

## ВСТАНОВЛЕННЯ ВИМОГ ДО ЛАНКИ ЗАМИКАННЯ ПІД ЧАС РОЗМІРНОГО АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Розглянуто важливий етап розмірно-точнісного аналізу верстатного пристрою — встановлення вимог до показників точності розмірів, які є ланками замикання. Запропоновано послідовність встановлення цих показників на основі аналізу рівнянь, що визначають величину сумарної похибки механічної обробки та елементарних похибок. Такий підхід може бути використано для визначення вимог точності до ланок замикання як лінійних, так і кутових розмірних ланцюгів.*

**Ключові слова:** верстатний пристрій, розмірно-точнісний аналіз, ланка замикання, вимоги точності.

### Abstract

*An important stage of dimensional accuracy analysis of a machine tool is considered - establishing requirements for dimensional accuracy indicators, which are closing links. The sequence of setting these indicators is proposed based on the analysis of equations that determine the value of the total error of mechanical processing and elementary errors. This approach can be used to determine the accuracy requirements for the closing links of both linear and angular dimensional chains.*

**Keywords:** machine tool, dimensional accuracy analysis, closing link, accuracy requirements.

### Вступ

Пристрій для встановлення заготовок деталей на операціях їх механічної обробки (далі — верстатний пристрій) є важливим елементом технологічної системи. Від показників точності верстатних пристроїв значною мірою залежить точність лінійних і кутових розмірів деталей, виготовлюваних на відповідних операціях. У зв'язку з цим розробка конструкції верстатного пристрою, яка б забезпечувала необхідні показники точності виготовлюваних деталей, є актуальною задачею [1, 2]. Ефективним методом розв'язання цієї задачі є розмірно-точнісний аналіз конструкцій [3]. Важливим етапом розмірно-точнісного аналізу будь-якої конструкції у т. ч. — верстатного пристрою є встановлення вимог до показників точності розмірів, які є ланками замикання. Очевидно, що це завдання може бути виконане лише на основі якісного і кількісного аналізу службового призначення пристрою.

У доповіді розглянуто послідовність встановлення вимог точності до машинобудівного виробу на прикладі верстатного пристрою. Стосовно верстатного пристрою для операцій механічної обробки таке завдання можна виконати на основі аналізу рівнянь, що визначають величину сумарної похибки обробки та елементарних похибок. Метою такого аналізу має бути встановлення допустимого значення однієї із складових сумарної похибки — похибки що спричиняється неточністю виготовлення й складання установлювальних елементів верстатного пристрою.

### Результати дослідження

Рівняння, що визначає залежність сумарної похибки механічної обробки від елементарних похибок обробки має вигляд [3]

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_y)^2 + (K_2 \varepsilon_n)^2 + (K_3 \varepsilon_{пд})^2 + (K_4 \varepsilon_i)^2 + (K_5 \varepsilon_b)^2 + (K_6 \varepsilon_T)^2}, \quad (1)$$

де  $\frac{1}{K}$  — коефіцієнт, що залежить від бажаної гарантованої імовірності роботи без браку;  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$  — коефіцієнти, значення яких залежать від характеру законів розподілу відповідних елементарних похибок (зазвичай вважають, що  $K_1 = K_2 = K_3 = 1$ ;  $K_4 = K_5 = K_6 = 1,73$ .);  $\varepsilon_y$  — похибка установавання заготовки у верстатний пристрій (далі — похибка установавання);  $\varepsilon_{пд}$  — похибка, що спричиняється пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання;  $\varepsilon_i$  — похибка, зумовлена розмірним зносом різального інструмента;  $\varepsilon_b$  — похибка, що спричиняється геометричною неточністю верстата;  $\varepsilon_T$  — похибка, що спричиняється тепловими деформаціями технологічної системи.

Прийнявши, що

$$\varepsilon_{\Sigma} = T, \quad (2)$$

де  $T$  — допуск того технологічного розміру на виконуваний операції, на який впливає неточність виготовлення верстатного пристрою.

З рівняння (1) з урахуванням (2) можна знайти допустиме значення похибки установавання ( $[\varepsilon_y]$ ).

$$[\varepsilon_y] = \frac{1}{K_1} \sqrt{(KT)^2 - [(K_2 \varepsilon_n)^2 + (K_3 \varepsilon_{пд})^2 + (K_4 \varepsilon_i)^2 + (K_5 \varepsilon_b)^2 + (K_6 \varepsilon_T)^2]}. \quad (3)$$

Для встановлення допустимої величини похибки установавання  $[\varepsilon_y]$  потрібно з урахуванням технологічних умов операції, для якої проектується верстатний пристрій, проаналізувати вплив на точність обробки решти елементарних похибок, встановивши їх кількісне значення.

Величина  $\varepsilon_y$  у загальному випадку визначається за формулою

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{п}^2}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon_6$  — похибка базування;  $\varepsilon_3$  — похибка закріплення;  $\varepsilon_{п}$  — похибка пристрою.

Визначивши  $[\varepsilon_y]$ , з рівняння (4) можна отримати рівняння для знаходження допустимого значення похибки пристрою ( $[\varepsilon_{п}]$ ) попередньо визначивши величини  $\varepsilon_6$  і  $\varepsilon_3$  за рекомендаціями [4]

$$[\varepsilon_{п}] = \sqrt{([\varepsilon_y])^2 - (\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2)}. \quad (5)$$

Для знаходження  $[\varepsilon_{п}]$  потрібно попередньо визначити величини  $\varepsilon_6$  і  $\varepsilon_3$ .

Величина похибки пристрою  $\varepsilon_{п}$  у загальному випадку визначається як

$$\varepsilon_{п} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_{3н}^2 + \varepsilon_{yb}^2}, \quad (6)$$

де  $\varepsilon_{yc}$  — похибка, що спричиняється неточністю виготовлення й складання встановлювальних елементів пристрою;  $\varepsilon_{3н}$  — похибка, що зумовлена зносом встановлювальних елементів пристрою;  $\varepsilon_{yb}$  — похибка, що спричиняється неточністю установавання пристрою на верстаті.

Отже, з урахуванням знайденої за формулою (5) величини  $[\varepsilon_{\Pi}]$  з виразу (6) знайдемо формулу для визначення допустимого значення похибки, що спричиняється неточністю виготовлення й складання встановлювальних елементів пристрою  $[\varepsilon_{yc}]$ .

$$[\varepsilon_{yc}] = \sqrt{([\varepsilon_{\Pi}])^2 - (\varepsilon_{3H}^2 + \varepsilon_{yB}^2)} \quad (7)$$

Для того, щоб скористатися формулою (7), потрібно попередньо з урахуванням конкретних технологічних умов визначити величини  $\varepsilon_{3H}$  та  $\varepsilon_{yB}$ . Для встановлення цих величин можна скористатися рекомендаціями [4, 5].

Знайдена величина  $[\varepsilon_{yc}]$  і визначатиме вимоги точності до встановлювальних елементів верстатного пристрою.

Слід зазначити, що запропонований підхід може бути використано для визначення вимог точності до ланок замикання як лінійних, так і кутових розмірних ланцюгів.

### Висновки

Розглянуто важливий етап розмірно-точнісного аналізу верстатного пристрою — встановлення вимог до показників точності розмірів, які є ланками замикання. Запропоновано послідовність встановлення цих показників на основі аналізу рівнянь, що визначають величину сумарної похибки механічної обробки та елементарних похибок. Такий підхід може бути використано для визначення вимог точності до ланок замикання як лінійних, так і кутових розмірних ланцюгів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва / Боровик А. І. — К. : Кондор. 2008. — 728 с.
2. Боровик А. І. Спрощена методика розрахунку верстатних пристроїв на точність / А. І. Боровик // Вісник Черкаського державного технологічного університету, № 2, 2013 р. С. 121—127.
3. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. — Луцьк: ЛДТУ, 2008. — 344 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця: ВНТУ, 2013. — 125 с.
5. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1: практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський — Вінниця: ВНТУ, 2017. — 106 с.

*Дерібо Олександр Володимирович* – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [deriboov@ukr.net](mailto:deriboov@ukr.net).

*Deribo Oleksandr V.* – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [deriboov@ukr.net](mailto:deriboov@ukr.net).

*Репінський Сергій Володимирович* – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [repinskyisv@gmail.com](mailto:repinskyisv@gmail.com).

*Repinskyi Serhii V.* – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [repinskyisv@gmail.com](mailto:repinskyisv@gmail.com).

*Мандибуря Ярослав Володимирович* – студент групи ІПМ-22мз, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Mandybura Yaroslav V.* – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.