

РОЗМІРНІ ЛАНЦЮГИ

Розмірним ланцюгом називають сукупність розмірів, які утворюють замкнутий контур і приймають участь при вирішенні поставленої задачі. Розміри, що утворюють розмірний ланцюг, називають **ланками** розмірного ланцюга.

5.1 Класифікація розмірних ланцюгів (РЛ)

1. По взаємному розміщенню ланок РЛ поділяють на
 - **плоскі** , якщо ланки розміщені в одній площині;
 - **просторові**, якщо ланки розміщені не паралельно одна відносно іншої в непаралельних площинах;
 - **лінійні**, якщо ланками РЛ є лінійні розміри;
 - **кутові**, якщо ланками РЛ є кутові розміри.
2. По місцю у виробі
 - Якщо РЛ стосується однієї деталі, то це буде **подетальний** РЛ;
 - Якщо РЛ зв'язує у вузлі дві або більше деталей, то це буде **складальний** РЛ.
3. По області застосування
 - При конструюванні виробу точність його вирішують за допомогою **конструкторського** РЛ;
 - При виготовленні виробу точність його вирішують за допомогою **технологічного** РЛ;
 - При вимірюванні виробу використовують **вимірний** РЛ, який складається із засобу вимірювання та вимірюваної деталі.

Кожен РЛ складається із складових та замикаючої ланки.

Замикаючою ланкою РЛ називають розмір (A_0), який отримують останнім в процесі обробки деталі або складанні вузла машини.

Складовою ланкою РЛ називають розмір $(A_1, A_2 \dots A_n)$ зміна величини якого призводить до зміни величини замикаючої ланки.

Складові ланки РЛ поділяються на збільшуючі та зменшуючі.

Збільшуюча ланка (\vec{A}_i) – збільшення величини якої призводить до збільшення замикаючої ланки.

Зменшуюча ланка (\overleftarrow{A}_j) – збільшення величини якої призводить до зменшення замикаючої ланки.

Суть розрахунку розмірного ланцюга полягає у визначенні допусків і граничних відхилень всіх ланок виходячи з вимог конструкції і технології.

При розв'язанні розмірних ланцюгів вирішують дві задачі:

1. **Пряма задача** – визначення номінальних розмірів, допусків і граничних відхилень складових ланок по номінальному розміру і граничних відхиленнях замикаючої ланки.

2. **Обернена задача** (перевірочна)– визначення номінального розміру, допуску і граничних відхилень замикаючої ланки по номінальних розмірах і граничних відхиленнях складових.

5.2 Методи досягнення заданої точності замикаючої ланки РЛ

1. Метод повної взаємозамінності.
2. Ймовірностний метод.
3. Метод групової взаємозамінності.
4. Метод припасування.
5. Метод регулювання.

5.2.1 Метод повної взаємозамінності

Точність замикаючої ланки досягається за будь-якого поєднання розмірів деталей (складових ланок), виготовлених в межах розрахованих допусків. Деталі під час складання з'єднуються без припасування,

регулювання та підбору.

Розрахунок здійснюється **методом максимуму-мінімуму**, за якого допуск замикаючої ланки визначається арифметичним додаванням допусків складових ланок. Із умови замкнутості отримане **основне рівняння розмірних ланцюгів**, яке для лінійного розмірного ланцюга з паралельними ланками має вигляд

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_{i3\delta} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j3\mathcal{M}}$$

(5.1)

де $A_{i3\delta}, A_{j3\mathcal{M}}$ — номінальні розміри відповідно збільшуючих і зменшуючих ланок;

n — число збільшуючих ланок;

$n+p$ — загальне число ланок.

Граничні розміри замикаючої ланки

$$A_0^{\max} = \sum_{i=1}^n A_{i3\delta}^{\max} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j3\mathcal{M}}^{\min}$$

(5.2)

$$A_0^{\min} = \sum_{i=1}^n A_{i3\delta}^{\min} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j3\mathcal{M}}^{\max}$$

(5.3)

Допуск замикаючої ланки розмірного ланцюга дорівнює сумі допусків усіх складових ланок

$$TA_0 = \sum_{i=1}^{n+p} TA_i$$

(5.4)

Граничні відхилення замикаючої ланки

$$ESA_0 = \sum_{i=1}^n ESA_{i3б} - \sum_{j=n+1}^{n+p} EIA_{j зм}$$

(5.5)

$$EIA_0 = \sum_{i=1}^n EIA_{i3б} - \sum_{j=n+1}^{n+p} ESA_{j зм}$$

(5.6) де $ESA_{i3б}$ - верхні відхилення збільшуючих ланок,

$EIA_{i3б}$ - нижні відхилення збільшуючих ланок,

$ESA_{j зм}$ - верхні відхилення зменшуючих ланок,

$EIA_{j зм}$ - нижні відхилення зменшуючих ланок

5.2.2 Способи розподілу допуску замикаючої ланки між складовими ланками

5.2.2.1 **Спосіб рівних допусків** за якого приймають, що допуски всіх складових ланок рівні між собою $TA_1 = TA_2 = \dots = TA_n$. Тоді допуск будь-якої ланки рівний

$$TA_i = \frac{TA_0}{n}$$

(5.7)

де n – кількість ланок.

Спосіб рівних допусків простий, але недостатньо точний, так як коректування допусків складових розмірів довільне.

5.2.2.2 **Спосіб допусків одного квалітету** за якого приймають, що ланки виготовлені з однаковою точністю, а величина допуску залежить лишень від номінального розміру.

Допуск за квалітетом складового розміру (1.19)

$$TA_i = k_i \cdot i$$

де

k_i — число одиниць допуску i -го розміру, встановлене для кожного квалітету (табл.1.4)

i — одиниця допуску (табл.1.3)

Згідно формули (5.4) маємо

$$TA_0 = k_1 \cdot i_1 + k_2 \cdot i_2 + \dots + k_{n+p} \cdot i_{n+p}$$

Враховуючи, що допуски складових ланок призначають за одним квалітетом ($k = \text{const}$), отримано формулу для визначення числа одиниць допуску, за яким призначається квалітет складових ланок

$$TA_0 = k \cdot \sum_{i=1}^{n+p} i$$

Звідки

$$k = \frac{TA_0}{\sum_{i=1}^{n+p} i}$$

(5.8)

За наближеним значенням k вибирають найближчий квалітет за табл. 1.4. За обраним квалітетом призначаються допуски складових ланок (табл. 1.2). Так як розрахункове число одиниць допуску k , зазвичай, відрізняється від значень, наведених у табл. 1.4, то можна для однієї або декількох ланок, враховуючи технологічні умови, призначати допуски за більш високим або більш низьким квалітетом. Допуски для охоплюючих розмірів рекомендують визначати, як для основного отвору, а для охоплюваних — як для основного валу. При цьому необхідно дотримувати умову $TA_0 \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i$.

Розв'язок розмірного ланцюга способом призначення допусків одного

квалітету більш **обґрунтоване** в порівнянні з розв'язком способом рівних допусків.

ЗАДАЧА 5.1

Розрахувати розмірний ланцюг методом рівних допусків якщо відомо, що між підшипником ковзання і зубчастим колесом потрібно забезпечити функціональний зазор $A_0 = 0_{+1,0}^{+1,4}$.

Розв'язок

Рисунок 5.2 – Схема розмірного ланцюга

1. Встановимо складові ланки розмірного ланцюга.

Для забезпечення зазору при складанні редуктора будуть впливати розміри таких деталей: 1 – корпус редуктора, 2, 4 – підшипники ковзання, 3 – зубчасте колесо.

2. Побудуємо схему розмірного ланцюга.

3. Визначимо збільшуючі та зменшуючі складові РЛ.

Збільшуючі: \vec{A}_3 .

Зменшуючі: $\vec{A}_1, \vec{A}_2, \vec{A}_4$

4. Складемо основне рівняння розмірного ланцюга

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_{i зб} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j зм} = A_3 - (A_1 + A_2 + A_4) = 60 - (50 + 5 + 5) = 0$$

5. Визначимо величину допуску замикаючої ланки

$$TA_0 = A_0^{\max} - A_0^{\min} = 1,4 - 1,0 = 0,4 \text{ мм}$$

6. Визначимо величину допусків складових ланок

$$TA_i = \frac{TA_0}{n} = \frac{0,4}{4} = 0,1 \text{ мм}$$

7. Визначимо граничні відхилення складових ланок РЛ

Для охоплюючих поверхонь відхилення в (+).

Для охоплюваних поверхонь відхилення в (-).

Для інших (\pm).

$$A_3 = 60^{+0,1}; A_1 = 50_{-0,1}; A_2 = 5_{-0,1}; A_4 = 5_{-0,1}.$$

ЗАДАЧА 5.2

Вал, зображений на рисунку, має бути виготовлений в такій послідовності виконання розмірів: B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 . Визначити номінальний розмір і граничні відхилення ступені вала, якщо $B_1=30 \pm 0,042$, $B_2=220h12(-_{0,46})$, $B_3=15_{-0,18}$; $B_4=30 \pm 0,35$, $B_5=5^{+0,12}$.

Розв'язок

1. При заданій послідовності виготовлення розмірів деталі (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5) задачу слід віднести до перевірконого розрахунку визначення величини і граничних відхилень замикаючої ланки (B_0 - ступінь вала за заданими розмірами і граничними відхиленнями складових ланок (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)). На

рисунку 5.3,б показано схему розмірного ланцюга.

У відношенні до замикаючої ланки B_0 складова ланка B_2 є збільшуючою (\rightarrow), а ланки B_1, B_3, B_4, B_5 - зменшуючими (\leftarrow).

2.Номинальний розмір замикаючої ланки, в розмірному ланцюгу пов'язаний з номінальними розмірами збільшуючих і зменшуючих ланок рівнянням:

$$B_0 = \sum_{i=1}^n B_{i3б} - \sum_{j=n+1}^{n+p} B_{j3з} = B_2 - (B_1 + B_3 + B_4 + B_5) = 220 - (30 + 15 + 30 + 5) = 140 \text{ мм}$$

3. Граничні відхилення замикаючої ланки B_0 визначаються за рівняннями:

$$\begin{aligned} ESB_0 &= \sum_{i=1}^n ESB_{i3б} - \sum_{j=n+1}^{n+p} EIB_{j3з} = ESB_2 - (EIB_1 + EIB_3 + EIB_4 + EIB_5) = \\ &= 0 - (-0,042 - 0,18 - 0,035 - 0) = 0,257 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EIB_0 &= \sum_{i=1}^n EIB_{i3б} - \sum_{j=n+1}^{n+p} ESB_{j3з} = EIB_2 - (ESB_1 + ESB_3 + ESB_4 + ESB_5) = \\ &= -0,46 - (0,042 + 0 + 0,035 + 0,12) = -0,657 \text{ мм.} \end{aligned}$$

де ESB_0, EIB_0 - граничні відхилення замикаючої ланки; .

$ESB_{i зб}, EIB_{j зб}$ - граничні відхилення збільшуючих складових ланок; .

$ESB_{j зм}, EIB_{j зм}$ - граничні відхилення зменшуючих складових ланок;

4 Перевірка правильності розв'язку задачі.

При методі, який забезпечує повну взаємозамінність - {метод "максимума-мінімуму) допуски замикаючої ланки і складових ланок пов'язані рівнянням (5.4):

$$T_{B_0} = \sum_{i=1}^{n+p} T_{B_i} = T_{B_1} + T_{B_2} + T_{B_3} + T_{B_4} + T_{B_5} = 0,084 + 0,46 + 0,18 + 0,07 + 0,12 = 0,914 \text{ мм,}$$

$$\text{де} \quad T_{B_1} = ES_{B_1} - EI_{B_1}; \quad T_{B_2} = ES_{B_2} - EI_{B_2}; \quad T_{B_3} = ES_{B_3} - EI_{B_3}; \quad T_{B_4} = ES_{B_4} - EI_{B_4}$$

$$T_{B_5} = ES_{B_5} - EI_{B_5}$$

допуски розмірів на рисунку.

З другого боку,

$$T_{B_0} = ES_{B_0} - EI_{B_0} = 0,257 - (-0,657) = 0,914 \text{ мм.}$$

Таким чином $B_0 = 140^{+0,257}_{-0,657}$

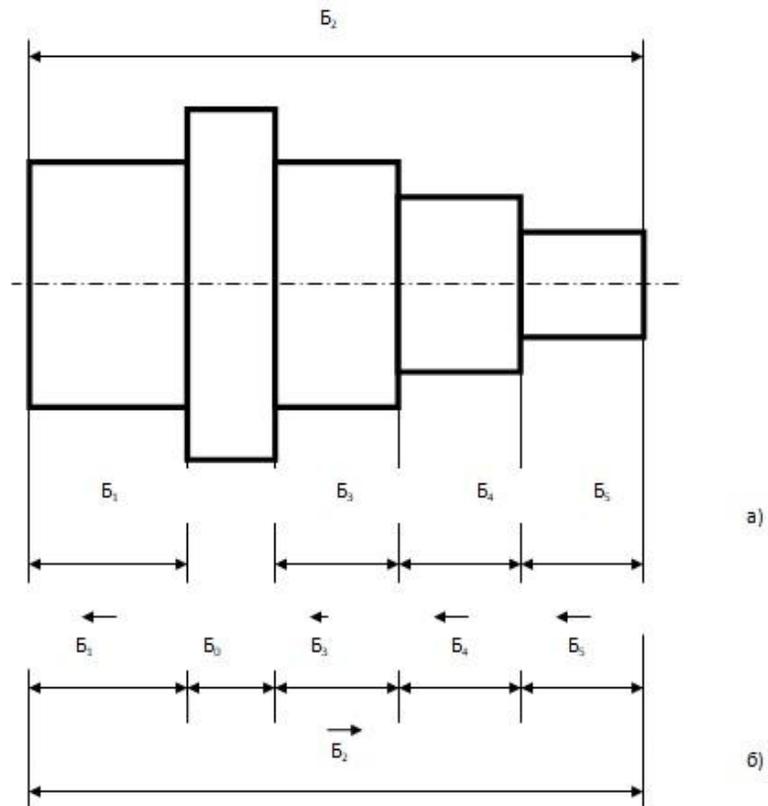


Рисунок 5.3 – До розрахунку розмірного ланцюга:
а) ескіз вала; б) схема розмірного ланцюга