

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СКЛАДАННЯ АГРЕГАТНИХ ВЕРСТАТІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

### **1. Постановка проблеми**

Точність обробки виробів на металорізальних верстатах – функція сукупної дії якісних факторів обладнання. Оскільки геометричні фактори являють собою відхилення, то їх необхідно наперед визначити. Для цього використовують теорію розрахунку розмірних ланцюгів.

### **2. Аналіз досліджень**

На підставі аналізу впливу геометричних факторів на вихідну точність агрегатних верстатів розрахунок розмірних ланцюгів і аналіз їх взаємозв'язків являє собою один із обов'язкових етапів проектування, що сприяє забезпеченню технологічності конструкції обладнання. Якість виготовлення верстатів у значній мірі залежить від вірного призначення відхилень на розміри виробів і вихідні параметри складальних одиниць і виробу в цілому. Будь-яке необґрунтоване призначення допусків приводить до подорожчання виробництва. Надлишкове звуження допусків потребує більш точного обладнання і пристосувань, що приведе до збільшення собівартості виготовлення виробів. При розширенні полів допусків, необхідно збільшувати кількість пригоночних робіт при складанні, що збільшує собівартість виготовлення верстатів. Якщо вибір раціональних допусків на діаметральні розміри не викликає особливого ускладнення у зв'язку з розробленими для цієї мети стандартами, то допуски на лінійні та кутові розміри можливо призначати тільки на основі розрахунків розмірних ланцюгів.

В загальному випадку показник якості верстатів має деяку функцію:

$$Y_{\Sigma N} = f(y_1, y_2 \dots y_n)$$

де:  $Y_{\Sigma N}$  – показник якості виробу;  $y_1, y_2 \dots y_n$  аргумент функції (вплив факторів, функціональні параметри).

Частина аргументів змінна і має випадковий характер. Вони можуть бути незалежні, функціонально залежні, а також являтися функціями інших випадкових величин.

Для точних розрахунків при проектуванні металорізальних верстатів лінійна функція:

$$Y_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m C_i Y_i$$

де:  $Y_{\Sigma}$  – якісний параметр складальної одиниці чи всього верстата в цілому;

$Y_i$  – якісний параметр окремої деталі чи складальної одиниці;

$C_i$  – постійна при випадковій величині  $y_i$ , тобто коефіцієнт приведення чи передаточне відношення;

$m$  – кількість якісних параметрів.

### **3. Мета дослідження**

Розробити комплексний метод підвищення точності складання агрегатних верстатів за рахунок оптимізації геометричних параметрів і їх впливу на точність зборки агрегатних верстатів.

### **4. Виклад основного матеріалу**

Для агрегатних верстатів з вертикальним розташуванням силової головки в якості параметрів  $Y_{\Sigma}$  буде відхилення від перпендикулярності вісі шпинделя відносно робочий площини ділильного столу.

Якісний параметр задається технічними вимогами на верстат. Оскільки він являє собою  $Y_{\Sigma}$  вихідним для розрахунку допусків, то його також називають вихідним розміром. Усі вихідні якісні параметри верстата являють

собою вихідні розміри – ланки, значення яких визначаються розрахунком розмірних ланцюгів.

При спільній дії скалярних і векторних відхилень поле розсіювання розміру вихідної ланки визначається згідно з ГОСТ 16320-81 і розраховується по формулі:

$$T_{\Delta} = \frac{1}{\lambda_{\Delta}} \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \zeta_i^2 \times \lambda_i^2 \times T_i^2},$$

де:  $\zeta_i$  – передаточне відношення і-тої ланки складального ланцюга;

$\lambda_i, \lambda_{\Delta}$  – коефіцієнт відносного розсіювання і-тої ланки і замикаючої ланки складального ланцюга відповідно.

Сумарний коефіцієнт відносної асиметрії для замикаючої ланки

$$\alpha_{\Delta} = \frac{0,59 \sum_{i=1}^{m-1} \zeta_i \alpha_i T_i}{\sum_{i=1}^{m-1} |\zeta_i| T_i}$$

де:  $\alpha_i$  – коефіцієнт відносної асиметрії і-тої ланки складального ланцюга.

Координата середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} \zeta_i \Delta_{0i} \alpha_i \times \frac{T_i}{2}$$

де:  $\Delta_{0i}$  – координата середини поля допуску і-тої ланки.

Для розрахунку геометричної точності технологічної системи на прикладі агрегатних верстатів з ділильним столом при горизонтальних і вертикальних компоновках розроблені лінійні  $/C_c, B_c, L_c/$  і кутові  $/\gamma_c, \beta_c, \psi_c/$  схеми розмірних ланцюгів (рис. 1).



$C_6$  – відстань від основи пристосування до осі розточки отвору.

Величина замикаючої ланки розмірного ланцюга визначається за допомогою рівняння:

$$C_c = \zeta_1 C_1 + \zeta_2 C_2,$$

де:  $\zeta_i$  – передаточне відношення відповідної складової ланки / $i=1,6$ /.

$$\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \zeta_4 = +1; \zeta_5 = \zeta_6 = -1.$$

Розмірний ланцюг  $\gamma$  визначає відхилення від співвісності інструменту відносно отвору оброблюваної деталі, встановленої у пристосуванні. Такий ланцюг включає в себе наступні ланки:

$\gamma_u$  – сумарна погрішність шпиндельного вузла, являє собою співвісність осі різальної частини інструменту відносно осі розточки отвору під шпindel у корпусі силової голівки;

$\gamma_1$  – паралельність осі розточки під піноль відносно опорної поверхні силової голівки;

$\gamma_2$  – паралельність між опорами і базовою поверхнею приводних полозок;

$\gamma_3, \gamma_4$  – теж саме для приводних полозок відносно дзеркала планшайби;

$\gamma_5$  – паралельність опорної поверхні шаблона відносно осі монтажного отвору;

$\gamma_6$  – паралельність опорної поверхні пристосування відносно осі отвору, що оброблюється;

$\gamma_7$  – площинність (прямолінійність) базової опорної площини станини.

Рівняння розмірного ланцюга  $\gamma_c = \zeta_u \gamma_u + \zeta_1 \gamma_1 + \zeta_2 \gamma_2 + \zeta_3 \gamma_3 + \zeta_4 \gamma_4 + \zeta_5 \gamma_5 + \zeta_6 \gamma_6 + \zeta_7 \gamma_7$ ,

де:  $\zeta_u, \zeta_i$  – передаточне відношення відповідно складальних ланок / $i=1,7$ /.

$$\zeta_u = \zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \zeta_4 = \zeta_5 = +1; \zeta_6 = \zeta_7 = -1$$

Зміщення осі різальної частини інструменту відносно осі отвору монтажного шаблона в горизонтальній площині характеризується лінійним розмірним ланцюгом  $L_c$ , складеним із таких ланок:

$L_1$  – відстань від осі солової голівки (інструменту) до точки, що лежить на скосі сполуки силової голівки – полозки;

$L_2$  – відстань від точки, що належить скосу сполуки силової голівки – полозки, до осі болтів, закріплених полозок до станини;

$L_3$  – відстань від болтів закріплених полозок на станині до осі симетрії силової голівки (осі інструмента);

$L_4$  – відстань від осі інструмента до вісі отвору монтажного шаблону.

Рівняння розмірного ланцюга

$$L_c = \zeta_1 L_1 + \zeta_2 L_2 + \zeta_3 L_3 + \zeta_4 L_4$$

де:  $\zeta_i$  – передаточне відношення ланцюга / $i=1,4$ /.

$$\zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = +1; \zeta_4 = -1$$

Точність установки силових голівок у радіальному напрямку при вертикальній їх компоновці знайдемо за допомогою ланцюга В.

Складальні ланцюги її представимо такими відстанями:  $B_1$  – від осі шпинделя до базової опорної поверхні силової голівки;

$B_2$  – між опорною і базовою поверхнями полозок;

$B_3$  – те ж саме для підставки;

$B_4$  – від привалочної площини під силову голівку до осі встановлених штифтів стійки;

$B_5$  – від осі установчих штифтів стійки до осі обертання планшайби столу;

$B_6$  – від осі обертання планшайби ділильного столу до осі шрифтів, які базують монтажний шаблон, чи пристосування на планшайбі столу;

$B_7$  – від осі штифта пристосування до осі отвору деталі, що обробляється, чи отвору монтажного шаблону.

Рівняння розмірного ланцюга

$$\beta_c = \zeta \mu \beta_u + \zeta_1 \beta_1 + \zeta_2 \beta_2 + \zeta_3 \beta_3 + \zeta_4 \beta_4 + \zeta_5 \beta_5 + \zeta_6 \beta_6 + \zeta_7 \gamma_7 + \zeta_8 \gamma_5 + \zeta_9 \beta_7$$

де:  $\zeta_u, \zeta_i$  – передаточне відношення розмірного ланцюга при відносних ланках  $i=1,9$ .

$$\zeta_u = \zeta_1 = \zeta_2 = \zeta_3 = \zeta_4 = \zeta_5 = \zeta_6 = +1; \zeta_7 = \zeta_8 = \zeta_9 = -1.$$

Розмірний ланцюг  $\psi$  дозволяє знайти співвісність інструменту зі шпинделем відносно отвору монтажного шаблону у вертикальній (фронтальній) площині. Вона складається із наступних ланок:

$\psi_u$  – співвісність осі різальної частини інструменту відносно осі розточки під піноль в силовій головці;

$\psi_1$  – паралельність осі розточки під піноль і привалочної площини силової головки;

$\psi_2$  – паралельність осі приводних полозок і її привалочної площини;

$\psi_3$  – те ж саме для підставки;

$\psi_4$  – перпендикулярність вертикальної осі стійки і привалочної площини стійки на станині;

$\psi_5$  – площинність привалочної площини стійки на станині;

$\psi_6$  – перпендикулярність привалочної площини монтажного шаблону (пристосування) і осі отвору шаблону (деталі).

Рівняння розмірного ланцюга

$$\psi_c = \zeta_0 \psi_0 + \zeta_1 \psi_1 + \zeta_2 \psi_2 + \zeta_3 \psi_3 + \zeta_4 \psi_4 + \zeta_5 \psi_5 + \zeta_6 \psi_6 + \zeta_7 \psi_7 + \zeta_8 \psi_8$$

де:  $\zeta_0, \zeta_1 \dots \zeta_8$  – передаточне відношення при відповідних ланках розмірних ланцюгів.

## **Висновки**

Таким чином, визначення впливу геометричних параметрів на вихідну точність металорізального обладнання дозволяє: визначити точність вихідних параметрів; проаналізувати точність виготовлення та складання окремих складальних одиниць і верстата в цілому; виявити домінуючі похибки і намітити конкретні шляхи для зменшення їх значень і міри впливу на вихідні параметри; виявити порівняльні якісні параметри найбільш перспективних

компоновок різних типів агрегатних верстатів, встановити раціональний метод складання<sup>1</sup>.

### **Список використаних джерел**

1. Мельниченко А. А. Основы технологичности конструкций и сборки металлорежущего оборудования : учеб. пособие для машиностроит. спец. / А. А. Мельниченко ; Укр. инж.-пед. акад. – Х. : [б. и.], 1997. – 70 с. : ил.

2. Тимофеев Ю. В. Определение геометрической точности агрегатных станков / Ю. В. Тимофеев, Н. В. Захаров, А. А. Мельниченко // Техника машиностроения. – 1994. – № 2. – С. 26–28.

*Лішук Т.П., Мельниченко О.А.* «Підвищення точності складання агрегатних верстатів за рахунок оптимізації геометричних параметрів».

Розглядається питання впливу геометричних параметрів на точність агрегатних верстатів.

**Ключові слова:** точність, складання, агрегатний верстат, оптимізація, геометричні параметри.

*Лішук Т.П., Мельниченко А.А.* «Повышение точности сборки агрегатных станков за счет оптимизации геометрических параметров».

Рассматривается вопрос влияния геометрических параметров на точность агрегатных станков.

**Ключевые слова:** точность, сборка, агрегатный станок, оптимизация, геометрические параметры.

*Lishuk T.P., Melnichenko A.A.* “The elevation exactness gathers aggregates machines on optimization geometrics parameters”.

Deal influence geometrics parameters in hardness and exactness aggregate machine.



**Key words:** precision, assembly, building-block machine, optimization, geometrical parameter.

Стаття надійшла до редакції 5 травня 2010 р.