

УДК.621.867

І.Гевко, канд. Техн. Наук; І.Стойко

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя,
Відкрите акціонерне товариство “Тернопільський комбайновий завод”

ОСОБЛИВОСТІ БАЗУВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ВІСЕЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ТРЬОХ ЦЕНТРАХ

Подано методологію базування криволінійних вісей транспортно-технологічних систем на трьох центрах і діаграму визначення похибки базування при її встановленні в перпендикулярні симетричні центри.

Умовні позначення

e_i	- похибка базування;
a	- відстань між центрами на висоті;
L	- відстань між центрами на довжині;
Z_{1min}	- мінімальний припуск на оброблення при першому переході;
Rz_{i-1}	- шорсткість поверхні при обробленні на попередньому переході;
T_{i-1}	- величина дефектного шару матеріалу;
$K_{зм}$	- коефіцієнт зміщення;
α	- кут базування;
β	- кут центрального отвору;
α'	- справжній кут базування;
$\Delta\alpha$	- похибка кута базування;
γ	- кут перегину вісі;
$\Delta\gamma$	- похибка кута перегину вісі;
$\Delta\alpha$	- похибка центрування отворів;
ΔD	- допуск центрального отвору;
$\Delta_{сп}$	- похибка виконання спорядження.

Транспортно-технологічні системи машин є невід'ємною частиною автоматизованого технологічного процесу, який складається з міжопераційних транспортувань заготовок виробу від одного робочого місця до іншого, створюючи розгалужений потік заготовок через технологічну систему. В багатьох випадках базовими деталями транспортно-технологічних систем є криволінійні вісі.

Основною характеристикою технологічного процесу виготовлення криволінійних або ламаних осей є обертання їх в процесі оброблення з застосуванням токарного, шліфувального і іншого устаткування.

Недостатня технологічність виготовлення криволінійних вісей зумовлена тим, що в даного типу деталях відсутні поверхні для виконання співвісних центрових отворів, що не дозволяє застосувати типову технологію їх оброблення в співвісних центрах.

Розглянемо три методи базування вказаних деталей в трьох центрах, які дозволяють провести орієнтування деталей для їх оброблення з обмеженням всіх шести степеней вільності деталі в просторі.

Одним із методів установлення деталей в технологічних пристроях є метод базування в трьох центрах із застосуванням паралельно зміщеного і кутового центрів (рис. 1), які виконуються в технологічному виступі на зовнішній поверхні згину деталі.

Характерною ознакою даної схеми базування є та, що вісь установлення деталі не співпадає з віссю її обертання під час оброблення і розміщені між собою під кутом. В даному випадку кожна поверхня оброблення має свій ексцентриситет E до вісі установлення і похибка базування зростає в прямій залежності від кінця деталі до її середини і залежить від цілого ряду факторів, векторне направлення похибки яких є довільним.

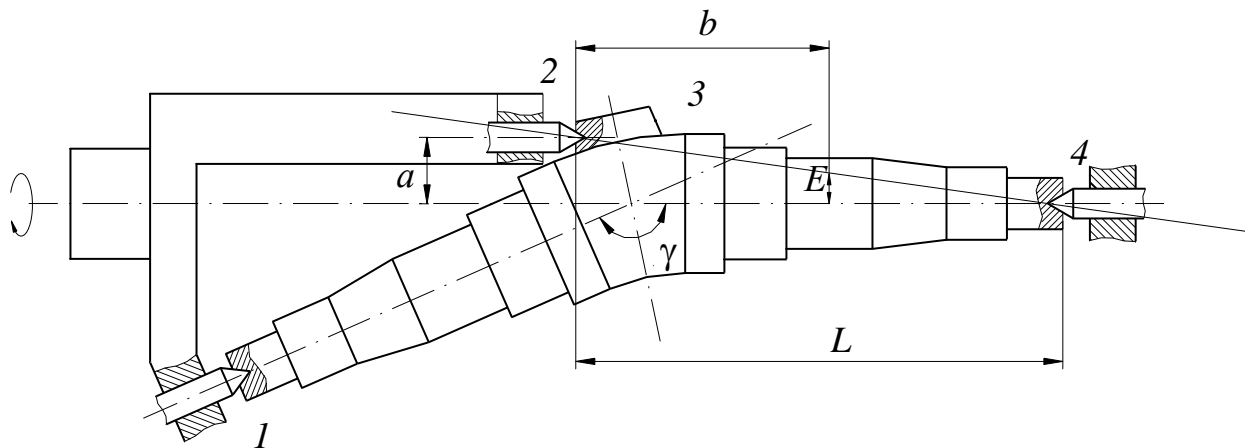


Рис. 1. Базування криволінійної вісі на паралельно зміщений і кутовий центри.

Для оброблення криволінійної вісі у цьому випадку необхідно підготувати чотири центрових отвори. Один бік обробляється на центрових отворах 1-2-4, а другий - на центрових отворах 4-3-1. Центр з правого боку (4 або 1) завжди має бути підвідним і належить задній бабці верстата. Один з центрів лівого боку базування має бути жорстким, а другий - підвідним. Початково виставляти центри необхідно на еталонній деталі.

Аналітично-експериментальними дослідженнями [1] встановлено, що при даній схемі базування похибку базування можна обчислити за формулою:

$$e_i = \frac{a}{L} \cdot (L - b) \cdot K_{зм}, \quad (1)$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт похибки базування у зміщених центрах, який для різних випадків становить:

$K_{зм} = 0,007...0,01$ - при центруванні на універсальному обладнанні;

$K_{зм} = 0,004...0,006$ - при центруванні на верстатах типу "оброблювальний центр".

Для визначення точності отриманого кута криволінійної вісі за даною схемою базування умовно прирівнюємо сумарну різновекторну величину похибки базування e_i до зміщення одного з центрів, а інші зміщення - до нуля. Розрахункова схема матиме вигляд (рис. 2).

Із формули (1) видно, що максимальною похибка базування буде при $b = 0$, тобто

$$e_1 = a \cdot K_{зм} \quad (2)$$

Величина кута α дорівнює:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{L} \quad \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{L} \right) \quad (3)$$

$$\frac{a}{x} = \sin \alpha, \quad x = \frac{a}{\sin \alpha} \quad (4)$$

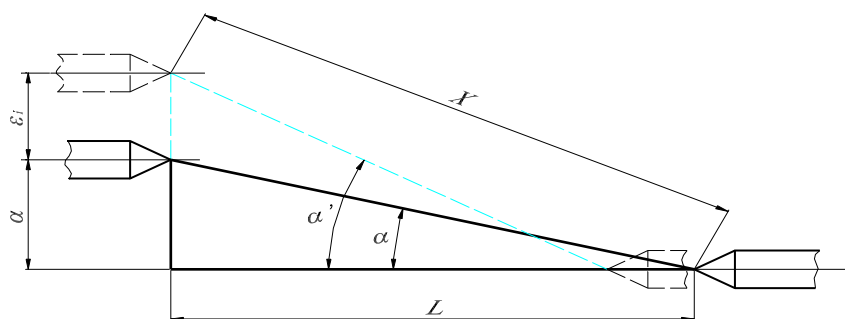


Рис.2. Розрахункова схема визначення допуску кута криволінійної вісі при базуванні на паралельно зміщений кутовий центри.

Справжня величина кута базування α' з урахуванням (2), (4):

$$\sin \alpha' = \frac{a + e_i}{x} = \frac{a(1 + K_{зм})}{a} \cdot \sin \alpha = (1 + K_{зм}) \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Згідно з [1] максимальне значення $K_{зм} = 0,01$, підставимо у формулу (5)

∴

$$\sin \alpha' = 1,01 \sin \alpha \quad \text{і} \quad \alpha' = \operatorname{arcsin} (1,01 \sin \alpha)$$

Похибка Δ_α кута α дорівнює різниці $\Delta_\alpha = \pm(\alpha' - \alpha)$.

Максимальна похибка кута вісі γ при одноразовому обробленні (точіння чорнове і чистове на одному верстаті) з урахуванням перевстановлення для оброблення двох кінців деталі та (3) і (5):

$$\Delta_\gamma = \pm 2 \Delta_\alpha = \pm 2(\alpha' - \alpha) = \pm 2 \left[\operatorname{arcsin} (1,01 \sin \alpha) - \operatorname{arctg} \frac{a}{L} \right] \quad (7)$$

При попередньому і чистовому обробленні (точіння і шліфування з двох установок деталі) з умови векторної суми похибок при двох установленнях деталі:

$$\Delta_\gamma = \pm 2\sqrt{2} \Delta_\alpha = \pm 2\sqrt{2} \left[\operatorname{arcsin} (1,01 \sin \alpha) - \operatorname{arctg} \frac{a}{L} \right] \quad (8)$$

Другою схемою базування криволінійних вісей є базування у перпендикулярно розміщених центрах (рис. 3).

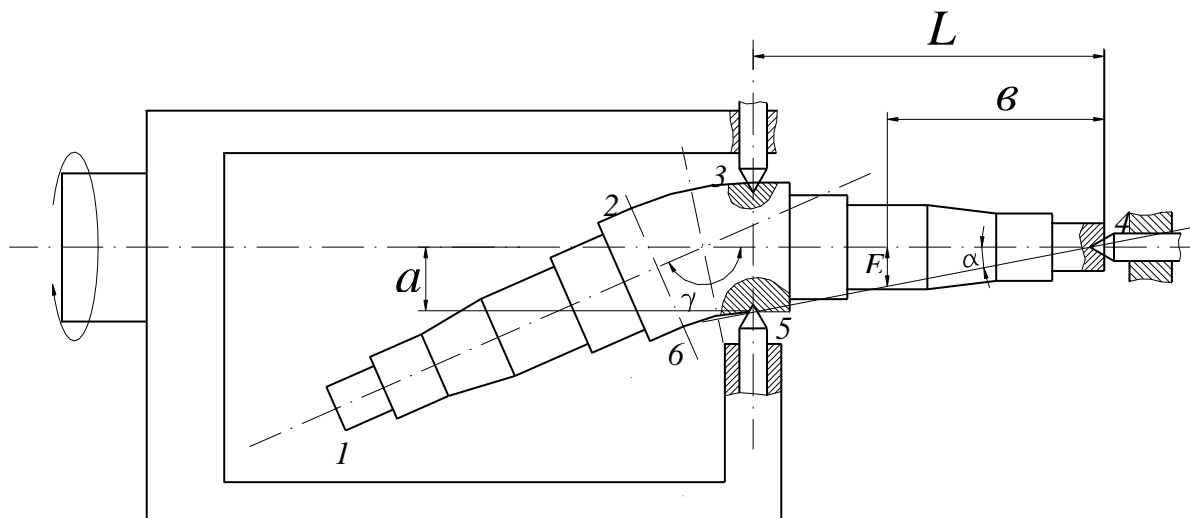


Рис. 3. Базування криволінійної вісі на перпендикулярно розміщені співвісні центри.

Базування виконується на три центри для кожного з боків оброблення, два з них є співвісними, розміщеними у перпендикулярній до вісі обертання площині.

У цьому випадку для базування деталі необхідно підготувати 6 центрових отворів, оброблення по чергово виконується у центрових отворах 1-2-6 і 4-3-5.

Крім цього, лише один центр (5 або 6 відповідно) є жорстким, а два центри (3 і 4 або 1 і 2 відповідно) – підвідні.

Оскільки вісь обертання деталі під час оброблення не збігається з віссю встановлення, і вони розміщені між собою під кутом α , то й похибка базування ε_i для різних поверхонь буде різною і змінюватиметься від 0 на центрі задньої бабки 4 до ε_i на центрі 5.

Похибка базування ε_i в цьому випадку залежить від похибки центрування отворів $\Delta_{ц}$ і похибки зміщення вісі перпендикулярних центрів від вісі обертання (похибка виготовлення спорядження) - $\Delta_{сн}$ (Рис. 4).

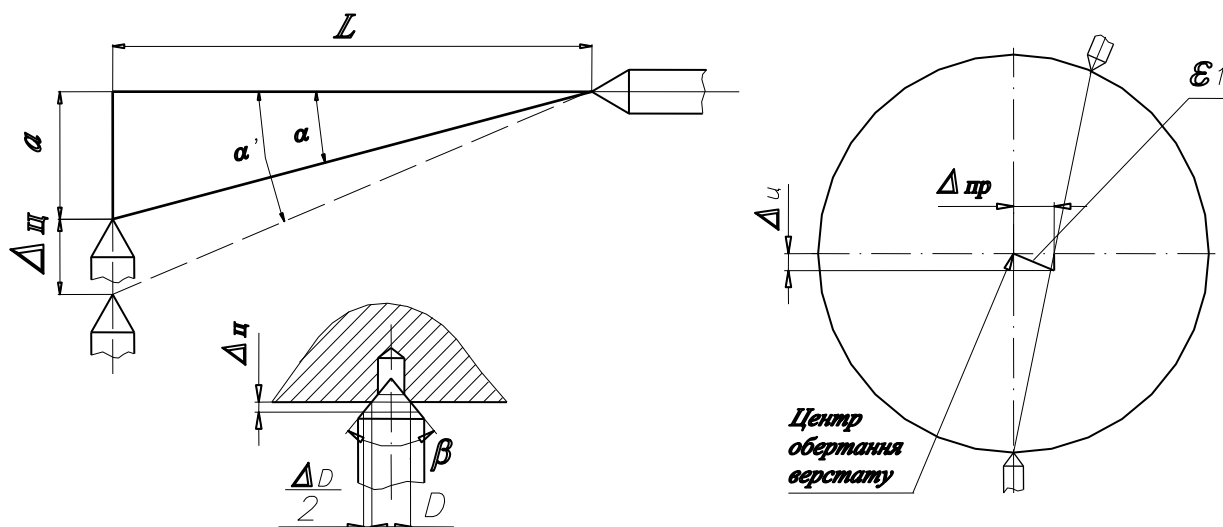


Рис. 4. Розрахункова схема визначення похибки базування криволінійної вісі у перпендикулярних центрах.

Похибка центрування згідно з [2]:

$$\Delta_{\text{ц}} = \frac{\Delta_D}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}},$$

а при стандартному куті центру $\beta = 60^\circ$:

$$\Delta_{\text{ц}} = \frac{\Delta_D}{2 \cdot 0,5774} = 0,87 \Delta_D \quad (9)$$

Похибки $\Delta_{\text{ц}}$ і $\Delta_{\text{сн}}$ лежать в перпендикулярних площинах, тому:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{сн}}^2} \quad (10)$$

Практика конструювання і виготовлення верстатного спорядження підтверджує, що похибка $\Delta_{\text{сн}}$ лежить в межах $\pm(0,1 \dots 0,15)$ мм.

Використовуючи (9), отримаємо:

$$\varepsilon_i = \sqrt{(0,87 \Delta_D)^2 + 0,15^2} = \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02} \quad (11)$$

Використовуючи стандартні центрові отвори [3], що передбачають їх виготовлення з допуском за *H14*, обчислимо максимальну похибку базування деталі на перпендикулярні центри для практичного застосування у технологічних процесах (Рис. 5).

Діаметр свердла, мм	Допуск Δ_D За <i>H14</i>	ε_i , (мм)
$\varnothing 1 - \varnothing 2,5$	0,25	0,27
$\varnothing 3,15 - \varnothing 5$	0,30	0,30
$\varnothing 6,3 - \varnothing 10$	0,36	0,34
$\varnothing 12 - \varnothing 16$	0,43	0,40

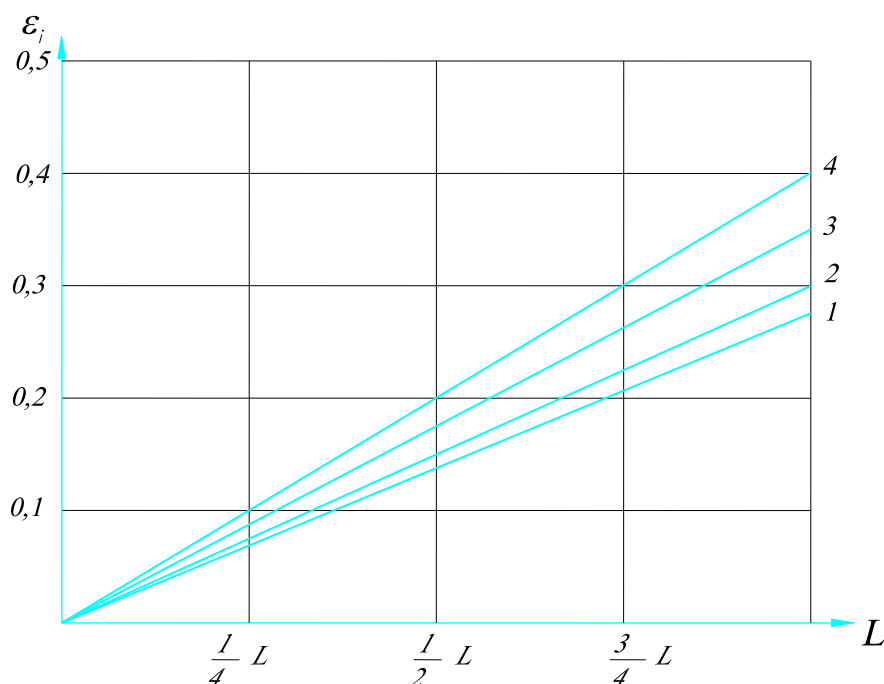


Рис.5. Діаграма визначення похибки базування при встановленні на перпендикулярні центри при центруванні: 1 – свердлами $\varnothing 1 \dots 2,5$; 2 – свердлами $\varnothing 3,15 \dots 5$; 3 - свердлами $\varnothing 6,3 \dots 10$; 4 - свердлами $\varnothing 12 \dots 16$ мм.

Похибка базування за діаграмою рис. 5 є максимальною. При відпрацюванні технологічного процесу можна скоректувати під справжні похибки центрування та виготовлення технологічного спорядження.

Відношення похибки базування ε_i до довжини L криволінійної вісі дорівнює тангенсові кута, що дорівнює половині похибки кута $\Delta\gamma$, оскільки при її обробленні на одному пристрої повна похибка кута $\Delta\gamma$ отримується при обробленні обох кінців вала при повторному базуванні:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\Delta\gamma}{2} &= \frac{\varepsilon_i}{L}, & \frac{\Delta\gamma}{2} &= \pm \operatorname{arctg} \frac{\varepsilon_i}{L} \\ \Delta\gamma &= \pm 2 \operatorname{arctg} \frac{\varepsilon_i}{L} \pm \Delta'_\gamma \end{aligned} \quad (12)$$

Похибка кута Δ'_γ додатково враховує точність виконання центрування вісі на поворотному кондукторі або оброблювальному центрі.

Третьою схемою базування криволінійних вісей на три центри є схема на рис.6. Її характерною особливістю є те, що два центрових отвори розміщені в площині симетрії криволінійної вісі, обидва кінців вісі обробляються на постійному жорсткому центрі 2 з використанням центрів 2-3-4 або 2-1-4.

У даній схемі базування необхідно підготувати для оброблення деталі чотири центрових отвори.

Для визначення похибки базування e_i з незначним допущенням, зв'язаним із зміною нахилу вісі центрів, теж доцільно використовувати діаграму (рис.5) і формулу (11).

Досяжна точність кута криволінійної вісі визначається з використанням схеми рис.7 з урахуванням похибки центрування Δ_γ .

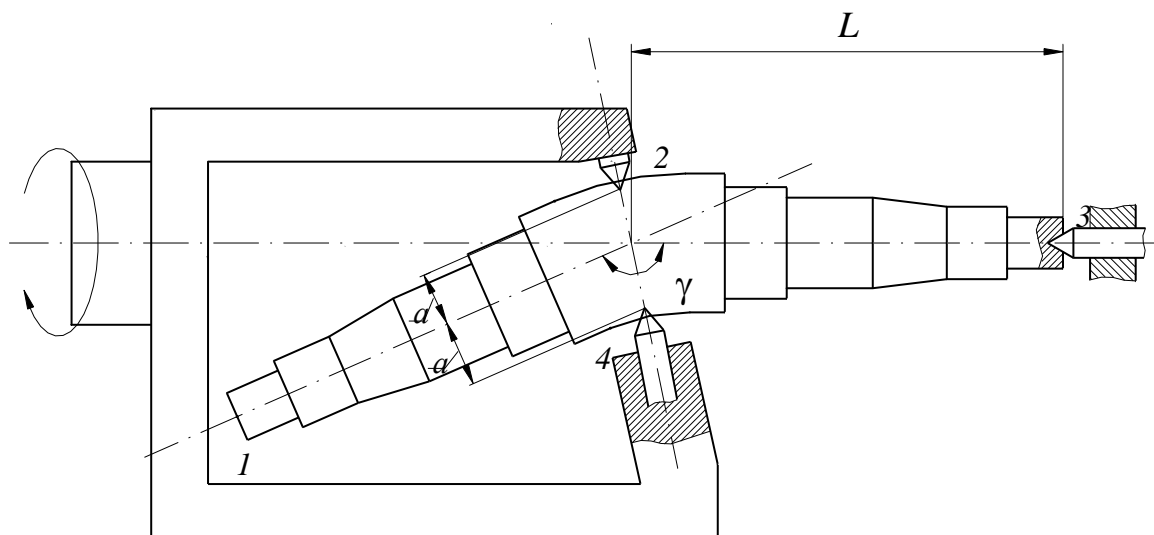


Рис. 6. Схема базування криволінійної вісі на центри, розміщені в площині проекції.

Допуск на отриманий за даною схемою базування кут перегину вісі Δ_γ дорівнюватиме сумі допуску кутів $\frac{\gamma}{2}$ при обробленні з двох боків і кутової похибки центрування заготовки Δ'_γ .

$$\Delta_\gamma = \pm 2\Delta'_\gamma \pm \Delta'_\gamma \quad (15)$$

$$\Delta_{\alpha} = \alpha - \alpha' = \frac{\gamma}{2} - \alpha' \quad (14)$$

$$\cos \alpha' = \frac{x - \varepsilon_i}{L} \quad x = L \cos \frac{\gamma}{2}$$

Використовуючи (11), маємо:

$$\cos \alpha' = \frac{L \cos \frac{\gamma}{2} + \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02}}{L}$$

$$\alpha' = \arccos \frac{L \cos \frac{\gamma}{2} + \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02}}{L} \quad (15)$$

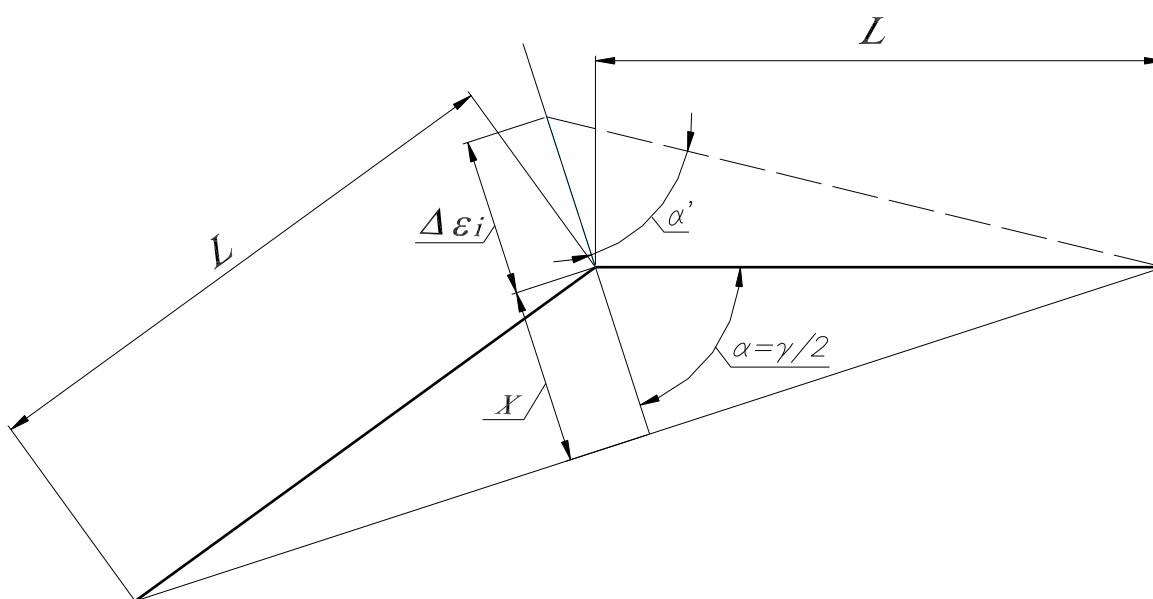


Рис.7. Розрахункова схема визначення допуску кута криволінійної вісі при базуванні на центри, розміщені у площині симетрії.

Тоді із (14) отримаємо:

$$\Delta_{\alpha} = \frac{\gamma}{2} - \arccos \frac{L \cos \frac{\gamma}{2} + \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02}}{L} \quad (16)$$

Підставляючи дані (16) у формулу (12), отримаємо:

$$\Delta_{\gamma} = \pm 2 \left(\frac{\gamma}{2} - \arccos \frac{L \cos \frac{\gamma}{2} + \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02}}{L} \right) \pm \Delta'_{\gamma}$$

$$\Delta_{\gamma} = \pm \left(\gamma - 2 \arccos \frac{L \cos \frac{\gamma}{2} + \sqrt{0,76 \Delta_D^2 + 0,02}}{L} \right) \pm \Delta'_{\gamma}$$

Розглянуті схеми базування криволінійної вісі на три центри можуть практично застосуватись незалежно одна від одної. У кожному конкретному випадку необхідно враховувати конструкцію вісі, інші конструктивні елементи, що ускладнюють застосування певної схеми.

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Крім цього, перш ніж вибрати схему оброблення, доцільно розрахунковими методами, розглянутими досі, перевірити точність кута вісі, що досягається при різних схемах базування, порівнюючи із заданою.

Токарне або шліфувальне оброблення проводиться у спеціальних пристроях, що розробляються для кожної конкретної деталі.

The method of transport-technological system curvilinear axes location in three centres and location scyeme error drtermination while making it in the perpendicular symmetric centres are prested.

Література

1. Гевко Б.М., Стойко І.І., Аналітично-експериментальні дослідження особливостей розрахунку припусків для обробки криволінійних вісей у зміщених центрах //Вісник ТДТУ.2000.Том 5. -№4.- С.16-20.
2. Егоров М.Е. Технология машиностроения. –М.: Высшая школа, 1976. -530 с.
3. ГОСТ14034-74. Размеры центровых отверстий.

Одержано 02.02.2001 р.