

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Методичні рекомендації до практичних занять
з дисципліни «Процеси формоутворення 1»

для студентів спеціальності 131 - Прикладна механіка

Ухвалено методичною комісією ММІ

Протокол № 1 від 28.08. 2017р.

Голова методичної комісії

_____ (О.А. Охріменко)

Київ, 2017

Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Процеси формоутворення 1» для студентів спеціальності 131 - Прикладна механіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. В.К. Фролов, В.М. Кореньков, О.О. Мельник. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 МБ). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 45 с.

Укладачі: *Фролов Володимир Костянтинович*, канд. техн. наук;
Кореньков Володимир Миколайович, канд. техн. наук;
Мельник Олена Олексіївна, канд. техн. наук.

Рецензент: *Малафеев Юрій Михайлович*, доцент кафедри технології машинобудування, канд. техн. наук.

Зміст

1. Основні поняття	4
2. Основні причини виникнення похибок просторового розташування	6
3. Способи розрахунку похибок просторового розташування.....	8
3.1. Графічний (в 3D CAD системах).....	8
3.2. Аналітичний.....	9
4. Конструктивна реалізація базових елементів пристроїв.....	13
Установочні пальці (англ. Locating Pins)	13
Призми (англ. V-Blocks).....	15
Постійні опори (англ. Rest Buttons)	19
Допоміжні опори (англ. Jacks)	22
Література	23

1. Основні поняття

У відповідності до ДСТУ 2232-93 під поняттям базування розуміють надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат, а відповідно, похибкою базування – відхилення фактично досягнутого положення заготовки чи виробу в процесі базування від потрібного.

Для практичного використання дані поняття потребують деяких роз'яснень.

① Надалі вважатимемо, що на верстаті оброблюється не суцільний тривимірний об'єкт, а набір окремих поверхонь (рис.1). Дані поверхні можуть бути скоординовані як одна відносно одної, так і відносно деякої системи координат.

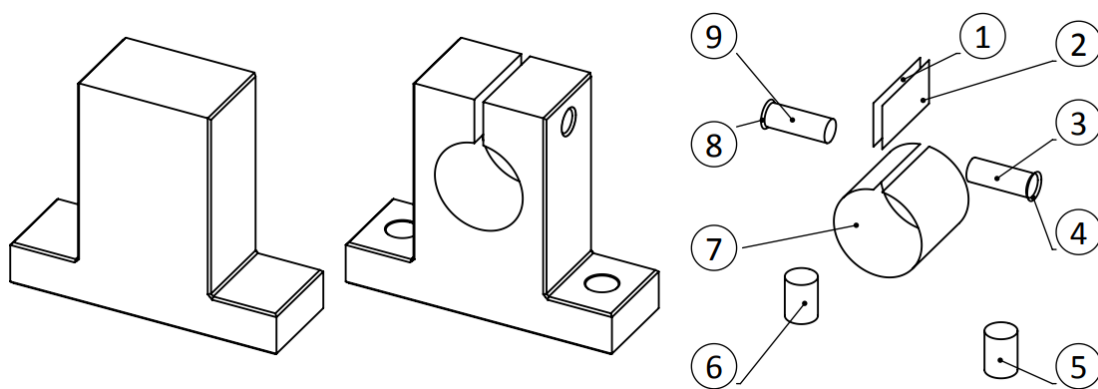


Рис.1. Виділення зі складу геометричної моделі виробу поверхонь, що підлягають механічному обробленню

Загалом, розрахунки похибок просторового розташування слід виконувати окремо для кожної оброблюваної поверхні. Однак, цей процес досить трудомісткий, тому на практиці, як правило, вибирають одну-дві найбільш точні поверхні і виконують всі розрахунки лише для них.

② Вважається, що всі об'єкти є абсолютно жорсткими. Тобто при розрахунках просторового положення не враховуються пружні, пластичні та температурні деформації! Інакше кажучи, слід використовувати тільки основні положення дисциплін аналітичної геометрії та теоретичної механіки.

Для відповідальних деталей подібні розрахунки виконуються лише в САЕ-системах (з-за складної геометричної форми поверхонь та неможливості її представлення в аналітичних формулах).

③ Реальні об'єкти оточуючого світу мають досить складну структуру і для їх опису людство використовує математичні моделі різних рівнів абстрагування. В інженерії, для опису топології поверхонь об'єктів використовують систему спрощень та умовних позначень, реалізовану у вигляді стандартів (наприклад, ЄСКД, ISO, ASME тощо)

Надалі, при вирішенні задач розрахунку похибок просторового положення поверхонь, ми матимемо справу з трьома рівнями абстрагування (у відповідності до ДСТУ 2498-94):

1. Реальна поверхня – поверхня, що обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища (рис.2, а).
2. Прилегла поверхня – поверхня, що має форму номінальної поверхні, дотична з реальною поверхнею (рис.2, б).
3. Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, номінальна форма якої задана кресленням або іншою технічною документацією (рис.2, в)

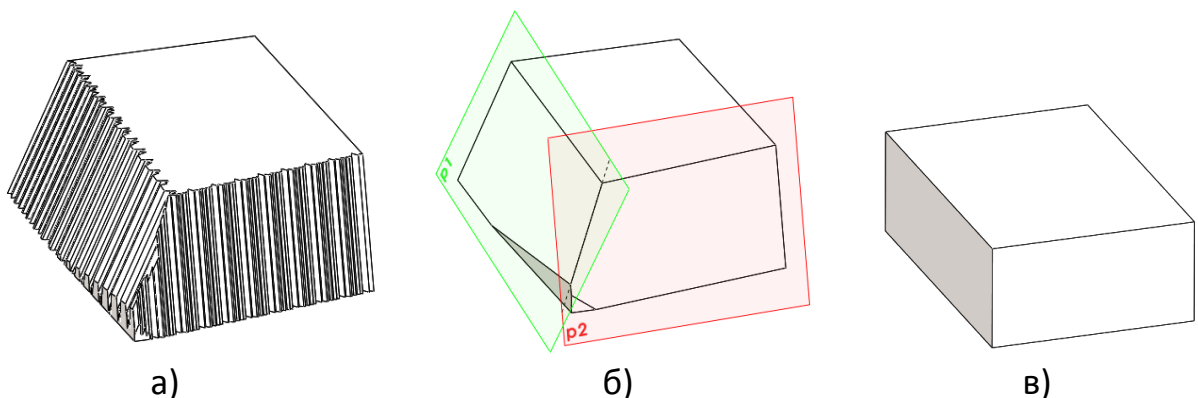


Рис.2. Схематичне зображення поверхонь
(а – реальна, б – прилегла, в - номінальна)

Основна проблема полягає у тому, що вся геометрична інформація в конструкторській документації представлена номінальними поверхнями, тобто геометрично правильними формами з ідеальним розташуванням і потенційно

можливі похибки їх просторового розташування досить складно розпізнати в 2D- / 3D- CAD-системах. Дійсне ж положення деталі при обробленні на верстаті буде визначатись реальними поверхнями.

З цієї причини, у подальших розрахунках ми користуватимемось лише поняттям прилеглих поверхонь – вони теж є правильними геометричними об'єктами (площина, циліндр, сфера тощо), які однак можуть займати довільне просторове положення в межах допуску.

2. Основні причини виникнення похибок просторового розташування

Для налагодження верстату має бути якась базова точка та напрямки для відліку, відносно яких задається положення інструменту (рис.3).

Таку систему координат прийнято називати «системою координат деталі». Матеріалізація її можлива двома шляхами:

- через базові поверхні пристрою;
- через заміри положення поверхонь заготовки.

Можна сказати, що у першому випадку заготовка взагалі не приймає участі у прив'язці координат. Площини цих систем координат є реальними поверхнями пристрою, які накладаючи механічні зв'язки на поверхні твердого тіла, позбавляють його певних ступенів вільності. Якщо ж процес установки заготовки відбудеться з певними похибками, то це автоматично відобразиться на оброблювальних поверхнях.

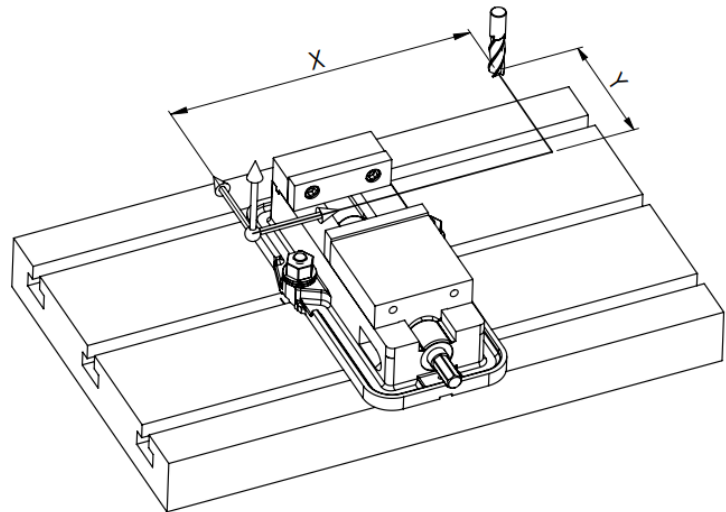


Рис.3.

У другому випадку навпаки, положення кожної заготовки фіксується контактним або безконтактним способом за допомогою координатно-вимірвальних пристроїв і вся інформація про параметри наладки зберігаються у пам'яті системи ЧПК верстата.

З іншого боку, конструктор при проектуванні оперує геометричними об'єктами, розміри та положення яких описуються координатами. Але оперувати поняттям «координата точки» в інженерії досить незручно, тому було прийнято поняття «розмір». По суті це векторна величина, яка представляє собою відстань від нульової точки певної системи координат (рис.4) до вимірюваного об'єкта.

Основна задача при установці заготовок – сумістити обидві системи координат: систему координат на верстаті (для налагодження інструменту) та систему координат, відносно якої задається оброблювана поверхня. Лише у такому випадку геометричні похибки просторового розташування оброблюваної поверхні будь рівними нулю.

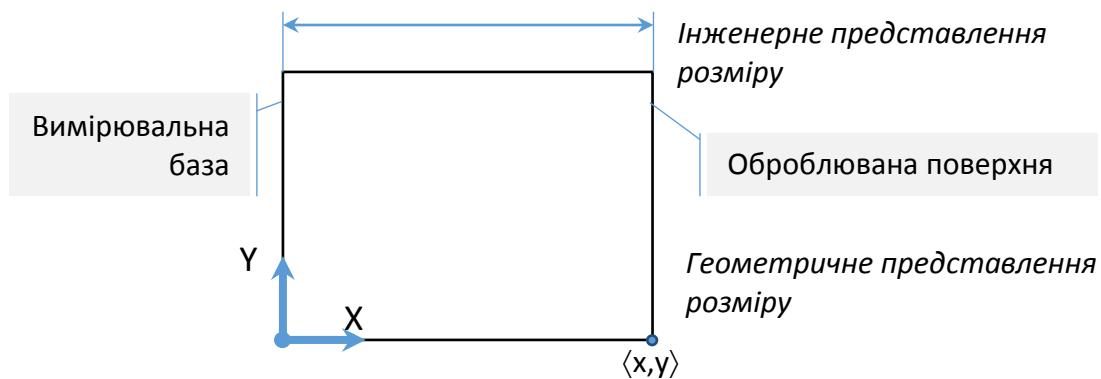


Рис.4. Способи представлення розмірів

3. Способи розрахунку похибок просторового розташування

3.1. Графічний (в 3D CAD системах)

Даний спосіб можливо реалізувати лише в 3D CAD системах і його зміст впливає безпосередньо з самого визначення похибки базування.

Розглянемо приклад операції свердління отвору з забезпеченням перпендикулярності відносно осі валу (рис.5).

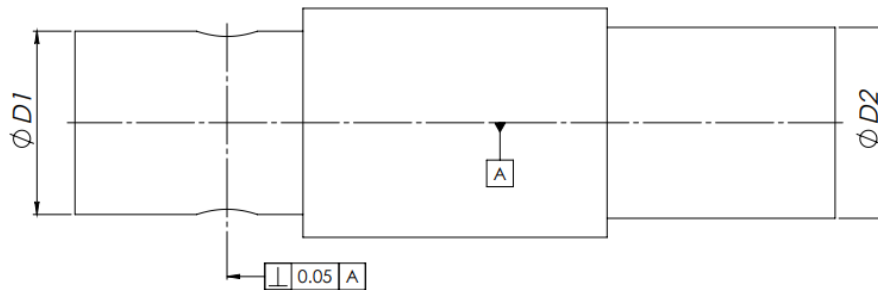


Рис.5 Приклад

В сучасних параметричних системах тривимірної графіки досить просто змоделювати два максимально можливих положення деталі у пристрої (в залежності від співвідношення допусків на розміри $D1$ та $D2$). Проекція на вісь X розміру – як відстані між точками перетину осі інструменту з поверхнею деталі у двох крайніх її положеннях і є шуканою похибкою (рис.6). Якщо це значення більше від 0.05 мм, то очевидно, що допуск перпендикулярності (за кресленням) на даній операції не буде забезпечено.

Таким чином, даний спосіб є універсальним, його реалізація повністю повторює реальний процес вимірювання деталі. Однак він вимагає додаткових побудов в 3D моделі деталі, повного відтворення елементів пристроїв і використання певного специфічного функціоналу систем тривимірної графіки (наприклад, механізму спряжень, конфігурацій, фізичної динаміки тощо).

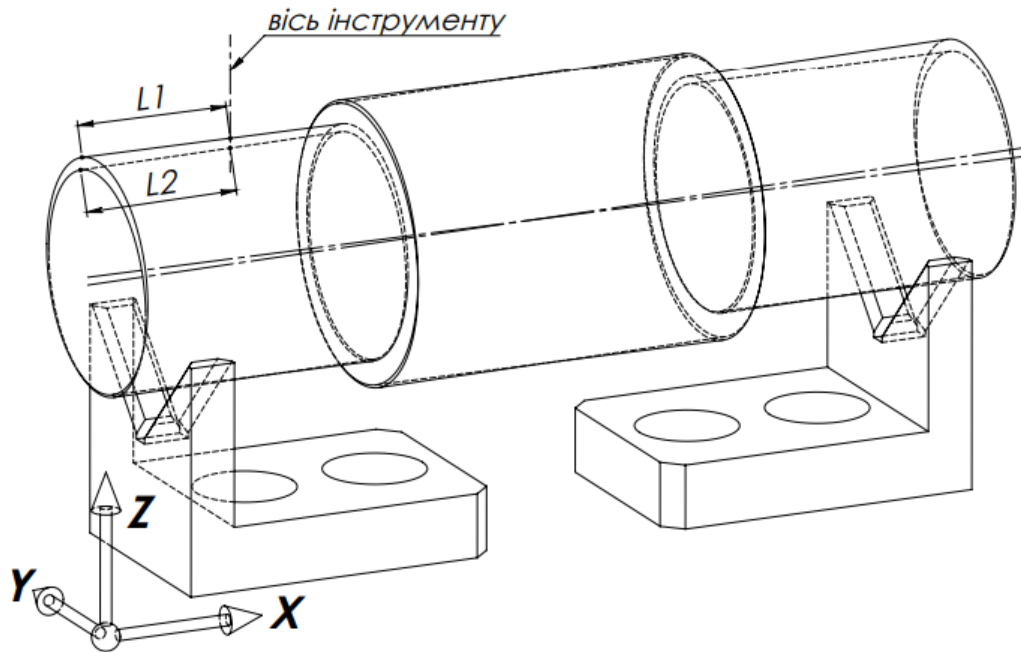


Рис. 6. Визначення похибок шляхом побудови в системах тривимірної графіки

3.2. Аналітичний

Даний спосіб немає переваг щодо точності обчислень у порівнянні з попереднім, і до того ж на практиці його можливо використовувати лише для обмеженого набору схем – з-за досить великої трудомісткості обчислень (наприклад, точні аналітичні залежності для обчислення похибок базування при установці валу на дві призми в довідковій літературі відсутні)

Розглянемо приклад установки на дві циліндричні внутрішні поверхні (рис.7).

Згідно ескізу, деталь має два отвори $12H12_0^{+0.180}$, відстань між центрами яких

$L = 150 \pm 0.05$ мм. При обробці паза у розмір B слід забезпечити допуск паралельності 0.1мм відносно бази A (в даному випадку – це площина симетрії деталі). При установці із-за зазорів має місце перекося та зміщення деталі. А оскільки траєкторія руху інструменту задана відносно базових поверхонь пристрою і залишається незмінною при обробці партії деталей (на схемі – горизонтальна вісь), то матиме місце похибка розташування оброблюваної поверхні.

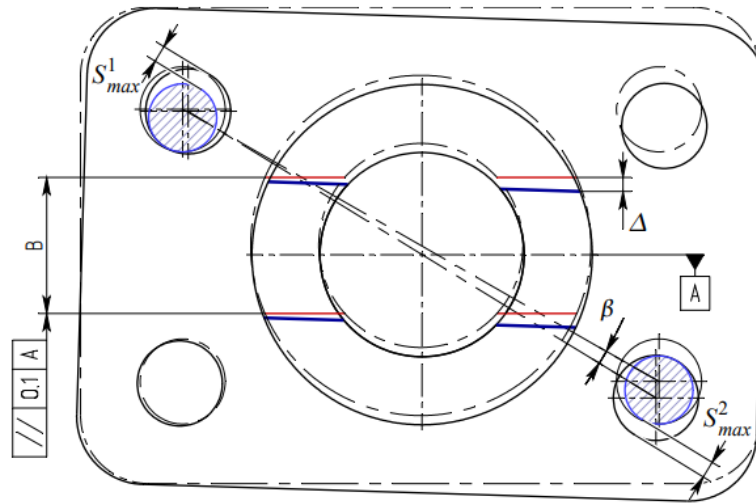


Рис.7. Розрахунок величини Δ відхилення від паралельності

Крок 1. Розрахунок максимально допустимого кута повороту заготовки.

З рисунка слідує, що допуск паралельності $\Delta = 0.1\text{мм}$ і ця величина буде тим меншою, чим ближче вісь повороту заготовки до геометричного центру оброблюваної поверхні (в даному випадку ця вісь співпадає з центром отвору).

Якщо дану схему розглянути більш детально (рис.8,а), то можна прийти до висновку, що відхилення $\Delta/2 = \max[\Delta_1, \Delta_2]$ і зміщення O_1O_2 вздовж горизонтальної осі не впливатиме на його значення. Тому, прийнявши відстань $O_1O_2 = 0$, отримуємо схему для визначення кута повороту β_{\max} (рис.8,б).

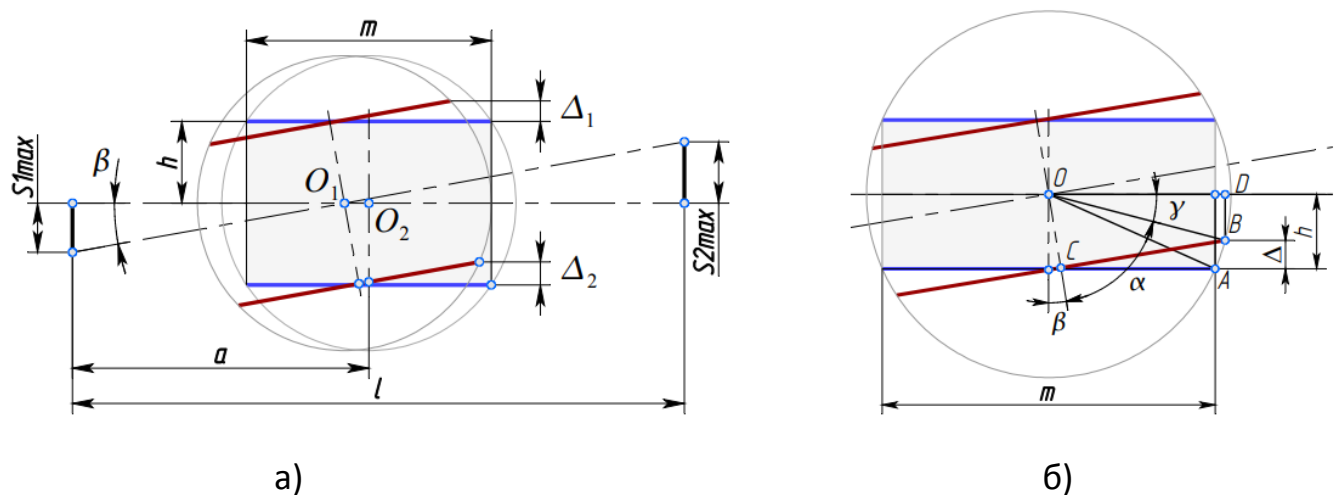


Рис.8. Розрахункова схема

$$\beta_{max} = 90^0 - \alpha - \gamma$$

$$tg\alpha = \frac{BC}{OC} = \frac{m/2}{h}$$

$$\sin \gamma = \frac{BD}{BO}$$

$$BD = h - \frac{\Delta}{2}$$

$$BO = R = \sqrt{h^2 + m^2/4}$$

Остаточно маємо:

$$\beta_{max} = 90^0 - \arctg\left(\frac{m/2}{h}\right) - \arcsin\left(\frac{h - \Delta/2}{\sqrt{h^2 + m^2/4}}\right)$$

Для прикладу, що розглядається, ця величина становитиме:

$$\begin{aligned} \beta_{max} &= 90^0 - \arctg\left(\frac{60/2}{20}\right) - \arcsin\left(\frac{20 - \frac{0.1}{2}}{\sqrt{20^2 + \frac{60^2}{4}}}\right) = 90^0 - 56.310^0 - 33.595^0 \\ &= 0.095^0 \end{aligned}$$

Крок 2. Розрахунок діаметрів установочних пальців

Далі, виходячи з формул відомих формул [1,стор.568] можна скласти систему нерівностей:

$$\begin{cases} S_{1min} + S_{2min} \geq T_h + T_f \\ \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2l} \leq tg\beta_{max} \end{cases}$$

Дана система буде містити щонайменше чотири невідомих (граничні значення діаметрів пальців в виразах для зазорів), тому для її вирішення слід прийняти одне з припущень:

- обидва установочні пальці повинні мати однакові діаметри та відхилення;
- діаметр одного з пальців обирається за конструктивними міркуваннями, а інший -- розраховується.

Крок 3. Розрахунок схеми установки на два циліндричні пальці однакового діаметру.

Для даного розрахунку маємо:

$$S_{1min} = D_{1min} - d_{max} = 12.0 - d_{max}$$

$$S_{2min} = D_{2min} - d_{max} = 12.0 - d_{max}$$

$$S_{1max} = D_{1max} - d_{min} = 12.18 - d_{min}$$

$$S_{2max} = D_{2max} - d_{min} = 12.18 - d_{min}$$

де d_{min} – мінімальний діаметр установочних пальців, а d_{max} – максимальний діаметр установочних пальців, відповідно.

Підставивши ці значення в систему нерівностей, отримаємо:

$$\begin{cases} d_{max} \leq \frac{D_{1min} + D_{2min} - (T_h + T_f)}{2} = \frac{12 + 12 - (0.1 + 0.02)}{2} = 11.940\text{мм} \\ d_{min} \geq \frac{D_{1max} + D_{2max} - 2 \cdot l \cdot \text{tg}\beta}{2} = \frac{12.18 + 12.18 - 2 \cdot 150 \cdot \text{tg}0.095^\circ}{2} = 11.930\text{мм} \end{cases}$$

Згідно рекомендацій [2] щодо посадок, для подальших розрахунків циліндричних пальців прийmemo $f7$. За таблицями допусків, визначений діапазон наближено відповідає розміру $\varnothing 11.96f7_{-0.034}^{0.016}$ для якого $d_{min} = 11.926$, $d_{max} = 11.944\text{мм}$.

Зауваження! Якщо значення $T_d = d_{max} - d_{min}$ дуже мале або ж взагалі від'ємне, то робимо висновок, що установка на два циліндричні пальці для заданих відхилень неможлива!

Крок 4. Розрахунок схеми установки на циліндричний та зрізаний пальці.

Прийmemo діаметр d_1 циліндричного пальця рівним $\varnothing 12f8_{-0.034}^{0.016}$ \$. Тоді нерівність переписеться як:

$$\begin{cases} S_{1min} + x_{min} \geq T_h + T_f \\ \frac{S_{1max} + S_{2max}}{2l} \leq tg\beta \end{cases}$$

З першої нерівності системи отримаємо:

$$\begin{cases} D_{1min} - d_{2max} + x_{min} \geq T_h + T_f \\ x_{min} = \sqrt{D_{2min}^2 - d_{2max}^2 + b^2} - b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 12.0 - d_{2max} + x_{min} \geq 0.1 + 0.02 \\ x_{min} = \sqrt{12^2 - d_{2max}^2 + 2^2} - 2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow d_{2max} \leq 11.982$$

З другої нерівності системи отримаємо:

$$S_{1max} + S_{2max} = D_{1max} - d_{1min} + D_{2max} - d_{2min} \leq 2 \cdot l \cdot tg\beta$$

$$\begin{aligned} d_{2min} &\geq D_{1max} + D_{2max} - d_{1min} - 2 \cdot l \cdot tg\beta \\ &= 12.18 + 12.18 - (12 - 0.043) - 2 \cdot 150 \cdot tg0.095^\circ = 11.903 \end{aligned}$$

Визначений діапазон наближено відповідає розміру $\varnothing 11.99 f_{10}^{-0.016}_{-0.086}$, для якого $d_{min} = 11.904$, $d_{max} = 11.974$ мм.

За визначеними значеннями d_{min} та d_{max} спеціально виготовляються (перешліфовуються) установочні пальці, які в подальшому і монтуються у пристрої.

У випадку, якщо закуплені заготовки пальців не будуть підлягати обробці, приведені вище проектні розрахунки не виконуються, а лише перевірочні – на відсутність заклинювання деталі при посадці.

4. Конструктивна реалізація базових елементів пристроїв

Установочні пальці (англ. Locating Pins)

Використовують для базування заготовок по отворах і площині або торцю (рис.9)



для запресування у корпус



для установки в базові плити



для установки по точним різьбовим отворам



з напрямним конусом



з ексцентриком, для налаштування міжцентрової відстані



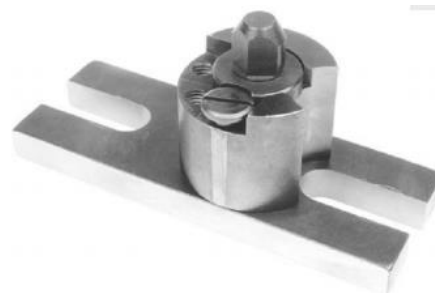
для установки в отвір під кутом



«плаваючий» палець



підпружинений палець



зі змінним перехідником

Рис. 9. Приклади реалізації установочних пальців

Слід пам'ятати, що установка на пальці виконується завжди із зазором пальцями (окрім варіанту з підпружиненим пальцем)! Тому завжди буде наявна похибка базування і її розрахунок з урахуванням одних лише лінійних зміщень буде неповним, оскільки практично завжди має місце поворот заготовок

Типові формули для розрахунку похибок при установці на два/три циліндричні або

зрізані пальці відсутні, оскільки вони будуть повністю залежати від розміру за кресленням, що забезпечується на операції.

Призми (англ. V-Blocks)

Звичайна призма (рис.10) використовується для установки коротких заготовок або як елемент збірної призми, призначеної для установки довгих заготовок. Переважна більшість конструкцій стандартизована, однак для операцій, що не потребують високої точності (зварювальні, монтажні тощо) призми можуть виготовлятися довільних форм та розмірів з V-подібного профілю (рис.10,г)

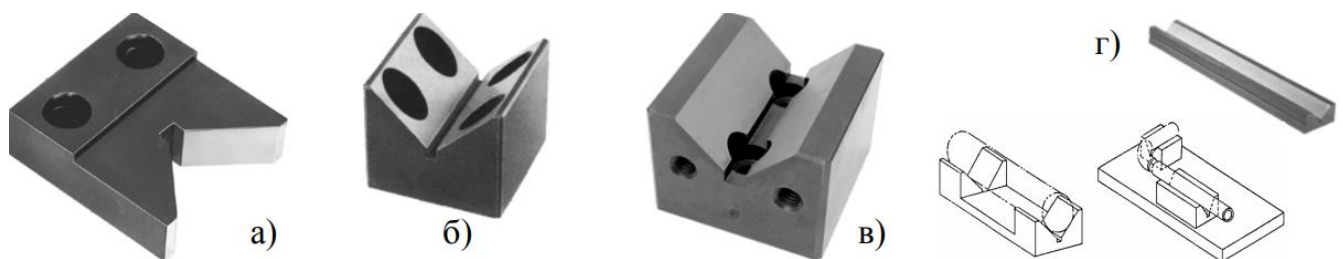


Рис.10. Приклади призми

*а) -- вертикальна; б) -- горизонтальна (міні); в) -- горизонтальна;
г) -- V-подібний профіль)*

«Стандартними» вважаються призми з кутами:

- 60° - при дії порівняно великих сил (осьових) на заготовку;
- 90° - найбільш вживані;
- 120° - при неповній циліндричній поверхні заготовки.

За способом установки призми поділяються на опорні (постійні), рухомі (регульовані) та самовстановлювані. Конструкції вибирають в залежності від стану баз, форми поверхні (вал з гладкою або ступінчастою поверхнею), маси і жорсткості заготовки. Так, наприклад, при установці по необробленій базі, а також при установці ступінчастих валів робочі поверхні роблять вузькими.

При збиранні пристроїв, призми попередньо орієнтують відносно корпусу за допомогою штифтів (по сумісно обробленим отворах), а потім скріплюють

гвинтами.

Похибка базування при установці в призму є функцією допуску на діаметр партії заготовок. Загальний випадок [3, стор. 29-33] можна представити з схеми установки приведеної на (рис.11), де суцільним колом показано контур заготовки, виконаної за найбільшим граничним розміром, а штриховим -- за найменшим розміром.

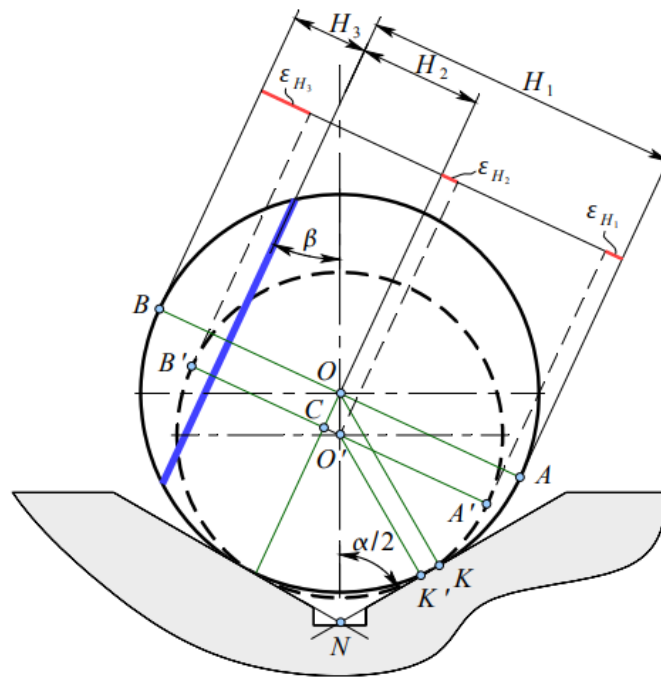


Рис.11. Розрахункова схема (для операції фрезерування лиски)

Основна мета розрахунків -- знайти похибки базування при можливій простановці розмірів H_1 , H_2 , H_3 до оброблюваної площини.

При виконанні розміру H_1 установочними базами служать твірні $K(K')$, а вимірювальною базою -- твірні $A(A')$. Проектуючи граничні положення вимірювальної бази, тобто відстань AA' на напрям виконуваного розміру, отримуємо відстань ϵ_{H_1} , яка і є похибкою базування для розміру H_1 .

$$\epsilon_{H_1} = OA - (O'A' = CO') = \frac{d_{max}}{2} - \left(\frac{d_{min}}{2} + CO' \right) = \frac{T_d}{2} - CO'$$

$$CO' = OO' \cdot \sin\beta$$

OO' визначається з трикутників ONK і $O'NK'$:

$$OO' = ON - O'N = \frac{d_{max}}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2} - \frac{d_{min}}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2} = \frac{T_d}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}$$

Підставляючи ці формули, отримуємо:

$$\varepsilon_{H1} = \frac{T_d}{2} \cdot \left(\frac{\sin\beta}{\sin \alpha/2} - 1 \right), \text{ для } \alpha/2 \leq \beta \leq 90^\circ$$

$$\varepsilon_{H1} = \frac{T_d}{2} \cdot \left(1 - \frac{\sin\beta}{\sin \alpha/2} \right), \text{ для } 0^\circ \leq \beta \leq \alpha/2$$

Дві приведені вище формули можна узагальнити:

$$\varepsilon_{H1} = \frac{T_d}{2} \cdot \left[\frac{\sin\beta}{\sin \alpha/2} - 1 \right],$$

Похибка базування для розміру H_2 рівна проекції відстані OO' , тобто відрізьку CO' , довжина якого вже була обчислена:

$$\varepsilon_{H1} = \frac{T_d}{2} \cdot \frac{\sin\beta}{\sin \alpha/2}$$

Аналогічно, проектуючи відстань BB' граничних положень вимірювальної бази на напрям розміру H_3 , отримуємо похибки базування ε_{H3} :

$$\varepsilon_{H3} = OB - CB' = \frac{d_{max}}{2} - CB'$$

$$CB' = O'B' - CO' = \frac{d_{min}}{2} - CO'$$

А оскільки CO' вже було визначено, то підставивши, отримуємо:

$$\varepsilon_{H3} = \frac{T_d}{2} \cdot \left(\frac{\sin\beta}{\sin \alpha/2} + 1 \right)$$

Виведення формул виконання без урахування похибки форми заготовки! В більш загальному випадку, до розрахункових значень (рис.12), отриманих по формулах

необхідно додати похибки положення вимірювальної бази внаслідок похибки форми заготовки (овальності, еліптичності, конусності, бочкоподібності і т.п.).

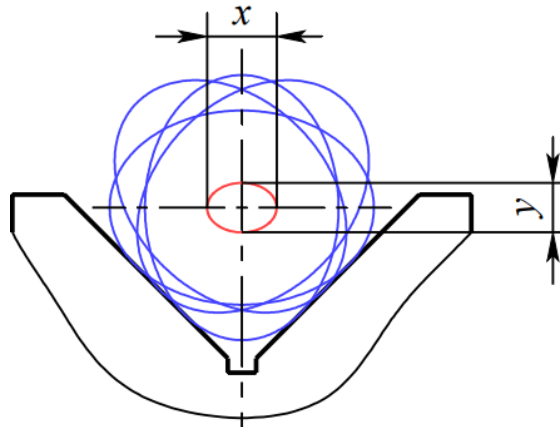


Рис.12. Вплив похибки форми заготовок на їх положення в призмі

Внаслідок еліптичності форми, траєкторія осі може приймати різне положення по висоті/ширині для різних кутів положень заготовок.

Якщо через a і b позначити велику і малу напівосі еліпса заготовки, то $x = \sqrt{2} \cdot (a - b)$ і тоді сумарна похибка базування буде рівна: $\varepsilon'_{H=\varepsilon_H} + x$.

У [3, стор.31-34] аналогічні розрахунки приводяться для заготовок з конусністю; викликані зміщенням штампів; відхиленням від круглості, викликані недоштамповкою та ін.

Приклад розрахунку похибки базування в призмі

Свердлильний пристрій [4, стор.4] призначено для виконання отвору, з дотриманням розміру H , на торці вала $\varnothing 50_{-0.2}$ мм. Конструктивно пристрої, виконані з розміщенням кондукторної втулки в положеннях 1, 2 або 3, будуть однакові, але похибка базування розміру H – різною (рис.13).

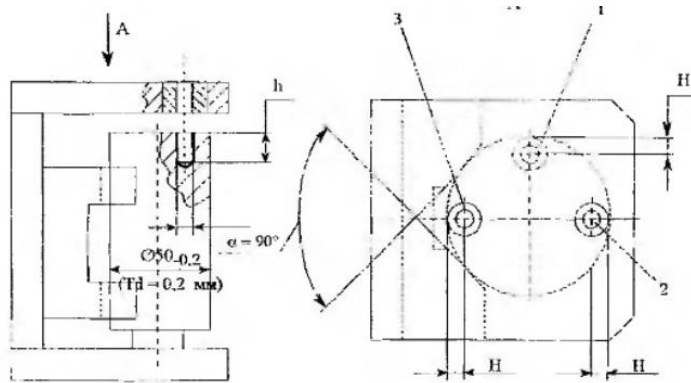


Рис.13. Свердильний пристрій

Для втулки в положенні 1:

$$\varepsilon_H = \frac{T_D}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ мм}$$

Для втулки в положенні 2:

$$\varepsilon_H = \frac{T_D}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2} \right) = \frac{0.2}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin 45^\circ} \right) = 0.24 \text{ мм}$$

Для втулки в положенні 3:

$$\varepsilon_H = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) = \frac{0.2}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0.04 \text{ мм}$$

Постійні опори (англ. Rest Buttons)

Установочні елементи пристроїв (опори) поділяються на основні і допоміжні. Основні - служать для базування заготовки і визначають її положення в робочій зоні верстата відносно ріжучого інструменту. Допоміжні опори застосовують не для базування, а з метою підвищення жорсткості і стійкості деталі в пристрої в процесі обробки.

Постійні опори використовують тільки у якості основних. Вони можуть виготовлятися у вигляді опорних штирів (Rest Buttons) або твердосплавних вставок (Grippers). В механообробці використовують їх наступні типи.

Опори з плоскою головою. Призначені для установки невеликих заготовок обробленими поверхнями з $Ra < 40$ (рис.14). Допустимий тиск на опору до 40МПа.



Рис.14. Приклади постійних опор з плоскою головою

*а) - опора для запресування в корпус; б) - опора для закручування в корпус;
в) - <<плаваюча>> опора; г) -- круга вставка (з полімеру та твердого сплаву)*

Опори з сферичною головою. Служать для установки невеликих заготовок необробленими поверхнями $Ra > 40$ (рис.15).

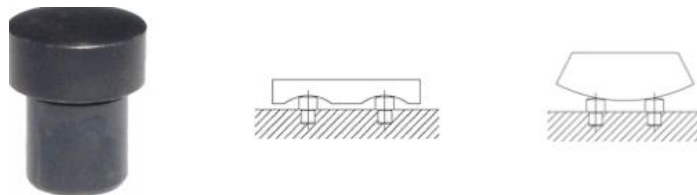


Рис.15. Приклад опори з сферичною головою

Опори з насіченою головою. Використовуються для установки невеликих заготовок необробленими поверхнями, частіше бічними (рис.16). Розташування опор на вертикальних стінках пристрою обумовлене необхідністю зручнішого і гарантованого видалення стружки. Допустиме навантаження на одну опору в 2 рази більше, ніж для опор з сферичною головою того ж діаметру.

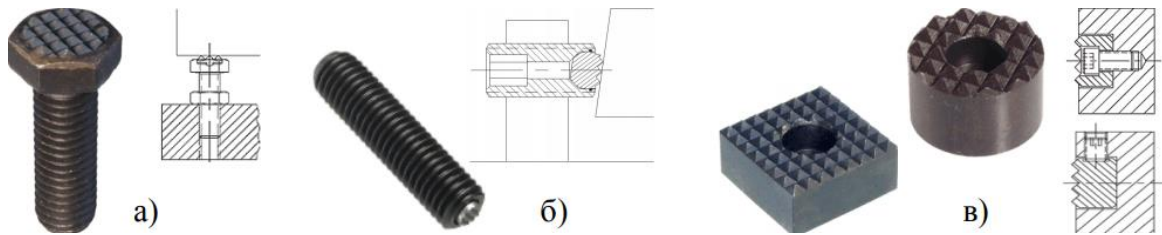


Рис.16. Приклад опор з насіченою головкою
 а) - гвинт з насіченою головкою; б) - <<плаваюча>> опора; в) - вставки з
 твердого сплаву

«Плаваючі» опори. Даний тип опор (рис.17) може використовуватись з будь-якою робочою поверхнею, а їх особливістю є самовстановлення. За цієї обставини вони використовуються при неможливості реалізувати фіксовані опорні точки контакту, а також при необроблених базових поверхнях заготовок.

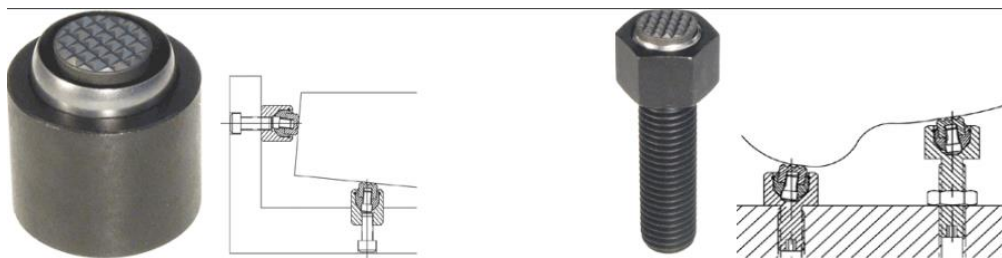


Рис.17. Приклад <<плаваючих>> опор

Рекомендації щодо встановлення постійних опор:

- Серед наведених вище конструкцій, перевагу слід віддавати опорам з різьбовими з'єднаннями, оскільки при інтенсивному зношенні вони допускають регулювання по висоті.
- Опорні штирі запресовують або безпосередньо в корпус пристрою, або в сталеві загартовані втулки, що забезпечує швидку заміну опор, які зносилися, без обробки отвору корпусу
- Отвори в корпусах пристроїв виконуються наскрізними, з метою забезпечення можливості демонтажу опор/втулок.
- Для литих корпусів під упор головок штирів передбачаються приливи, які

обробляються одночасно (для розташування їх в одній площині).

- При використанні зварних корпусів (з прокату), поверхні під упор головок штирів цекують.
- Опори з плоскими головками а також торці перехідних втулок після запресування одночасно шліфують.

Допоміжні опори (англ. Jacks)

Зазвичай, самовстановлювані опори мають один недолік -- вони не витримують великих навантажень. Тому з метою підвищення жорсткості та стійкості заготовки в процесі обробки використовують опори, що підводяться (рис.18). Оскільки ці опори не впливають на схему базування, їх кінцеве налагодження виконується після закріплення заготовки.



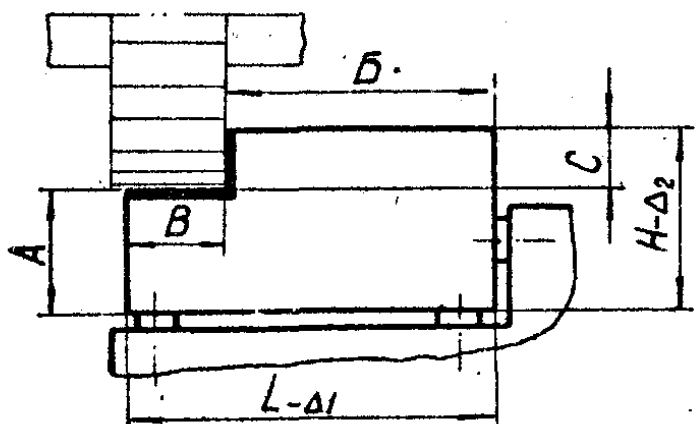
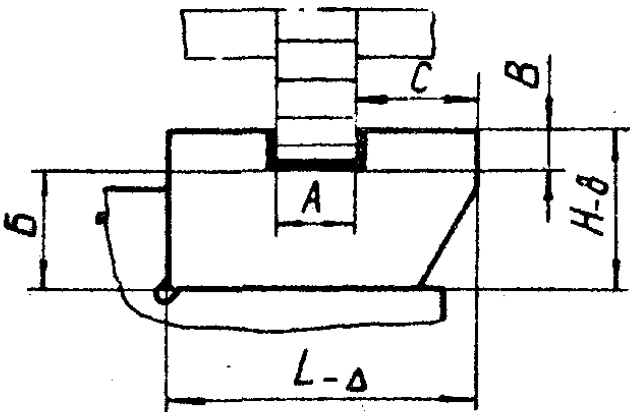
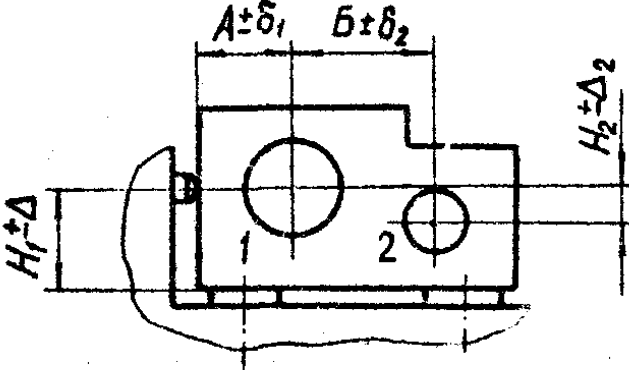
Рис.18. Приклади допоміжних опор

Література

1. Станочные приспособления: Справочник в 2 т. /Ред.совет Б.Н. Вардашкин (пред.) и др., -- М.:Машиностроение, 1984. - Т.1 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 595с., ил.
2. ГОСТ 16901-71 Пальцы установочные цилиндрические срезанные. Конструкция
3. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. -- 2-е изд., переаб. и доп. -- М.: Машиностроение, 1983. -- 277 с., ил.
4. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. Івано-Франківськ, 1999. ?????

ДОДАТКИ

Завдання для розрахунку похибки базування ϵ_b

Номер	Схема установки	Визначити
1	2	3
01		ϵ_{bA} ϵ_{bB} ϵ_{bC} ϵ_{bL}
02		ϵ_{bC} ϵ_{bB} ϵ_{bA} ϵ_{bL}
03	 <p data-bbox="332 1795 1079 1858">Отв. 1 і 2 оброблюють послідовно</p>	ϵ_{bH1} ϵ_{bH2} ϵ_{bA} ϵ_{bB}

1	2	3
04	<p>Technical drawing of a tapered cup-shaped part. Dimensions include: A (height of the top flange), B (width of the top flange), $B + \delta$ (width of the main body), $L - \Delta$ (total length), h (height of the bottom flange), and $H - \delta$ (total height).</p>	$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$
05	<p>Technical drawing of a stepped shaft with a central hole. Dimensions include: M (total length), E (length of the top section), δ (width of the central hole), A (width of the first step), C (width of the second step), B (width of the third step), $L - \Delta$ (total length), and $H - \delta$ (total height).</p>	$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$ $\epsilon_{\delta C}$ $\epsilon_{\delta E}$ $\epsilon_{\delta M}$
06	<p>Technical drawing of a cylindrical part with two holes. Dimensions include: A (total length), $C \pm \Delta_2$ (length of the first hole), $\delta \pm \Delta_3$ (length of the second hole), $\alpha + \delta$ (width of the left flange), $L - \Delta_1$ (total length), and B (width of the right flange).</p>	$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$ $\epsilon_{\delta C}$ $\epsilon_{\delta \delta}$
07	<p>Technical drawing of a stepped shaft with a central hole. Dimensions include: A (total length), B (width of the first step), C (width of the second step), $L - \Delta$ (total length), and $H - \delta$ (total height).</p>	$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$ $\epsilon_{\delta C}$ $\epsilon_{\delta C}$

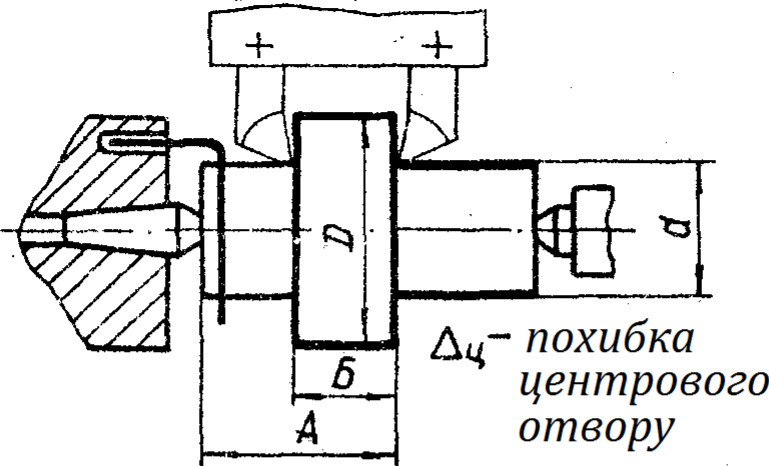
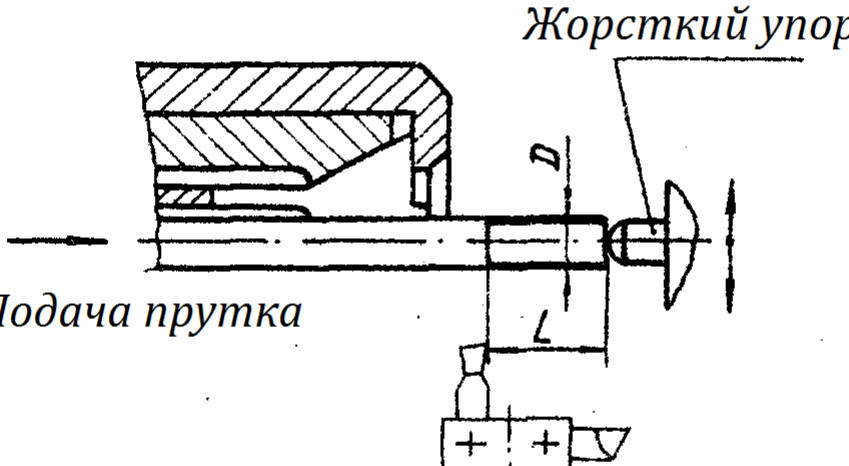
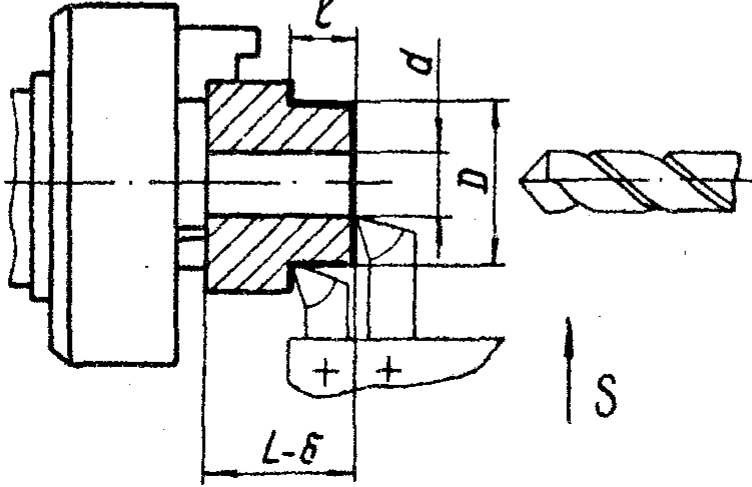
1	2	3
08		$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$
09		$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$ $\epsilon_{\delta C}$
10		$\epsilon_{\delta B}$ $\epsilon_{\delta C}$ $\epsilon_{\delta E}$

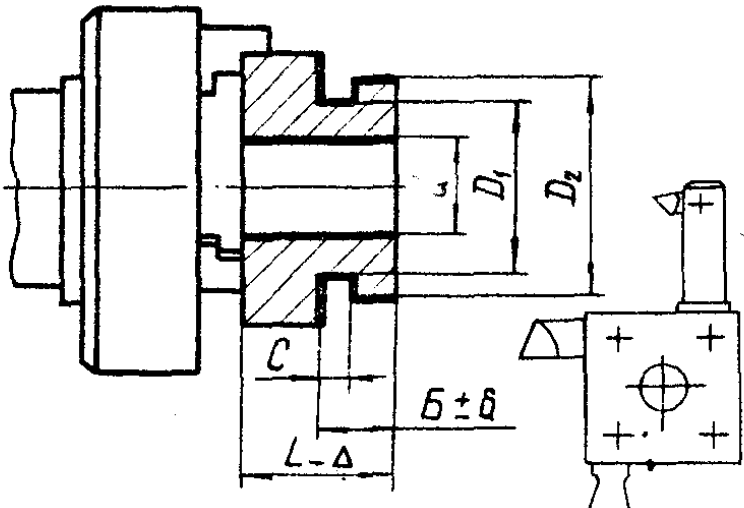
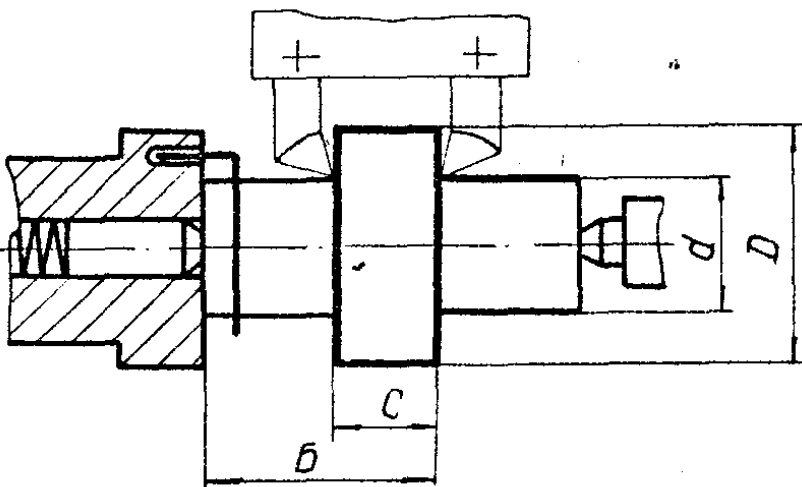
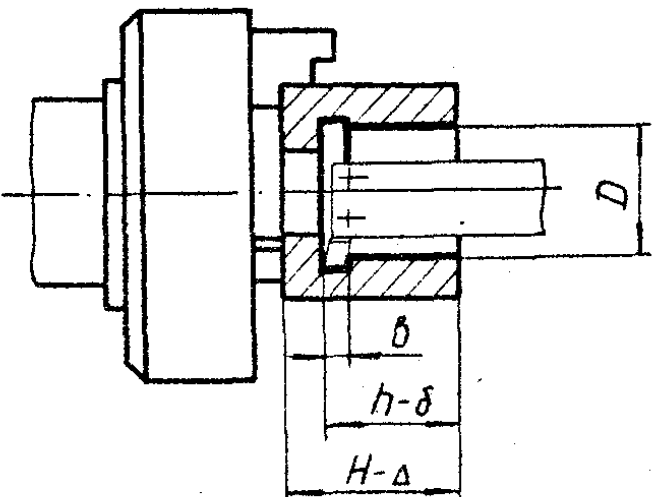
1	2	3
11		$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta h}$ $\epsilon_{\delta H}$
12		$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta h}$ $\epsilon_{\delta \delta}$
13		$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta e}$ $\epsilon_{\delta h}$

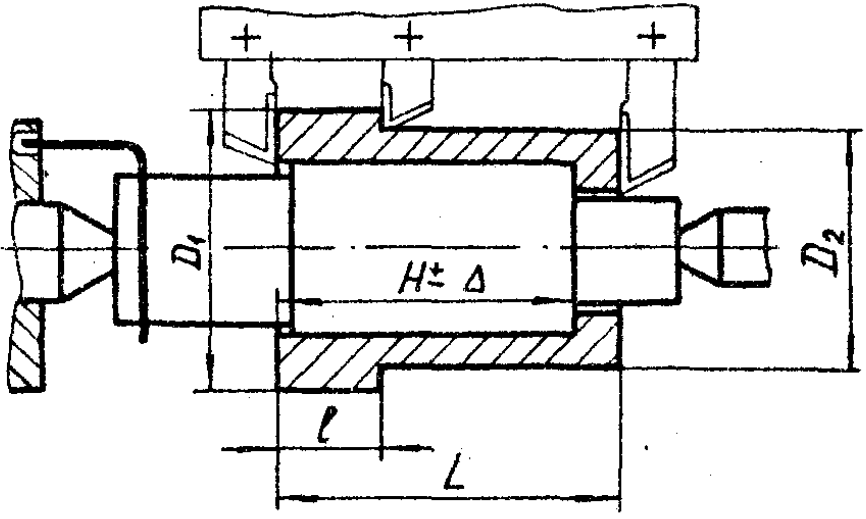
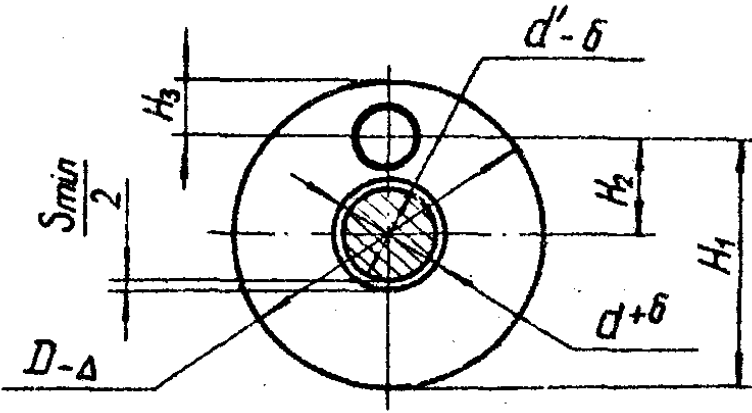
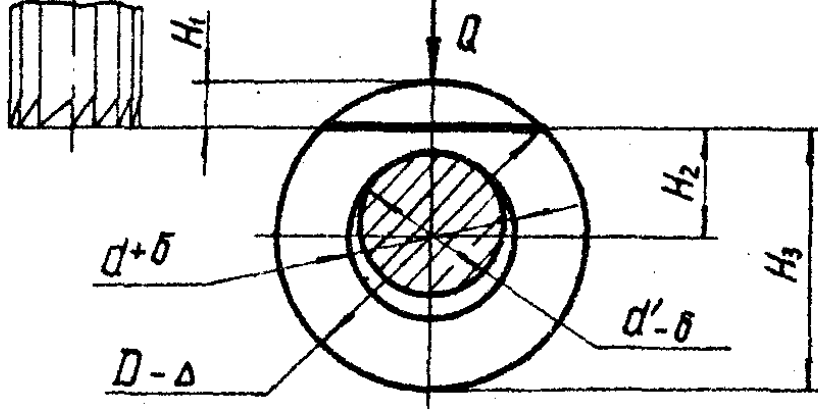
1	2	3
14		$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta h}$ $\epsilon_{\delta b}$
15		$\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$
16		$\epsilon_{\delta h}$

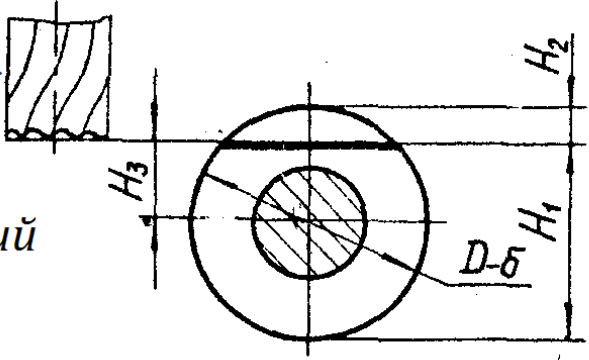
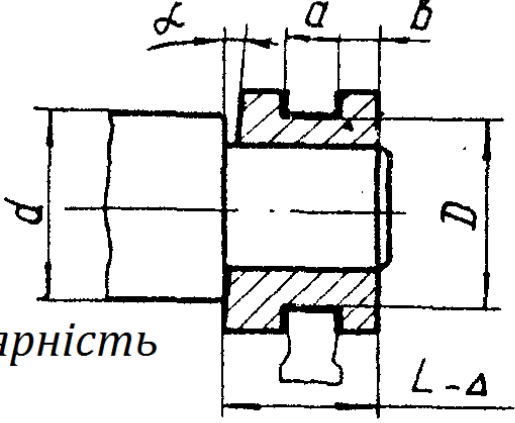
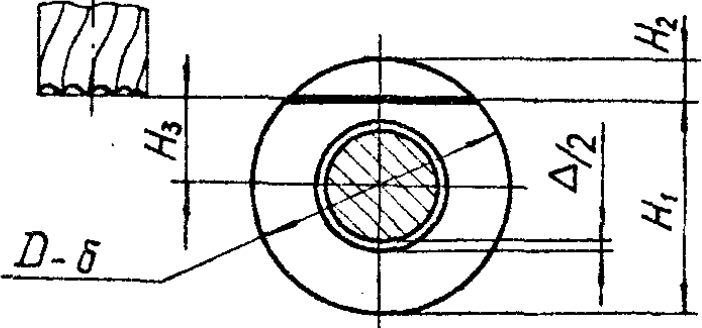
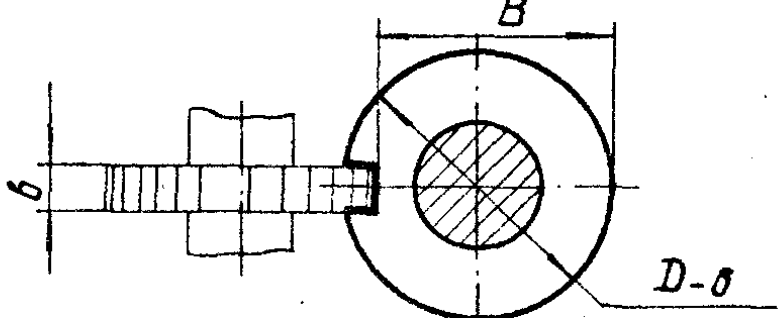
1	2	3
17		$\epsilon\delta h$ $\epsilon\delta a$ $\epsilon\delta b$ $\epsilon\delta H$
18		$\epsilon\delta h$ $\epsilon\delta H$
19		$\epsilon\delta h$ $\epsilon\delta H$ $\epsilon\delta b$ $\epsilon\delta c$

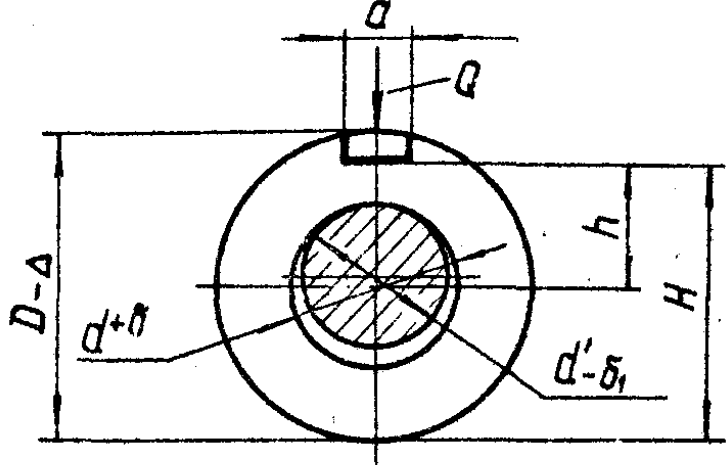
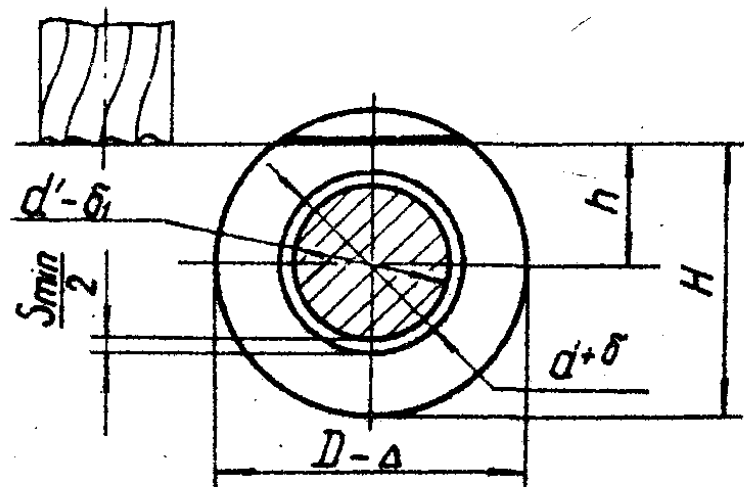
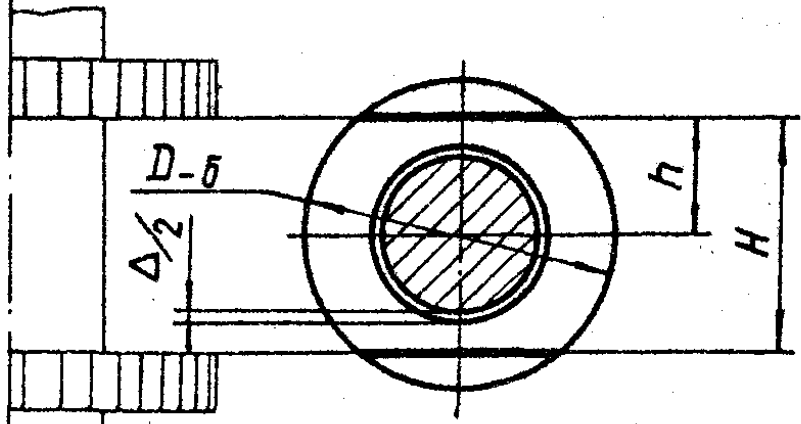
1	2	3
20		E _{бн}
21		E _{бн} E _{бн} E _{бб}
22		E _{ба} E _{бб} E _{бн} E _{бL}

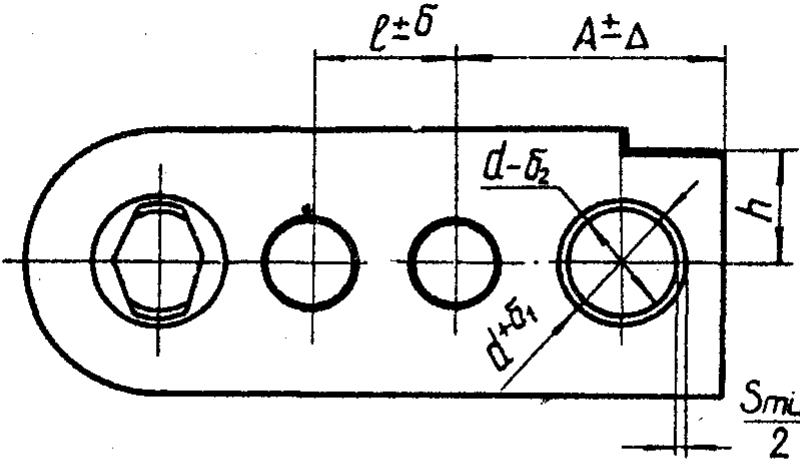
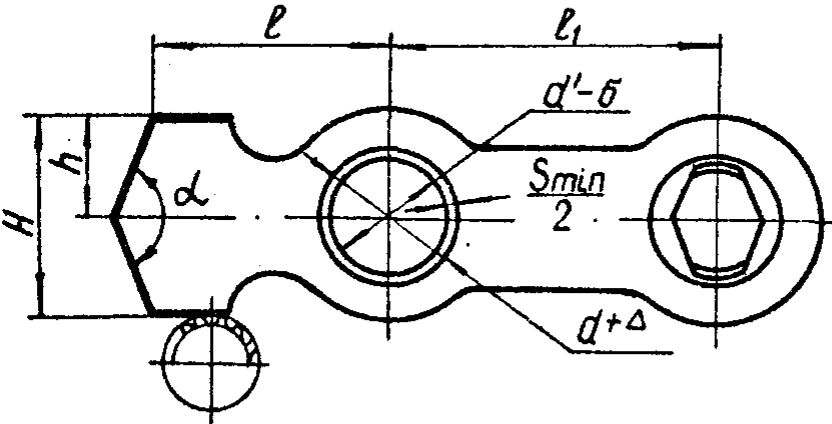
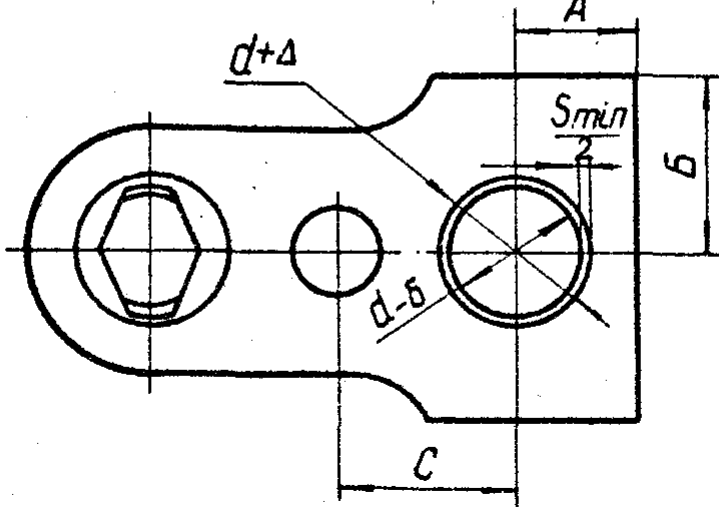
1	2	3
23	 <p>Δ_4 - похибка центрального отвору</p>	$\epsilon_{\delta d}$ $\epsilon_{\delta D}$ $\epsilon_{\delta A}$ $\epsilon_{\delta B}$
24	 <p>Жорсткий упор</p> <p>Подача прутка</p>	$\epsilon_{\delta D}$ $\epsilon_{\delta L}$
25	 <p>S</p>	$\epsilon_{\delta l}$ $\epsilon_{\delta d}$ $\epsilon_{\delta D}$

1	2	3
26		$\epsilon_{\delta d}$ $\epsilon_{\delta D_2}$ $\epsilon_{\delta b}$ $\epsilon_{\delta C}$
27		$\epsilon_{\delta d}$ $\epsilon_{\delta D}$ $\epsilon_{\delta c}$ $\epsilon_{\delta b}$
28		$\epsilon_{\delta D}$ $\epsilon_{\delta h}$ $\epsilon_{\delta b}$

1	2	3
29	 <p>Technical drawing of a shaft-hub assembly. The shaft has diameter D_1 and the hub has diameter D_2. The hub bore diameter is $H \pm \Delta$. The shaft length is l and the hub length is L. The hub has three keyways, each marked with a '+' sign.</p>	$\epsilon_{\delta D_1}$ $\epsilon_{\delta D_2}$ $\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta L}$
30	 <p>Technical drawing of a hole with diameter $D - \Delta$. It shows a hole with diameter $d + \delta$ and a hole with diameter $d' - \delta$. The hole is divided into three sections with heights H_1, H_2, and H_3. The minimum guaranteed clearance is $S_{min}/2$.</p> <p>S_{min} - мінімальний гарантований проміжок</p>	$\epsilon_{\delta H_1}$ $\epsilon_{\delta H_2}$ $\epsilon_{\delta H_3}$
31	 <p>Technical drawing of a hole with diameter $D - \Delta$. It shows a hole with diameter $d + \delta$ and a hole with diameter $d' - \delta$. The hole is divided into three sections with heights H_1, H_2, and H_3. A force Q is applied to the top section.</p> <p>Односторонній притиск заготовки силою Q</p>	$\epsilon_{\delta H_1}$ $\epsilon_{\delta H_2}$ $\epsilon_{\delta H_3}$

1	2	3
32	<p>Установка на жорсткий палець без проміжку</p> 	ϵ_{BH_1} ϵ_{BH_2} ϵ_{BH_3}
33	<p>Установка на оправку без проміжку. α - допуск на неперпендикулярність торця</p> 	ϵ_{Ba} ϵ_{Bb} ϵ_{Bd}
34	 <p>Δ - максимальний проміжок</p>	ϵ_{BH_1} ϵ_{BH_2} ϵ_{BH_3}
35	 <p>Установка на палець без проміжку</p>	ϵ_{Bb} ϵ_{Dd}

1	2	3
36	 <p data-bbox="284 682 1226 766"><i>Односторонній притиск заготовки силою Q</i></p>	$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta a}$
37	 <p data-bbox="284 1281 1226 1354">S_{min} - мінімальний гарантований проміжок</p>	$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta H}$
38	 <p data-bbox="284 1837 1226 1900">Δ - максимальний проміжок</p>	$\epsilon_{\delta H}$ $\epsilon_{\delta H}$

1	2	3
39	 <p>$l \pm \delta$ $A \pm \Delta$</p> <p>$d - \delta_2$</p> <p>$d + \delta_1$</p> <p>H</p> <p>$\frac{S_{min}}{2}$</p> <p><i>S_{min} – мінімальний гарантований проміжок</i></p>	<p>$\epsilon_{\delta H}$</p> <p>$\epsilon_{\delta A}$</p> <p>$\epsilon_{\delta \ell}$</p>
40	 <p>l l_1</p> <p>d</p> <p>$d' - \delta$</p> <p>$\frac{S_{min}}{2}$</p> <p>$d + \Delta$</p> <p>H</p> <p>h</p> <p><i>S_{min} – мінімальний гарантований проміжок</i></p>	<p>$\epsilon_{\delta H}$</p> <p>$\epsilon_{\delta h}$</p> <p>$\epsilon_{\delta \ell}$</p> <p>$\epsilon_{\delta \Delta}$</p>
41	 <p>$d + \Delta$</p> <p>$\frac{S_{min}}{2}$</p> <p>A</p> <p>B</p> <p>C</p> <p>$d - \delta$</p>	<p>$\epsilon_{\delta A}$</p> <p>$\epsilon_{\delta B}$</p> <p>$\epsilon_{\delta C}$</p>