

УДК 621.01.001.2

**С. Білик¹, канд. техн. наук; В. Дзюра², канд. техн. наук;
О. Ляшук², канд. техн. наук; В. Диня¹**

¹*Бережанський агротехнічний інститут*

²*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ КОНТАКТНИХ КРОКІВ ТЯГОВИХ БЕЗВТУЛКОВИХ ПЛАСТИНЧАСТИХ ЛАНЦЮГІВ ІЗ СПІВВІСНИМИ СТУПІНЧАСТИМИ ВАЛИКАМИ

Резюме. Розроблено в імовірному аспекті методику розмірного аналізу точності контактних кроків тягових пластинчастих безвтулкових ланцюгів із різними варіантами спряжень валиків з отворами пластин. Отримано залежності для визначення середніх значень контактних кроків і дисперсії розсіювання внутрішніх і зовнішніх ланок. Встановлено величину впливу розмірних параметрів валиків і пластин на дисперсії розсіювання контактних кроків. Отримано залежності, які при регламентованих значеннях допусків на контактні кроки дозволять встановити точність розмірних параметрів валиків і пластин.

Ключові слова: тягові пластинчасті безвтулкові ланцюги, розмірний аналіз, контактні кроки, допуски.

S. Bilyk, V. Dzyura, O. Lyashuk, V. Dunya

DIMENSIONAL ANALYSIS OF THE ACCURACY OF CONTACT STEPS OF TRACTION PLATE CHAIN WITHOUT HOB WITH COAXIAL STEPPED ROLLERS

The summary. Developed in probability aspects of technique dimensional accuracy analysis of contact traction plate steps without hobs circuits with variations of the conjugate of rollers with the holes of plates. Dependences for the average values of contact moves scattering and dispersion of internal and external links. Established parameters of influence of the size of rollers and plates for contact scattering dispersion steps. These dependencies, governed by the values of tolerance in contact steps will set the precision of dimensional parameters of rollers and plates.

Key words: traction plate without hob chains, dimensional analysis, contact steps, tolerances.

Постановка проблеми. Пластинчасті тягові безвтулкові ланцюги (ПТБЛ) різних конструкцій отримали широке використання в механізмах транспортно-технологічних систем з метою виконання різноманітних операцій для переміщення порошкових матеріалів. Ланки ПТБЛ утворюють з пластин, які вільно посаджені на кінці валиків, внутрішні ланки яких утворюються внутрішніми пластинами і валиками, а зовнішні ланки утворюються зовнішніми пластинами і теж валиками. Одним із найважливіших параметрів пластинчастих конвеєрних ланцюгів є точність контактних кроків внутрішніх і зовнішніх ланок, яка забезпечує нормальний спосіб зачеплення шарнірів ланцюга із зубами зірочок зовнішніх ланок і нормальні умови експлуатації. Тому питання розроблення методики і здійснення теоретичного обґрунтування розмірного аналізу точності є актуальним і потребує свого вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями проектування і розмірного технологічного розрахунку роликів та втулкових ланцюгів присвячені

роботи Глушенка І.П. [1], Максимовича Я.А. [2], Дубиняка С.Г. [3], Кривого П.Д. [4], Петрика А.А. [6], Романовського Б.В. [7] та інших. Найповніше розмірний аналіз роликів і втулкових ланцюгів висвітлені в роботах [5, 6]. Однак цілий ряд питань пов'язаних з розмірним аналізом точності контактних кроків тягових приводних ланцюгів пластинчастих безвтулкових ланцюгів потребують свого вирішення.

Метою роботи є розроблення конструкції і теоретичне обґрунтування точності контактних кроків ПТБЛ.

Роботу виконано в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки і постанови Кабінету Міністрів України “Новітні та ресурсоощадні технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі” на 2010–2015 роки.

Реалізація результатів роботи. Розмірний аналіз контактних кроків ПТБЛ з вільно встановленими в отвори пластин співвісними валиками. Для визначення характеристик розсіювання і допусків на контактні кроки внутрішніх і зовнішніх ланок ПТБЛ з вільно встановленими в отвори пластин співвісними валиками скористаємось конструктивною схемою зображено на рис. 1.

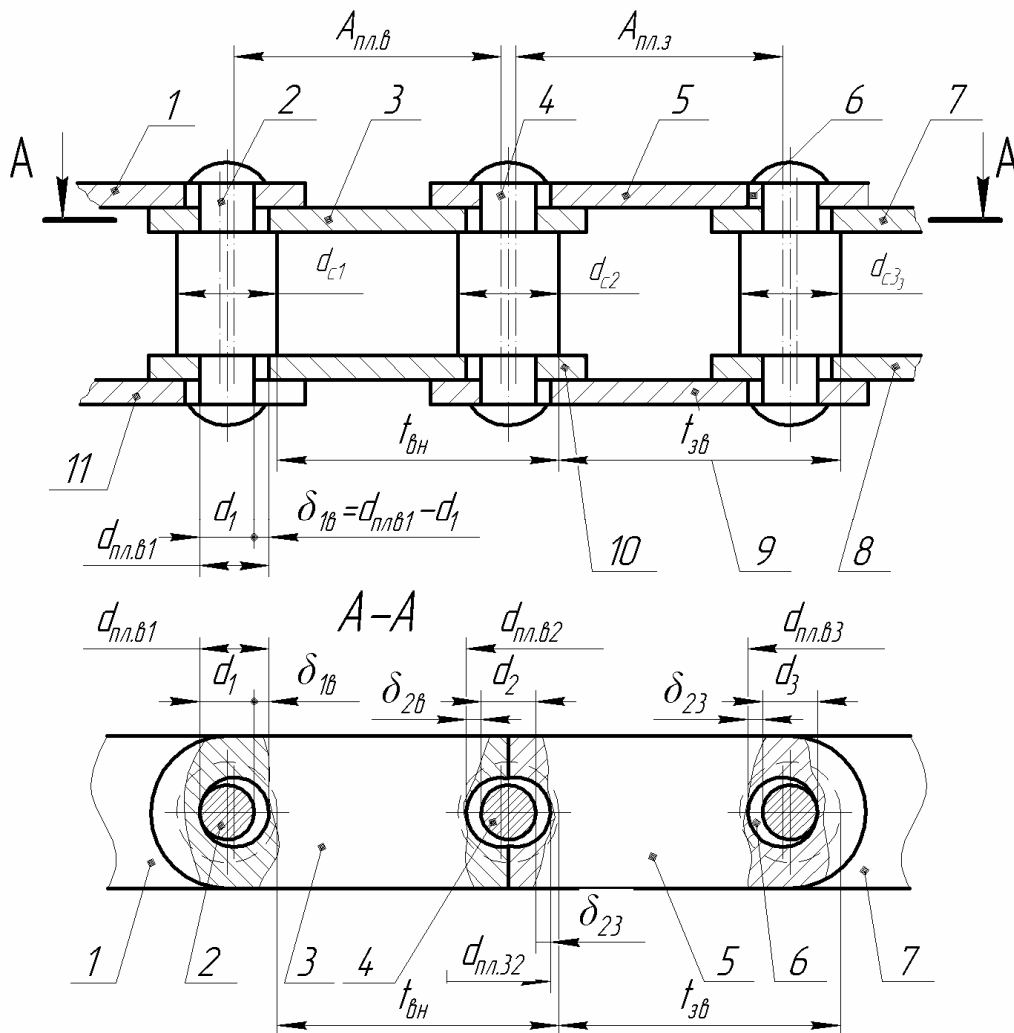


Рисунок 1. Конструктивна схема пластинчастого тягового безвтулкового ланцюга з вільно посадженими кінцями валів в отворах пластин [9]: 1, 5, 9, 11 – зовнішні пластини; 3, 7, 8, 10 – внутрішні пластини; 2, 4, 6 – валики

На основі теорії розмірних ланцюгів контактний крок внутрішньої ланки визначимо із залежності

$$t_e = A_{пл.в} - 0,5d_{c1} + 0,5(d_{пл.в.1} - d_1) + 0,5(d_{пл.в.2} - d_2) + 0,5d_{c2}, \quad (1)$$

де $A_{нл.в.}$ – міжцентрова відстань отворів внутрішньої ланки;

d_{c1} і d_{c2} – відповідно діаметри середньоциліндричних ступенів валиків на першому і другому шарнірах;

$d_{нл.в.1}$ і $d_{нл.в.2}$ – діаметри лівого і правого отворів внутрішньої пластини на першому і другому шарнірах відповідно;

d_1 і d_2 – діаметри кінцевих циліндричних ступенів валиків першого і другого шарнірів відповідно.

Члени правої частини рівняння (1) є випадковими незалежними величинами з нормальним законом розподілу.

Використавши [4, 5], запишемо формули для визначення математичного сподівання $M(t_g)$, яке приблизно дорівнює середньому значенню \bar{t}_g контактному кроку внутрішньої ланки та дисперсії розсіювання $D(t_g)$ величини t_g .

$$M(t_g) \approx \bar{t}_g = \varphi [M(A_{нл.в.}) - 0,5M(d_{c1}) + 0,5M(d_1) + 0,5M(d_{нл.в.2}) - 0,5M(d_2) + 0,5M(d_{c2})] \quad (2)$$

$$D(t_g) = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{d\varphi}{dt_i} \right)^2 D(t_i), \quad (3)$$

де члени правої частини рівняння (2) в квадратних дужках є математичні сподівання складових з рівняння (1);

$\left(\frac{d\varphi}{dt_i} \right)$ – коефіцієнт впливу i -ї складової ланки розмірного ланцюга на дисперсію

розсіювання $D(t_i)$ величини t_i ;

$D(t_i)$ – дисперсія розсіювання i -ї складової ланки.

Враховавши, що у (2) $M(d_{c1}) = M(d_{c2}) = M(d_c) \approx \bar{d}_c$;

$M(A_{нл.в.}) \approx \bar{A}_{нл.в.}$;

$M(d_{нл.в.1}) = M(d_{нл.в.2}) = M(d_{нл.в.}) \approx \bar{d}_{нл.в.}$;

$M(d_1) = M(d_2) = M(d) \approx d$;

$\bar{A}_{нл.в.}$ – середнє значення міжцентрової відстані отворів внутрішніх пластин;

$\bar{d}_{нл.в.}$ і \bar{d} – відповідно середні значення діаметрів середніх ступенів валиків, отворів внутрішніх пластин і циліндричних поверхонь кінцевих ступенів валиків, отримаємо

$$M(t_g) \approx \bar{t}_g = \bar{A}_{нл.в.} + \bar{d}_{нл.в.} - \bar{d} \quad (4)$$

Взявши до уваги те, що дисперсія випадкової величини $y=ax$, де a – не випадкова величина, а x – випадкова величина дорівнює

$D(y) = a^2 D(x)$ і враховавши, що дисперсії $D(d_{c1}) = D(d_{c2}) = D(d_c)$;

$D(d_{нл.в.1}) = D(d_{нл.в.2}) = D(d_{нл.в.})$;

$D(d_1) = D(d_2) = D(d)$, рівняння (3) набуде вигляду

$$D(t_g) = D(A_{нл.в.}) + 0,5 [D(d_c) + D(d_{нл.в.}) + D(d)] \quad (5)$$

Густина розподілу $\phi(t_g)$ контактному кроку внутрішньої ланки ПТБЛ як випадкової величини з нормальним законом розподілу буде дорівнювати

$$f(t_g) = \left\{ \sqrt{2\pi} \sqrt{D(A_{nl.6}) + 0,5[D(d_{nl.6}) + D(d)]} \right\}^{-1} \times \exp \left[t_{gi} - (\bar{A}_{nl.6}) + \bar{d}_{nl.6} - \bar{d} \right]^2 / 2 [D(A_{nl.6}) + 0,5[D(d_c) + D(d_{nl.6}) + D(d)]] \quad (6)$$

Прийнявши, що поле допуску для нормального закону розподілу замикаючої ланки $\delta_3 = 6\sigma$; тут σ – середньоквадратичне відхилення, і виразивши значення дисперсій, що стоять у правій частині рівняння (5), через поля допусків відповідних складових, отримуємо поле допуску для внутрішнього контактного кроку

$$\delta(t_g) = \sqrt{\delta^2(A_{nl.6}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{nl.6}) + d^2(d)]}, \quad (7)$$

де $\delta(A)$, $\delta(d_c)$, $\delta(d_{nl.6})$ і $\delta(d)$ – відповідно поля допусків на міжцентрову відстань отворів, діаметри середніх циліндричних ступенів, отворів у внутрішніх пластинах і кінцевих циліндричних ступенях валиків.

Аналіз залежностей (4) і (7) показує таке. По-перше, при збільшенні \bar{d} середнє значення \bar{t}_g зменшується і при досягненні умови $\bar{d}_{nl.6} = \bar{d}$ з'єднання кінцевий циліндричний ступінь валика – внутрішня пластина, стає беззасторожним і середнє значення контактної кроку дорівнює середньому значенню міжцентрової відстані отворів внутрішніх пластин, тобто $\bar{t}_g = \bar{A}_{nl.6}$. По-друге, на величину поля допуску $\delta(t_g)$ контактної кроку внутрішньої ланки найбільший вплив здійснює точність міжцентрової відстані отворів і в меншій точності діаметрів середніх циліндричних ступенів валиків, отворів внутрішніх пластин і діаметрів кінцевих циліндричних ступенів валиків.

Використавши регламентовані [9] значення допусків на контактний крок залежно від його величини і кількості ланок у вимірювальному відрізьку і прийнявши, що допуски на контактні кроки внутрішніх і зовнішніх ланок рівні, можна записати

$$K\bar{t}_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{nl.6}) + [\delta^2(d_2) + \delta^2(d_{nl.6}) + \delta^2(d)]}, \quad (8)$$

де K – граничне відхилення кроку від номіналу в %, [9];

t_n – номінальне значення кроку ланцюга.

Отримана залежність (8) дає можливість з урахуванням інтервалів розмірів встановлювати допуски на розмірні параметри, які формують внутрішні контактні кроки ПТБЛ.

Контактний крок зовнішньої ланки на основі конструктивної схеми (рис. 1) визначимо із залежності

$$t_3 = A_{nl.3} - 0,5d_{c2} + 0,5(d_{nl.3.2} - d_2) + 0,5(d_{nl.3.3} - d_3) + 0,5d_{c3}, \quad (9)$$

де $A_{nl.3}$ – міжцентрова відстань отворів зовнішніх пластин;

d_{c2} і d_{c3} – відповідно діаметри середніх циліндричних ступенів валиків на другому і третьому шарнірі, які входять у зовнішні ланки;

$d_{nl.3.2}$ і $d_{nl.3.3}$ – відповідно діаметри лівого і правого отворів зовнішньої пластини на другому і третьому шарнірах;

d_2 і d_3 – відповідно діаметри кінцевих циліндричних ступенів валиків другого і третього шарнірів.

Аналіз залежностей (1) і (9) показує, що ці формули в математичному відношенні ідентичні тільки в (9) введені параметри, що формують контактний крок зовнішніх ланок ПТБЛ.

Провівши операції, аналогічні при розгляді характеристик контактної ланки внутрішніх ланок, отримуємо залежності для визначення:

середнього значення контактної ланки зовнішніх ланок

$$\bar{t}_3 = \bar{A}_{нл.3} + \bar{d}_{нл.3} - \bar{d}, \quad (10)$$

де $\bar{A}_{нл.3}$ – середнє значення міжцентрової відстані отворів зовнішніх пластин;

$\bar{d}_{нл.3}$ – середні значення діаметра отворів зовнішніх пластин;

дисперсії розсіювання випадкової величини t_3

$$D(t_3) = D(A_{нл.3}) + 0,5[D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)], \quad (11)$$

де $D(A_{нл.3})$ – дисперсія розсіювання міжцентрової відстані отворів зовнішніх пластин.

За аналогією з густиною розподілу $f(t_3)$ контактний крок зовнішніх пластин (6) виразимо залежністю

$$f(t_3) = \left\{ \sqrt{2\pi} \sqrt{D(A_{нл.3}) + 0,5[D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)]} \right\}^{-1} \times \exp\left[-\frac{(t_3 - (\bar{A}_{нл.3} + \bar{d}_{нл.3} - \bar{d}))^2}{2[D(A_{нл.3}) + 0,5D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)]} \right], \quad (12)$$

а допуск на контактний крок зовнішніх ланок аналогічно (6) – за формулою

$$\delta(t_3) = \sqrt{\delta^2(A_{нл.3}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{нл.3}) + d^2(d)]}, \quad (13)$$

де $\delta(A_{нл.3})$ і $\delta(d_{нл.3})$ – відповідно поля допусків на міжцентрову відстань і діаметри отворів у зовнішніх пластинах.

Врахувавши згідно з [1], що $\delta(t_3) = Kt_n$, залежність (13) набуде кінцевого вигляду

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{нл.3}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{нл.3}) + d^2(d)]}. \quad (14)$$

Припустивши, що міжцентрові відстані отворів внутрішніх і зовнішніх пластин, діаметри отворів цих пластин є однакою точності, тобто $\delta(A_{нл.6}) = \delta(A_{нл.3}) = \delta(A_{нл.})$ і $\delta(d_{нл.6}) = \delta(d_{нл.3}) = \delta(d_{нл.})$,

залежності (7), (8), (13) і (14) можна звести до вигляду

$$\delta(d_6) = \delta(d_3) = Kt_n = \sqrt{\delta^2(A_{нл.}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{нл.}) + d^2(d)]}. \quad (15)$$

Таким чином, аналізуючи (15), можна зробити висновки, що для ПТБЛ, у яких пластини з'єднані з валиками із зазором, допуск на контактні кроки внутрішніх і зовнішніх ланок можуть бути прийняті однаковими і на їх величину найбільший вплив має точність міжцентрової відстані отворів пластин.

Розмірний аналіз контактних кроків із комбінованими варіантами спряжень (натяг–зазор) співвісних валики-отвори пластин.

При цьому розглянемо два варіанти: перший – розмірний аналіз контактних кроків ПТБЛ здійснюється за умови, коли кінцеві циліндричні ступені валиків вільно встановлені в отвори внутрішніх пластин і з натягом в отвори зовнішніх пластин співвісними валиками, і другий – коли розмірний аналіз контактних кроків ПТБЛ здійснюється при умові, коли кінцеві циліндричні ступені валиків вільно встановлені в отвори зовнішніх пластин і з натягом в отвори внутрішніх пластин.

Розглянемо перший варіант.

Варіант спряження валиків з отворами пластин, при якому валики встановлені вільно в отвори внутрішніх пластин із натягом в отвори зовнішніх, зображено на рисунку 2.

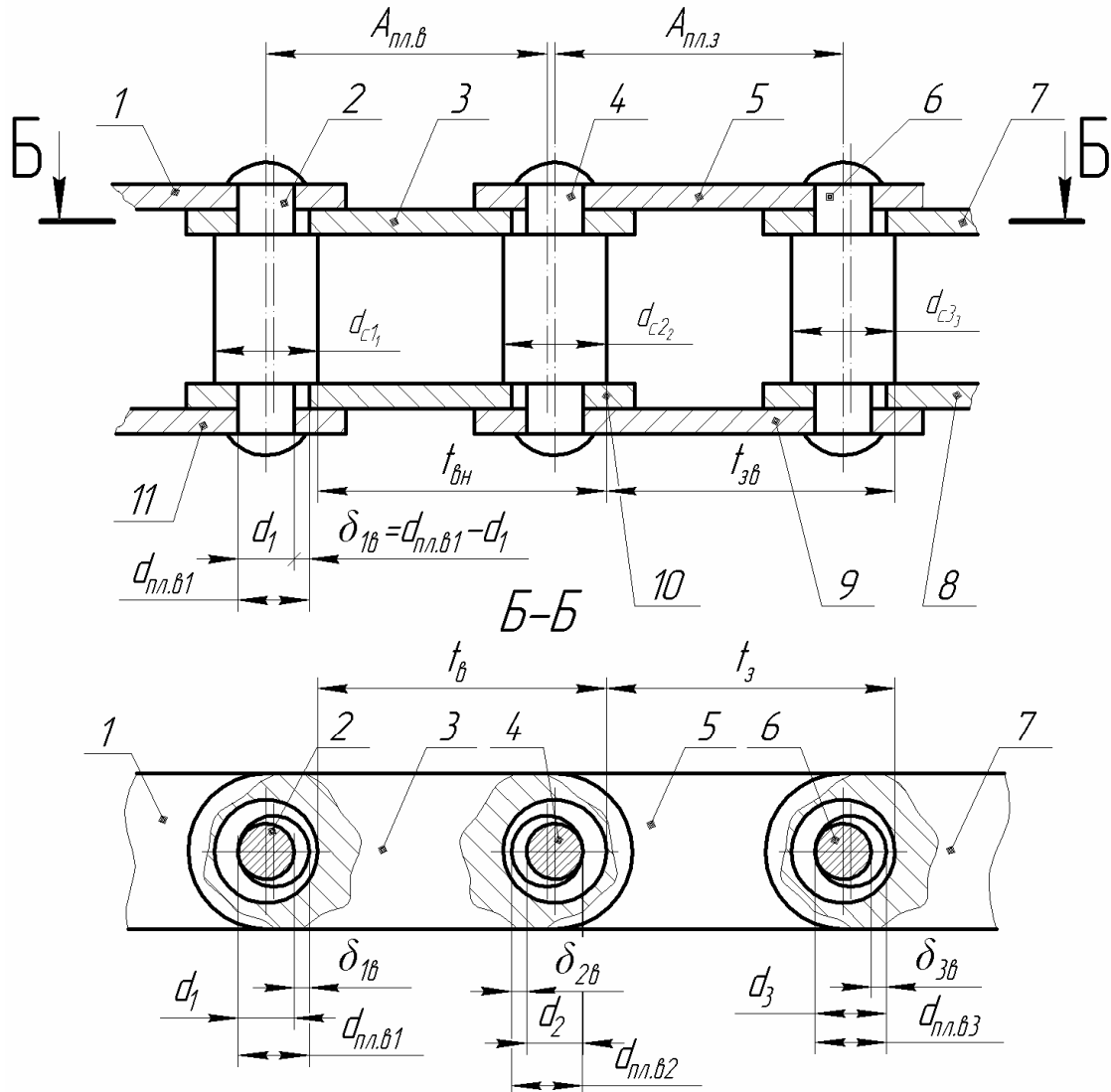


Рисунок 2. Розрахункова схема для визначення полів допусків на контактні кроки ПТБЛ із співвісними ступенями валиків, кінці яких вільно встановлені в отвори внутрішніх і з натягом в отвори зовнішніх пластин:
1,5,8,11 – зовнішні пластини; 2,4,6 – валики; 3,7,8,10 – внутрішні пластини

На основі теорії розмірних ланцюгів контактний крок внутрішньої ланки визначимо із залежності

$$t_e = A_{nl.e} - 0,5d_{c1} + 0,5(d_{nl.e.1} - d_1) + 0,5d_{c2} + 0,5(d_{nl.e.2} - d_2). \quad (16)$$

Члени правої частини рівняння (16) є випадкові незалежні величини з нормальним законом розподілу. Скориставшись центральною граничною теоремою [10], приймаємо гіпотезу, що величина t_e теж буде випадкова і підпорядкована нормальному закону Гаусса.

Використавши [10, 11] знайдемо формули для визначення математичного сподівання $M(t_e)$, яке приблизно дорівнює середньому значенню \bar{t}_e та дисперсії випадкової величини $t_e - D(t_e)$

$$M(t_g) \approx \bar{t}_g = M(A_{нл.г.}) - 0,5M(d_{c1}) + 0,5Md_{нл.г.1} - 0,5M(d_1) + 0,5M(d_{c2}) + 0,5M(d_{нл.г.2}) - 0,5M(d_2); \quad (17)$$

$$D(t_g) = \sum_{i=1}^7 \left(\frac{d\varphi}{dt_i} \right) D(t_i). \quad (18)$$

Врахувавши, що у (17) $M(A_{нл.г.}) \approx \bar{A}_{нл.г.}$,

$$0,5 M(d_{c1}) = 0,5M(d_{c2}) = 0,5M(d_c) \approx 0,5\bar{d}_c$$

$$0,5M(d_{нл.г.1}) = 0,5M(d_{нл.г.2}) = 0,5M(d_{нл.г.}) \approx 0,5\bar{d}_{нл.г.}$$

$$0,5M(d_1) = 0,5M(d_2) = 0,5M(d) \approx 0,5\bar{d},$$

отримаємо $\bar{t}_g = \bar{A}_{нл.г.} + \bar{d}_{нл.г.} - \bar{d}.$ (19)

Взявши до уваги, що $D(d_{c1}) = D(d_{c2}) = D(d_c)$,

$$D(d_{нл.г.1}) = D(d_{нл.г.2}) = D(d_{нл.г.});$$

$$D(d_1) = D(d_2) = D(d),$$

будемо мати $D(t_g) = D(A_{нл.г.}) + 0,5D(d_c) + 0,5D(d_{нл.г.}) + 0,5D(d).$ (20)

Густину розподілу величини $t_d - \hat{f}(t_g)$ виразимо залежністю

$$\hat{f}(t_g) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{D(A_{нл.г.}) + 0,5D(d_c) + D(d_{нл.г.}) + 0,5D(d)}} \times$$

$$\times \exp\left[-\frac{(t_{gi} - (\bar{A}_{нл.г.} + \bar{d}_{нл.г.} - \bar{d}))^2}{2[D(A_{нл.г.}) + 0,5D(d_c) + 0,5D(d_{нл.г.}) + 0,5D(d)]} \right], \quad (21)$$

а допуск на контактний крок з урахуванням [9] і викладом у п.2.2 буде дорівнювати

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{нл.г.}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{нл.г.}) + \delta^2(d)]}. \quad (22)$$

Виходячи із технологічних міркувань, враховуючи, що $d_{нл.г.}$ і d належать до одного інтервалу розмірів, можемо прийняти, що ці параметри доцільно виконувати одного квалітету, тобто $\delta^2(d_{нл.г.}) = \delta^2(d) = \delta^2(d_0)$, рівняння (22) набуде вигляду

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{нл.г.}) + 0,5[\delta^2(d_c) + 2\delta^2(d_0)]}. \quad (23)$$

Тут d_0 – приведений діаметр отворів пластин і кінцевих циліндричних ступенів валиків.

Аналіз залежностей (19), (20), (22) і (23) показує, що на точність контактного кроку внутрішніх ланок ПТБЛ з вільно встановленими в отвори внутрішніх пластин і з натягом в отвори зовнішніх пластин співвісними валиками, в першу чергу найбільший вплив має точність міжцентрових отворів (у 2 рази більше впливає, ніж точність діаметрів середніх ступенів валиків і отворів пластин). При досягненні умови $d_{нл.г.} = d$ середнє значення внутрішнього кроку буде дорівнювати середньому значенню міжцентрової відстані отворів внутрішніх пластин.

Контактний крок зовнішньої ланки, використавши рис. 2 виразимо залежністю

$$t_3 = A_{нл.з.} - 0,5d_{c2} + 0,5d_{c3}. \quad (24)$$

Тут $A_{нл.з.}$ – міжцентрова відстань отворів зовнішніх пластин;
 d_{c2} і d_{c3} – відповідно діаметри циліндричної поверхні середніх ступенів валиків на другому і третьому шарнірах.

Середнє значення \bar{t}_3 і дисперсію $D(t_3)$ величини t_3 запишемо залежностями

$$\bar{t}_3 = \bar{A}_{пл.3} - 0,5\bar{d}_{c2} + 0,5\bar{d}_{c3}; \quad (25)$$

$$D(t_3) = D(A_{пл.3}) + 0,25D(d_{c2}) + 0,25D(d_{c3}), \quad (26)$$

де $D(A_{пл.3})$; $D(d_{c2})$ і $D(d_{c3})$ відповідно дисперсії розсіювання міжцентрової відстані отворів зовнішніх пластин і дисперсії розсіювання діаметрів середньої циліндричної поверхні валиків на другому і третьому шарнірах.

Допуск на контактний крок зовнішньої ланки, аналогічно попередньому, запишемо у вигляді

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{пл.3}) + 0,5\delta^2(d_c)}.$$

Враховуючи, що $\bar{d}_{c2} = d_{c3}$ $D(d_{c2}) = D(d_{c3}) = D(d_c)$ залежності (25) і (26) набудуть вигляду

$$\bar{t}_3 = \bar{A}_{пл.3}; \quad (27)$$

$$D(t_3) = D(A_{пл.3}) + 0,5D(d_c). \quad (28)$$

Густина розподілу випадкової величини t_3 виразимо залежністю

$$f(t_3) = \left[\sqrt{2\pi} \sqrt{D(A_{пл.3}) + 0,5D(d_c)} \right]^{-1} \times \exp - (t_3 - \bar{A}_{пл.3})^2 / 2[D(A_{пл.3}) + 0,5D(d_c)], \quad (29)$$

а допуск на контактний крок буде дорівнювати

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{пл.3}) + 0,5\delta^2(d_c)}. \quad (30)$$

Аналіз отриманих залежностей показує, що при такому варіанті з'єднання валиків із отворами пластин середнє значення контактного кроку зовнішніх ланок дорівнює середньому значенню міжцентрової відстані отворів зовнішніх пластин, а на величину допуску контактного кроку зовнішніх ланок найбільший вплив має точність міжцентрової відстані отворів зовнішніх пластин.

Другий варіант.

Розрахункова схема для визначення полів допусків на контактні кроки внутрішніх і зовнішніх ланок ПТБЛ, у яких циліндричні кінцеві ступені валиків встановлені вільно в отвори зовнішніх пластин і з натягом в отвори внутрішніх зображена на рис. 3.

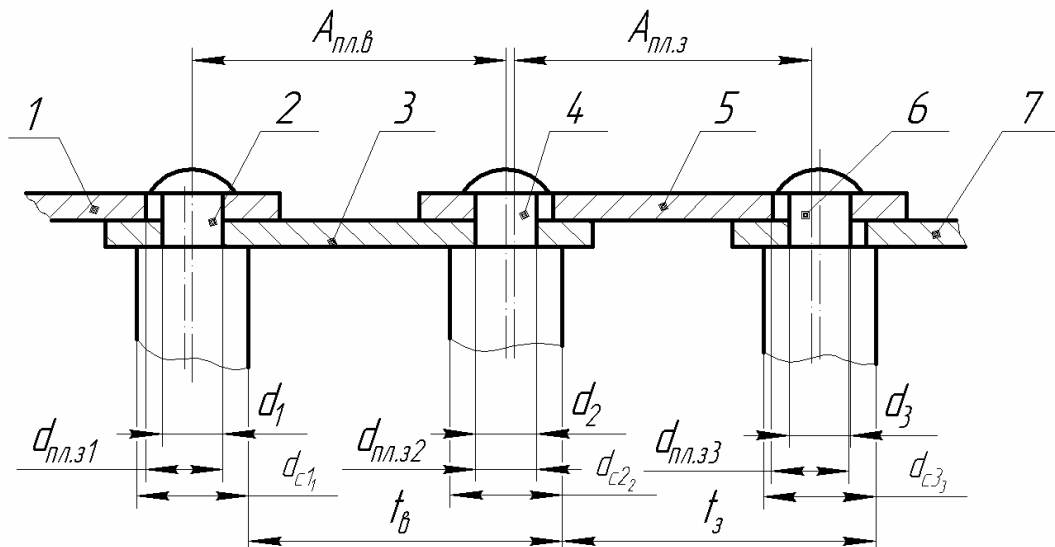


Рисунок 3. Розрахункова схема для визначення полів допусків на контактні кроки при з'єднанні співвісних валиків ПТБЛ з отворами внутрішніх пластин з натягом, а з отворами зовнішніх пластин із зазором: 1,5 – зовнішні пластини; 2,4,6 – валики; 3,7 – внутрішні пластини

За аналогією раніше поданого контактний крок внутрішніх ланок виразимо залежністю

$$t_6 = A_{нл.6} - 0,5d_{c1} + d_{c2}. \quad (31)$$

Його середнє значення \bar{t}_6 і дисперсія розсіювання $D(t_6)$ будуть відповідно дорівнювати

$$\bar{t}_6 = \bar{A}_{нл.6}; \quad (32)$$

$$D(t_6) = D(A_{нл.6}) + 0,5D(d_c). \quad (33)$$

Густина розподілу випадкової величини t_6 буде дорівнювати

$$f(t_6) = \frac{1}{\sqrt{2\pi[D(A_{нл.6}) + 0,5D(d_c)]}}. \quad (34)$$

Допуск на контактний крок внутрішньої ланки виразимо залежністю

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{нл.3}) + 0,5\delta^2(d_c)}. \quad (35)$$

Контактний крок t_3 зовнішніх ланок ПТБЛ, використавши розрахункову схему, зображену на рис. 3, буде дорівнювати

$$t_3 = A_{нл.3} - 0,5d_{c2} + 0,5(d_{нл.3} - d_2) + 0,5d_{c3} + 0,5(d_{нл.3.3} - d_3). \quad (36)$$

Здійснивши перетворення і спростивши аналогічно рівнянням (16) і (20) отримаємо середнє значення \bar{t}_3 контактного кроку

$$\bar{t}_3 = \bar{A}_{нл.3} + \bar{d}_{нл.3} - \bar{d}_1. \quad (37)$$

Дисперсія розсіювання випадкової величини t_3

$$D(t_3) = D(A_{нл.3}) + 0,5[D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)]. \quad (38)$$

Густина розподілу випадкової величини t_3 буде дорівнювати

$$f(t_3) = \frac{1}{\sqrt{2\pi[D(A_{нл.3}) + 0,5D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)]}} \times \exp\left[-\frac{(t_3 - (\bar{A}_{нл.3} + \bar{d}_{нл.3} - \bar{d}_1))^2}{2[D(A_{нл.3}) + 0,5D(d_c) + D(d_{нл.3}) + D(d)]}\right]. \quad (39)$$

Допуск на контактний крок зовнішньої ланки аналогічно (23) буде

$$Kt_n \geq \sqrt{\delta^2(A_{нл.3}) + 0,5[\delta^2(d_c) + \delta^2(d_{нл.3}) + \delta^2(d)]}. \quad (40)$$

На основі проведених досліджень можна зробити такі **висновки**: уперше в імовірнісному аспекті здійснено аналіз точності контактних кроків ТПБЛ з різними варіантами спряжень ступінчастих співвісних валиків з отворами пластин. Отримано формули, які дозволяють залежно від обраного варіанта спряжень ступінчастих валиків із отворами пластин призначити допуски на розмірні параметри валиків і пластин. Встановлено, що найбільший вплив на точність контактних кроків ТПБЛ, незалежно від варіанта спряження валиків із отворами пластин, має точність міжцентрової відстані отворів пластин.

Література

1. Глушенко, І.П. Про розмірність кроків ланок роликів ланцюгів з прямими пластинами [Текст] / І.П. Глушенко // Роликові ланцюгові передачі. – 1966. – №12. – С. 4–9.
2. Максимович, Я.А. Про вплив різнорозмірності роликів на контактний крок роликів передачі [Текст] / Я.А. Максимович // Роликові ланцюгові передачі. – 1966. – №12. – С. 21–29.
3. Зубченко, І.І. Кінематика і динаміка ланцюгових передач [Текст] / І.І. Зубченко, С.Г. Дубиняк, В.Е. Рибак. – Львів: Вид-во Львівського університету, 1972. – 122с.
4. Дубиняк, С.А. О влиянии размерности шигов и звеньев на движение ветви цепной передачи [Текст] / С.А. Дубиняк, И.И. Зубченко // Роликовые цепные передачи. – 1966. – №12. – С. 41–46.
5. Розмірний аналіз точності контактних кроків приводних роликів і втулкових ланцюгів [Текст] / П. Кривий, В. Лазарюк, П. Кривінський, О. Бондаренко, Н. Тимошенко // Машинознавство. – 2008. – №1. – С. 20–25.
6. Кривий, П.Д. Работоспособность приводных роликных и втулочных цепей с ориентированными свернутыми втулками [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.02.02 / П.Д. Кривий. – Львов, 1990. – 18с.

7. Глущенко, И.П. Цепные передачи [Текст] / И.П. Глущенко, А.А. Петрик. – Киев: Техника, 1973. – 104с.
8. ГОСТ 588-81 (СТСЭВ 1011-78). Цепи тяговые пластинчатые. Технические условия [Текст] / Действительный от 9987-07-01. – М.: Издательство стандартов, СССР, 1987. – 20с.
9. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969 – С. 572.
10. Кордонский, Х.Б. Приложение теории вероятностей в инженерном деле [Текст] / Х.Б. Кордонский. – Л.: Физматгиз, 1963. – С. 436.

Отримано 07.03.2011