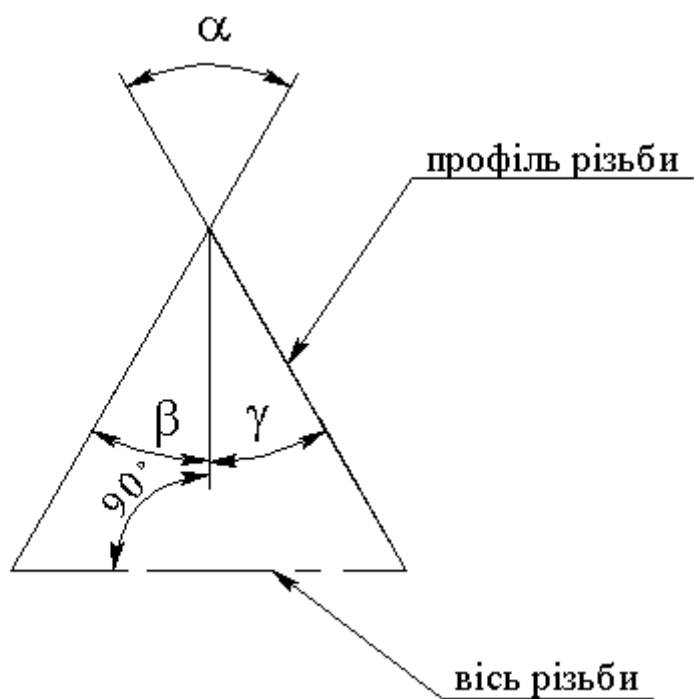


Рисунок 14.2 - Кути нахилу різьби

$H$  - висота вихідного трикутника різьби;

$H_1$  - робоча висота профілю різьби ( $H_1=0.541266 \cdot P$ );

$R$  - номінальний радіус закруглення впадини внутрішній різьби;

$\psi$  - кут підйому різьби;

Розгортка поверхні А

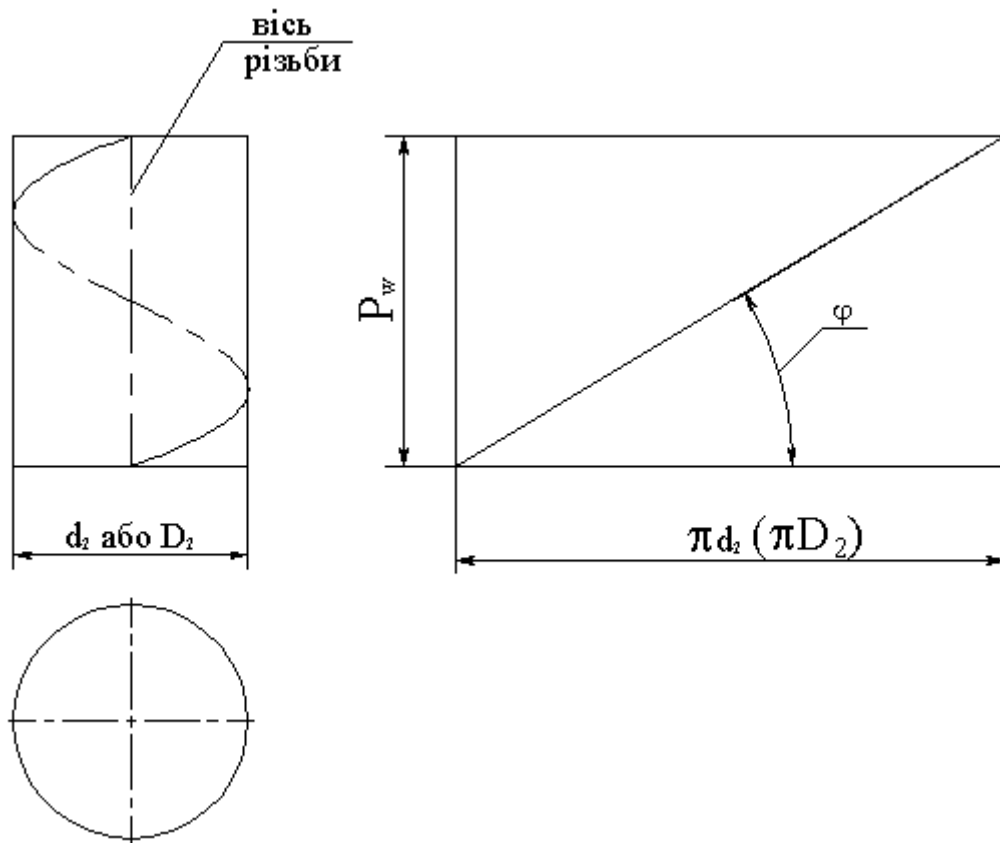


Рисунок 14.3 - Кут підйому різьби

$\ell$  - довжина згвинчування (це довжина ділянки взаємного перекриття зовнішньої та внутрішньої різьб);

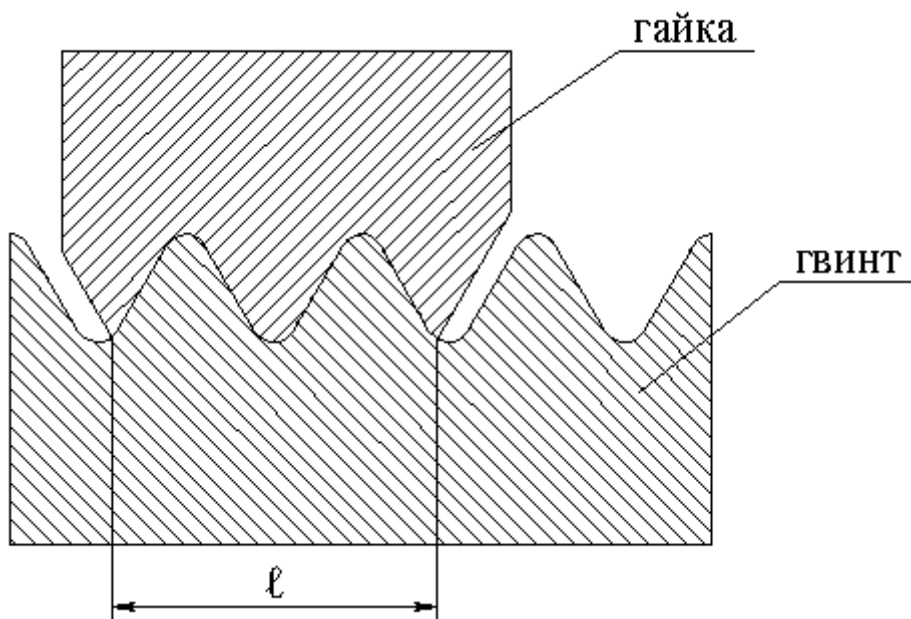


Рисунок 14.4 - Довжина згвинчування

$P_h$  - хід різьби (для багатоходових різьб, це відстань по лінії, паралельній до осі різьби, між будь-якою вихідною середньою точкою на бічній поверхні різьби та середньою точкою, що отримана внаслідок переміщення вихідної середньої точки по гвинтовій лінії різьби на кут  $360^\circ$ );

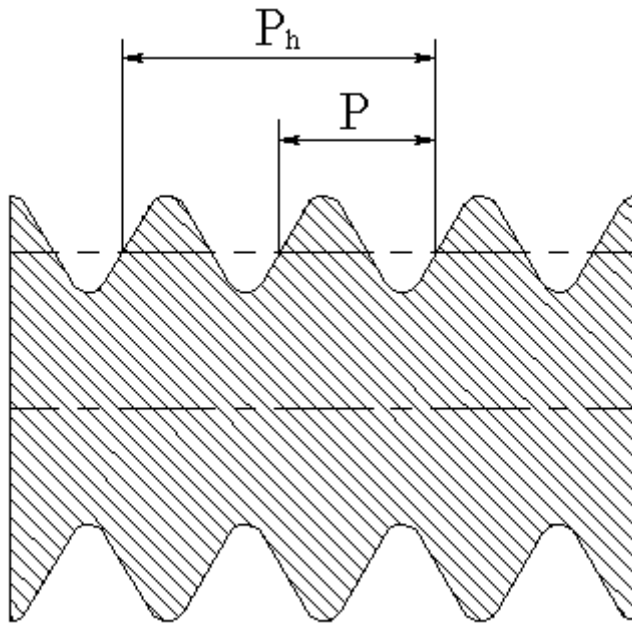


Рисунок 14.5 - Хід різьби

$W$  - номінальний діаметр різьби (приймають номінальний зовнішній діаметр зовнішньої різьби).

### 3 Метрична різьба

#### 3.1 Ступінь точності різьби

Установлено наступні ступені точності - ГОСТ 16093-81:

- для діаметра болта:
 

зовнішнього	4,6,8
середнього	3,4,5,6,7,8,9,10*
- для діаметра гайки:
 

внутрішнього	4,5,6 7,8
середнього	4,5,6,7,8,9*

\* Ступінь точності різьб на деталях з пластмас.

#### 3.2 Довжини згвинчування

Установлено три групи довжин згвинчування:

- група  $S$  - коротка,
- група  $N$  - нормальна,
- група  $L$  - довга.

До нормальної групи відносяться довжини згвинчування  ${}_{\ell}N$   
 ${}_{min}=2,24 \cdot P \cdot d^{0.2}$  до  ${}_{\ell}N_{max} = 6,7 \cdot P \cdot d^{0.2}$  де  $d$  і  $P$  в мм.

До групи  $S$  відносяться довжини згвинчування менші за нормальні.

До групи  $L$  відносяться довжини згвинчування більші, ніж нормальні.

### 3.3 Класи точності різьби

Всі поля допусків діляться на 3 класи точності:

- точний (4,5 ступінь точності);
- середній (5,6,7);
- грубий (7,8,9).

Поняття про класи точності умовне, його використовують для порівняння оцінки точності різьби.

Точний клас рекомендується для відповідальних, статично - навантажених різьбових з'єднань.

Середній клас - для різьб загального застосування.

Грубий клас-для різьб одержуваних на гарячекатаних заготовках, в довгих глухих отворах.

Ступінь точності поля допуску залежить від довжини згвинчування; наприклад, для короткої довжини згвинчування слід брати ступінь точності 5, для нормальної - 6, для довгої - 7.

### 3.4 Западини різьби

Форма западини різьби гайки і болта не регламентуються.

Однак закруглена форма западин по зрівнянню з плоско зрізаною має перевагу в зв'язку з тим, що вона значно зменшує концентрацію напружень. Болти з закругленою западиною мають найбільш циклічну міцність.

### 3.5 Профіль і крок різьби

В основу профілю метричної різьби покладено трикутник, кут якого дорівнює  $60^\circ$ .

Номинальний профіль різьби і розміри його елементів встановлені ГОСТ 9150-81.

Метрична різьба застосовується головним чином як кріпильна для різьбових з'єднань. Це пояснюється тим, що по зрівнянню з іншими різьбами метричні різьби мають найбільш високий коефіцієнт тертя.

Метрична різьба загального призначення має нормовані діаметри в діапазоні від 0,25 до 600 мм і кроки від 0,075 до 6 мм., що обумовлено ГОСТ 8724-81.

Різьба з дрібним кроком більш надійна проти само згвинчування.

- Умовно кроки різьби поділяються на крупні і дрібні. Дрібні для діаметрів 1-600. Дрібні кроки мають розміри до 2,5 мм. Крупні кроки від 2,5 до 6 мм, їх застосовують на зовнішніх діаметрах різьб від 1,0 до 68 мм.

Таблиця 14.1 – Діаметри і крупні кроки різьби ГОСТ 8724-81

<i>Зовнішній діаметр різьби, d</i>	<i>Крок різьби, P</i>	<i>Зовнішній діаметр різьби, d</i>	<i>Крок різьби, P</i>	<i>Зовнішній діаметр різьби, d</i>	<i>Крок різьби, P</i>
10	1,5	24(27)	3,0	48	5,0
12	1,75	30(33)	3,5	56	5,5
16(14)	2,0	36(39)	4,0	64	6,0
20(18,22)	2,5	42(45)	4,5	-	-

Номінальні значення зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів різьби повинні відповідати наведеним у ГОСТ 24705-81, ГОСТ24706-81, ГОСТ9150-81.

Таблиця 14.2 – Розміри середнього і внутрішнього діаметрів метричної різьби

<i>Крок різьби, P</i>	<i>Середній діаметр d<sub>2</sub>, D<sub>2</sub></i>	<i>Внутрішній діаметр d<sub>1</sub>, D<sub>1</sub></i>	<i>Крок різьби, P</i>	<i>d<sub>2</sub>, D<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>1</sub>, D<sub>1</sub></i>
1,5	$d-1+0,026$	$d-2+0,376$	3	$d-2+0,051$	$d-4+0,752$
1,75	$d-2+0,863$	$d-3+0,106$	3,5	$d-3+0,727$	$d-4+0,211$
2,0	$d-2+0,701$	$d-3+0,835$	4	$d-3+0,402$	$d-5+0,670$
2,5	$d-2+0,376$	$d-3+0,294$	4,5	$d-3+0,077$	$d-5+0,129$

### 3.6 Допуски метричної різьби

Для метричної різьби задаються допуски на такі елементи:

- середній діаметр болта –  $Td_2$ ;
- зовнішній діаметр болта –  $Td$ ;
- внутрішній діаметр гайки –  $TD_1$ ;
- середній діаметр гайки -  $TD_2$ .

Допуски на зовнішній діаметр гайки і на внутрішній діаметр болта не нормуються, а обмежуються розмірами різьбового інструмента.

Для метричної різьби не нормуються вимоги до точності кроку і кута профілю різьби, бо ці параметри зв'язані з середнім діаметром різьби. Допуск

на середній діаметр є сумарним, тобто включає в себе допустимі компенсації похибок не тільки на середній діаметр, а й на кут профілю та крок різьби.

Середній діаметр з сумарним допуском називають також приведеним середнім діаметром різьби.

Взаємозамінність різьбових деталей полягає в тому, що болт даного розміру повинен згвинчуватися з першою ліпшою гайкою того самого номінального розміру по всій довжині згвинчування.

Оскільки різьба спрямується по боках профілю, на згвинчуваність болта і гайки впливає не тільки середній діаметр, але й половина кута профілю та крок різьби.

Отже умовою взаємозамінності є певна точність додержання  $d_2$ ,  $d/2$  і  $P$  різьби.

Практично неможливо абсолютно точно додержати значення цих елементів. Тому в різьбі болта і гайки виникають похибки в половині кута ( $\Delta(\alpha/2)$ ), в кроці різьби ( $\Delta P$ ) і у власне середньому діаметрі ( $d_2$ ).

Похибки половини кута профілю залежать від правильності профілю інструмента і ступеня його викривлення внаслідок спрацювання.

Похибка кроку різьби визначається точністю ходового гвинта і правильністю визначення передаточного числа шестерень від ходового гвинта до шпинделя верстата.

Для забезпечення згвинчуваності гайки і болта при наявності цих похибок треба відповідно змінити середній діаметр болта або гайки, а саме: зменшити середній діаметр болта або збільшити середній діаметр гайки. В результаті цього по середньому діаметру між гайкою і болтом утворюється додатковий зазор, що компенсує нерівність кроків і кутів профілю деталей, що спрямуються.

Цей зазор забезпечує можливість профілю болта входити в профіль западин гайки.

Значення, на яке треба зменшити середній діаметр болта або збільшити діаметр гайки для компенсації похибок кроку і кута профілю, називається діаметральною компенсацією відхилень кроку і кута профілю, яку для метричної різьби обчислюють за формулами, (довідник В.Д. Мягков та ін. табл. 4.20, ст. 133)

- компенсація відхилень кроку

$$f_p = 1,732 \cdot \Delta p, \text{ мкм};$$

де  $\Delta p$  - похибка кроку по довжині згвинчування, мкм;

Компенсація відхилень половини кута профілю

$$f_\alpha = 0,36 \cdot P \cdot \Delta(\alpha/2), \text{ мкм};$$

де  $P$  - крок, мм;

$\Delta(\alpha/2)$  - похибка половини кута профілю, хв.

Систему допусків для посадок з зазором метричної різьби встановлено ГОСТ16093-81.

Встановлено такі основні відхилення

- для зовнішньої різьби (для болтів) -  $h, g, f, e, d$ ;
- для внутрішньої різьби (для гайок) -  $H, G, F, E$ .

Числові значення відхилень є в ГОСТ і в довіднику Мягков В.Д., том 2<sup>ий</sup>, ст. 153.

Основним з ряду допусків для всіх діаметрів різьби є 6<sup>й</sup> ступінь точності. Він рекомендується для різьби середньої точності при нормальній довжині згвинчування.

### 3.7 Умовні позначення полів допусків різьби

Умовні позначення поля допуску діаметра різьби складаються із цифри, яка визначає ступінь точності, і букви, що визначає основне відхилення, наприклад  $4h, 6d, 6H, 6G$ .

При позначенні різьби болта двома полями допусків  $-7g6g$  – на першому місці позначення середнього діаметру  $d_2$ , а на другому - зовнішній діаметр виступів  $d$ . Якщо позначення поля допуску діаметра виступів співпадає з позначенням поля середнього діаметра, то воно в позначенні поля допуску різьби не повторюється і пишеться  $7g, 6g, 6H$ .

Умовне позначення різьби болта з крупним кроком  $M12-7g6g$  означає:

- $M$  - різьба метрична;
- $12$  - зовнішній діаметр виступів  $d$ , мм;
- $7g$  - поле допуску середнього діаметру  $d_2$  ( $7$  - ступінь точності,  $g$  - відхилення);
- $6g$  - поле допуску зовнішнього діаметру  $d$ .

Умовне позначення різьби болта з дрібним кроком  $M12x1-6g$  означає:

- $M$  - різьба метрична;
- $12$  - зовнішній діаметр виступів  $d$ , мм;
- $1$  - крок різьби, мм;
- $6g$  - поле допуску середнього діаметру  $d_2$  і зовнішнього діаметру  $d$ ;

Умовне позначення різьби гайки з дрібним кроком  $M12x1-4H5H$  означає:

- $M$  - різьба метрична;
- $12$  - зовнішній діаметр виступів  $D$ , мм;
- $1$  - крок різьби, мм;
- $4H$  - поле допуску середнього діаметру  $D_2$  ;
- $5H$  - поле допуску внутрішнього діаметру  $D_1$ .

Умовне позначення лівої різьби болта  $M12x1-LH-6g$  означає:

- $M$  - різьба метрична;
- $12$  - зовнішній діаметр виступів  $D$ , мм;

- $l$  - крок різьби, мм;
- $LH$  - різьба ліва;
- $6g$  - поле допуску середнього діаметру  $d_2$ ; зовнішнього діаметру  $d$ .

### 3.8 Посадки метричних різьб

#### 3.8.1 Посадки метричних різьб з зазором

Посадки метричних різьб з зазором регламентує ГОСТ16093-81; СТ СЕВ640-77.

В умовних позначеннях різьбові з'єднання пишуться дробом, в чисельнику дається поле допуску внутрішньої різьби (гайки), а в знаменнику - поле допуску зовнішньої різьби. Наприклад:

$M12-6H/6g$

$M12 \times 1-6H/6g,$

$M12 \times 1-LH-6H/6g.$

Посадки метричної різьби виконуються по середньому діаметру.

Найбільш поширеними є посадки різьби в системі отвору.

Залежно від характеру посадки по середньому діаметру може утворитися зазор або натяг. Величина цього зазору чи натягу розраховується так само, як і для гладких циліндричних спряжень-середній діаметр гайки або гнізда беруть за діаметр отвору, а середній діаметр шпильки або болта-за діаметр вала.

#### 3.8.2 Посадки метричних різьб з натягом

Посадки метричних різьб з натягом регламентує СТ СЕВ306-76

Посадки з натягом використовують для зовнішньої різьби деталей із сталі (наприклад, шпильки), що з'єднуються з внутрішньою різьбою із сталі, чавуну, титанових, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Шпильки із сталі повинні мати довжину згвинчування  $l = (1,0-1,25) \cdot d$  в межах від  $1 \cdot d$  до  $1,25 \cdot d$ , шпилька із чавуну від  $1,25 \cdot d$  до  $1,5 \cdot d$ ,  $l = (1,25-1,5) \cdot d$ ; шпилька із алюмінію і магнієвих сплавів -  $l = 1,5 \cdot d \dots 2 \cdot d$ .

Шпилька, яка вгвинчується в гніздо корпусу повинна в ньому встановлюватися нерухомо для того, щоб при згвинчуванні гайки шпилька не викручувалася.

Нерухомість з'єднання повинна забезпечитись або вгвинчуванням збігу різьби в гніздо корпусу, або застосування посадки з натягом.

ГОСТ4608-81 встановлює основні відхилення і допуски для метричної різьби посадок з натягом з крупними і дрібними кроками від 0,8 до 3 мм і діаметрами від 5 до 45 мм.

Стандартом передбачено посадки з натягом тільки в системі отвору. До складання деталей в з'єднання здійснюється сортування на групи по середньому діаметру зовнішньої і внутрішньої різьби. Число груп вказується в дужках (дві або три).



$$\underline{M12 - 2H5G(2)}$$

Наприклад: посадка  $3p(2)$  означає, що це посадка з натягом, з номінальним діаметром 12мм і крупним кроком, що деталі сортувались на дві групи. Поле допуску зовнішнього діаметра зовнішньої різьби в позначенні не вказується.

### 3.8.3 Перехідні посадки метричних різьб

Перехідні посадки метричних різьб регламентує СТ СЕВ305-76 або ГОСТ 24834-81.

Різьби з перехідними посадками встановлюються для діаметрів від 5 до 45 мм з кроками від 0,8 до 4,5 мм.

$$M12-4H6H/4jk ; M12-3H6H/2m \\ (D_2 D_1 \quad / \quad d_2 d )$$

Всі перехідні посадки передбачають обов'язкове застосування додаткового елемента заклинювання.

### 3.9 Поля допусків

Схема полів допусків будується на підставі розрахунків.

Наприклад, побудуємо схему поля допуску для болта

$$M30-9g8g, \text{ якщо } P=3 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр болта  $d=30$  мм.

Визначаємо середній і внутрішній діаметр болта  $d_2$  і  $d_1$  згідно формул, ГОСТ9150-81 (Мягков, т.2, ст.144)

$$d_2 = d - 2 + 0,051 = 30 - 2 + 0,051 = 28,051 \text{ мм;}$$

$$d_1 = d - 4 + 0,752 = 30 - 4 + 0,752 = 26,752.$$

Визначаємо відхилення для діаметрів згідно ГОСТ 16093-81 (Мягков, т.2, ст.159):

$$\text{для } d, d_2, d_1 \quad es = -0,048 \quad ei = 0$$

$$\text{для } d_2 \quad ei = -0,448$$

$$\text{для } d \quad ei = -0,648$$

Визначаємо max і min значення  $d, d_2, d_1$ :

$$d_{max} = d + es = 30 - 0,048 = 29,952;$$

$$d_{min} = d + ei = 30 - 0,648 = 29,352;$$

$$Td = d_{max} - d_{min} = 29,952 - 29,352 = 0,60;$$

$$d_{2max} = d_2 + es = 28,051 - 0,048 = 28,003;$$

$$d_{2min} = d_2 + ei = 28,051 - 0,448 = 27,603;$$

$$Td_2 = d_{2max} - d_{2min} = 28,003 - 27,603 = 0,40;$$

$$d_{1max} = d_1 + ei = 26,752 - 0,048 = 26,704;$$

$$Td = d_{1max} - d_{1min} = es - ei = 0,048 - 0 = 0,048.$$

Далі відкладаємо розміри вершини  $d$  і впадини  $d_1$  у вигляді невеликих відрізків. Наносимо бокові лінії під кутом  $60^\circ$ , з'єднуючи вершину і западину.

Потім від вершини відкладаємо розміри  $d_{max}$  і  $d_{min}$ , наносимо їх бокові лінії і будуємо поле допуску.

Далі бокову лінію між  $d$  і  $d_1$  ділимо точкою пополам. Це буде розмір середнього діаметру  $d_2$ . Від цієї точки прокладається перпендикуляр. Точки перетинання перпендикуляра визначають розміри  $d_{2max}$ ,  $d_{2min}$  і  $1/2$  допуску  $d_2$  ( $1/2Td_2$ ).

Тепер треба нанести розмірні лінії і проставляти над ними назву параметрів та їх числові значення (рисунк 14.6)

Якщо  $d_{max}=d$ , то поле допуску буде починатися зразу після розміру  $d$ , а не  $d_{max}$  як це в нашому прикладі.

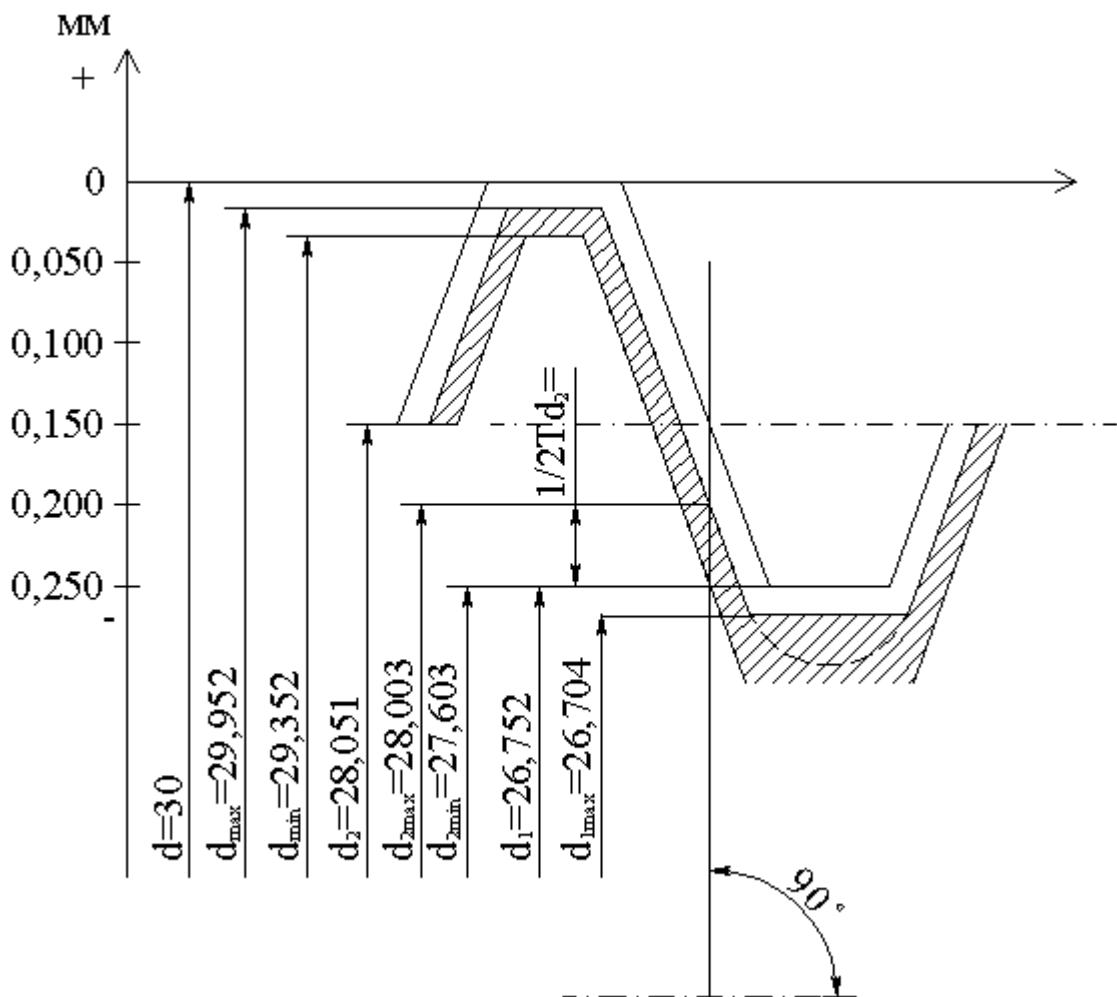


Рисунок 14.6 - Схема поля допуску різьби болта  $M30-9g8g$

Схема полів допусків різьбового з'єднання посадки з зазором зображена на рисунку 14.7

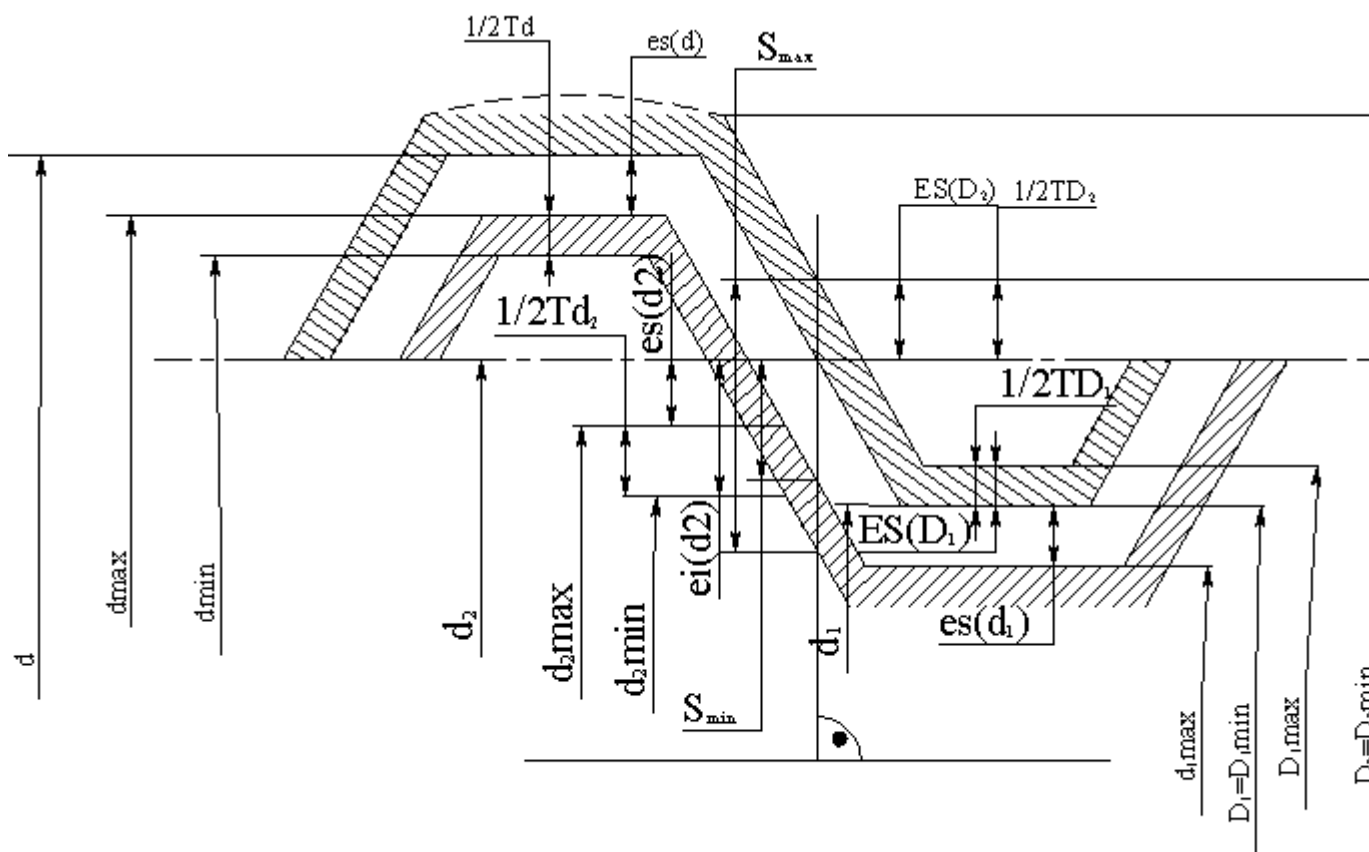


Рисунок 14.7 - Схема полів допусків різьбового з'єднання посадки 6H/6g

### 3.9 Вибір полів допусків

Вибір полів допусків для деталей різьбових з'єднань робиться в залежності від їх призначення.

Поля допусків метричної різьби з зазором по ГОСТ16093-81 (Мягков, т.2, ст.151)

Зовнішня різьба (болт)			
Класи точності	Довжина згвинчування		
	S короткі	N нормальні	L довгі
	Поля допусків		
точний	(3h4h)	4h,4d	(5h4h)
середній	5h6h	6h,6g,6f,6e,6d	(7h6h),7g6g,(7e6e)
грубий	-	(8h),8g	(9g8g)
Зовнішня різьба(гайка)			
Класи точності	Довжина згвинчування		
	S короткі	N нормальні	L довгі

	Поля допусків		
	4H	4H5H,5H	6H
точний	4H	4H5H,5H	6H
середній	5H,(5G)	6H,6G	7H,(7G)
грубий	-	7H,7G	8H,(8G)

Примітка: 6g,6H - рекомендуються як переважні; ( ) - не рекомендуються.

Поля допусків, які відносяться до точного класу, рекомендується використовувати для з'єднань де потрібне мале коливання зазорів для відповідальних статично навантажених різьбових деталей в авіабудуванні і автобудуванні;

Поля допусків, які відносяться до середнього класу рекомендується для різьб загального призначення.

Поля допусків грубого класу рекомендуються при одержанні різьб на гарячекатаних заготовках, в довгих глухих отворах.

Найбільше поширення в машинобудуванні і приладобудуванні одержали поля допусків середнього класу точності, при якому забезпечується достатня статична і циклічна міцність різьбових деталей.

Поля допусків грубого класу можливо використовувати коли нема необхідності в особистої точності.

При виборі полів допусків посадок треба віддавати перевагу полям допусків одного класу точності.

Найчастіше використовується посадка 6H/6g.

Основні відхилення  $H$  і  $h$  утворюють посадки з гарантійним зазором, який дорівнює нулю.

Посадки з більшим гарантійними зазорами використовують, якщо різьбові деталі експлуатуються при високій температурі, якщо необхідна легка згвинчуваність.

#### 4 Контроль різьбових з'єднань

Різьбові вироби контролюють в основному за допомогою граничних калібрів. В комплект для контролю циліндричних різьб входять робочі прохідні і непрохідні граничні калібри. Цей метод зветься комплексним.

Другий метод - по елементний або диференційований. Він використовується головним чином при вимірюванні точних різьб. При цьому окремо вимірюють середній діаметр, крок і половину кута профілю.

Для вимірювання середнього діаметра використовують інструментальний мікроскоп, різьбовий мікрометр, метод трьох дротиків.

Крок різьби і половину кута профілю вимірюють за допомогою мікроскопів, або проекторів.

Контроль різьби гайок здійснюють за допомогою реплік, тобто знімаючи відбитки (репліки) за допомогою плавких сплавів, які точно відтворюють дану нарізку.

## 16 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Допуски зубчастих і черв'ячних передач"

#### 1 Експлуатаційні вимоги до зубчастих та черв'ячних передач

Майже всі машини мають передачі.

Передачі бувають: пасові, канатні, гідравлічні, зубчасті, черв'ячні та інші.

Найбільше застосування здобули зубчасті передачі.

Зубчасті і черв'ячні передачі поділяються на силові та кінематичні.

Силові застосовуються в редукторах, коробках передач, задніх мостах автомашин, тракторів тощо.

Кінематичні передачі використовують в механізмах для точного руху однієї деталі відносно другої. Для здійснення певного доцільного руху. Наприклад: колеса ланцюга подач в металорізальних верстатах, ділильна головка рейки паливного насоса.

Основні експлуатаційні вимоги до силових передач:

- контакт по всій довжині зубів (він потрібен для повнішого використання бічної поверхні зуба при передачі навантаження від ведучого колеса до відомого);

- створення найменшого гарантованого зазору між не прилягаючими профілями зубів і обмеження можливого найбільшого зазору;

Гарантований зазор потрібен щоб запобігти заклинюванню зубів, яке може бути внаслідок розширення їх під дією підвищених температур або вигину при деформації, а також для компенсації похибок монтажу (непаралельність, переки осей).

Обмеження найбільшого зазору потрібне для усунення мертвих ходів, ударів і шуму в працюючій передачі (що особливо важливо для реверсивних передач).

Вимоги до кінематичних передач:

- забезпеченні норм кінематичної точності;
- забезпеченні норм плавності роботи передачі.

## 2. Циліндричні зубчасті передачі

### 2.1 Похибки елементів зубчастих коліс і основні причини похибок

На якісну роботу зубчастих передач машин та механізмів впливають похибки елементів зубчастих коліс.

Основними причинами похибок є:

- неточність профілю різального інструмента;
- неправильне встановлення заготовки на столі верстата або неправильне положення інструмента щодо заготовки;
- помилки при налаштуванні кінематичного ланцюга ділення;
- биття веденого зубчастого колеса стола зуборізального верстата;
- биття інструмента на оправці;
- похибки ділення на крок нарізаного колеса;
- зазор при обточуванні заготовки між оправкою і отвором заготовки;
- непаралельність і перекіс осей у корпусних деталях;
- похибка відстані між осями у корпусних деталях.

Похибки зубчастих з'єднань сильно знижують експлуатаційні якості зубчастих передач, тому з'являється шум і вібрація, збільшується знос.

### 2.2 Основні параметри зубчастих передач

До основних параметрів зубчастих передач відносяться:

$p$  - крок;

$d_a$  - діаметр кола виступів  $d_a = mz + 2m = m(z + 2)$ ;

$m$  - модуль зубчатого зачеплення  $m = p/\pi = d/z$ ;

$z$  - число зубців шестерні або колеса;

$d$  - діаметр ділительного кола  $D = mz$ ;

$b$  - ширина зубчатого вінця;

$\alpha$  - кут профілю зуба  $\alpha = 20$  град;

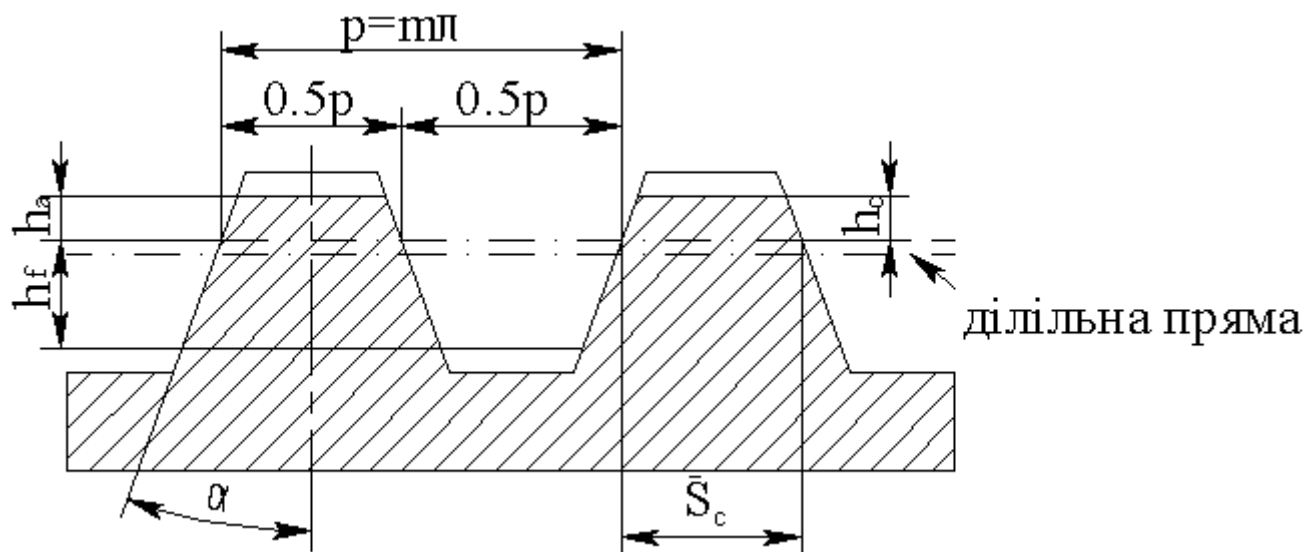


Рисунок 16.1 - Вихідний контур евольвентних зубчастих коліс

$h_a$  - висота головки зуба  $h_a=m$ ;  
 $h_f$  - висота ніжки зуба  $h_f=1,25m$ ;  
 $S_c$  - постійна хорда зуба  $S_c=1,387m$ ;  
 $h_c$  - висота постійної хорди  $h_c=0,7475m$ ;  
 $W$  - довжина загальної нормалі;  
 $a_w$  - міжосьова (ділильна) відстань передачі;  
 $j_{nmin}$  - гарантований бічний зазор;

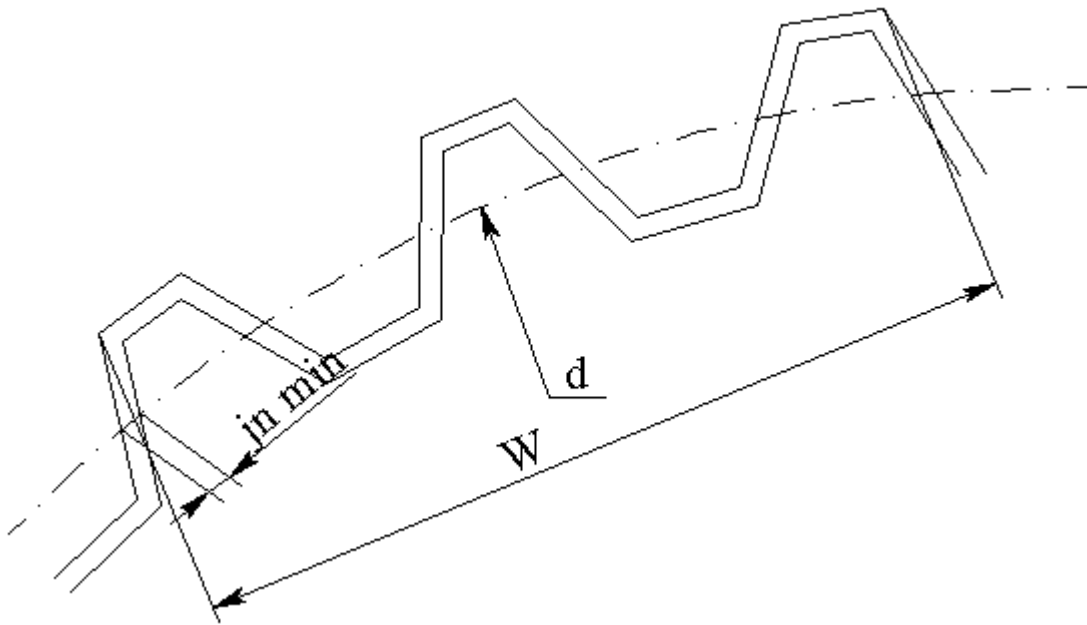


Рисунок 16.2 - Параметри зубчастих передач

$T_{j_n}$  - допуск на бічний зазор;  
 $F_r$  - допуск на радіальне биття (Мягков, т.2, табл.5.7);  
 $F_t$  - допуск на торцеве биття (Мягков, т.2, табл.5.27);  
 $T_H$  - допуск на зміщення вихідного контуру (Мягков, т.2, табл.5.19);  
 $T_{Hnp}$  - допуск на зміщення вихідного контуру виробничий (Мягков, т.2, стр.334)  
 $F_{da}$  - допуск на радіальне биття зовнішнього циліндра заготовки (Мягков, т.2, табл.5.26)  
 $A_{da}$  - допуск на діаметрі зовнішнього циліндра (Мягков, т.2, табл.5.26);  
 $E_{HS}$  - найменше додатне зміщення вихідного контуру (Мягков, т.2, табл.5.18);

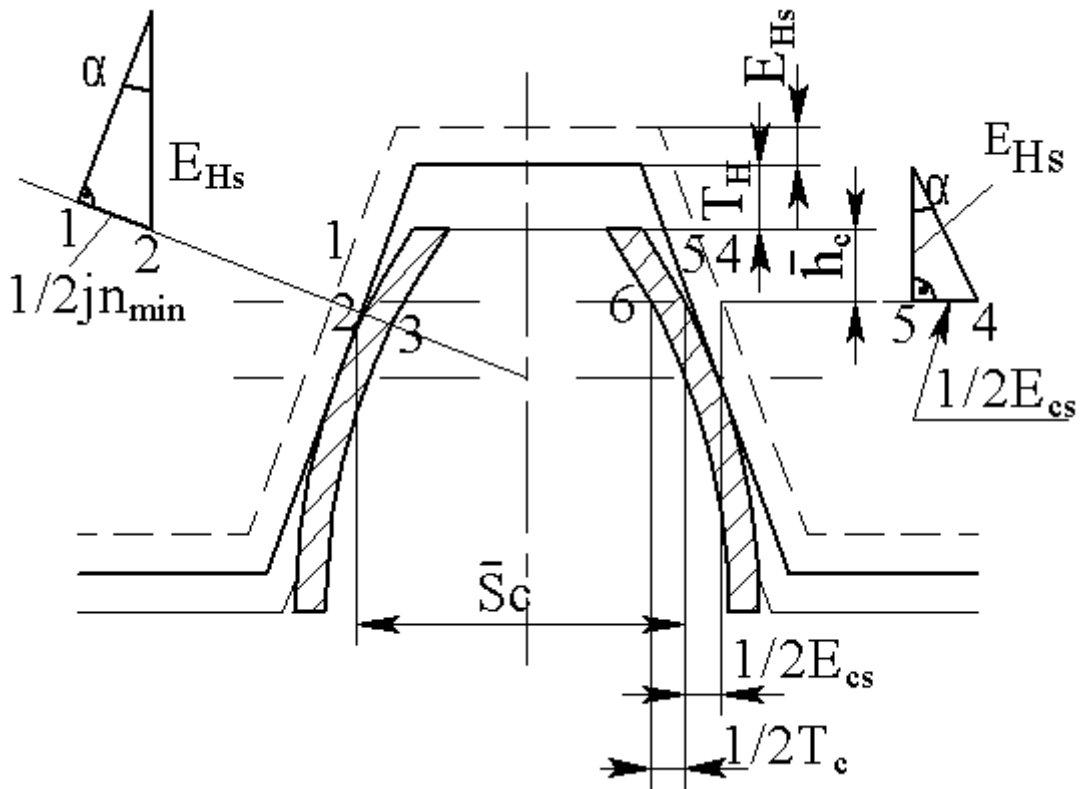


Рисунок 16.3 - Параметри зубчастих передач

$T_C$  - (Мягков, т.2, табл.5.23);

$T_{Cnp}$  - допуск на товщину зуба приведенний (Мягков, т.2, стр.348);

$E_{CS}$  - найменше відхилення зубця (Мягков, т.2, табл.5.22);

$E_{CSnp}$  - найменше відхилення зубця приведенне (Мягков, т.2, стр.348).

### 3 Допуски на циліндричні зубчасті передачі

Всі розміри вихідного контуру і елементів зчеплення зубчастих коліс розраховуються через модуль  $m$ .

Значення модулів стандартизовані згідно ГОСТ2563-60 (Мягков, т.2, табл.5.3): 0,05; 0,08; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,15; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16...100.

Ділильне коло є базою для визначення елементів зуб'їв, їх розмірів і являє собою початкове коло, що одержується в процесі виготовлення колеса методом обкатки.

У системі допусків (ГОСТ 1643-81) для циліндричних зубчастих коліс і передач встановлено 12 ступенів точності, які позначаються за порядком зниження точності: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12. Для ступенів точності 1 і 2 допусків поки що не передбачено. Ступені точності вибирають залежно від вимог, які ставляться до передачі і швидкості коліс (таблиця 16.1).



Таблиця 16.1 - Вибір ступеня точності залежно від дотичної швидкості передачі (м/с)

Тип колеса	Ступінь точності						
	5	6	7	8	9	10	11
Прямозубе	понад 15	до 15	до 10	до 6	до 3	до 1	до 0,5
Не прямозубе	понад 25	до 25	до 15	до 10	до 5	до 2	до 1

В залежності від типу машин та механізмів застосовуються різні ступені точності, наприклад (таблиця 16.2).

Таблиця 16.2 - Приклади застосування різних ступенів точності зубчастих коліс

Тип машини	Ступінь точності
Легкові автомобілі	5-8
Вантажні автомобілі	7-9
Трактори	7-10
Будівельні, дорожні С/Г машини	6-11
Редуктори	6-9
Кранові механізми	7-10

Для кожного ступеня точності встановлено і роздільно контролюється три види норм допустимих відхилень параметрів:

- норма кінематичної точності, яка обмежує похибки передаточного відношення;
- норма плавності роботи, яка обмежує циклічні похибки;
- норма контакту зуб'їв (плями), яка визначає повноту прилягання робочих поверхонь.

Незалежно від ступенів точності стандартом встановлено шість видів спряжень зубчастих коліс у передачі: *A, B, C, D, E, H*, встановлено також вісім видів допуску на гарантований бічний зазор: *h, d, c, b, a, z, y, x* (зазор і допуск збільшується від *h* до *x*).

В автомобілях, тракторах та інших машинах в основному застосовують спряження *B*, що забезпечує мінімальну величину бічного зазору і запобігає заклинюванню.

Видам спряжень *H* і *E* відповідає вид допуску на бічний зазор *h*, а видам спряжень *D, C, B, A* - види допуску *d, c, b, a*.

Встановлено шість класів відхилень міжосьової відстані, які позначаються за порядком зниження точності римськими цифрами від *I* до *VI*.

Гарантований бічний зазор у кожному спряженні забезпечується, як правило, при додержанні передбачених класів відхилень міжосьової відстані.

Наприклад для спряжень *H* і *E* - II клас, для спряжень *D* - III, *C* - IV, *B* - V, *A* - VI.

Точність виготовлення зубчастих коліс задається ступенем точності, а вимоги до бічного зазору - видом спряження за нормами бічного зазору.

Таблиця 16.3 - Вибір гарантованого бічного зазору

Зубчатые колеса с $m \geq 1$ мм											
Вид сопряжения	Класс отклонений межосевого расстояния	Обозначение	Межосевое расстояние $a_w$ , мм								
			до 80	св. 80 до 125	св. 125 до 180	св. 180 до 250	св. 250 до 315	св. 315 до 400	св. 400 до 500	св. 500 до 630	св. 630 до 800
			$f_n \text{ min}$ , мкм								
<i>H</i>	II	$f_n \text{ min}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E</i>	II		30	35	40	46	52	57	63	70	80
<i>D</i>	III		46	54	63	72	81	89	97	110	125
<i>C</i>	IV		74	87	100	115	130	140	155	175	200
<i>B</i>	V		120	140	160	185	210	230	250	280	320
<i>A</i>	VI		190	220	250	290	320	360	400	440	500

Допуски для вибраних елементів контролю наведено у відповідних таблицях ГОСТ1643-81 (Мягков, т.2, стр.303-405).

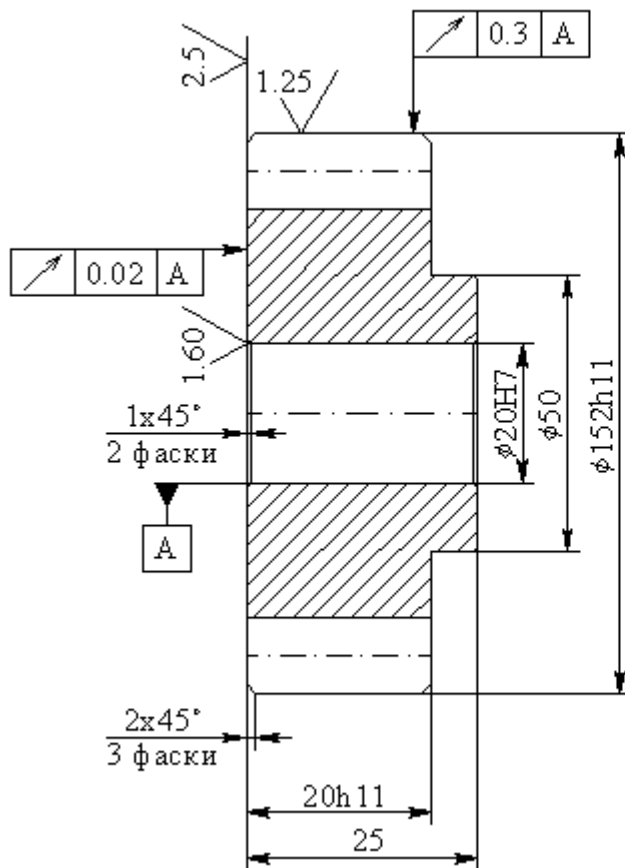
#### 4 Оформлення креслень

Креслення зубчастих коліс виконуються в залежності від вимог ЕСКД по ГОСТ 2.403-75. На кресленні повинно бути вказано:

- діаметр кола виступів;
- ширина зубчастого вінця;
- розміри фасок;
- шорсткість поверхонь зуб'ів (ГОСТ 24643-81)

У правому верхньому куту поля креслення розташовується таблиця параметрів зубчастого вінця з вказівкою:

- модуля;
- числа зуб'ів;
- ГОСТ нормального вихідного контуру;
- ступінь точності по всім нормам;
- довжина загальної нормалі.



Параметри		Число
Модуль	m	5
Кількість зубів	z	29
Вихідний контур	-	ГОСТ 1375
Ступінь точності ГОСТ 1643-81	-	8-7-7Bc
Діаметр ділильного кола	d	142
Діаметр кола виступів	$d_a$	152
		10      35
		110

Рисунок 16.4 - Ескіз зубчастого колеса

#### 4 Умовне позначення ступеня точності зубчастих коліс

Точність виготовлення зубчастих коліс і передач задається ступенем точності, а вимоги до бічного зазору - видом спряження за нормами бічного зазору.

Наприклад: *8-7-7-Bc ГОСТ1643-81* означає:

- 8 - норма кінематичної точності;
- 7 - норма плавності роботи;
- 7 - норма контакту зуб'ів;
- B - вид спряження зубчастих коліс;
- c - вид допуску на гарантований бічний зазор.

Якщо замість трьох цифр ставиться одна, наприклад, *8-Bc ГОСТ1643-81*, то це означає що всі три норми однакові.

Якщо замість двох літер ставиться одна, наприклад *8-B ГОСТ1643-81*, то це означає що літера виду допуску на гарантований бічний зазор співпадає з літерою виду спряжень.

Умовне позначення точності циліндричної передачі *7-Ca/V-128 ГОСТ1643-81* означає що всі три норми точності однакові - 7, вид спряження зубчастого колеса - C, вид допуску на бічний зазор - a, клас відхилення міжосьової відстані - V, гарантований бічний зазор  $j_n \min = 128$ мкм.

## 5 Передачі черв'ячні циліндричні

Допуски на черв'ячні передачі регламентовано ГОСТ3675-81.

Встановлено 12 ступенів точності черв'яків, черв'ячних коліс, черв'ячних пар і черв'ячних передач.

Встановлено шість видів спряжень черв'яка з черв'ячним колесом: А, В, С, D, Е, Н і вісім видів допуску на бічний зазор:  $x, y, z, a, b, c, d, h$ .

Умовне позначення точності черв'ячної передачі аналогічне позначенням циліндричних зубчастих передач.

Наприклад: *8-7-6-Ва ГОСТ3675-81* означає:

8 - норма кінематичної точності;

7 - норма плавності роботи;

6 - норма контакту зуб'їв;

*B* - вид спряження зубчастих коліс;

*a* - вид допуску на гарантований бічний зазор.

## 6 Контроль параметрів зубчастих передач

### 6.1 Система контролю зубчастих передач

Система контролю при виготовленні зубчастих коліс включає:

- приймальний контроль;
- профілактичний контроль;
- виробничий контроль;
- операційний контроль;

Для вимірювання зубчастих коліс, черв'яків, черв'ячних коліс і передач застосовують спеціальні зубовимірювальні прилади.

Зубовимірювальні прилади за видом вимірюваних коліс позначаються таким чином:

*C* - для циліндричних коліс;

*K* - для конічних коліс;

*Ch* - для черв'ячних коліс;

*Z* - для черв'яків;

*R* - для різних коліс.

### 6.2 Засоби вимірювання

Для вимірювання міжосьової відстані застосовується прилад двухпрофільної комплексної перевірки зубчастих коліс.

Товщина зуба по хорді *C* вимірюється штангензубоміром ШЗ.

Для вимірювання довжини загальної нормалі *B* застосовують зубомірні мікрометри та індикаторні нормалемери.

Контакт зуб'їв визначається розміром плями контакту. Пляма утворюється на зуб'ях відомої шестерні після прокручування ведучої шестерні на зубці якої була нанесена спеціальна фарба (суміш сурику з маслом).

Контроль зазорів у передачі *jn min* роблять трьома способами:

- за допомогою наборів щупів;
- свинцевою пластинкою або дротиком;
- за допомогою індикатора на штативі.

Контроль профілю зуб'ів роблять за допомогою шаблонів.

Для вимірювання зміщення вихідного контуру зубчастих коліс застосовують тангенціальний зубомір.

## 17 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Стандартизація та сертифікація"

#### 1 Науково – методичні основи стандартизації

Починаючи з 1989 року 14 жовтня відмічається Міжнародний день стандартизації.

Так як при розробці нової техніки використовуються сучасні науково-технічні досягнення, то при цьому важливе місце займають:

- стандарти;
- альбоми типових конструкцій;
- нормативно-технічні довідники.

Вся ця документація є результатом спеціалізованої інженерно-технічної діяльності, яка іменується стандартизацією.

Стандартизація відіграє важливу роль у прискоренні технічного прогресу.

Міжнародна організація з стандартизації *ISO* у 1952 р. створила Комітет з вивчення наукових принципів стандартизації (*СТАКО*).

Комітет займається розробками 4-х напрямлень:

##### 1. Теорія вимірювання:

- теорія кількісних вимірювань;
- теорія якісних вимірювань;

##### 2. Стандартознавство:

- теорія випереджуючої стандартизації;
- теорія комплексної стандартизації;
- загальна стандартизація;

##### 3. Теорія класифікації:

- теорія утворення поняття;
- теорія утворення класифікаційних груп;
- теорія кодування інформації;

##### 4. Теорія наступництва (приемственности [рос.]):

- теорія наступництва технічних систем;
- теорія наступництва організаційних систем.

Комітет *СТАКО* розробив визначення ряду важливих термінів:

Стандарт - нормативно-технічний документ з стандартизації, розроблений на підставі досягнень науки, техніки та передового досвіду і затверджений відповідними органами;

Стандартизація - встановлення та застосування правил з метою впорядкування діяльності у певній галузі. Стандартизація базується на досягненнях техніки, передового досвіду і визначає основу не тільки сучасної, але й майбутнього розвитку, вона нерозривно пов'язана у суспільному виробництві.

Мета стандартизації - оптимальне впорядкування об'єктів стандартизації. Перед стандартизацією стоять декілька конкретних

задач, що забезпечують відповідність продукції, процесів або послуг своєму призначенню. Такими задачами є:

- управління різноманітністю систем (уніфікація);
- взаємозамінність;
- охорона здоров'я;
- забезпечення безпеки;
- охорона оточуючого середовища;
- захист продукції,
- підвищення економічних показників.

Головна задача стандартизації - створювати системи нормативно-технічної документації (НТД), що визначають прогресивні вимоги до продукції, яка виготовляється для потреб народного господарства, населення, оборони держави та експорту, до її розробки, виготовлення та застосування, а також контроль за достовірністю використання цієї документації.

Уніфікація – це різновидність методів стандартизації, вона полягає в раціональному скороченні числа типів, видів та розмірів об'єктів однакового функціонального призначення.

Уніфікація спрямована на зменшення числа різноманітностей виробів шляхом комбінування двох і більше видів (характеристик). Уніфікацію можна проводити на трьох рівнях:

- міжгалузевому,
- галузевому
- заводському.

Типізація - діяльність, яка полягає в знаходженні оптимальних за вибраним критерієм ефективності параметричних (у тому число типорозмірних) рядів попередньої селекційної сукупності однорідних об'єктів стандартизації за головними параметрами. Вона спрямована на досягнення високого рівня їх збіжності з головними параметрами, потреб, які будуть задовольнятися з застосуванням даних об'єктів.

Агрегатування - один із методів стандартизації, який полягає у виготовленні машин, механізмів та інших виробів шляхом їх компоновки з обмеженої кількості стандартних агрегатів.

Симпліфікація - діяльність яка полягає у знаходженні оптимальних головних параметрів, а також значень інших показників якості та економічності попередньо селекційної сукупності однорідних об'єктів стандартизації, спрямована на досягнення оптимального ступеня впровадження і максимальної можливості ефективності за вибраним критерієм у визначеній галузі. ("Симплі" -простий)

Симплікація веде до спрощення виробництва шляхом виключення зайвих типорозмірів деталей, зайвих видів звітів та документації.

Спеціалізація - зосередження на визначених підприємствах виготовлення обмеженої кількості виробів.

Стандартизація, як галузь науково-технічної діяльності є загальнонауковою дисципліною методологічного характеру, яка має

важливе значення для прогресивного розвитку науки, техніки та виробництва.

В усі часи стандарти створювалися таким чином, щоб їх додержання гарантувало високу якість продукції. Стандарти мають силу закону і поширюються на всю продукцію, що виробляється серійно.

Об'єктами стандартизації стають тільки ті параметри, які можна вимірювати.

## 2 Державна стандартизація

ДСТУ - Державний стандарт України. Всі стандарти затверджує Держстандарт України, а окрему продукцію Мінінвестбуд та Держкомприроди України.

Структурна схема стандартизації в Україні

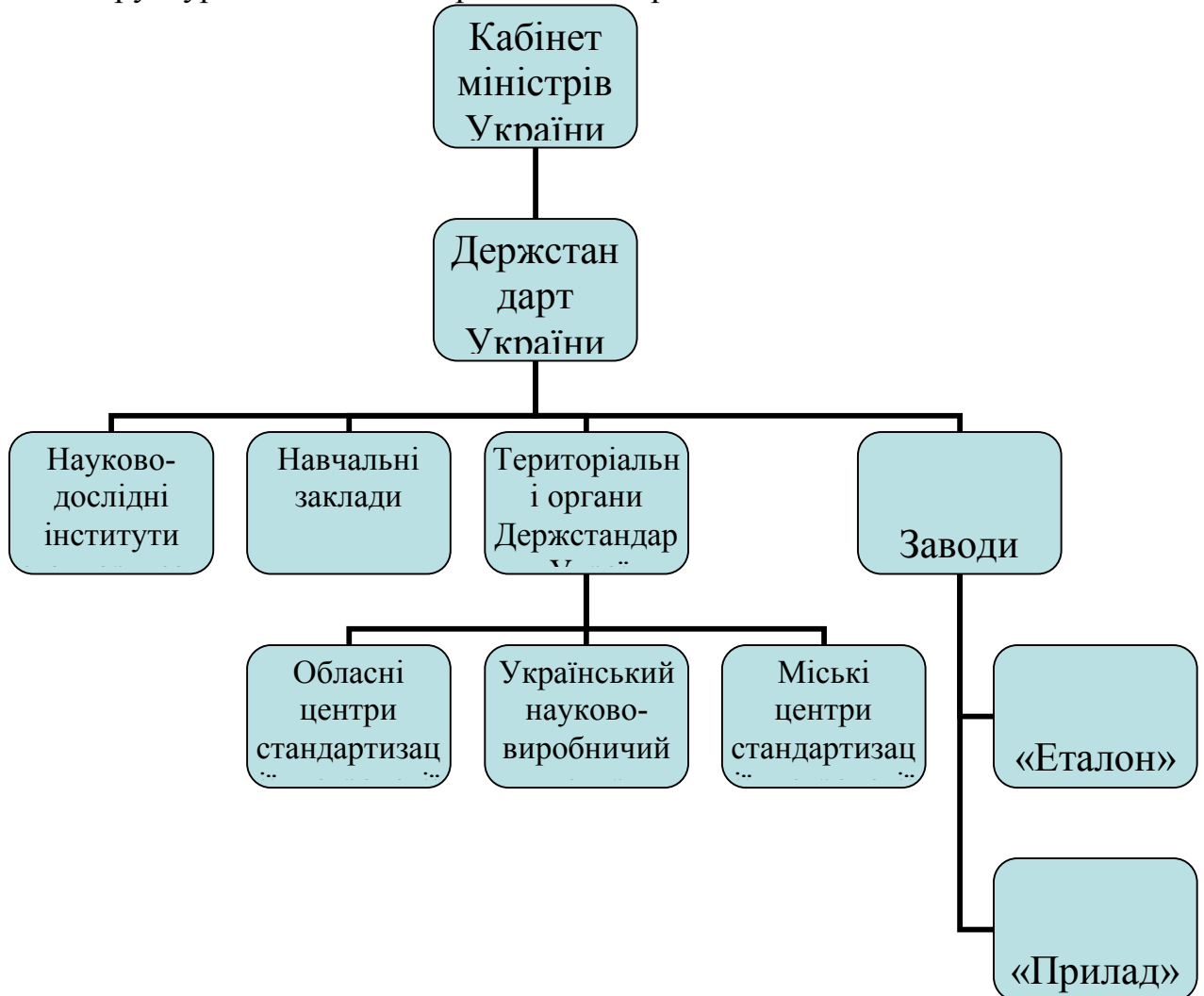


Рисунок 17.1 - Функціональне підпорядкування Держстандарту



В Україні стандартизація офіційно розпочалася з 15 вересня 1925 року, коли був утворений Комітет з стандартизації при Раді праці і оборони.

13 серпня 1954 року було утворено Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів.

9 листопада 1970 р. був утворений Державний Комітет стандартів Ради Міністрів СРСР - Держстандарт СРСР.

Верховна Рада України постановою від 12 вересня 1991 р. №1545-ХІІ "Про порядок тимчасової дії на території України окремих актів законодавства СРСР" повідомила, що залишаються діяти вимоги постанов Ради Міністрів СРСР та УРСР щодо організації робіт в галузі стандартизації, метрології та якості продукції.

Крім того, вважати чинними на території України державні стандарти СРСР, галузеві та республіканські стандарти, технічні умови, будівельні норми, правила та інші нормативно-технічні документи.

13 березня 1992 року між державами СНД досягнуто угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології та сертифікації. Створена Міждержавна рада із стандартизації, метрології та сертифікації.

В Україні діє Державний комітет України з стандартизації, метрології та сертифікації - Держстандарт України.

У структурі Держстандарту України налічується 35 центрів стандартизації та метрології (в тому числі 26 обласних і 9 міських).

Крім того до ДСТУ входять:

- декілька науково-дослідних інститутів у Львові і Харкові;
- два навчальних заклади в Одесі і Києві;
- заводи "Еталон" у містах Києві, Харкові, Донецьку, Умані, Білій Церкві;
- дослідні заводи "Прилад" у містах Вінниця та Полтаві;
- магазини стандартів у Києві і Харкові.

### 3 Міжнародні організації з стандартизації

Міжнародну організацію *ISO* з стандартизації утворено в 1946 році.

*ISO* розшифровується як "International Organization for Standardization".

В *ISO* входить Міжнародна електротехнічна комісія *МЕК*.

Нині членами *ISO* є 91 держава. В організаціях *ISO* працюють 3240 технічних органів, в тому числі 244 технічних комітетів (*ТК*) які займаються розробкою стандартів.

В *ISO* затверджено біля 10000 міжнародних стандартів, приблизно стільки ж знаходиться на різних ступенях підготовки та затвердження.

Система *ISO* є найбільшою з існуючих міжнародних технічних організацій.

Державні системи стандартизації розвиваються в гармонії з основними принципами міжнародних та регіональних систем стандартизації.

Зараз все більше поширюється практика прямого застосування в народному господарстві міжнародних та регіональних стандартів, як державних.

Передбачається також застосувати прямо за погодженням з партнерами стандарти передових держав.

#### 4 Сертифікація

Сертифікат – це документ, що підтверджує відповідність продукції встановленим вимогам продукції встановленим вимогам нормативного документа. (Документ, що підтверджує якість товару).

Слово "сертифікат" утворилося від латинського і означає "засвідчує".

Сертифікація - це один із ефективних методів, який широко застосовується у світовій практиці і дозволяє на основі дослідження продукції в спеціалізованих лабораторіях (центрах) забезпечити захист прав споживача, давши йому достовірну та об'єктивну інформацію про властивості продукції, її характеристику і відповідність стандартам.

Сертифікація стимулює виготовлювача задовольняти вимоги споживача і ринку до якості продукції, а також підвищувати організаційно-технічний рівень виробництва, що в свою чергу, сприяє створенню умов для випуску конкурентної спроможної продукції і розширенню ринку збуту її за кордоном.

Стандартизація і сертифікація взаємозв'язані, вони є невід'ємною складовою частиною суспільного виробництва і одночасно створюють ефективний механізм управління якістю та номенклатурою продукції.

Сертифікація продукції з урахуванням вимог її безпечності для життя й здоров'я людей і охорони навколишнього середовища повинна проводитися відповідно до стандартів з використанням стандартизованих методів і засобів випробувань та вимірювань.

Передбачувані в стандартах показники і методи контролю дозволяють об'єктивно оцінювати якість продукції.

Інформаційна база про якість і номенклатуру продукції, тобто результати сертифікації і каталогізації, допомагають виявленню об'єктів стандартизації, удосконаленню фонду стандартів і вміщених у них вимог.

В Україні для керівництва питаннями сертифікації створено Управління сертифікації, яке входить до складу Держстандарту України.

Управління сертифікації видає керівні нормативні документи - *КНД*. Вже випущено сім офіційних видань.

Створена система сертифікації має назву УкрСЕПРО (сертифікат продукції).

Види діяльності УкрСЕПРО:

- сертифікація продукції (процесів, послуг);
- сертифікація систем якості;
- атестація виробництв;
- акредитація органів з сертифікації продукції.

Сертифікація буває обов'язковою і добровільною (там де не віднесені до обов'язкових)

Основні терміни, визначення та поняття використовуються в УкрСЕПРО відповідають вимогам *ISO*, закону України. Про захист прав споживачів і *КНД*.

УкрСЕПРО встановив наступний розподіл відповідальності:

- виготовлювач (виконавець, постачальник) несе відповідальність за невідповідність сертифікованої продукції вимогам документів та застосування сертифікатів і знаків відповідності з порушенням правил;
- продавець несе відповідальність за відсутність сертифікату або знаку відповідності на продукцію, що реалізується, якщо вона підлягає обов'язковій сертифікації;
- випробувальна лабораторія (центр) несе відповідальність за недостовірність та необ'єктивність результатів випробування сертифікованої продукції;
- орган з сертифікації несе відповідальність за необґрунтовану чи неправомірну видачу сертифікатів.

## 18 ЛЕКЦІЯ

### Тема: "Управління якістю продукції"

#### 1 Загальні положення

Якість продукції, або якість послуг є одним з важливіших факторів успішної діяльності будь якого виробництва ( організації).

Нині в усьому світі значно підвищились вимоги споживача до якості продукції.

Підвищення вимог супроводжується необхідністю постійного підвищення якості, без чого не можливе досягнення і підтримання ефективної економічної діяльності.

*ISO 8402-86* затвердив поняття якості.

Якість - це сукупність властивостей і характеристик продукції або послуг, які надають продукції або послугам здатність задовольняти обумовлені або передбачені потреби людства.

На якість продукції або послуг впливають такі взаємозалежні види діяльності, як проектування, виготовлення або процес обслуговування і ремонту.

Вся промислова продукція з метою оцінки її рівня якості поділена на два класи (рисунок 18.1) :

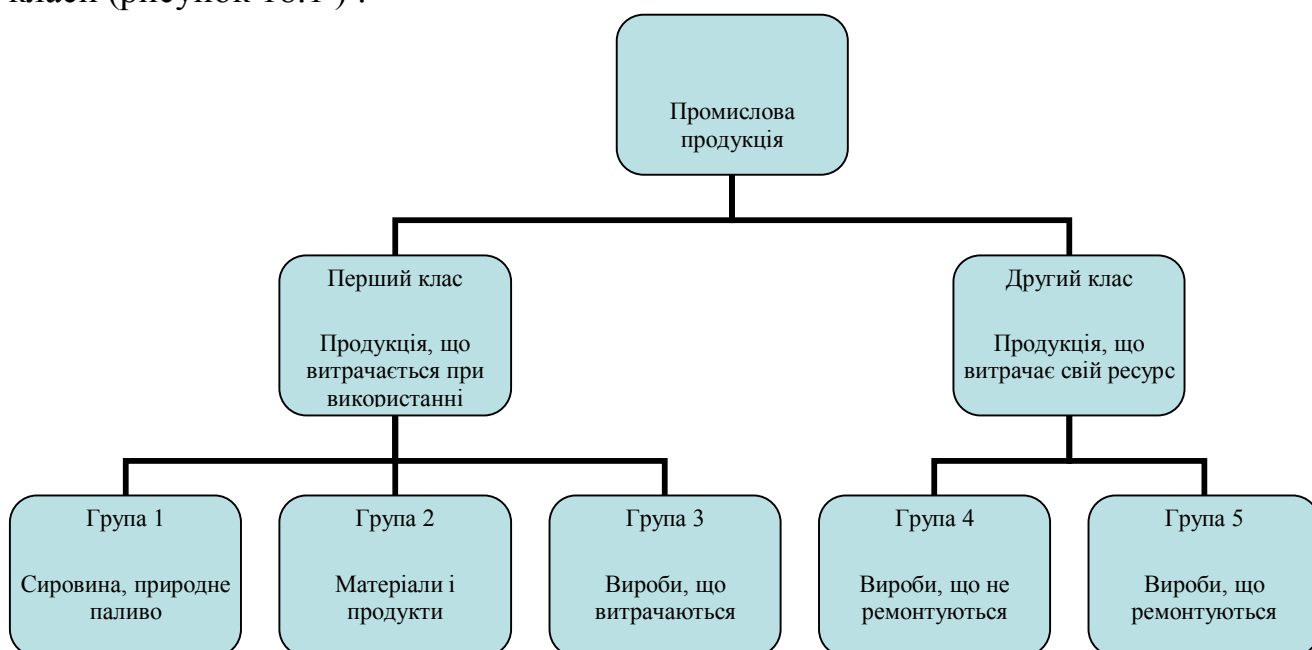


Рисунок 18.1- Класифікація промислової продукції

- продукція першого класу витрачається за призначенням у процесі використання (експлуатації);

- продукція другого класу при використанні за призначенням витрачає свій ресурс. При цьому продукція використовується до технічного або морального спрацювання.

## 2 Класифікація показників продукції

Показники якості продукції в залежності від характеру задач, які вирішуються при оцінці рівня якості продукції класифікуються за різними ознаками.

Рівень якості продукції за її властивостями оцінюється такими показниками:

- призначення (потужність, габарити, конструкція);
- надійність (безвідмовність і довговічність);
- ергономіка (властивості фізіологічні, гігієнічні, психологічні, антропологічні);
- естетика (раціональність форми, цільність композиції);
- технологічність (трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість);
- уніфікація (складові одиниці);
- транспортування;
- патентування;
- екологія (рівень шкідливості);
- безпечність (безпеки) ;
- взаємозамінність.

Взаємозамінність - це основна властивість виробів, яка визначає якість продукції.

Взаємозамінність має велике народногосподарське значення і забезпечує єдність науково - технічних, економічних і організаційних заходів.

Взаємозамінність є однією з важливіших передумов організації серійного і масового виробництва, сприяє широкому кооперуванню галузей виробництва, заснованих на виготовленні численних комплектуючих елементів виробів машинобудування на різних спеціалізованих підприємствах.

Взаємозамінність дозволяє не тільки краще організувати виробництво продукції, а й скоротити час, затрачений на її виготовлення, підвищити якість ремонту виробів у процесі експлуатації.

Забезпечення взаємозамінності в заводському виготовленні дешевше, ніж при монтажі в польових умовах; при експлуатації часом дешевше замінити деталь (вузол), ніж її ремонтувати.

## 3 Системи якості

Система якості - це сукупність організаційної структури, відповідальності процедур, процесів і ресурсів, яка забезпечує здійснення загального керівництва якістю.

Міжнародні стандарти *ISO* встановили 11 стадій життєвого циклу виробів:

- маркетинг, пошуки і вивчення ринку;
- проектування і (або) розробка технічних вимог, виготовлення продукції;
- матеріально-технічне забезпечення;
- підготовка і розробка виробничих процесів;
- виробництво;
- контроль, проведення випробувань і обстежень;
- упакування і зберігання;
- реалізація і розподіл продукції;
- монтаж і експлуатацію;
- технічна допомога і обслуговування;
- утилізація після використання.

Ці 11 стадій, що впливають на якість продукції складають так звану петлю якості (спіраль якості)



Рисунок 18.2 - Петля якості - спіраль якості

#### 4 Метрологічне забезпечення якості

Організація метрологічного забезпечення якості продукції націлена на своєчасне виконання у повному обсязі заходів щодо досягнення єдності і потрібної точності вимірювання параметрів виробів, матеріалів і сировини, режимів технологічних процесів, характеристик обладнання та інструменту.

Метрологічне забезпечення здійснюється у відповідності з вимогами ГОСТ 1.25-76. Перевірка засобів контролю повинна проводитися до того, як контрольована ними продукція буде допущена до використання у виробничому процесі.

Обладнання повинно перевірятися на відповідність зразковим мірам через означені відрізки часу.

На виробництві мають бути визначені обсяг робіт і регулярність проведення перевірок та їх реєстрація, що підтверджує здійснення управління якістю цього обладнання.

У сферу управління включаються калібри, інструменти, датчики, розміточні плити, спеціальне випробне обладнання. Важливим є проведення дослідження браку з метою його попередження.

Проведення контролю і випробування продукції повинно підтверджуватися маркуванням, пломбами, ярликами, бирками, маршрутними картами, даними реєстрації контролю, програмами забезпечення випробування та іншими можливими засобами.

Відповідальність за стан метрологічного забезпечення якості продукції несе керівник підприємства.

## 5 Принципи забезпечення якості продукції

Наукові дослідження та практика показала, що передумовами забезпечення якості продукції є три основні групи факторів:

- технологічний фактор;
- людський фактор (тобто зацікавленість робітників у праці є двигуном якості, тому треба розвивати зацікавленість робітників шляхом удосконалення конкурентних виробничих відносин на виробництві);
- адміністративний фактор (це організація робіт, яка забезпечує можливість реалізації технологічного і людського факторів).

## 6 Принципи управління якістю продукції

Управління якістю-це вплив на процес створення та експлуатації продукції з метою забезпечення її якості (стандарт *ISO*).

Управління якістю - це система якості, що впливає на виробництво і організує виконання таких функцій:

- розробка політики якості;
- контроль якості продукції на всіх етапах її створення;
- збір, аналіз та розподіл інформації про якість випущених виробів та перспективних виробів, а також про досягнення науки, техніки та технології.