Практична робота №4

Розрахунок перехідних посадок на імовірність отримання натягів і зазорів

Мета: закріпити знання по визначенню основних параметрів перехідних посадок та імовірності отримання натягів і зазорів.

Завдання:

1. Для заданих посадок визначити максимальний натяг та зазор; середній натяг (зазор); середньоквадратичне відхилення посадки та імовірність отримання натягу та зазору.

2. Побудувати схеми розташування полів допусків посадок.

3. Графік нормального розподілу з зазначенням частки імовірності натягу та зазору.

4.1. Короткі теоретичні відомості

Перехідні посадки призначені для нерухомих роз'ємних з'єднань деталей і забезпечують добре центрування з'єднуваних деталей.

При виборі перехідних посадок необхідно враховувати, що для них характерна можливість отримання натягів та зазорів.

Натяги в перехідних посадках мають відносно малу величину та, як правило, не потребують перевірки деталей на міцність. Ці натяги недостатні для передавання зусиль крутних моментів, до того ж отримання натягу в посадках не гарантоване. Тому перехідні посадки використовують з додатковим кріпленням з'єднуваних деталей.

Зазори, що утворюються в перехідних посадках, також відносно малі, що запобігає значному зміщенню (утворенню ексцентриситету) з'єднуваних деталей.

Для утворення полів допусків посадок використовують основні відхилення Js(js), K(k), M(m), N(n) у відносно точних квалітетах: вали – в 4...7-му, отвори — в 5...8-му. Відхилення розмірів отворів в перехідних посадках, як правило, приймають на один квалітет грубішими, ніж валів.

Вибір перехідних посадок частіше за все виконується за аналогією з відомими та надійно працюючими з'єднаннями. Розрахунки виконуються в основному як перевірочні, та містять:

– визначення максимального зазору за радіальним биттям деталі;

– імовірності отримання зазорів та натягів в з'єднанні;

– міцності деталей;

– зусилля складання за максимальним натягом.

Точність центрування визначається величиною F_r радіального биття втулки (колеса) на валу, що виникає при зазорі та однобічному зміщенні вала та отвору. Максимальний зазор посадки:

$$\boldsymbol{S_{max} = F_r / K_T;} \qquad (4.1)$$

де: $\boldsymbol{K_T = 2 \ldots 5}$ – коефіцієнт запасу точності.

Трудомісткість складання та розбирання з'єднань з перехідними посадками, як і характер цих посадок, залежить від імовірності отримання в них натягів та зазорів. В розрахунки імовірності отримання натягів та зазорів покладено ряд припущень:

– розсіювання дійсних розмірів деталей підлягає закону нормального розподілу;

– теоретичне розсіювання дорівнює допуску деталі;

– центр розсіювання співпадає із серединою поля допуску.

Із теорії імовірності відомо, що, якщо дійсні розміри підлягають закону нормального розподілу, то і посадки, які отримуються внаслідок їхніх довільних сполучень з цілком певними значеннями натягів та зазорів, також визначаються цим же законом. Центр розподілу посадки знаходять шляхом алгебраїчного додавання відповідних центрів відхилень середин полів допусків деталей, а величину розподілу

– шляхом додавання середніх квадратичних відхилень дійсних розмірів. Розподіл натягів та зазорів буде підлягати нормальному закону, а імовірність їх отримання визначатись за допомогою інтегральної функції імовірності Ф($\boldsymbol{z}$) (табл. Д.19 або [6]). Розрахунок виконується таким чином:

1. Розраховують посадку та визначають:

– максимальний та мінімальний натяги (зазори) $\boldsymbol{N_{max}}$, $\boldsymbol{N_{min}}$;

– середній натяг (зазор) $\boldsymbol{N_m}$,;

– допуски отвору та вала $\boldsymbol{T_D}, \boldsymbol{T_d}$.

2. Розраховують середнє квадратичне відхилення отвору $\boldsymbol{\sigma_D}$, вала $\boldsymbol{\sigma_d}$ та посадки $\boldsymbol{\sigma}_{\text{п}}$.

$$\boldsymbol{\sigma_D} = \frac{\boldsymbol{T_D}}{\boldsymbol{6}}; \qquad \boldsymbol{\sigma_d} = \frac{\boldsymbol{T_d}}{\boldsymbol{6}};$$

$$\boldsymbol{\sigma}_{\text{п}} = \boldsymbol{\sigma_N} = \boldsymbol{\sigma_S} = \sqrt{\boldsymbol{\sigma_D^2} + \boldsymbol{\sigma_d^2}} = \frac{\sqrt{\boldsymbol{T_D^2} + \boldsymbol{T_d^2}}}{\boldsymbol{6}}. \tag{4.2}$$

3. Будують криву розподілу натягів-зазорів для даної посадки (рис. 4.1). Центром групування є середнє значення $\boldsymbol{N_m}$, а граничні значення – $\boldsymbol{\pm 3 \cdot \sigma}_{\text{п}}$. Незаштрихована площа характеризує імовірність отримання з'єднань з натягом.

4. Визначають границю інтегрування при $\boldsymbol{N_i = 0}$:

$$\boldsymbol{Z = N_m / \sigma}_{\text{п}}; \tag{4.3}$$

5. Розраховують імовірність значень натягу в межах від $\boldsymbol{0}$ до $\boldsymbol{N_m}$, тобто площу, обмежену лінією симетрії кривої Гауса та ординатою, розташованою на відстані $\boldsymbol{N_m}$, від лінії симетрії. Імовірність натягів від $\boldsymbol{0}$ до $\boldsymbol{N_m}$, знаходять із таблиці значень функції Ф($\boldsymbol{z}$) при $\boldsymbol{z = N_m / n}$ (табл. Д.19 або [6]). Імовірність отримання натягів в з'єднанні:

при $z > 0$:

$$\boldsymbol{P'_N = 0,5 + \Phi(z)}; \tag{4.4}$$

при $z < 0$:

$$\boldsymbol{P'_N = 0,5 - \Phi(z)};\qquad (4.5)$$

Відсоток з'єднань з натягом:

$$\boldsymbol{P_N = P'_N \cdot 100\%};\qquad (4.6)$$

Імовірність зазорів:

$$\boldsymbol{P'_S = 1 - P'_N};\qquad (4.7)$$

Відсоток з'єднань із зазором:

$$\boldsymbol{P_S = P'_S \cdot 100\%};\qquad (4.8)$$

Значення $\boldsymbol{P_N}$ та $\boldsymbol{P_S}$ для перехідних посадок наведені в табл. Д.20.

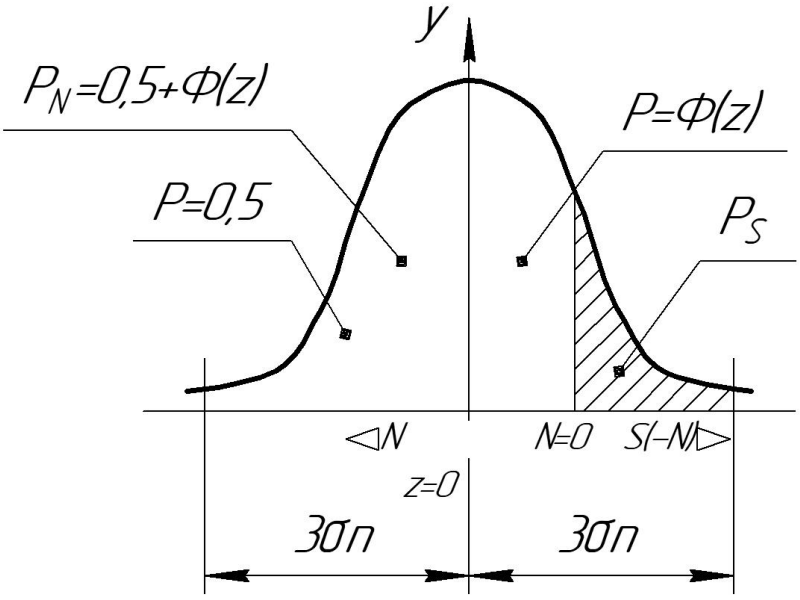


Рис. 4.1. Крива розподілу натягів-зазорів

4.2. Вихідні дані

Для заданих посадок визначити максимальний натяг та зазор; середній натяг (зазор); середньоквадратичне відхилення посадки та імовірність отримання натягу та зазору. Побудувати схеми розташування полів допусків посадок та графік нормального розподілу з зазначенням частки імовірності натягу та зазору.

Таблиця 4.1

Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	d, мм	Варіант	d, мм	Варіант	d, мм
1	$\emptyset\ 30\ H7/n6$	11	$\emptyset\ 60\ H8/js7$	21	$\emptyset\ 45\ K7/h7$
2	$\emptyset\ 60\ K8/h7$	12	$\emptyset\ 45\ N7/h7$	22	$\emptyset\ 60\ H7/m7$
3	$\emptyset\ 45\ H7/m6$	13	$\emptyset\ 60\ H6/k5$	23	$\emptyset\ 25\ Js6/h5$
4	$\emptyset\ 30\ Js8/h7$	14	$\emptyset\ 60\ N8/h7$	24	$\emptyset\ 30\ H7/k7$
5	$\emptyset\ 60\ H7/js6$	15	$\emptyset\ 45\ H6/n5$	25	$\emptyset\ 30\ H6/m6$
6	$\emptyset\ 30\ N8/h7$	16	$\emptyset\ 45\ M7/h6$	26	$\emptyset\ 30\ H7/js7$
7	$\emptyset\ 45\ H8/n7$	17	$\emptyset\ 60\ H8/m7$	27	$\emptyset\ 45\ H6/n6$
8	$\emptyset\ 40\ Js7/h7$	18	$\emptyset\ 70\ H7/n7$	28	$\emptyset\ 60\ H7/k6$
9	$\emptyset\ 45\ H8/k7$	19	$\emptyset\ 30\ H6/js5$	29	$\emptyset\ 35\ H6/js6$
10	$\emptyset\ 60\ M7/h7$	20	$\emptyset\ 60\ Js7/h6$	30	$\emptyset\ 30\ K7/h6$

4.3. Приклад виконання роботи

Розрахувати очікувані при складанні частки з'єднань з натягом та зазором (імовірність натягу та зазору) для посадки:

$$\emptyset\mathbf{65}\ \frac{\boldsymbol{H7}}{\boldsymbol{n6}}\left(\begin{matrix}\mathbf{+0,030}\\ \mathbf{0}\\ \mathbf{+0,039}\\ \mathbf{+0,020}\end{matrix}\right)$$

Розв'язок:

1. Розрахуємо посадку. Максимальний та мінімальний натяги:

$$N_{max} = es - EI = 39 - 0 = 39 \text{ мкм};$$

$$N_{min} = ei - ES = 20 - 30 = -10 \text{ мкм};$$

Або:

$$S_{max} = N_{min} = 10 \text{ мкм}.$$

Середній натяг:

$$N_m = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} = \frac{39 + (-10)}{2} = 14{,}5 \text{ мкм.}$$

Допуски:

– отвору:

$$T_D = ES - EI = 30 - 0 = 30 \text{ мкм;}$$

– валу:

$$T_d = es - ei = 39 - 20 = 19 \text{ мкм;}$$

Схема розташування полів допусків зображена на рис. 4.2.

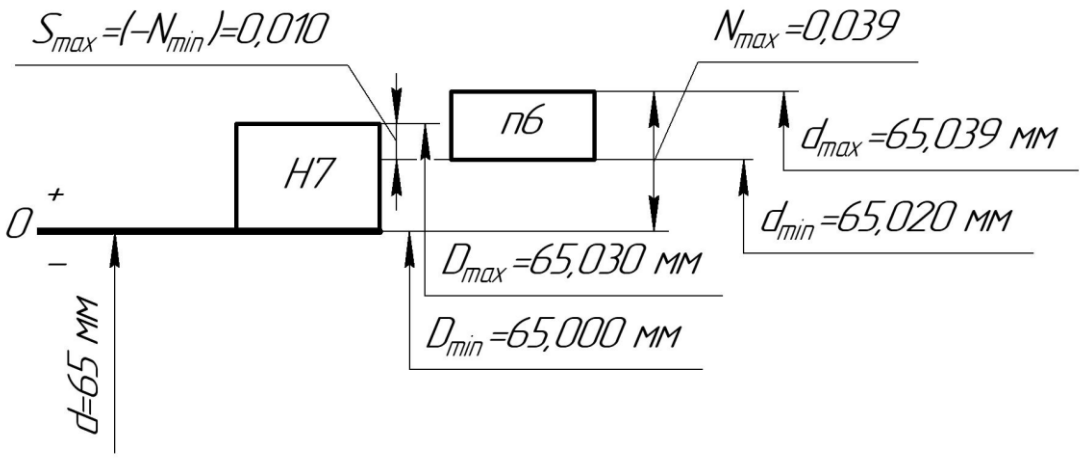


Рис. 4.2. Схема розташування полів допусків посадки $\emptyset 65\ H7/n6$

2. Визначаємо середнє квадратичне відхилення посадки за формулою (4.2):

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{\sqrt{T_D^2 + T_d^2}}{6} = \frac{\sqrt{30^2 + 19^2}}{6} = 5{,}92 \text{ мкм.}$$

3. Визначаємо границю інтегрування:

$$Z = \frac{N_m}{\sigma_{\text{п}}} = \frac{14{,}5}{5{,}92} = 2{,}45.$$

4. Будуємо криву розподілу натягів-зазорів для даної посадки (рис. 4.3).

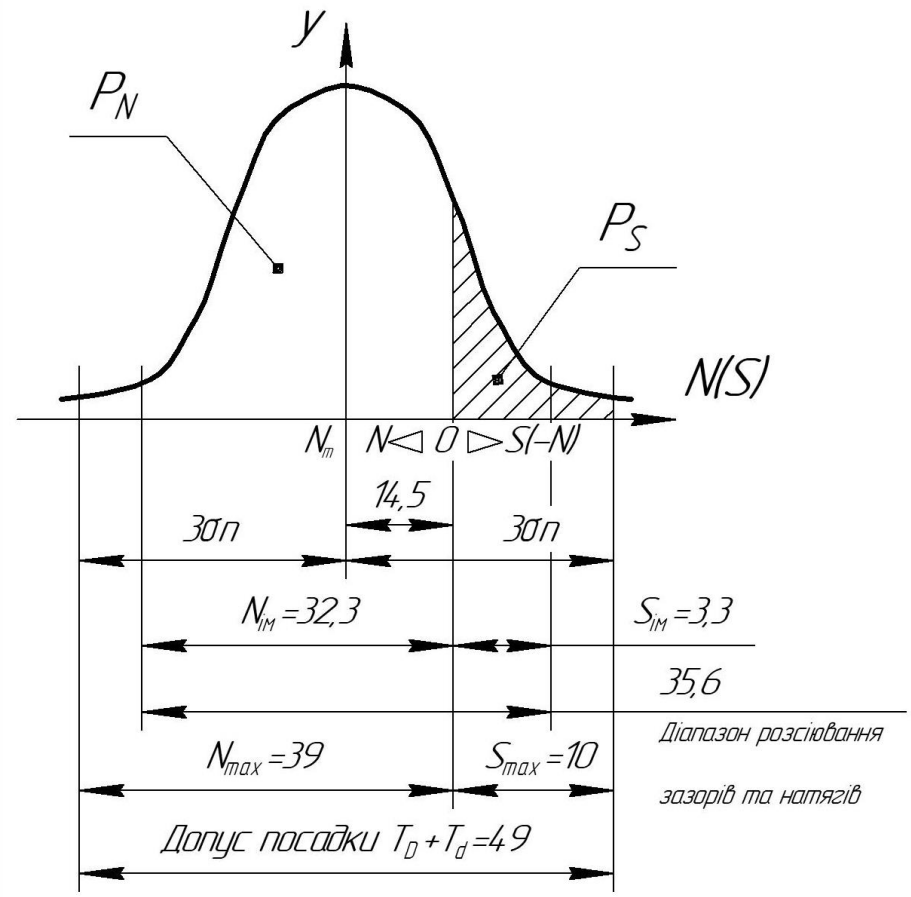


Рис. 4.3. Крива розподілу натягів-зазорів для посадки $\emptyset 65\ H7/n6$

5. Розрахуємо імовірність отримання натягу в межах від 0 до $N_m = 14{,}5$ мкм скориставшись табл. Д.19.

$$\Phi(z) = \Phi(2{,}45) = 0{,}4928$$

Імовірність натягів за формулою (4.4) при $z > 0$:

$$P'_N = 0{,}5 + \Phi(z) = 0{,}5 + 0{,}4928 = 0{,}9928;$$

$$P_N = P'_N \cdot 100\% = 0{,}9928 \cdot 100\% = 99{,}3\%.$$

6. Імовірність зазорів визначається за формулою (4.7):

$$P'_S = 1 - P'_N = 1 - 0{,}9928 = 0{,}0072;$$

$$P_S = P'_S \cdot 100\% = 0{,}0072 \cdot 100\% = 0{,}7\%.$$

Значення P_N та P_S відповідають даним табл. Д.20:

$$P_{N\ \text{табл.}} = (99{,}1 - 99{,}6)\%;$$

$$P_{S\ \text{табл.}} = (0{,}9 - 0{,}4)\%;$$

7. Імовірнісний максимальний натяг:

$$N_{\text{ім}} = N_m + 3 \cdot \sigma_{\text{п}} = 14{,}5 + 3 \cdot 5{,}92 = 32{,}26 \text{ мкм}.$$

Максимальний імовірнісний зазор:

$$S_{\text{ім}} = 3 \cdot \sigma_{\text{п}} - N_m = 3 \cdot 5{,}92 - 14{,}5 = 3{,}26 \text{ мкм}.$$

Таким чином, імовірнісні зазори та натяги $S_{\text{ім}}, N_{\text{ім}}$, значно менші за граничні зазори та натяги S_{max}, N_{max}.

4.4. Контрольні запитання

1. Призначення перехідних посадок.
2. Поля допусків, що використовуються для утворення перехідних посадок.
3. Вибір та розрахунок перехідних посадок.
4. Визначення граничних та середнього натягів посадки, середнього квадратичного відхилення посадки при нормальному законі розподілу розмірів, імовірності отримання зазорів та натягів посадки.