

## ТЕРТЯ У ФРИКЦІЙНИХ МУФТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

© Малащенко В.О., Пінчук А.В., 2004

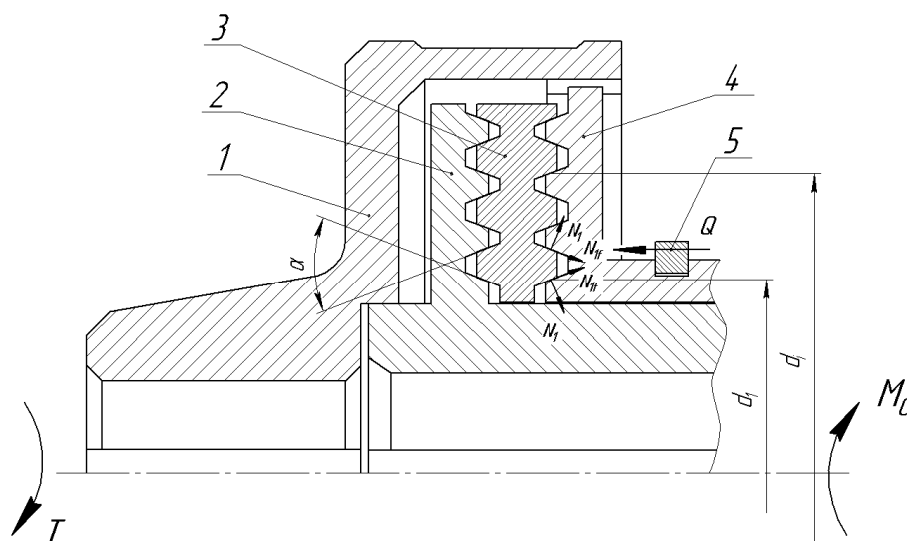
Розглядається методика роботи, що витрачається на тертя та розгін ведених мас фрикційних муфт підвищеної навантажувальної здатності. Запропоновано розрахункову схему та аналітичні залежності, що описують величину цієї роботи під час вмикання муфти.

Examined a strategy of working, which is spent for friction and speedup of conducted weights frictional couplings the increased loading ability. It is offered settlement circuit and analytical dependences, which describe value of this working at the time of coupling's inclusion.

Поряд із широким застосуванням фрикційних муфт у різноманітних об'єктах машинобудування залишається проблема витрат потужності на тертя між півмуфтами та дисками. Це спостерігається під час вмикання та вимикання муфти або її буксування у разі перевантажень, коли муфта працює ще як запобіжна. Подальше вирішення до цієї проблеми для фрикційних муфт підвищеної навантажувальної здатності розглядається у статті.

Відомий розв'язок подібної задачі здійснено у роботі [1], де розглянуто процес вмикання та вимикання звичайних дискових і конусних фрикційних муфт. Однак з розробленням конструкцій нових фрикційних муфт підвищеної навантажувальної здатності [2, 3] знову виникла необхідність у визначенні величини роботи, що витрачається на тертя під час неусталених режимів навантаження.

Тому основним завданням даних досліджень є аналіз вмикання фрикційної муфти підвищеної навантажувальної здатності з визначенням аналітичної залежності, яка описує роботу, що витрачається на тертя та нагрів спеціальної муфти. Розрахункова схема фрикційної муфти із самоустановлюваним диском наведена на рисунку, де 1 – півмуфта ведуча; 2 – півмуфта ведена; 3 – самоустановлюваний диск; 4 – притискний диск; 5 – механізм керування.



Розрахункова схема фрикційної муфти із самоустановлюваним диском

Задача розв'язується на основі відомої методики [1], де встановлено, що вмикання звичайної дискової муфти можна поділити на два етапи. Спочатку ведений вал з плавним прискоренням має досягти швидкості ведучого вала. Для цього етапу має значення характер зусилля, з яким стискаються диски, тобто зміною цієї сили можна регулювати процесом вмикання муфти. Упродовж цього стану відбувається ковзання ведучих елементів відносно ведених, що приводить до втрат потужності. Другий етап починається з моменту, коли кутові швидкості обертання всіх частин муфти зрівнюються і муфта переходить до робочого режиму.

У запропонованих муфтах [2, 3] вмикання зручно поділити на три етапи. На першому етапі подібно до відомих муфт відбувається вирівнювання швидкостей ведучих і ведених мас. Причому закон зміни сили притискання мас менший вплив на розгін веденої півмуфти внаслідок контакту між елементами по похилій площині. Упродовж другого етапу відбувається заклинювання виступів притискного диска, після чого муфта також переходить до робочого стану та передає без ковзання обертальний момент. Тому основні витрати на тертя, які необхідно визначити, відбуваються під час другого етапу.

Попередньо визначається повна робота, що використовується муфтою без врахування моменту опору за проміжок часу  $t$

$$A = \int_0^t T\omega_1 dt - \int_0^t NfV \cos \frac{\alpha}{2} dt . \quad (1)$$

Враховуючи, що обертальний момент  $T = I_1 \varepsilon$ , а швидкість руху притискного диска в осьовому напрямку стала за модулем, рівняння (1) зводиться до вигляду

$$A = I_1 \omega_1^2 - Nfa \cos \frac{\alpha}{2} , \quad (2)$$

де  $I_1$  – зведений момент інерції деталей, що обертаються з веденим валом, Н·м·с<sup>2</sup>;  $\omega_1$  і  $\omega_2$  – кутові швидкості ведучої та веденої мас, рад/с;  $\varepsilon = \frac{d\omega_2}{dt}$  – кутове прискорення руху веденої півмуфти під час вмикання, рад/с<sup>2</sup>;  $N$  – сила нормального тиску в робочих зонах, Н;  $f$  – коефіцієнт тертя;  $V$  – швидкість руху притискного диска, м/с;  $\alpha$  – кут профілю робочих виступів дисків, град;  $a$  – відстань, на яку зміщуються робочі поверхні виступів під час заклинювання, м;  $t$  – час повного вмикання муфти, с.

Частина роботи, що описується рівнянням (1), витрачається на прискорення веденої півмуфти

$$A' = I_1 \int_0^{\omega_1} \omega_2 d\omega_2 = I_1 \frac{\omega_2^2}{2} , \quad (3)$$

а на тертя

$$A'' = \frac{I_1 \omega_1^2}{2} - Nfa \cos \frac{\alpha}{2} . \quad (4)$$

В дійсності під час вмикання муфти з боку ведених мас діє реактивний момент (момент опору  $M_0$ ), що впливає на процес тертя між робочими поверхнями півмуфт. Відомо, що упродовж дії умови  $T < M_0$ , муфта буде у стані ковзання, тобто обертальний момент передаватись не буде та робота буде витрачатись на подолання тертя. З подальшим переміщенням притискного диска, через деякий час  $t_1$  ці моменти зрівнюються і ведена півмуфта почне обертатися разом з ведучою, наступить робочий режим роботи та буде передаватись обертальний момент від двигуна до редуктора.

Тоді повна робота, що витрачається за час вмикання муфти, складається з трьох складових

$$A_{II} = A_1 + A_2 + A_3 , \quad (5)$$

де  $A_1 = \omega_1 \int_{t_1}^t T dt$  – робота за проміжок часу  $t_1$ , що витрачається повністю на тертя;

$A_2 = \int_{t_1}^t (T - M_0) \omega_1 dt - \int_{t_1}^t NfV \cos \frac{\alpha}{2} dt$  – робота за проміжок часу  $(t - t_1)$ , що витрачається на

прискорення веденої маси та часткове проковзування;  $A_3 = \int_{t_1}^t M_0 \omega_1 dt = M_0 \omega_1 (t - t_1)$  – робота, що витрачається на подолання зовнішнього опору та часткове тертя.

Внаслідок того, що на подолання зовнішнього опору витрачається частина  $A_3$

$$A_3' = M_0 \int_{t_1}^t \omega_2 dt ,$$

то на тертя залишається величина

$$A_3'' = M_0 \left[ \omega_1 (t - t_1) - \int_{t_1}^t \omega_2 dt \right] .$$

Тоді повна робота, що витрачається на тертя, дорівнює

$$A_T = \omega_1 \int_0^{t_1} T dt + I \frac{\omega_1^2}{2} - NfV \cos \frac{\alpha}{2} (t - t_1) + M_0 (\omega_1 - \omega_2) (t - t_1). \quad (6)$$

**Висновки:** 1. Отримана залежність (6) є універсальною. Вона дозволяє визначити витрати на тертя у робочій зоні фрикційної муфти підвищеної навантажувальної здатності за основними показниками її вмикання.

2. У випадку вмикання муфти за умови  $T \gg M_0$  перший член рівняння (6) відпадає, тобто на початку доторкання робочої поверхні ведучої півмуфти з веденою обертальний момент миттєво перевищує момент сил зовнішнього опору.

3. За умови  $(\omega_1 = \omega_2)$  останній член рівняння (6) дорівнює нулю, що підтверджує вірогідність отриманої залежності стосовно відсутності витрат на тертя та подолання зовнішнього опору під час обертання муфти як одного цілого.

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д. *Муфты*. – Л.: Машиностроение, 1973. – 336 с. 2. А. с. № 615293. *Дисковая фрикционная муфта* / С.Г. Калінін, В.О. Малащенко, П.Я. Петренко. БИ № 26, 1978; №653448, БИ № 11, 1979; № 1214952, БИ № 8, 1985. 3. Патент Росії № 2003877 С1. *Дисковая фрикционная муфта* / С.Г. Калінін, В.О. Малащенко, П.В. Карнаух. БИ № 43–44, 1993.