ЛЕКЦІЯ 5

Тема: Поняття про похибки базування, закріплення та положення заготовки у пристрої.

План лекції 5

1 Загальні визначення про встановлення заготовок у пристроях.
2 Правило шести точок.
3 Сумарна похибка обробки.
4 Поняття та визначення похибок базування.
5 Похибка закріплення заготовки у пристрої.
6 Похибка положення заготовки в пристрої.

ЛЕКЦІЯ 6

Тема: Визначення похибок базування Розрахунок пристроїв на точність. Правила вибору технологічних баз.

План лекції 6

7 Приклади визначення похибок базування при встановленні заготовок у верстатному пристрої плоскою базовою поверхнею.
8 Розрахунок пристроїв на точність,
9 Правила вибору технологічних баз.

ЛЕКЦІЯ 5

1 Загальні визначення про встановлення заготовок у пристроях

У процесі обробки заготовки повинні займати цілком певне (однозначне) положення у верстатних пристроях.

Під встановленням заготовки пристрої розуміється процес її базування і закріплення за рахунок прикладення до заготовки сили і пари сил, що забезпечують у процесі обробки постійність положення заготовки, що досягнуте при базуванні.

Базуванням називають надання заготівці або виробу необхідного положення відносно обраної системи координат.

Технологічними базами називають поверхні, що використовують для визначення положення заготовки чи виробу в процесі виготовлення. При встановленні заготовки в пристрої за технологічну базу приймають реальні поверхні, що безпосередньо контактують з установочними елементами пристрою.

Положення заготовки в пристрої визначають її базові поверхні. Заготовки, що встановлюють у верстатних пристроях, мають різні базові поверхні за формою і видом.

Чорновими технологічними базами називають необроблені поверхні заготовки, які використовують для її встановлення в пристрої при обробці на першій операції, коли оброблених поверхонь ще немає.

Чистовими технологічними (остатніми) базами називають оброблені поверхні заготовки, що служать для встановлення її в пристрій для обробки на всіх наступних операціях.

Конструкторськими базами називають бази (поверхні), які використовують для визначення положення деталі у виробі чи вузлі. Ці бази необхідно в першу чергу використовувати для установки оброблюваної деталі в пристрою, тому що при цьому виходять менші похибки обробки. ***Конструкторські бази деталей, що оброблюються за призначенням бувають основні й допоміжні.***

Вимірювальними базами називають поверхні деталей, від яких роблять відлік розмірів при її обробці та контролі.

Кількість, геометричну форму і розташування опорних встановлювальних базових поверхонь слід вибирати так, щоб забезпечити визначене і незмінне положення оброблюваної деталі в пристрої відносно різального інструменту при механічній обробці.

2 Правило шести точок

З теоретичної механіки відомо, що тверде тіло у просторі має шість ступенів свободи (рис.1): три з яких пов'язані з переміщенням тіла уздовж трьох взаємно перпендикулярних осей координат ***Ox, Oy, Oz*** і три - з можливим його поворотом відносно цих осей.

При встановленні заготовки в пристрої кожен зі ступенів свободи пов'язується шляхом притискання деталі до відповідної нерухомої опорної точки (опорі) пристрою.

Кожна опорна точка позбавляє заготовку одного ступеня свободи, отже для позбавлення деталі всіх ступенів свободи необхідно, щоб у пристрої було шість нерухомих опорних точок (***правило шести точок***).

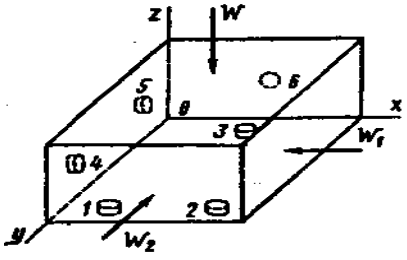


Рис.1 – Схема базування заготовки в пристрої по шести опорних точках

Опорні точки знаходяться в трьох взаємно перпендикулярних площинах: **точки 1, 2 і 3**, розташовані в площині ***XOY, позбавляють деталь трьох***

ступенів свободи - можливості переміщувати уздовж осі *OZ* і обертатися навколо осей *OX, OY*; **опорні точки *4* і *5***, розташовані в площині *ZOY*, ***позбавляють деталь двох ступенів свободи*** – можливості переміщувати уздовж осі *OX* і обертатися навколо осі *OZ*; **опорна точка *6***, розташована на площині XOZ, ***позбавляє деталь шостого ступеня свободи*** - можливості переміщувати уздовж осі *OY*. Сили затиску *W, W1, W2*, що діють у напрямках, перпендикулярних до трьох площин, притискають деталь до шести нерухомих опор.

Кількість нерухомих опорних точок (опор) у пристрої не повинне бути більше шести, тому що в іншому випадку створюється нестійке положення оброблюваної деталі в пристрої.

3 Сумарна похибка обробки

Сумарна похибка обробки при виконанні будь-якої операції механічної обробки складається з елементарних ***похибок встановлення заготовки, налагодження верстата і похибки обробки, що виникає в процесі виготовлення деталі***.

Похибка встановлення Еу - одна зі *складових сумарної похибки виконуваного розміру заготовки* - виникає при установці оброблюваної деталі в пристрої і складається:

- ***з похибки базування Еб,***
- ***похибки закріплення Ез,***
- ***похибки положення деталів пристрої Епр,*** яка залежить від неточності пристрою і визначається помилками виготовлення і складання його встановлювальних елементів і величини їхнього зношування при роботі.

Похибка налагоджування верстата Δн виникає при установці різального інструмента на розмір, а також внаслідок неточності копірів і упорів для автоматичного отримання заданих розмірів деталі.

Похибка обробки Δобр. виникає у процесі обробки деталі на верстаті, та визначається:

1) ***геометричною неточністю верстата;***

2) ***деформацією технологічної системи верстат - пристрій - інструмент - оброблювана деталь (ВПІД)*** під дією сил різання;

3) ***неточністю виготовлення і зносом різального інструмента і пристрою***;

4) ***температурними деформаціями технологічної системи***. Для одержання точних деталей сумарна похибка при обробці деталі на верстаті повинна бути меншою поля допуску ***б*** на заданий розмір деталі. Ця умова виражається нерівністю

$$Еу + Δн + Δобр. \leq б. \qquad (2.1)$$

4 Поняття про похибки базування та приклади їх визначення

Похибкою базування Еб називають різницю граничних відстаней ***вимірювальної бази*** відносно встановленого на заданий розмір заготовки різального інструмента.

Похибка базування Еб виникає, **коли встановлювальна технологічна база заготовки не співпадає з вимірювальною**. Величина похибки базування ***Еб*** **визначається** для заданого розміру, який одержується при відповідній схемі базування деталі в пристрої.

Приклад 1. На рис.2,*а* наведена схема встановлення призматичної заготовки у пристрої по **плоским базовим поверхням 1 та 5**. При такій схемі ***бічна (напрямна) технологічна база 1 заготовки*** одночасно є і ***вимірювальною базою для поверхні 3***.

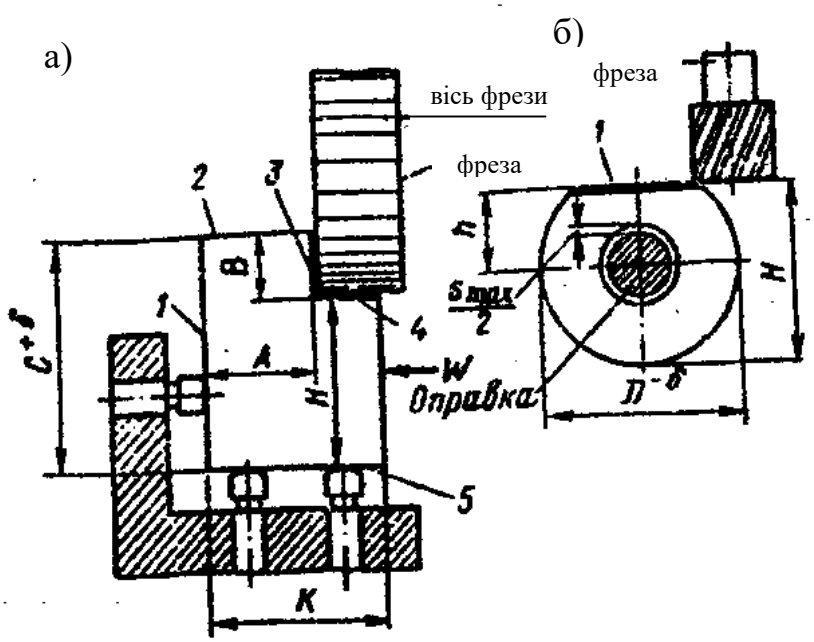


Рис.2 – Приклади встановлення заготовок у пристроях з похибками базування

Тому ***похибка базування розміру А- $Еб_A$ дорівнює нулю - $Еб_A$=0, так як технологічна і встановлювальна бази заготовки суміщені (співпадають).***

Нижня поверхня **5** заготовки є її ***технологічною встановлювальною базою, а вимірювальною базою розміру В для оброблюваної поверхні 4*** **служить поверхня 2.**

На попередньо налагодженому горизонтально-фрезерному верстаті вісь пазової фрези займає визначене (постійне) положення, ***а вимірювальна база розміру В – поверхня 2*** для партії оброблюваних заготовок буде змінювати своє положення від C_{max} до C_{min}, тобто в межах поля допуску ***б*** на розмір ***С***.

Тому ***похибка базування розміру В заготовки – $Еб_B$*** буде дорівнювати допуску ***б*** на розмір ***С*** між ***технологічною встановлювальною - 5 та вимірювальною - 2 базами***.

Схемі

Приклад 2. Циліндрична заготовка встановлена отвором на жорстку циліндричну оправку для оброблення лиски дисковою пазовою фрезою на горизонтально-фрезерному верстаті (див. рис.2, *б*).

При такій схемі встановлення між базовим отвором деталі і жорсткою оправкою виникає зазор, що приводить до неоднозначного положення заготовки тобто виникає похибка базування розмірів ***H і h*** (див. рис.2, *б*).

Вимірювальною базою для оброблюваної поверхні 1 є вісь жорсткої оправки. Внаслідок наявного зазору ***S*** між заготовкою та оправкою вісі заготовки і оправки не збігаються (не співпадають) ***і вимірювальна база - вісь заготовки*** може переміщуватися вгору і вниз; а при зміщенні заготовки тільки в одному напрямку утворюється максимальний зазор S_{max}, в межах якого буде змінюватися розмір ***h*** тому в цьому випадку ***похибка базування розміру h*** буде дорівнювати ***максимальномувикликає зазору*** S_{max} ***тобто -*** $Еб_h=S_{max}$.

5 Похибка закріплення заготовки у пристрої

Похибка закріплення Ез – це різниця між найбільшою і найменшою величинами проекцій зміщення вимірювальної бази в напрямку розміру, що витримується внаслідок деформації розмірів заготовки при прикладенні до неї сили закріплення ***W***. (див. рис.2).

Основна причина від якої виникає похибка закріплення розмірів заготовки - деформація технологічних базових поверхонь заготовки та стиків ланцюга, по якій передаються сили закріплення (механізований привід пристрою, проміжні ланки (деталі), корпус пристрою, встановлювальні та затискні деталі пристрою, заготовка).

Значний вплив на похибку закріплення ***Ез*** мають геометрична форма і габаритні розміри заготовки, точність і шорсткість технологічних базових поверхонь, конструкція пристрою і стабільність сил закріплення деталі.

Похибка закріплення Ез визначається для конкретних схем встановлення заготовок в пристрої дослідним шляхом.

При встановленні та механічній обробці заготовок у жорстких верстатних пристроях похибка закріплення незначно впливає на точність обробки та в розрахунках її можна не враховувати.

6 Похибка положення Епр заготовки в пристрої

Похибка положення Епр заготовки в пристрої відносно різального інструменту виникає: в результаті неточного виготовлення конструкції пристрою, неточності його складання та величини зношування встановлювальних елементів пристрою у процесі його експлуатації.

Неточності при виготовленні верстатного пристрою виникають ***від похибок виготовлення його деталей, складання і регулювання.*** Вимоги до точності виготовлення задаються в складальному кресленні пристрою та у технічних умовах.

На похибку встановлення заготовки в пристрої найбільший вплив має зношування його постійних встановлювальних опор.

Інші деталі, що входять до складу конструкції пристрою контролюються у встановлені терміни і при критичному зношуванні проходять відповідний вид ремонту.

В технології машинобудування прийнято такі позначення:

- $\varepsilon_{пр}$, похибка виготовлення *пристрою і зношування його оп*ор;

- $\varepsilon_б$ *похибка базування заготовки;*

- $\varepsilon_з$ *похибка закріплення заготовки в пристрої* .

Так як ці похибки $\varepsilon_б$, $\varepsilon_з$,$\varepsilon_{пр}$ відносяться до випадкових величин, а поля їх розсіювання підкоряються закону нормального розподілу (Гауса), то загальну похибку встановлення ε_y заготовки в пристрої розглядаємо як сумарне поле розсіювання виконуваного розміру заготовки, що визначається за формулою:

$$\varepsilon_y^{'} = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2}. \qquad (2.2)$$

При виборі способу встановлення заготовки в пристрої необхідно розрахувати для даного способу встановлення похибку $\varepsilon_y^{'}$ та порівняти її із припустимою ε_y. Для прийнятої схеми встановлення необхідно щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_y^{'} \leq \varepsilon_y \qquad (2.3)$$

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ
до лекції 5

1 Загальні визначення про встановлення заготовок у пристроях.
2 Правило шести точок.
3 Сумарна похибка обробки.
4 Поняття та визначення похибок базування.
5 Похибка закріплення заготовки у пристрої.
6 Похибка положення заготовки в пристрої

ЛЕКЦІЯ 6

Тема: Визначення похибок базування. Розрахунок пристроїв на точність. Правила вибору технологічних баз.

План лекції 6

7 Приклади визначення похибок базування при встановленні заготовок у верстатному пристрої плоскою базовою поверхнею.

8 Розрахунок пристроїв на точність,

9 Правила вибору технологічних баз.

Приклади визначення похибок базування при встановленні заготовок у верстатному пристрої плоскою базовою поверхнею

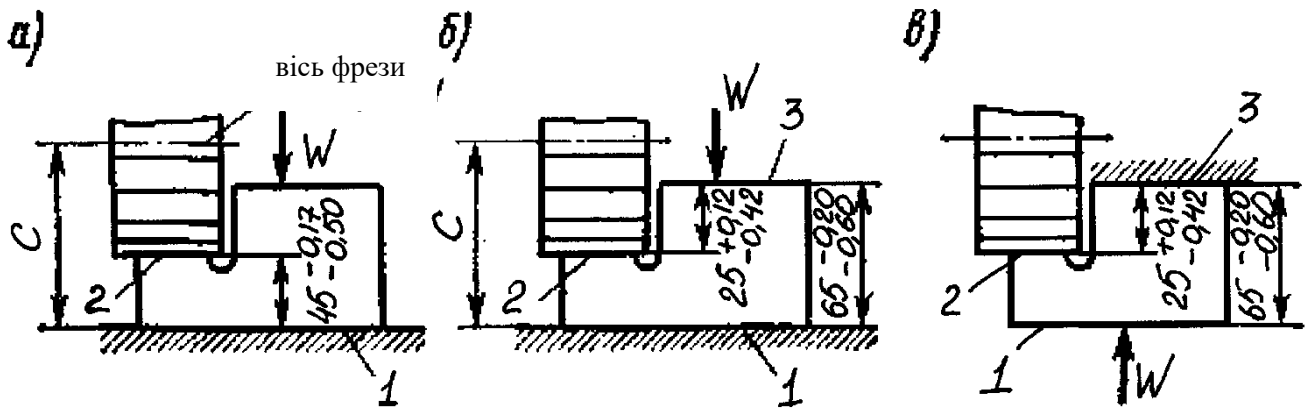


Рис. 3 - Схеми для визначення похибок базування при встановленні заготовок у пристрої плоскою базовою поверхнею.

Приклад 1. Встановлювальна технологічна база суміщена з вимірювальною базою.

Визначити похибку базування розміру $45^{-0,17}_{-0,50}$ *мм, що виникає при фрезеруванні поверхні 2 заготовки* див.рис.2.3, *а*.

Заготовка встановлена на постійні опори верстатного пристрою ***нижньою встановлювальною технологічною базою (площина 1),*** яка в свою чергу є і ***вимірювальною базою***, тому що пов'язана з оброблюваною поверхнею *2* розміром $45^{-0,17}_{-0,50}$ *мм*. ***Тобто у даному прикладі технологічна база заготовки1 суміщена з вимірювальною.***

У цьому випадку так як ***технологічна база заготовки (площина 1) суміщена з вимірювальною базою*** розміру $\mathbf{45^{-0,17}_{-0,50}}$ *мм заготовки*, то ***похибка базування*** $\varepsilon_б$ для цього розміру, що отриманий після фрезерування площини 2***, дорівнює нулю, тобто*** $(\varepsilon_б 45 = 0)$ та така похибка не входить у ***сумарну похибку обробки*** яка впливає на точність розміру $\mathbf{45^{-0,17}_{-0,50}}$мм. Закріплення заготовки виконується силою W.

Приклад 2. Встановлювальна технологічна база не суміщена з вимірювальною базою.

Визначити похибку базування для виконання розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$**.** (див. рис.3,*б*). (Запропонувати технологічні заходи по зменшенню похибки базування з метою забезпечення заданої точності отримання розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$).

Для отримання розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$*мм* (див. рис.3,*б*) заготовка також встановлена в пристрої ***нижньою встановлювальною технологічною базою (площина 1),*** але в цьому випадку ***вимірювальною базою*** розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$*мм* ***є верхня площина 3***, що безпосередньо зв'язана з ***оброблюваною поверхнею 2*** **розміром** $\mathbf{45^{+0,12}_{-0,42}}$***мм.***

У цьому випадку ***встановлювальна технологічна база (площина 1) не співпадає з вимірювальною базою*** розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$*мм*, **тобто в такому випадку виникає** ***похибка базування розміру*** - $\boldsymbol{\varepsilon_б 25}$, що визначається наступним шляхом.

Розмір *С* між віссю фрези і ***нижньою встановлювальною технологічною базовою площиною 1*** заготовки **є постійним**. Тобто положення осі фрези та її зовнішнього діаметра при обробці **поверхні *2*** залишається незмінним **відносно встановлювальної технологічної базової поверхні *1*.**

Вимірювальна база **розміру** $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$*мм* ***(поверхня 3)*** при фрезеруванні площини *2* у партії заготовок буде переміщуватися відносно зовнішнього діаметра фрези в межах поля допуску ***0,40 мм*** на **розмір** $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,60}}$*мм*, що отриманий на попередній операції.

У даному випадку допуск на розмір $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,60}}$мм між ***встановлювальною технологічною базовою поверхнею 1*** і ***вимірювальною базою*** (***поверхня 3) буде впливати на положення вимірювальної бази*** (***поверхня 3) та на величину розміру*** $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$***мм*** *при обробці партії заготовок в межах 0,40 мм.*

Визначаємо *похибку базування* розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$*мм* ***заготовки*** в пристрої яка складає - $\boldsymbol{\varepsilon_{б25} = 0,40}$**мм**. Похибка базування $\boldsymbol{\varepsilon_{б25}}$ входить у сумарну похибку розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$мм, що отриманий при даному способі встановлення оброблюваної деталі в пристрої.

Отже на величину похибки налагодження верстата та обробку залишається мала величина яку буде важко отримати при налагодженні верстата:

0,54-0,40 = 0,14мм.

Щоб забезпечити **точність поверхні *2 заготовки***, необхідно усунути або зменшити похибку базування розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$, встановивши оброблювану деталь так, як показано на рис.3 *в,* або змінити допуски на розміри $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$ і $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,60}}$**мм**. Оскільки встановлювати заготовку так як показано на рис.3, *в* незручн, а технолог не може без дозволу конструктора збільшити допуск на розмір $25^{+0,12}_{-0,42}$мм, то залишається одна можливість – зменшити величину

допуску **на розмір** $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,60}}$**мм** і, отже, таким чином зменшити похибку базування розміру $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$.

Новий зменшений допуск на розмір $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,60}}$**мм** можна знайти з рівняння:

$$\boldsymbol{\delta_{65} = \varepsilon_б = \delta_{25} - \Delta,} \qquad \textbf{(2.4)}$$

де $\boldsymbol{\delta_{65}}$ **і** $\boldsymbol{\delta_{25}}$ – допуски на розміри **65 і 25мм**;

$\boldsymbol{\Delta}$ – сумарна похибка (без урахування похибки базування), що визначається для розміру **25мм** із таблиць середньої економічної точності обробки поверхонь деталей.

Знову прийнятий допуск на **розмір 65м**м технолог проставляє на ескізі заготовки і видає робітникові **для фрезерування площини 1** на попередній операції. Наприклад, при сумарній похибці $\boldsymbol{\Delta = 0,2}$**мм, новий** ***допуск на розмір*** **65мм складе:**

$$\boldsymbol{\delta_{65} = \delta_{25} - \Delta = 0,54 - 0,2 = 0,34}\ \boldsymbol{мм}.$$

Отже на операційному ескізі оброблюваної деталі повинні бути проставлені ***розміри з допусками*** $\mathbf{25^{+0,12}_{-0,42}}$ ***і*** $\mathbf{65^{-0,20}_{-0,54}}$***мм***.($\boldsymbol{\delta_{25} = 0.54\ мм, \delta_{65} = 0,34}$)

8 Розрахунок пристроїв на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної деталі при конструюванні пристрою необхідно вибрати таку схему базування, при якій буде дотримана умова:

$$\varepsilon_б^{'} \le \varepsilon_б, \qquad (2.5)$$

де $\varepsilon_б^{'}$ – дійсне значення похибки базування заготовки в пристрої;

$\varepsilon_б$ – допустиме значення похибки базування заготовки в пристрої.

Допустиме значення похибок базування заготовки в пристрої $\boldsymbol{\varepsilon_б}$ орієнтовно розраховують за формулою

$$\varepsilon_б = \delta - \Delta, \qquad (2.6)$$

де δ – допуск розміру, що витримується ;

Δ – похибка обробки, що може бути одержана при виконанні даної операції.

При відсутності обґрунтованих даних про точність обробки, одержаної при даній операції, може прийматися середньоекономічна точність обробки.

Дійсне значення похибок базування заготовки в пристрої $\varepsilon_б'$ визначають з геометричних зв'язків, властивих схемі базування. Формули розрахунку $\varepsilon_б^{'}$ для найбільш частих схем базування наводяться в довідкових даних.

Розрахункова сумарна похибка виготовлення пристрою $\varepsilon_{пр}$ визначається за формулою:

$$\varepsilon_{пр} \leq \delta - (k_1 \cdot \varepsilon'_б + \varepsilon_y + k_2 \cdot \Delta), \quad (2.7)$$

де δ – допуск на розмір оброблюваної деталі;
k_1 – коефіцієнт, рівний 0.8 – 0.85;
k_2 – коефіцієнт, рівний 0.6 – 1.0;
Δ – похибка обробки на даній операції;
ε_y – похибка установки.

Похибка установки ε_y – це зміщення заготовки при закріпленні. Вона залежить від типу пристрою і, головним чином, від характеру закріплення і не залежить від схеми базування і методу обробки. Значення похибки базування $\varepsilon_б$ можна вибрати з довідників.

Визначивши похибку базування $\varepsilon'_б$ і знайшовши по таблицях похибку установки ε_y деталі і точність обробки Δ, розраховуємо сумарну похибку пристрою $\varepsilon_{пр}$, яку потім розподіляють по окремим складовим ланкам розмірного ланцюга

$$\varepsilon_{пр} = \sum \delta_в + \delta_y + \delta_з + \delta_п, \quad (2.8)$$

де $\delta_в$ – похибка виготовлення деталей пристрою;
δ_y – похибка установки пристрою на верстаті;
$\delta_з$ – похибка внаслідок конструктивних зазорів, необхідних для посадки на встановлювальні елементи пристрою;
$\delta_п$ – похибка чи перекіс зсуву інструмента, що виникає через неточність виготовлення напрямних елементів пристрою, якщо напрямні елементи відсутні, похибка $\delta_и$ не враховується.

9 Правила вибору технологічних баз

З метою зменшення похибок базування та забезпечення заданої точності обробки необхідно керуватися наступними правилами вибору технологічних баз:

1. ***Для деталей, що не обробляються повністю, за чорнові технологічні бази слід приймати поверхні, що не підлягають обробці***. При наявності декількох необробних поверхонь за чорнову технологічну базу треба приймати ту з них, що повинна мати найменший зсув.

2. ***При обробці деталей, поверхні яких оброблюються повністю - чорновою технологічною базою повинна служити поверхня, що має найменший припуск.*** У цьому разі буде найбільша гарантія того, що не вийде браку через нестачу припуску на яку-небудь поверхню, тому що поверхні з

найменшими припусками будуть співвісні з поверхнями, прийнятими за бази при подальшій обробці.

3. ***Поверхні, обрані для чорнових технологічних баз, повинні бути по можливості найбільш рівними і незміщеними***. Це ж повинно бути враховане при виготовленні заготовок***. Призначення чорнової бази треба розглядати тільки як засіб для одержання першої чистової бази. Повторно одержати по чорновій базі положення оброблюваної деталі, однакове з першою установкою, неможливо, тому повторна установка по чорновій базі неприпустима. Наступна установка заготовки повинна виконуватися по чистовій технологічній базі***.

4. ***В якості чистових баз треба застосовувати в першу чергу конструкторські бази і переходити на технологічні бази слід тільки при повній відсутності можливості обмежитися конструкторськими базами***.

5. ***При виборі баз необхідно виконувати умову єдності технологічних баз, яка полягає в тому, щоб максимальну кількість поверхонь заготовки обробляти при установці на одні і ті самі технологічні базові поверхні***. При наявності у деталях декількох поверхонь для чистової бази необхідно вибрати поверхню з меншим допуском.

6. ***При виборі баз необхідно виконувати умову суміщення баз – при цьому необхідно суміщати встановлювальну технологічну і вимірювальну бази, так як при цьому виключається похибка базування***.

7. ***Обрані встановлювальні технологічні бази повинні забезпечити відсутність деформацій деталі, що можуть бути викликані дією сили затискання або сил різання, а також простоту конструкції і мінімальну собівартість виготовлення пристрою***.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ
до лекції 6

1 Приклади визначення похибок базування при встановленні заготовок у верстатному пристрої плоскою базовою поверхнею.
2 Розрахунок пристроїв на точність,
3 Правила вибору технологічних баз.