

СПРОЩЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ НА ТОЧНІСТЬ

Боровик А. І., к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет

***Анотація.** У статті розглянуто методику розрахунку верстатних пристроїв на точність. Проаналізовано похибки складових частин технологічної системи, похибку встановлення компонентів системи, динаміку похибок. Наведено загальну формулу для визначення сумарної похибки при обробці заготовок у пристрої. Запропоновано алгоритм розрахунку верстатобудівних пристроїв на точність, а також наведено конкретний приклад застосування запропонованого методу. Результати будуть цікавими для студентів технологічних і дизайнерських спеціальностей машинобудівних вузів, технологів і конструкторів машинобудівних підприємств.*

***Ключові слова:** верстатобудівні пристрої, точність, похибки розрахунків.*

SIMPLIFIED METHOD OF MACHINE-TOOL DEVICES CALCULATION ON EXACTNESS

Borovyk A.I., Ph.D.(Engineering), associate professor
Cherkassy State Technological University

***Abstract.** The methods of machine-tool devices calculation on exactness have been considered in the article. The errors of component parts of the technological system, error of establishment of components of the system, dynamic errors have been analyzed. A general formula for determination of total error at treatment of purveyances in a device has been defined. The algorithm of calculation of machine-tool device on exactness has been proposed. The definite example of application of the offered method has been given. The results are interesting for the students of technological and designer specialities of machine-building universities, technologists and designers of machine-building enterprises.*

***Keywords:** machine-tool device, exactness, error, calculation.*

Як відомо, одним з основних завдань машинобудівного виробництва є забезпечення високою точності обробки деталей, що виготовляються. Відомий проектний підхід до розрахунку верстатних пристроїв на точність [1], який полягає в тому, що із загальної структурної формули технологічного допуску, визначається допустима похибка пристрою Δ_{np} . Числове значення Δ_{np} розподіляють між всіма ланками, що входять в складальний розмірний ланцюг, у якості допусків на основні розміри пристрою. Але цей спосіб розрахунку пристроїв на точність володіє значною трудомісткістю.

Метою даної роботи є виклад методики перевіркового способу розрахунку верстатних пристроїв на точність.

Основними будемо називати ті розміри, відхилення й допуски положення конструктивних елементів пристрою, які разом з отримуваними на даній операції розмірами заготовки становлять єдиний замкнений технологічний розмірний ланцюг і тому справляють безпосередній вплив на точність отримуваних на даній операції розмірів, поворотів і допусків положення оброблюваної заготовки.

Похідними (конструктивними) будемо називати розміри і допуски положення конструктивних елементів, які не є ланками загального з отримуваними на даній операції розмірами технологічного ланцюга, і тому не справляють безпосереднього впливу на ці розміри, але забезпечують нормальні умови встановлення заготовки в пристрій, пристрою на верстаті і вивірки системи.

Перевірковий підхід до розрахунку верстатних пристроїв на точність полягає в тому, що допуски на основні розміри пристрою призначаються, виходячи з практичного досвіду, а потім

перевіряється як ці допуски задовольняють рівняння технологічної точності, тобто перевіряється умова:

$$T_3 \geq \Delta_\Sigma, \tag{1}$$

де T_3 – допуск на отримуваний в пристрої параметр заготовки.

Як відомо, сумарна похибка обробки визначається наступним чином [1]:

$$\bar{\Delta}_\Sigma = \bar{\Delta}_{\Sigma_{cm}} + \bar{\Delta}_{\Sigma_{din}}, \tag{2}$$

де $\bar{\Delta}_{\Sigma_{st}}$ – сумарна статична похибка пристрою; $\bar{\Delta}_{\Sigma_{din}}$ – сумарна динамічна похибка при обробці заготовки у пристрої.

Значення $\bar{\Delta}_{\Sigma_{st}}$ можна визначити за формулою :

$$\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_\theta^2 + e_z^2 + e_{zm}^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_\theta^2 + e_i^2 + e_{ei}^2}, \tag{3}$$

В цій формулі під коренем випадкові похибки:

а) похибки складових частин технологічної системи, а саме:

- ϵ_θ – похибка базування заготовки, тобто відхилення її вимірювальної бази відносно траєкторії оброблюваного інструменту;

- ϵ_n – похибка пристрою, тобто похибка положення установчих елементів відносно елементів для встановлення (перевірки) пристрою на верстаті або елементів для напрямлення різального інструменту;

- ϵ_i – похибка різального інструменту, тобто похибка положення вершини або твірної інструменту відносно елемента для його встановлення на верстаті.

- ϵ_θ – похибка верстата, тобто похибка позиціонування та положення елементів верстата, що спричинюється відхиленням від паралельності (перпендикулярності) відносно переміщення елементів верстата для встановлення різального інструменту і пристрою.

б) похибки встановлення компонентів системи, а саме:

- ϵ_z – похибка закріплення заготовки яка виникає від сили затиску;

- ϵ_{zm} – похибка зміщення заготовки при її встановленні, яка виникає внаслідок наявності зазорів в сполученнях;

- $\epsilon_{v.n}$ – похибка встановлення пристрою, яка визначається похибками верстата та положення елементів пристрою для його встановлення або перевірки на верстаті:

- $\epsilon_{v.i}$ – похибка встановлення інструменту, яка визначається похибками верстата та положення елементів інструменту для його встановлення на верстаті.

До динамічних похибок пристрою відносять:

- ϵ_{zn} – похибки зношування базових елементів;

- ϵ_t – похибки пристрою, що викликані температурними деформаціями;

- ϵ_j – похибки, що обумовлені коливаннями технологічної системи, і які визначаються власними динамічними характеристиками.

Коли спрацювання установчих або напрямних елементів пристрою ϵ_{zn} істотно впливає на підсумкову похибку, рекомендується призначити допуск на спрацювання цих елементів. Цей допуск має приблизно дорівнювати допуску оброблюваної поверхні.

Запас на спрацювання ϵ_{zn} можна додати до похибки зміщення заготовки ϵ_{zm} , оскільки він збільшує саме цю похибку.

Значення ϵ_t визначається за формулами, що надано в технології машинобудування [3], при спрощених розрахунках і при роботі з застосуванням МОР цю похибку можна не враховувати. Значення ϵ_j – залежить від жорсткості технологічної системи; ця похибка разом з похибкою налагодження технологічної системи складає похибку метода обробки, тобто:

$$\bar{e}_j + \bar{\Delta}_n = \bar{\Delta}_m. \tag{4}$$

Отже сумарну похибку обробки в розгорнутому виді та з врахуванням зношування установчих елементів можна визначити за формулою:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{K_1 e_\theta^2 + e_z^2 + (e_{zm} + e_{zn})^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_\theta^2 + e_i^2 + e_{ei}^2 + K_2 \Delta_m}, \tag{5}$$

де $K_1 = 0,8 - 0,85$ – коефіцієнт зменшення похибки базування (ϵ_6) внаслідок того, що дійсні розміри установчої поверхні рідко дорівнюють граничним [1];

$K_2 = 0,6 - 0,8$ – коефіцієнт зменшення величини Δ_m , яким враховується змінювання табличних даних [1]; а умову забезпечення заданої точності розміру можна подати у вигляді:

$$T_3 \geq \sqrt{K_1 e_0^2 + e_3^2 + (e_{3m} + e_{3n})^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_6^2 + e_i^2 + e_{ei}^2} + K_2 \Delta_m \quad (6)$$

або $T_3 - K_2 \Delta_m \geq \sqrt{K_1 e_0^2 + e_3^2 + (e_{3m} + e_{3n})^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_6^2 + e_i^2 + e_{ei}^2}$

Вираз $(T_3 - K_2 \Delta_m)$ означає допустиму статичну похибку пристрою, позначимо її $[\Delta_{np}]_{cm}$, тоді остаточно умову забезпечення точності заданого розміру можна записати у вигляді:

$$\Delta_{\Sigma cm} = \sqrt{K_1 e_0^2 + e_3^2 + (e_{3m} + e_{3n})^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_6^2 + e_i^2 + e_{ei}^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} \quad (7)$$

Важливим при проектуванні пристроїв є призначення розмірів і допусків положення основних елементів (для встановлення заготовки, встановлення або перевірки пристрою на верстаті, напрямлення різальних інструментів тощо). При призначенні допусків слід керуватись розумінням економічності виготовлення та експлуатації пристрою.

Основні рекомендації такі:

а) на розміри, які визначають похибку пристрою, допуски призначають, виходячи з технології його виготовлення, тобто керуючись економічною точністю обробки [3];

б) граничні відхилення розмірів установчих пальців, отворів кондукторних втулок та інших подібних їм елементів встановлюються, виходячи з умов забезпечення потрібного з'єднання з базовими отворами заготовки, свердлом тощо [4];

в) при призначенні граничних відхилень розмірів між осями установчих пальців, отворів кондукторних втулок і в ряді інших випадків орієнтовні значення відхилень можна приймати зі співвідношення, яке застосовується на практиці:

$$T_{L1} = \left(\frac{1}{3} \cdots \frac{1}{5} \right) T_{L3} \quad (8)$$

де T_{L1} – граничне відхилення на відстань між осями установчих пальців пристрою;

T_{L3} – граничне відхилення на відстань між осями базових отворів заготовки [4];

г) у випадку, коли зношування установчих або напрямних елементів пристрою суттєво впливає на підсумкову похибку, рекомендується призначати допуск на зношування елементів. Величину допуску на зношування можна приймати такою, що дорівнює допуску оброблюваної поверхні;

д) усі інші розміри і допуски положення, які не впливають на похибку обробки, призначаються, виходячи з забезпечення нормальних умов для з'єднання заготовки з установчими елементами, пристрою – з елементами верстата.

З викладеного можна рекомендувати послідовність розрахунку точності верстатних пристроїв.

1. З операційного ескізу деталі виявити всі параметри, які необхідно забезпечити в цьому пристрої, з'ясувати допуски цих параметрів, тобто встановити допустиму похибку обробки по кожному параметру (T_3); встановити за таблицями економічної точності похибку методу обробки Δ_m та визначити допустиму статичну похибку пристрою $[\Delta_{np}]_{cm}$.

2. На загальному компонуванні пристрою логічним аналізом виявити його основні розміри та граничні відхилення відносного положення поверхонь.

3. Призначити допуски на основні розміри та граничні відхилення відносного положення поверхонь пристрою, виходячи з практичних рекомендацій.

4. Використовуючи призначені допуски на основні розміри пристрою, за формулою (7) розраховують очікувані похибки по кожному параметру, які забезпечуються в цьому пристрої, та виявляють можливості автоматичного одержання технологічних розмірів і допусків положення поверхонь.

Якщо сумарна похибка обробки (права половина рівняння (7)) виявиться більшою за величину лівої половини рівняння, це буде означати, що допуски на основні розміри пристрою

необхідно переглянути в бік їх зменшення або взагалі необхідно переглянути схему встановлення заготовки, а може й схему компоновання пристрою.

Нижче наведено приклад розрахунку пристроїв для токарних верстатів з застосуванням пропонованої методики. При використанні пристроїв для обробки заготовок по діаметральних розмірах у центрах і самоцентрувальних патронах, як правило, $\epsilon_6=0$ (технологічна база – вісь пристрою (оправки) і вимірювальна – вісь заготовки – збігаються); $\epsilon_3=0$, тому що сила затиску перпендикулярна напрямку розміру; похибка інструменту ϵ_j і похибка встановлення інструменту $\epsilon_{в.і}$ дорівнюють нулю, оскільки ліквідуються налагодженням інструменту на розмір: з урахуванням цього умова забезпечення заданої точності розміру (7) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_{3m}^2 + e_n^2 + e_{en}^2 + e_6^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} \quad (9)$$

При обробці в чотирикулачковому патроні заготовку можна встановлювати з вивіркою за технологічною базою. У цьому разі умова забезпечення заданої точності розміру (7) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_{вивір}^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} \quad (10)$$

При встановленні заготовок у патронах робочі поверхні кулачків можна попередньо розточувати або шліфувати. У цьому разі умова забезпечення заданої точності розміру (7) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_{3m}^2 + \Delta_{n(y)}^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} \quad (11)$$

де $\Delta_{n(y)}$ – похибка положення установчого елемента пристрою.

Для верстатів із ЧПК – це похибка налагодження „початкової точки” (п.т.), оскільки вона матеріалізується установчими елементами.

У конструкції пристрою на планшайбі для його вивірки може передбачатися спеціальний налагоджувальний (для вивірки) елемент. У цьому разі умова забезпечення точності розміру набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_{3m}^2 + e_n^2 + \Delta_{n(\epsilon)}^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} \quad (12)$$

де $\Delta_{n(\epsilon)}$ – похибка положення елемента пристрою для його встановлення або вивірки на верстаті.

Далі наведено приклад розрахунку пристрою на планшайбі. Визначити граничні розміри m і n , граничні параметри пальців центруючого d_1 і фіксуючого d_2 , призначити межі їх спрацювання і допуски взаємного положення поверхонь пристрою (рисунок 2) для розточування отвору в заготовці (рисунок 1). Визначити умови налагодження технологічної системи. Розв’язання задачі.

1. Згідно з вимогами операційного ескізу необхідно так спроектувати пристрій, щоб забезпечити виконання двох умов:

- допуск симетричності осі отвору та площини, яка проходить через осі базових отворів, має не перевищувати 0,15 мм (максимальна похибка обробки на цій операції має не перевищувати 0,15 мм; $T_3 = 0,15$ мм), (допуск симетричності осі поверхні Γ і площин, що проходить через осі d_1 , d_2 – 0,03 мм; допуск перпендикулярності поверхонь на 100 мм довжини – 0,02 мм); а допустима статична похибка пристрою дорівнює:

$$[\Delta_{np}]_{cm} = T_3 - K_2 \Delta_m = 0,15 - 0,6 \cdot 0,015 = 0,141 \text{ мм}$$

- розмір 80, який визначає положення осі оброблюваного отвору відносно торця заготовки, має перебувати в межах $\pm 0,05$ мм (максимальна похибка обробки – 0,1 мм; $T_3 = 0,1$ мм, а допустима статична похибка складе:

$$[\Delta_{np}]_{cm} = 0,1 - K_2 \Delta_m = 0,1 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,064 \text{ мм}$$

2. Заготовку в пристрої встановлюють на площину і два отвори з паралельними осями, тобто схема базування така: площина – три точки; циліндричний палець короткий – дві точки; зрізаний палець короткий – одна точка.

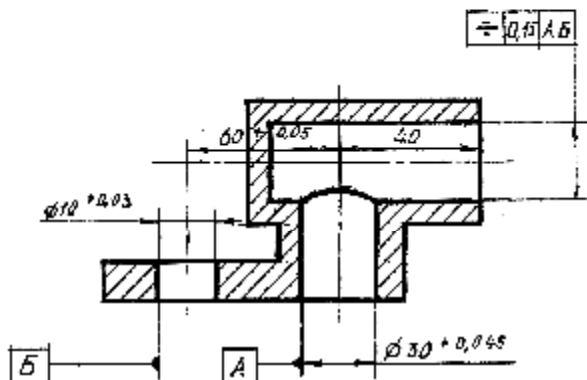


Рис. 1. Ескіз обробки заготовки

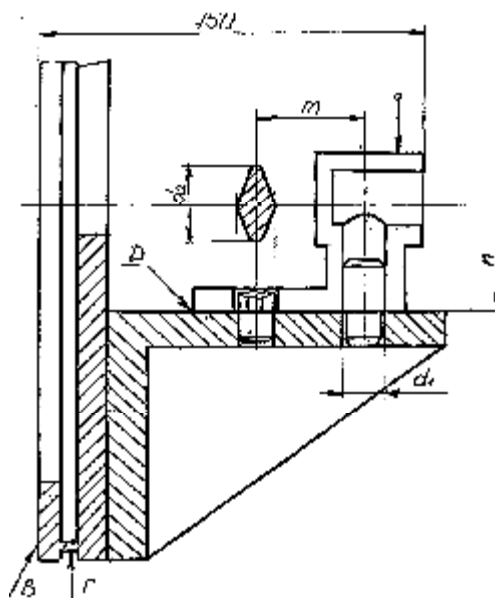


Рис. 2. Ескіз пристрою

3. Умови налагодження: при встановленні пристрою на шпindel токарного верстата його положення необхідно вивірити за спеціальною налагоджувальною поверхнею Г; при цьому його радіальне биття має не перевищувати 0,03 мм.

Примітка. У загальному випадку похибку вивірки задають залежно від потрібної точності обробки та рекомендованого співвідношення [4] $\Delta_{п(в)} = 0,02 \pm 0,06$ мм.

4. Виявляємо основні розміри пристрою, ними будуть:

- діаметри центруючого і фіксуючого пальців та їх граничні відхилення і допуски на спрацювання;
- розміри m і n із граничними відхиленнями;
- симетричність осі поверхні Г та площини, яка проходить через осі центруючого та фіксуючого пальців;
- перпендикулярність поверхонь В і D.

5. Призначаємо допуски на основні розміри пристрою.

Призначимо діаметр центруючого пальця згідно із забезпеченням гарантованого зазору, потрібного для вільного встановлення заготовки: $d_1 = 30g6 = 30 \begin{smallmatrix} -0,007 \\ -0,020 \end{smallmatrix}$ мм.

Гарантований компенсуючий зазор у з'єднанні заготовки і фіксуючого пальця, а також діаметр фіксуючого пальця розраховуємо за відомими формулами [4].

Гарантований компенсуючий зазор:

$$x = T_0 + T_n - S_{1\min}, \quad (13)$$

де T_0 – допуск на відстань між осями базових отворів заготовки, мм;

$T_0 = 0,05$; T_n – допуск на відстань між осями пальців пристрою, згідно з (8)

$$T_n = \frac{1}{3}T_0 = \frac{1}{3}0,05 = 0,015 \text{ мм} (m = 60^{+0,015} \text{ мм});$$

$S_{1\min}$ – мінімальний зазор у з'єднанні отвору заготовки із центруючим пальцем, $S_{1\min} = 0,007$ мм.

Підставивши здобуті значення в (13), дістанемо $x = 0,05 + 0,015 - 0,07 = 0,058$ мм. Розрахунковий зазор у з'єднанні заготовки з фіксуючим пальцем визначимо за формулами [4]:

$$x = \frac{d_2}{6} S_{2\min}, \quad (14)$$

звідки

$$S_{2\min} = \frac{x6}{d_2}, \quad (15)$$

де v – довжина хорди фіксуючого пальця [4], $v = 3$ мм; d_2 – номінальний діаметр фіксуючого пальця, $d_2 = 10$ мм.

Підставивши знайдені значення в (15), дістанемо $S_{2\min} = \frac{0,058 \cdot 3}{10} = 0,0174$ мм. Діаметр фіксуючого пальця визначаємо з умови $S_{2\min} \geq S_{\text{розрах}}$. Найбільший діаметр фіксуючого пальця розраховуємо з виразу

$$d_2 = d_0 - \frac{S_{2\min}}{2} \tag{16}$$

тобто

$$d_2 = 10 - \frac{0,0174}{2} = 10 - 0,0087 \approx 10 - 0,009 \text{ мм.}$$

Найближчими полями допусків дія цього розміру є поля з f_4 та f_5 , але вони належать до тих, яким не надається переваги. Тому беремо діаметр з f_6 , тобто $10f_6$: $d_2 = 10^{-0,013-0,022}$ мм.

Згідно з рекомендаціями, що викладено вище, призначимо допуски на спрацювання пальців: $T_{\text{спр1}} = 0,02$ мм; $T_{\text{спр2}} = 0,02$ мм.

Призначаємо розміри m і n : $m = 60^{0,015}$ мм (див. раніше). Згідно з (8):

$$n = 80 \pm \frac{1}{3}T_3 = 80 \pm \frac{1}{3}0,05 = 0,015 \text{ мм,}$$

де T_3 – допуск на розмір 80 заготовки.

Щоб визначити похибку пристрою ϵ_n , необхідно призначити допуски положення його робочих поверхонь. Ці допуски й визначатимуть складові ϵ_n .

Згідно з (8) призначаємо допуски положення: допуск симетричності осі поверхні Γ та площини, яка проходить через осі центрувального та фіксуючого пальців, $e_{n1} = \frac{1}{5}T_3 = \frac{1}{5}0,015 = 0,03$ мм; допуск перпендикулярності поверхонь B і D – 0,02 мм на 100 мм

довжини; у цьому разі згідно з рисунком 3 $e_{n2} = \frac{150 \cdot 0,02}{100} = 0,03$ мм, де 150 – відстань від торця заготовки до площини B .

6. Згідно з умовами, викладеними в п. 1, виконаємо точнісні розрахунки, якими необхідно підтвердити забезпечення симетричності 0,15 мм та розміру 80 із допуском $\pm 0,05$ мм при використанні розмірів, призначених в п.5.

Перевірка забезпечення допуску симетричності. У цьому разі маємо пристрій на планшайбі з вивіркою. Отже, згідно з (12) можна записати нерівність:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{см}}} = \sqrt{e_{3\text{м}}^2 + e_n^2 + \Delta_{n(\epsilon)}^2} \leq [\Delta_{\text{нр}}]_{\text{см}} \tag{17}$$

Похибку $\epsilon_{3\text{м}}$ визначимо згідно з рисунком 4, де маємо найнесприятливіший варіант, коли похибка найбільша. Значення $\epsilon_{3\text{м}}$ визначимо з виразу, здобутого з подібності трикутників ABC та DBE :

$$\frac{e_{3\text{м}} + \frac{S_{2\text{max}}}{2}}{100} = \frac{\frac{S_{1\text{max}}}{2} + \frac{S_{2\text{max}}}{2}}{60}$$

Підставивши в останній вираз значення $S_{1\text{max}} = D_{\text{отвmax}} - D_{n\text{min}} = 30^{+0,045} - 30^{-0,020} = 0,065$ мм

$$S_{2\text{max}} = D_{\text{отвmax}} - D_{n\text{min}} = 10^{+0,03} - 10^{-0,022} = 0,052 \text{ мм}$$

дістанемо

$$\frac{e_{3\text{м}} + \frac{0,052 + 0,020}{2}}{100} = \frac{\frac{0,65 + 0,020}{2} + \frac{0,052 + 0,020}{2}}{60} = 0,095 \text{ мм}$$

Це похибка зміщення заготовки з урахуванням допуску на спрацювання пальців.

Похибка пристрою на допуск симетричності впливатиме лише однією складовою, а саме допуском симетричності поверхні Γ та площини, яка проходить через осі установочних пальців, тобто $\epsilon_{n1} = 0,03$ мм;

$\Delta_{n(\epsilon)} = 0,03$ мм – похибка положення поверхні Г пристрою згідно з умовою налагодження пристрою.

Підставивши знайдені значення в (12), дістанемо $\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{0,095^2 + 0,03^2 + 0,03^2} = 0,10$ мм
 $\Delta_{\Sigma_{cm}} = 0,10 \text{ мм} < [\Delta_{np}] = 0,141$ мм, умова забезпечення симетричності виконується.

Перевірка витримування розміру $80(\pm 0,05)$ мм. Для розрахунку знову скористаємося формулою (12) $\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{e_{zm}^2 + e_n^2 + \Delta_{n(\epsilon)}^2} \leq [\Delta_{np}]_{cm} [\Delta_{np}]_{cm} = 0,064$ мм, $e_{zm} = 0$, оскільки зміщення заготовки на установчих пальцях на розмір 80 не впливають.

Похибка пристрою в цьому разі складається з двох частин. 1. Допуск на розмір 80 пристрою, тобто $e_{n_3} = 0,03$ мм. 2. Допуск перпендикулярності поверхонь В і D, тобто $e_{n_2} = 0,03$.

Отже, $e_n = \sqrt{e_{n_2}^2 + e_{n_3}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,0018}$ мм, де $\Delta_{n(\epsilon)} = 0,03$ мм згідно з умовою налагодження пристрою. Підставивши знайдені значення в (12), дістанемо $\Delta_{\Sigma_{cm}} = \sqrt{0,0018 + 0,009} = 0,05$ мм. Умова витримування розміру $80(\pm 0,05)$ мм виконується: $\Delta_{\Sigma_{cm}} = 0,05 < [\Delta_{np}]_{cm} = 0,064$ мм.

Висновки. П'ятирічний досвід використання у навчальному процесі методики дозволяє зробити такі висновки:

- проектна методика потребує виявлення, побудови і розрахунку розмірних ланцюгів конструкції пристроїв, але це дуже ускладнює точнісні розрахунки пристроїв. Через складність і трудомісткість проектної методики її складно також застосувати у виробничих умовах;
- заміна розрахунків розмірних ланцюгів на логічний аналіз зв'язків елементів пристроїв значно прискорює процес засвоєння матеріалу, це дає можливість швидко визначитись з розмірними параметрами пристрою;
- пропонується методика може мати широке застосування на машинобудівних підприємствах.

Список літератури

1. Болотин Х. Л. Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. – М. : Машиностроение, 1973. – 344 с.
2. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / А. І. Боровик. – К. : Кондор, 2008. – 726 с.
3. Мельничук П. П. Технологія машинобудування / П. П. Мельничук, А. І. Боровик, П. А. Лінчевський, Ю. В. Петраков. – Житомир : Житомирський державний технічний університет, 2005. – 882 с.
4. Вардашкин В. Н. Станочные приспособления. Справочник, том 1, 2. / В. Н. Вардашкин, А. А. Шатилова – М. : Машиностроение, 1984. – 684 с.

References

1. Bolotin Kh. L., Kostromin Ph. P. (1973). Machine-tool adaptations. Engineer, 344 p.
2. Borovik A. I. (2008). The technological rigging of machine-building production. Condor, 726 p.
3. Mel'nichuk P. P., Borovik A. I., Linchevskiy P. A., Petrakov Yu. V. (2005). Technology of engineer. Zhitomir state technical university, 882 p.
4. Vardashkin V. N., Shatilova A. A. (1984). Machine-tool adaptations. Reference book, volume 1, 2. Engineer, 684 p.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2013.

Відомості про автора:

Боровик А. І., кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет