



середніх значень контактних товщин стінок втулок і роликів, відповідно,  $\bar{\Delta}_{en}$  і  $\bar{\Delta}_{pn}$ , та величин  $e_{en}$ ,  $e_{pn}$ ,  $\varphi_{en}$  і  $\varphi_{pn}$ . Тут  $n$  — порядковий номер шарніра, в який входять відповідні втулки та ролики.

Проведення розмірного аналізу точності контактних кроків зовнішніх і внутрішніх ланок ПРВЛ з врахуванням випадкового характеру величин  $e_e$ ,  $e_p$ ,  $\varphi_e$ ,  $\varphi_p$ ,  $\Delta_e$  і  $\Delta_p$  та визначенням вкладу кожного із зазначених параметрів у загальну дисперсію величин  $t_3$  і  $t_e$ , з коректуванням технологічних процесів виготовлення деталей ПРВЛ, спрямованих на підвищення точності  $t_3$  і  $t_e$ , є актуальним завданням.

Мета статті — провести розмірний аналіз точності контактних кроків ПРВЛ і на його основі визначити математичні сподівання, дисперсії розсіювання контактних кроків та їхніх складових ланок, а також співвідношення кожної з них з точністю контактного кроку для забезпечення корекції номінальних значень конструктивних розмірів деталей і технологічних процесів виготовлення ПРВЛ підвищеної точності.

**Розмірний аналіз точності контактних кроків зовнішніх ланок ПРВЛ.** Величину контактного кроку ПРВЛ у загальному вигляді можна подати рівнянням розмірного ланцюга

$$t_3 = \psi(V_1, V_2, \dots, V_k), \quad (1)$$

де  $t_3$  — замикаюча ланка;  $V_1, V_2, \dots, V_k$  — складові ланки.

Складові розміри контактного кроку ПРВЛ мають випадкові варіації, а тому повинні розглядатися як випадкові величини.

Рівняння (1) буде лінійним у тому випадку, якщо всі ланки, що входять у розмірний ланцюг, паралельні одна одній. Наявність ексцентриситетів втулок і роликів  $e_e$ ,  $e_p$ , положення яких визначаються відповідними значеннями кутів  $\varphi_e$ ,  $\varphi_p$ , може привести до нелінійного характеру рівняння (1) та ускладнення його розв'язування.

Рівняння (1), з врахуванням конструктивних розмірів деталей ПРВЛ та їхніх шарнірів для контактного кроку зовнішніх ланок, подамо у вигляді

$$t_3 = \sum_{i=1}^{10} V_i, \quad (2)$$

де  $V_1 = A_n$  — міжосьова віддаль отворів зовнішньої пластини;  $V_2 = -d_{1n}/2$  і  $V_6 = d_{1(n+1)}/2$  — відповідно діаметри валиків  $n$ -го і  $n+1$  шарнірів ПРВЛ;  $V_3 = -y_n$  і  $V_7 = y_{n+1}$  — величини відхилень від прямолінійності твірної внутрішньої циліндричної поверхні втулок, які утворились у результаті запресування втулок у пластини, виміряні у напрямі, що збігається з поздовжньою віссю ланцюга для  $n$ -го і  $n+1$  шарнірів ПРВЛ;  $V_4 = \Delta_{en}$  і  $V_9 = \Delta_{e(n+1)}$ ,  $V_5 = \Delta_{pn}$  і  $V_{10} = \Delta_{p(n+1)}$  — відповідно контактні товщини стінок втулок і роликів у зоні їхнього контакту з валиками та зубцями зірочок  $n$ -го та  $n+1$  шарнірів ПРВЛ;  $V_8 = \delta_{n+1} = d_{n+1} - d_{1(n+1)}$  — величина зазору між втулкою і валиком  $n+1$  шарніра; тут  $d$  — внутрішній діаметр втулки;  $n$  — порядковий номер шарніра ПРВЛ.

Скориставшись розрахунковою схемою, яка подана на рис. 1, і прийнятими позначеннями, рівняння (2) подамо

у такому вигляді:

$$t_3 = A_n - \frac{d_{1n}}{2} - y_n - \Delta_{en} - \Delta_{pn} + \frac{d_{1(n+1)}}{2} + y_{n+1} + \delta_{n+1} + \Delta_{e(n+1)} + \Delta_{p(n+1)}. \quad (3)$$

У рівнянні (3) всі складові правої його частини є випадковими величинами.

У загальному величину контактної товщини стінки втулок і роликів умовно подамо товщиною стінки ексцентричного циліндра. Скориставшись схемою, поданою на рис. 2, і врахувавши, що  $OC = e \cdot \cos(\varphi - \pi)$  і  $CD = e \cdot \sin(\varphi - \pi)$ , а  $AO = BD = r$ , отримаємо

$$\Delta = \bar{\Delta} - \left( r + e \cdot \cos \varphi - \sqrt{r^2 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi} \right) \quad (4)$$

де  $\bar{\Delta} = (\Delta_{max} + \Delta_{min})/2$  — середнє значення товщини стінки циліндра;  $r$  — внутрішній радіус циліндра;  $e = 0,5(\Delta_{max} - \Delta_{min})$  — ексцентриситет циліндра;  $\Delta_{max}$  і  $\Delta_{min}$  — відповідно максимальна і мінімальна товщини стінок циліндра;  $\varphi$  — кут, що визначає положення ексцентриситету відносно напрямку дії сили, яка передається ПРВЛ.

Аналіз експериментальних даних [5] показує, що величина  $e$  для більшості типорозмірів ПРВЛ, які відповідають ГОСТ, на декілька порядків менша від величини  $r$ . Так, наприклад, у згортих втулках дворядного втулкового ланцюга з кроком 9,525 мм виробництва Даугавпілського заводу привідних ланцюгів (Латвія)  $e = 10,3$  мкм, а  $r = 1750$  мкм. Тоді квадрат математичного сподівання ексцентриситету  $[M(e)]^2 \approx 106$  мкм<sup>2</sup>, а  $r^2 = 30,5 \cdot 10^5$  мкм. Враховуючи, що величина  $e^2 \cdot \cos^2 \varphi$  — дуже мала, нею можна знехтувати. Тоді рівняння (4) набуде вигляду

$$\Delta = 0,5(\Delta_{max} + \Delta_{min}) - e \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

З урахуванням (5), після спрощень, рівняння (3) подамо у вигляді

$$t_3 = A_n - 0,5d_{1n} - 0,5y_{nmax} - 0,5y_{nmin} + e_{yn} \cdot \cos \varphi_{yn} - 0,5\Delta_{enmax} - 0,5\Delta_{enmin} + e_{en} \cdot \cos \varphi_{en} - 0,5\Delta_{pnmax} - 0,5\Delta_{pnmin} + e_{pn} \cdot \cos \varphi_{pn} + 0,5d_{1(n+1)} + 0,5y_{(n+1)max} + 0,5y_{(n+1)min} - e_{y(n+1)} \cdot \cos \varphi_{y(n+1)} + d_{1(n+1)} - d_{1(n+1)} + 0,5\Delta_{e(n+1)max} + 0,5\Delta_{e(n+1)min} - e_{e(n+1)} \cdot \cos \varphi_{e(n+1)} + 0,5\Delta_{p(n+1)max} + 0,5\Delta_{p(n+1)min} - e_{p(n+1)} \cdot \cos \varphi_{p(n+1)}. \quad (6)$$

Для проведення розмірного аналізу величини  $t_3$  потрібно визначити математичне сподівання і дисперсію величини  $\Delta$ . Розглянемо спочатку величину  $0,5(\Delta_{max} - \Delta_{min}) \cdot \cos \varphi$ . Величина  $\varphi$  у процесі складання внутрішніх ланок і запресування втулок у пластини чи в момент контакту ролика із зубом зірочки має закон розподілу однакової імовірності.

Випадкова величина  $\cos \varphi$  підпорядкована закону розподілу арккосинуса з характеристиками розсіювання: математичним сподіванням  $M(\cos \varphi) = 0$  і дисперсією

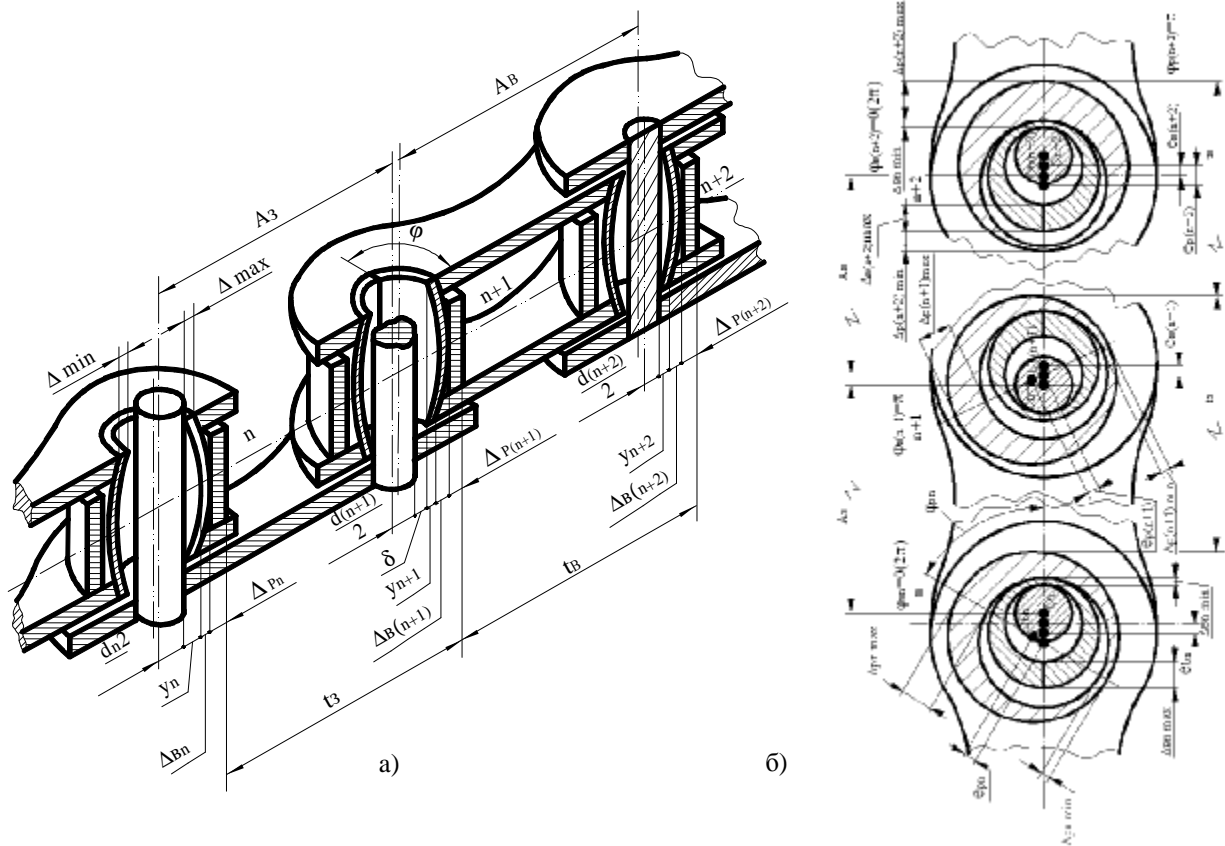


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення контактних кроків зовнішніх та внутрішніх ланок ПРВЛ: а — для ПРВЛ з неорієнтованими згортними втулками; б — для ПРВЛ з орієнтованими втулками

$D(\cos \varphi) = 0,5$ . Величини  $\Delta_{max}$  і  $\Delta_{min}$  підпорядковані нормальному закону розподілу Гауса. Тоді величина  $e$  теж матиме нормальний закон розподілу з характеристиками: математичне сподівання  $M(e) = 0,5[M(\Delta_{max}) - M(\Delta_{min})]$  і дисперсія  $D(e) = 0,25[D(\Delta_{max}) + D(\Delta_{min})]$ . Тут  $M(\Delta_{max})$  і  $M(\Delta_{min})$  — відповідно математичні сподівання максимальної та мінімальної товщин стінок циліндра, а  $D(\Delta_{max})$  і  $D(\Delta_{min})$  — відповідно їхні дисперсії розсіювання. Знаходження густини і функції розподілу величини  $e \cos \varphi$ , де величина  $e$  підпорядкована нормальному закону з математичним сподіванням  $M(e) \neq 0$  є досить складним завданням. Для реалізації розмірного аналізу обмежимося визначенням тільки таких числових характеристик розсіювання: математичного сподівання і дисперсії добутку незалежних випадкових величин  $e$  і  $\cos \varphi$ , тобто  $M(e \cdot \cos \varphi)$  і  $D(e \cdot \cos \varphi)$ . Врахувавши, що  $M(\cos \varphi) = 0$  і  $D(\cos \varphi) = 0,5$ , а  $M(e) \approx \bar{e}$  [1] (тут  $\bar{e}$  — середнє значення ексцентриситету), отримуємо:

$$D(e \cdot \cos \varphi) = D(e)D(\cos \varphi) + [M(e)]^2 \cdot D(\cos \varphi) + [M(\cos \varphi)]^2 \cdot D(e)$$

$$M(e \cdot \cos \varphi) = M(e) \cdot M(\cos \varphi) = 0;$$

$$D(e \cdot \cos \varphi) = 0,5[D(e) + \bar{e}^2];$$

$$M(\bar{\Delta}) = 0,5M(\Delta_{max}) + 0,5M(\Delta_{min});$$

$$D(\Delta) = 0,25 \cdot D(\Delta_{max}) + 0,25D(\Delta_{min}) + 0,5D(e) + 0,5\bar{e}^2. \quad (7)$$

З врахуванням раніше отриманого, математичне сподівання  $M(t_3)$  і дисперсія розсіювання контактного кроку зовнішньої ланки  $D(t_3)$  ПРВЛ виражаться залежностями:

$$M(t_3) \approx \bar{t}_3 = M(A_3) - M(d_1) + M(d), \quad (8)$$

де  $\bar{t}_3$  — середнє значення контактної кроку зовнішньої ланки;  $M(A_n)$ ,  $M(d_1)$ ,  $M(d)$  — відповідно математичні сподівання міжосьової віддалі отворів зовнішніх пластин, діаметра валика і внутрішнього діаметра втулки;

$$D(t_3) = 1,5D(d_1) + D(A_3) + D(e_y) + D(e_e) + D(e_p) + D(d) + \bar{e}_y^2 + \bar{e}_e^2 + \bar{e}_p^2 + 0,5[D(y_{max}) + D(y_{min}) + D(\Delta_{\delta max}) + D(\Delta_{\delta min}) + D(\Delta_{p max}) + D(\Delta_{p min})] \leq \delta_{t_3}^2 / 36, \quad (9)$$

де  $\delta_{t_3}$  — регламентована стандартами величина поля допуску на величину  $t_3$ ;  $D(A_n)$  — дисперсія розсіювання міжосьової віддалі отворів зовнішніх пластин;  $D(d_1)$  і  $D(d)$  — дисперсії розсіювання діаметра валика і внутрішнього діаметра втулки;  $D(y_{max})$  і  $D(y_{min})$  — розсіювання максимальних і мінімальних відхилень від

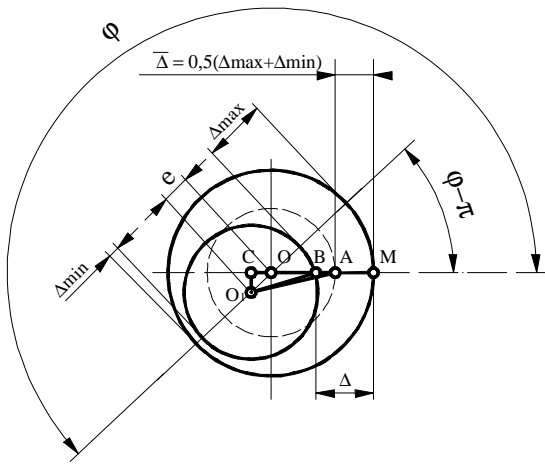


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення контактної товщини стінки D ексцентричного циліндра

прямолінійності твірної внутрішньої поверхні втулок;  $\bar{e}_y, \bar{e}_e, \bar{e}_p$  – середні значення ексцентриситетів, утворених в результаті неоднакової деформації кінців втулок при їх запресуванні у пластини, а також у результаті різногінності втулок і роликів;  $D(\Delta_{e_{max}}), D(\Delta_{e_{min}}), D(\Delta_{p_{max}}), D(\Delta_{p_{min}})$  – дисперсії розсіювання максимальних і мінімальних товщин стінок втулок і роликів.

Аналіз правої частини рівняння (9) дає можливість оцінити вклад кожного з конструктивних розмірів, що формують контактний крок зовнішніх ланок, у загальну дисперсію розсіювання величини  $t_3$ .

Якщо взяти до уваги те, що величина  $D(t_3)$  регламентована існуючими стандартами, тобто  $D(t_3) \leq \delta_{t_3}^2 / 36$ , то рівняння (9) показує, який з конструктивних параметрів впливає найбільше на точність  $t_3$  і який в першу чергу потрібно виконувати якомога точніше. Так, у нашому випадку, найбільший вплив на точність  $t_3$  має точність діаметра валика, потім — точність міжосьової віддалі отворів зовнішніх пластин та ексцентриситетів. Однаково впливають на точність  $t_3$  максимальні й мінімальні товщини стінок втулок і роликів.

Відомо, що одним з методів підвищення точності конструктивного розміру замикаючої ланки є зменшення кількості складових ланок у розмірному ланцюгу. Для ПРВЛ одним з варіантів такого методу є забезпечення кутової орієнтації згортних втулок стиковим швом всередину внутрішньої ланки. Тоді, згідно зі схемою, яка подана на рис. 1,б, матимемо:  $\varphi_n = 0^0 (2\pi); \varphi_{n+1} = \pi; \varphi_{n+2} = 0^0 (2\pi); \varphi_{n+3} = \pi \dots$  і т. д.

Для ПРВЛ з орієнтованими втулками рівняння розмірного ланцюга контактної кроку зовнішньої ланки запишеться утак:

$$t_3^0 = A_3 - 0,5d_{1n} - 0,5y_{nmax} - 0,5y_{nmin} + e_{yn} - 0,5\Delta_{enmax} - 0,5\Delta_{enmin} + e_{en} - 0,5\Delta_{pnmax} - 0,5\Delta_{pnmin} + e_{pn} \cdot \cos \varphi_{pn} + 0,5d_{1(n+1)} + 0,5y_{(n+1)max} + 0,5y_{(n+1)min} + e_{y(n+1)} + d_{(n+1)} - d_{1(n+1)} + 0,5\Delta_{e(n+1)max} + 0,5\Delta_{e(n+1)min} + e_{e(n+1)} +$$

$$+ 0,5\Delta_{p(n+1)max} + 0,5\Delta_{p(n+1)min} - e_{p(n+1)} \cos \varphi_{p(n+1)}, \quad (10)$$

а математичне сподівання, що приблизно дорівнює середньому значенню контактної кроку ( $M(t_3^0) \approx \bar{t}_3^0$ ),

$$M(t_3^0) \approx \bar{t}_3^0 = M(A_3) - M(d_1) + M(d) + 2M(e_y) + 2M(e_e). \quad (11)$$

Величина збільшення контактної кроку  $\Delta M(t_3^0)$  для ПРВЛ з орієнтованими втулками

$$\Delta M(t_3^0) \approx \Delta \bar{t}_3^0 = M(t_3^0) - M(t_3) = 2M(e_y) + 2M(e_e) \approx 2\bar{e}_y + 2\bar{e}_e. \quad (12)$$

Таким чином, рівняння (6) — (12) пояснюють (і це підтверджено експериментами), чому і на яку величину збільшується середнє значення  $\bar{t}_3^0$ .

Тому для забезпечення заданого існуючими стандартами значення  $\bar{t}_3^0$  потрібно відкоректувати міжосьову віддаль отворів зовнішніх пластин  $A_n$ .

Для ПРВЛ з орієнтованими згортними втулками дисперсія розсіювання контактних кроків зовнішніх ланок виразиться залежністю

$$D(t_3^0) = 2D(e_y) + 2D(e_e) + 1,5D(d_1) + D(A_3) + D(e_p) + D(d) + \bar{e}_p^2 + 0,5[D(y_{max}) + D(y_{min}) + D(\Delta_{e_{max}}) + D(\Delta_{e_{min}}) + D(\Delta_{p_{max}}) + D(\Delta_{p_{min}})]. \quad (13)$$

Зменшення дисперсії розсіювання контактних кроків зовнішніх ланок за рахунок орієнтації втулок отримаємо з рівнянь (9) і (11):

$$\Delta D(t_3^0) = D(t_3) - D(t_3^0) = \bar{e}_y^2 + e_e^2 - D(e_y) - D(e_e). \quad (14)$$

Іншим варіантом, який реалізує метод зменшення кількості складових ланок у розмірному ланцюгу є використання привідних втулкових ланцюгів (без роликів), наприклад, вертолїтні й дворядні ланцюги з кроком 9,525 мм механізму газорозподілу двигунів внутрішнього згорання автообілів фірми FIAT (Італія), VAZ (Росія).

У випадку забезпечення орієнтації згортних втулок у втулкових ланцюгах збільшення величини  $\bar{t}_3^0$  визначатиметься за рівнянням (12), а зменшення поля розсіювання можна визначити за формулою (14).

**Розмірний аналіз точності контактних кроків внутрішніх ланок ПРВЛ.** Використавши розрахункову схему (див. рис. 1), рівняння розмірного ланцюга для контактної кроку внутрішньої ланки  $t_6$  для ПРВЛ з неорієнтованими згортними втулками в загальному вигляді виразиться залежністю

$$t_6 = \sum_{j=1}^7 U_j, \quad (15)$$

де  $U_1 = A_6$  – міжосьова віддаль отворів внутрішньої пластини;  $U_2 = 0,5d_{nl(n+1)}$  і  $U_5 = 0,5d_{nl(n+2)}$  – діаметри

отворів внутрішньої пластини  $n+1$ -го та  $n+2$ -го шарнірів ПРВЛ;  $U_3 = y_{n+1}$  і  $U_3 = y_{n+2}$  – величини відхиленя від прямолінійності твірної внутрішньої циліндричної поверхні втулок, які утворились у результаті запресування втулок у пластини, виміряні в напрямі, що збігається з поздовжньою віссю ланцюга для  $n+1$  та  $n+2$  шарнірів ПРВЛ;  $U_4 = \Delta_{p(n+1)}$  і  $U_7 = \Delta_{p(n+2)}$  – контактні товщини стінок роликів у зоні їхнього контакту з втулками і зубцями зірочок  $n+1$  та  $n+2$  шарнірів ПРВЛ.

Рівняння (15), з урахуванням вищенаведених позначень, набуде такого вигляду:

$$t_g = A_g - 0,5d_{nl(n+1)} - y_{n+1} - \Delta_{p(n+1)} + 0,5d_{nl(n+2)} + y_{n+2} + \Delta_{p(n+2)}. \quad (16)$$

Виразивши відхилення від прямолінійності твірної внутрішньої циліндричної поверхні втулок і контактну товщину стінки роликів рівнянням (5), залежність (16) подамо у вигляді

$$t_g = A_g - 0,5d_{nl(n+1)} - 0,5y_{(n+1)max} - 0,5y_{(n+1)min} + e_{y(n+1)} \cdot \cos \varphi_{y(n+1)} - 0,5\Delta_{p(n+1)max} - 0,5\Delta_{p(n+1)min} + e_{p(n+1)} \cdot \cos \varphi_{p(n+1)} + 0,5d_{nl(n+2)} + 0,5y_{(n+2)max} + 0,5y_{(n+2)min} - e_{y(n+2)} \cdot \cos \varphi_{y(n+2)} + 0,5\Delta_{p(n+2)max} + 0,5\Delta_{p(n+2)min} - e_{p(n+2)} \cdot \cos \varphi_{p(n+2)}. \quad (17)$$

Математичне сподівання розсіювання величини  $t_g M(t_g) = M(A_g)$ . Дисперсія розсіювання контактної ланки  $D(t_g)$  ПРВЛ визначиться з формули

$$D(t_g) = D(A_g) + D(e_p) + \bar{e}_p^2 + D(e_y) + \bar{e}_y^2 + 0,5[D(d_{nl}) + D(y_{max}) + D(y_{min}) + D(\Delta_{pmax}) + D(\Delta_{pmin})], \quad (18)$$

де  $D(A_g)$  і  $D(d_{nl})$  – відповідно дисперсія розсіювання міжосьової віддалі й діаметрів отворів внутрішніх пластин.

У випадку забезпечення орієнтації згортних втулок величини  $\varphi_{n+1}$  і  $\varphi_{n+2}$  не випадкові. Тоді рівняння розмірного ланцюга контактної ланки внутрішньої ланки матиме вигляд

$$t_g^0 = A_g - 0,5d_{nl(n+1)} - 0,5y_{(n+1)max} - 0,5y_{(n+1)min} - e_{y(n+1)} - 0,5\Delta_{p(n+1)max} - 0,5\Delta_{p(n+1)min} + e_{p(n+1)} \cdot \cos \varphi_{p(n+1)} + 0,5d_{nl(n+2)} + 0,5y_{(n+2)max} + 0,5y_{(n+2)min} - e_{y(n+2)} + 0,5\Delta_{p(n+2)max} + 0,5\Delta_{p(n+2)min} - e_{p(n+2)} \cdot \cos \varphi_{p(n+2)}. \quad (19)$$

Використавши рівняння (19), знайдемо математичне сподівання розсіювання величини  $t_g^0$ :

$$M(t_g^0) = M(A_g) - 2M(e_y).$$

Орієнтація згортних втулок приводить до зменшення математичного сподівання контактної ланки внутрішніх ланок на величину  $\Delta M(t_g^0) = 2M(e_y)$ .

Дисперсія розсіювання величини  $t_g^0$

$$D(t_g^0) = 2D(e_y) + D(A_g) + D(e_p) + \bar{e}_p^2 + 0,5[D(d_{nl}) + D(y_{max}) + D(y_{min}) + D(\Delta_{pmax}) + D(\Delta_{pmin})]. \quad (20)$$

Аналіз залежності (18) показує, що на величину дисперсії розсіювання контактної ланки внутрішніх ланок з неорієнтованими втулками  $D(t_g)$  найбільший вплив чинять точність міжосьової віддалі отворів внутрішніх пластин, розсіювання відхилення від прямолінійності твірної циліндричної поверхні втулок, розсіювання ексцентриситету роликів і середні значення ексцентриситетів втулок, утворених в результаті запресування їх у пластини ( $\bar{e}_y$ ) і різнотовщинності стінок роликів ( $\bar{e}_p$ ).

Аналіз залежності (20) показує, що на величину дисперсії розсіювання контактної ланки внутрішніх ланок з орієнтованими втулками найбільше впливає дисперсія ексцентриситету втулок, який утворився при їх запресуванні у пластини, потім точність міжосьової віддалі отворів внутрішніх пластин і розсіювання ексцентриситету роликів та його середнє значення.

Для підвищення точності контактних кроків внутрішніх ланок з орієнтованими втулками, в першу чергу, слід підвищувати точність тих конструктивних розмірів ПРВЛ, дисперсії яких найбільше впливають на величини  $D(t_g)$  і  $D(t_g^0)$ .

Орієнтація згортних втулок забезпечує зменшення дисперсії розсіювання контактної ланки внутрішніх ланок ПРВЛ на величину  $\Delta D(t_g^0) = \bar{e}_y^2 - D(e_y)$ .

**Вплив орієнтації згортних втулок на підвищення точності контактних кроків ПРВЛ.** У загальному дисперсію розсіювання контактних кроків ПРВЛ можна подати таким добутком:

$$D(t) = k^2 \cdot t^2,$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності поля допуску на контактний крок номінальному значенню кроку певного типорозміру ПРВЛ, встановленого стандартом;  $t$  – номінальне значення контактної ланки певного типорозміру ПРВЛ.

Кількісну оцінку впливу орієнтації згортних втулок на точність контактних кроків ПРВЛ оцінимо коефіцієнтом підвищення точності

$$k_m = \sqrt{\frac{D(t)}{D(t^0)}}. \quad (21)$$

Враховавши, що  $D(t^0)$  менше, ніж  $D(t)$  на величину  $\Delta D(t^0)$ , і використавши раніше отримані значення  $\Delta D(t_3^0)$  і  $\Delta D(t_g^0)$ , матимемо:

— для контактної ланки зовнішніх ланок ПРВЛ

$$k_{m.z.} = \frac{1}{\sqrt{1 + [D(e_y) + D(e_e) - \bar{e}_y^2 - \bar{e}_e^2] / k_1^2 \cdot t^2}}; \quad (22)$$

— для контактного кроку внутрішніх ланок ПРВЛ

$$k_{m.e.} = \frac{1}{\sqrt{1 + [D(e_y) - \bar{e}_y^2] / k_2^2 \cdot t^2}}, \quad (23)$$

де  $k_1$  і  $k_2$  — відповідно коефіцієнти пропорційності полів допусків на контактні кроки зовнішніх і внутрішніх ланок до номінального значення кроку певного типорозміру ПРВЛ, тобто  $\delta_3 = k_{m.z.} \cdot t_n$  і  $\delta_6 = k_{m.e.} \cdot t_n$ , тут  $\delta_3$  і  $\delta_6$  відповідно поля допусків на контактні кроки зовнішніх і внутрішніх ланок.

Використавши статистичні характеристики розсіювання ексцентриситетів  $e_e$  і  $e_y$ , поданих у [5], та значення полів розсіювання  $t_3$  і  $t_6$  [8], визначили значення  $k_{m.z.}$  і  $k_{m.e.}$ , які наведені в табл. 1.

**Висновки.** 1. Отримані залежності для визначення дисперсій контактних кроків привідних ланцюгів з неорієнтованими і орієнтованими згортними втулками дають можливість на основі аналізу встановити вплив кожного зі складових розмірних параметрів контактних кроків на їхнє поле розсіювання, що можна використати для вдосконалення конструкції та технології виготовлення ПРВЛ.

2. Доведено, що орієнтація згортних втулок збільшує середнє значення контактних кроків зовнішніх ланок, зменшуючи при цьому середнє значення контактних кроків внутрішніх ланок ПРВЛ. Тому у випадку використання ПРВЛ з орієнтованими втулками для забезпечення нормального зачеплення шарнірів ланцюгів із зубцями зірочок і функціонування ланцюгової передачі потрібно коригувати міжосьові віддалі отворів зовнішніх і внутрішніх пластин.

3. Встановлено, що істотну роль у формуванні точності контактних кроків зовнішніх і внутрішніх ланок ПРВЛ відіграють ексцентриситети роликів і втулок, які утворюються при їх виготовленні та запресуванні у пластини. Отримані залежності дають змогу встановити максимальні значення ексцентриситетів, за яких поля допусків контактних кроків ПРВЛ знаходяться у регламентованих стандартами межах. Це дає можливість за критерієм точності оцінити ефективність існуючих процесів виготовлення втулок і роликів.

4. Підтверджено, що орієнтація згортних втулок ПРВЛ підвищує точність контактних кроків. Отримані залежності для кількісної оцінки впливу орієнтації згортних втулок на підвищення точності контактних кроків ПРВЛ. Показано, що зі збільшенням контактного кроку вплив орієнтації згортних втулок на точність зовнішніх і внутрішніх ланок послаблюється.

## Література

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1969. — 576.

Коефіцієнти підвищення точності контактних кроків отримані за формулами (22) і (23)

Типорозмір ланцюга	$k_{m.z.}$	$k_{m.e.}$
Дворядний з кроком 9,525 мм	1,36	1,24
ПР-12,7-1820-2 ГОСТ 13568-75	1,39	1,08
ПР-15,875-2300-2 ГОСТ 13568-75	1,26	1,17
ПР-19,05-3180 ГОСТ 13568-75	1,11	1,20
ПР-25,4-6000-2 ГОСТ 13567-75	1,02	1,12

2. Глуценко І. П. Про розмірність кроків ланок роликів ланцюгів з прямими пластинами // Роликові ланцюгові передачі. — Львів: ЛДУ, 1966. — №12. — С.4—9.

3. Глуценко І. П., Петрик А. А. Призначення допусків на довжини відрізків та контактні ланки роликів ланцюга з прямими пластинами // Роликові ланцюгові передачі. — Львів: ЛДУ, 1971. — №49. — С.12-28.

4. Кривий П. Д. К підвищенню точності виготовлення приводних цепей // Вестник машиностроения, 1980. — №11. — С. 30—33.

5. Кривий П. Д. Працездатність приводних роликів та втулкових ланцюгів з орієнтованими згортними втулками: Автореф. дис... канд. техн. наук / Львів. політехн. ін-т. — Львів: 1990. — 18 с.

6. Kuntzman P. Les transmission per chains a rouleaux. — Dunod: Paris, 1961. — P. 220.

7. Максимович Я. А. Про вплив різномірності роликів на контактний крок роликів передачі // Роликові ланцюгові передачі. — Львів: ЛДУ, 1966. — №12. — С. 21—29.

8. Цени приводные роликовые и втулочные. ГОСТ 13568-75. — М.: Из-во стандартов, 1976. — 20 с.

Отримана 30.04.07

P. Kryvyy, V. Lazaryuk, P. Kryvinskyy, O. Bondarenko, N. Tymoshenko\*

## Dimension analysis of the contact pitches accuracy of the driving roll and bushing chains

Ternopil State Technical University, Ternopil;  
\*National University "Lvivska Politechnika", Lviv

Basing on the dimension chains theory and the theory of probability, taking into account the chain parts construction parameters accuracy, the dimension analysis of the contact pitches accuracy of the driving roller and bushing chains (DRBC) has been carried out. Dependencies for finding the average values of the DRBC contact pitches under of the butt joint split bushing orientation inside the internal link, as well as their scattering dispersion have been obtained. The split bushing orientation was found to decrease the contact pitches scattering dispersion and the mathematic expectation of internal links and to increase the mathematic expectation of external links. The objective of the paper is to carry out the dimension analysis of DRBC contact pitches accuracy and basing on it to find the mathematic expectations, scattering dispersions of contact pitches and their links, as well as the dependence of each of them on the contact pitch accuracy to provide the correction of the parts construction dimensions rated values and manufacturing processes of the advanced accuracy of DRBC.