

## Література

1. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт – Львів: Тріада плюс, 2003. – 352 с.
2. Адамовський М.Г., Мартинців М.П., Бадера Й.С. Підвісні канатні лісотранспортні системи. – К.: ІЗМН, 1997. – 156 с.
3. Занегин Л.А., Воскобойников И.В., Еремеев Н.С. Машины и механизмы для канатной трелёвки. – М.: МГУ леса, 2004. – 443 с.
4. Белая Н.М., Прохоренко А.Г. Технические условия использования канатов подвесных лесотранспортных установок и повышения их сроков службы. – Львів: ЛЛТИ, 1975. – 20 с.
5. Адамовский Н.Г., Матвеев Э.Н. Статистическое описание сроков службы канатов лесотранспортных установок// Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообраб. пром-сть. – К.: Будівельник. – 1978, вип. 9. – С. 57-60.
6. Белая Н.М., Прохоренко А.Г. Канатный транспорт леса и резервы повышения его эффективности// Лесной журнал: Изв. высш. учеб. заведений. 1982, № 4. – С. 34-42.
7. Мартинців М.П., Рудько І.М., Матійшин М.В. Про особливості роботи несучих канатів багатопрольотних канатних лісотранспортних установок в зоні опорного башмака// Наук. вісник УкрДЛТУ: Сучасні теоретичні розробки в деревообробному і меблевому виробництві. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5. – С. 173-178.
8. Белая Н.М., Прохоренко А.Г., Матийшин Н.В. Исследования выносливости несущих канатов в зоне башмаков промежуточных опор// Сб.: Лесн. хоз-во, лесн., бум. и деревообраб. пром-сть. – К.: Будівельник. – 1975, вип. 5. – С. 32-36.

УДК 621.825

*Проф. В.О. Малащенко, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"; проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук – УкрДЛТУ; аспір. А.В. Пінчук – НУ "Львівська політехніка"*

### РОЗПОДІЛУ ПИТОМОГО ТИСКУ НА БОКОВИХ ПОВЕРХНЯХ КІЛЕЦЬ ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ ПІДВИЩЕНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Розглянуто нову конструкцію дискової фрикційної муфти підвищеної навантажувальної здатності. Запропоновано методику визначення геометричних параметрів елементів муфти для покращення рівномірного розподілу питомого тиску, в основу якого покладена рівність площ кожної із поверхонь тертя. Отримано аналітичні залежності визначення цих параметрів.

**Ключові слова:** фрикційна муфта, тертя, площа, сила нормального тиску.

*Prof. W.O. Malashchenko – NU "Lvivska politechnica";  
prof. M.P. Martynciv – USUFWT;  
doctorate A.W. Pinchuk – NU "Lvivska politechnica"*

### Distribution of the specific pressure on lateral surfaces of rings of increased loading ability

The new construction of friction muff increased loading ability is analyzed. The method of definition geometric parameters of muff elements is propose for improvement of uniform distribution specific pressure, in basis which has stand equability areas of every friction surfaces. The analytic dependence of definition this parameters is received.

**Keywords:** friction muff, friction, area, force of perpendicular pressure.

Фрикційні муфти широко застосовуються у машинобудуванні для з'єднання елементів кінематичних ланцюгів, керування технологічним процесом та запобігання перевантажень механічних систем. Створення нових та вдосконалення наявних фрикційних муфт спрямовано на підвищення та ста-

більшість їх експлуатаційних характеристик, спрощення конструкцій, зменшення габаритних розмірів тощо. Враховуючи наведені вище критерії, поряд з відомими фрикційними муфтами [1-3] розроблено дискові фрикційні муфти підвищеної навантажувальної здатності [4, 5], в основу роботи яких покладено клиновий ефект, що підвищує зведений коефіцієнт тертя фрикційних елементів. Окрім цього, в таких муфтах ефективніше використовуються робочі поверхні півмуфт. Проте тут виникають нові задачі щодо визначення геометричних та силових співвідношень елементів муфти, забезпечення рівномірного розподілу питомого тиску на поверхнях тертя, визначення напруженого стану елементів муфти із врахуванням експлуатаційних факторів (відцентрові зусилля, робоча температура тощо). Тому подальше розроблення конструкції нових муфт з врахуванням сучасних вимог та дослідження кінематико-силових параметрів є актуальною на сьогодні.

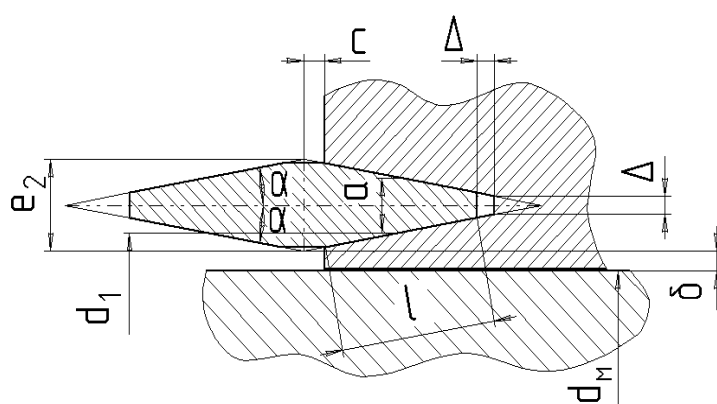


**Рис. 1. Геометричні співвідношення кільця**

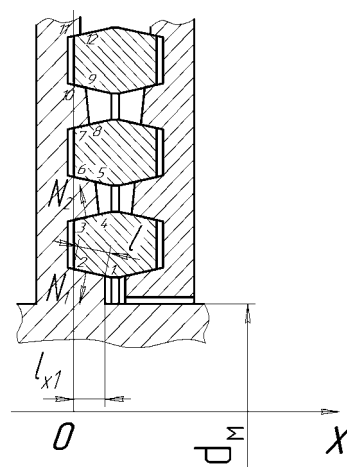


**Рис. 2. Схема елементів фрикційної муфти**

Поряд із відомими конструкціями муфт підвищеної навантажувальної здатності, розроблено та запатентовано фрикційну муфту [6], що містить як проміжний елемент окремі кільця, форми поперечних перерізів котрих наведено на рис. 1. Дослідження такої конструкції дало змогу отримати геометричні та силові співвідношення [7], що дають змогу визначити раціональні розміри елементів тертя муфти залежно від навантаження.

Окрім цього, проведений аналіз конструкції муфти показує, що питомий тиск на робочих поверхнях розподіляється нерівномірно, що спричиняє нерівномірне їхнє зношування. Тому з метою усунення цього істотного недоліку запропоновано нову конструкцію муфти [8], в якій поверхні фланця провідної півмуфти та притискного диска з боку фрикційних кілець виконані такими, що відстань між ними є змінною у радіальному напрямку (рис. 2), що дає змогу вирівнювати площі поверхонь тертя між кільцями і півмуфтами та покращити рівномірність розподілу питомого тиску.

У цій роботі обґрунтовуються геометричні та силові співвідношення, що дають змогу отримати основні розміри елементів запропонованої конструкції муфти і провести порівняння подібних отриманих величин з відомими з метою вибору більш раціональних параметрів.

У основу аналізу покладено просту умову опору поверхонь тертя проти спрацювання:

$$N_{\Sigma} = [p]A_{\Sigma}, \quad (1)$$

де:  $N_{\Sigma}$  – сумарна сила нормального тиску з одного боку контактуючих кілець;  $[p]$  – допустимий питомий тиск для пари тертя;  $A_{\Sigma}$  – площа контакту робочих поверхонь кілець з притискним диском.

Для досягнення рівномірного розподілу питомого тиску необхідно, щоб площа кожної поверхні тертя була однаковою, тобто

$$A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_k = \dots = A_n, \quad (2)$$

де  $k$  – порядковий номер поверхні тертя в радіальному напрямку.

Для розв'язання задачі візьмемо площу нижньої поверхні внутрішнього кільця (рис. 2) за базову. Зручно також вибрати систему координат так, щоб вісь абсцис збігалась з віссю обертання муфти, а вісь ординат проходила по торцях кілець з лівого боку.

Для визначення площі базової поверхні тертя запишемо спочатку рівняння прямої, що проходить через точку 2 під кутом  $\alpha$  до осі ОХ з координатами (рис. 1, 2):

$$\begin{cases} x_2 = 0; \\ y_2 = \frac{d_M + e_2 - \Delta}{2} + \delta - \Delta \operatorname{tg} \alpha. \end{cases} \quad (3)$$

Якщо припустити, що координати точки 2 є сталими та позначити  $y_2 = b$ , то рівняння прямої  $y - y_2 = k(x - x_2)$  для даного випадку набуває вигляду  $y = -\operatorname{tg} \alpha x + b$ , а площа базової поверхні тертя опишемо залежністю:

$$A_1 = 2\pi \int_0^{l_{X1}} [-\operatorname{tg} \alpha x + b] dx = 2\pi \left[ \frac{-\operatorname{tg} \alpha l_{X1}^2}{2} + b l_{X1} \right], \quad (4)$$

де  $l_{X1} = l \cos \alpha$  – ширина поверхні тертя в осьовому напрямку (рис. 2).

Для знаходження площі зовнішньої поверхні тертя внутрішнього кільця підставимо у рівняння прямої координати точки 3:

$$\begin{cases} x_3 = 0; \\ y_3 = \frac{d_M + e_2 + \Delta}{2} + \delta + \Delta \operatorname{tg} \alpha = b_1 \end{cases} \quad (5)$$

і з урахуванням  $y = \operatorname{tg} \alpha x + b_1$  отримаємо подібний за структурою до (4) вираз для площі наступної поверхні тертя

$$A_2 = 2\pi \int_0^{l_{X2}} [\operatorname{tg} \alpha x + b_1] dx = 2\pi \left[ \frac{\operatorname{tg} \alpha l_{X2}^2}{2} + b_1 l_{X2} \right], \quad (6)$$

Згідно з (2) та (4), запишемо

$$2\pi \left[ \frac{\operatorname{tg} \alpha l_{X2}^2}{2} + b_1 l_{X2} \right] = A_1. \quad (7)$$

Розв'язок рівняння (7) зручно записати у вигляді:

$$l_{X2} = \frac{-b_1 + \sqrt{D}}{2a}, \quad (8)$$

де  $D = b_1^2 + \frac{A_1 \operatorname{tg} \alpha}{\pi}$ ;  $a = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2}$ .

Оскільки середня товщина виступів елементів муфти дорівнює  $a$ , площі тертя кожного кільця опишемо залежностями:

$$\begin{aligned} A_{(2j-1)} &= 2\pi \left[ \frac{-\operatorname{tg} \alpha l_{X(2j-1)}^2}{2} + (b + 2(j-1)a) l_{X(2j-1)} \right]; \\ A_{(2j)} &= 2\pi \left[ \frac{\operatorname{tg} \alpha l_{X(2j)}^2}{2} + (b_1 + 2(j-1)a) l_{X(2j)} \right], \end{aligned} \quad (9)$$

де:  $j$  – порядковий номер кільця в радіальному напрямку;  $(2j-1)$  та  $(2j)$  – порядкові номери поверхонь тертя в радіальному напрямку.

Ширини кожної з поверхонь тертя визначатимуться з таких рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{-\operatorname{tg} \alpha l_{X(2j-1)}^2}{2} + (b + 2(j-1)a) l_{X(2j-1)} - \frac{A_1}{2\pi} &= 0; \\ \frac{\operatorname{tg} \alpha l_{X(2j)}^2}{2} + (b_1 + 2(j-1)a) l_{X(2j)} - \frac{A_1}{2\pi} &= 0, \end{aligned}$$

звідки

$$\begin{aligned} l_{X(2j-1)} &= \frac{-b_{(2j-1)} + \sqrt{D_{(2j-1)}}}{2a_{(2j-1)}}, \quad l_{X(2j)} = \frac{-b_{(2j)} + \sqrt{D_{(2j)}}}{2a_{(2j)}}, \\ D_{(2j-1)} &= (b + 2(j-1)a)^2 - \frac{A_1 \operatorname{tg} \alpha}{\pi}, \quad D_{(2j)} = (b_1 + 2(j-1)a)^2 - \frac{A_1 \operatorname{tg} \alpha}{\pi}, \\ a_{(2j-1)} &= \frac{-\operatorname{tg} \alpha}{2}, \quad a_{(2j)} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2}, \\ b_{(2j-1)} &= b + 2(j-1)a, \quad b_{(2j)} = b_1 + 2(j-1)a. \end{aligned} \quad (10)$$

Співвідношення (10) дають змогу визначити ширину кожної поверхні тертя і координати точок для побудови профілів фланців провідної півмуфти та притискного диска.

У робочому стані муфти загальний момент сил тертя запишеться [7] (рис. 3)

$$M_T = F_{T1} \frac{d_1}{2} + F_{T1}' \frac{d_1'}{2} + F_{T2} \frac{d_2}{2} + F_{T2}' \frac{d_2'}{2} + \dots + F_{Tj} \frac{d_j}{2} + F_{Ti}' \frac{d_j'}{2} + \dots, \quad (11)$$

де:  $F_{Tj}$  і  $F_{Tj}'$  – сили тертя відповідно на нижній і верхній поверхнях дотику кільця тільки у площині, перпендикулярній осі обертання муфти (рис. 3);  $d_j$  і  $d_j'$  – середні діаметри поверхонь тертя кілець.

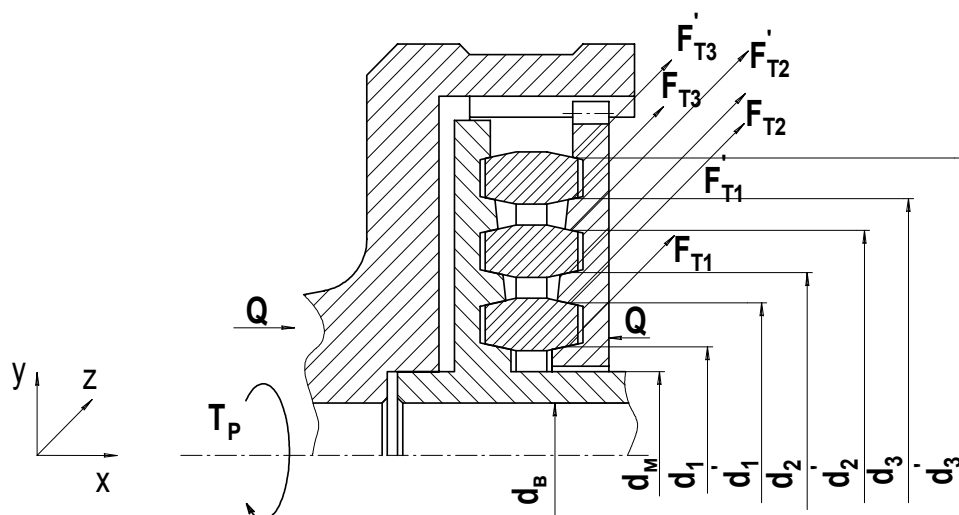


Рис. 3. Розрахункова схема фрикційної муфти

Середні діаметри кожної поверхні тертя визначаються зі співвідношень:

$$d_j = d_M + e_2 - \Delta + 2\delta - 2\Delta \operatorname{tg} \alpha + 4(j-1)a - l_{X(2j-1)} \operatorname{tg} \alpha; \quad (12)$$

$$d'_j = d_M + e_2 + \Delta + 2\delta + 2\Delta \operatorname{tg} \alpha + 4(j-1)a + l_{X(2j)} \operatorname{tg} \alpha,$$

або 
$$d_j + d'_j = 2(d_M + e_2 + 2\delta) + 8(j-1)a + (l_{X(2j)} - l_{X(2j-1)}) \operatorname{tg} \alpha. \quad (13)$$

Припускаючи, що на поверхнях тертя кілець сила нормального тиску є однаковою і, враховуючи, що  $F_{Ti} = N_i f'$ , рівняння (11) з врахуванням (13) зводиться до вигляду:

$$M_T = \frac{N f'}{2} \sum_{j=1}^n [2(d_M + e_2 + 2\delta) + 8(j-1)a + (l_{X(2j)} - l_{X(2j-1)}) \operatorname{tg} \alpha] = T_P K_{3\psi}, \quad (14)$$

або 
$$N = \frac{2T_P K_{3\psi}}{f' \left( 2n(d_M + e_2 + 2\delta) + \sum_{j=1}^n [8(j-1)a + (l_{X(2j)} - l_{X(2j-1)}) \operatorname{tg} \alpha] \right)}, \quad (15)$$

де:  $n$  – кількість робочих кілець;  $f' = f / \cos \alpha$  – зведений коефіцієнт тертя;  $f$  – коефіцієнт тертя;  $T_P$  – розрахунковий обертальний момент;  $K_{3\psi}$  – коефіцієнт запасу зчеплення.

Отримані аналітичні залежності (9...15) дають змогу спроектувати за певними габаритами муфти її елементи так, щоб досягти більш рівномірного розподілу питомого тиску на всі поверхні тертя, і, як наслідок, покращити рівномірність навантаження цих елементів, зменшити зношування та збільшити термін роботи муфти. Запропонована методика розрахунку може бути використана для проектування муфт підвищеної навантажувальної здатності або інших подібних пристроїв транспортної техніки.

## Література

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д. Муфты. Конструкции и расчет. – Л.: Машиностроение, 1973. – 336 с.
2. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. – Л.: Политехника, 1991. – 383 с.

3. Дьяченко С.К., Киркач Н.Ф. Предохранительные муфты. – К.: Гостехиздат УССР, 1962.

4. А.с. № 653448 СССР, кл. F16D13/64. Дисковая фрикционная муфта/ С.Г. Калинин, В.О. Малащенко, П.Я. Петренко; № 2533334/25-27; Заявлено 17.10.1977; Оpub. 28.03.1979. Бюл. № 11.

5. А.с. № 1214952 СССР, кл. F16D13/64. Дисковая фрикционная муфта/ С.Г. Калинин, В.О. Малащенко, П.Я. Петренко; № 3837660/25-27; Заявлено 19.11.1984; Оpub. 28.02.1986. Бюл. № 8.

6. Декл. пат. 53242А, Україна, МПК F16D13/60. Дискова фрикційна муфта. А.В. Пінчук, В.О. Малащенко// Промислова власність. – 2003, № 1. – С. 2.

7. Малащенко В.О., Пінчук А.В. Геометричні та силові співвідношення фрикційної муфти підвищеної навантажувальної здатності// Машинознавство. – 2003, № 10. – С. 37-40.

8. Декл. пат. 65275А, Україна, МПК F16D13/60, Дискова фрикційна муфта. Пінчук А.В.// Промислова власність. – 2004, № 3. – С. 2.

9. Малащенко В.О., Мартинців М.П., Бариляк В.В. Дослідження перехідних процесів роботи приводів транспортуючих і вантажопідіймальних машин з канатною тягою// Підйомно-транспортна техніка. – 2004, № 4. – С. 41-48.

УДК 630\*:656.137

Доц. В.К. Тіунчик, канд. с.-г. наук;  
асист. В.В. Лентяков – УкрДЛТУ

## ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАКТОРІВ

Про шляхи вдосконалення тракторів, які використовуються в лісовому господарстві. Звернено увагу на те, що вдосконалення тракторів буде розвиватися декількома напрямками.

*Doc. V.K. Tiunchyk; assist. V.V. Lentyakov – USUFWT*

### Prospects of tractors' improvement

Methods of improvement of tractors used in forestry have been given. Attention has been paid to the fact that improvement of tractors will be developing along several trends.

Теперішнє і майбутнє лісового господарства нерозривно пов'язано з його осначеністю енергетичною базою. В перспективі заплановано збільшення кількості колісних тракторів (до 60 %). В загальному парку будуть переважати спеціальні лісогосподарські трактори, які найбільш повно відповідають умовам роботи в лісі.

Вдосконалення тракторів буде йти насамперед шляхом збільшення потужності двигунів, що веде до енергонасиченості тракторів і підвищенню робочих швидкостей, а це в свою чергу вплине і на продуктивність машинно-тракторних агрегатів (МТА), які використовують у лісовому господарстві. Водночас в конструкцію сучасних тракторів будуть вмонтовуватися додаткові елементи, що дасть змогу на одному тракторі агрегатувати декілька машин та знарядь і таким чином значно скоротити кількість проходів агрегату на одному місці. Цей негативний фактор значно впливає на ґрунт, який ущільнюється і його родючість зменшується. Через те перспективним є збільшення коліс на одній вісі або збільшення ширини шин. Це дає позитивний результат, але лише на вологих ґрунтах. В таких ґрунтових умовах, як показують досліді, покращується прохідність і сила тяги трактора. На сухих ґрунтах таких переваг не виявлено.