

Міністерство науки і освіти України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря СІКОРСЬКОГО»
(м.Київ)

МУФТИ

Навчальний посібник

Київ 2021

УДК 621. 825

Рецензенти: Блощин М.С., доцент, канд.техн.наук, доцент
кафедри ЛТФТ ІМЗ ім. Є.О.Патона
Сердітов О.Т., доцент, канд.техн.наук, доцент
кафедри ЛТФТ ІМЗ ім. Є.О.Патона

Відповідальний
редактор: Данильченко Ю.М., проф., докт.техн.наук

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 2 від 09.12. 2021 р.) за поданням Вченої ради Навчально-наукового Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 4 від 22.11. 2021 р.)

Електронне мережне навчальне видання

О.Г. Архипов, Ю.П. Горбатенко, О.П. Мариношенко, Н.І. Галабурда

МУФТИ

Муфти. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», спеціалізацій: «Літаки та вертольоти», «Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. **О.Г. Архипов, Ю.П. Горбатенко, О.П. Мариношенко, Н.І. Галабурда.** – електронні текстові дані (1 файл: 26,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 204 с.

В посібнику узагальнені муфти для застосування у приводах механізмів і машин. Описані їх призначення, конструкція, принцип дії, викладені методики розрахунків, Вказані критерії та параметри для вибору муфти. Посібник доповнює навчально-методичне забезпечення курсів загальнотехнічних і спеціальних інженерних дисциплін, які вивчають студенти машинобудівних спеціальностей у вищих навчальних закладах, буде корисним для фахівців, що спеціалізуються на проектуванні машин.

О.Г. Архипов, Ю.П.Горбатенко, 2021
КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ І КЛАСИФІКАЦІЯ МУФТ	5
Розділ 1. Муфти жорсткі нерухомі (глухі муфти)	7
1.1 Муфти втулкові.....	7
1.2 Муфти фланцеві.....	10
1.2.1. Муфти поперечно-роз'ємні.....	11
1.2.2. Муфти поздовжньо-роз'ємні.....	13
Розділ 2. Жорсткі компенсуючі муфти	16
2.1 Муфти зубчасті.....	16
2.2 Муфти кулачково-дискові.....	20
2.3 Муфти ланцюгові.....	22
2.4 Муфти напівжорсткі дискові.....	24
2.5 Муфти шарнірні.....	25
Розділ 3. Пружні компенсуючі муфти	32
3.1 Загальні властивості.....	32
3.2 Робота пружної муфти при ударних навантаженнях.....	36
3.3 Муфти з металевими пружними елементами.....	37
3.3.1. Муфти з пластинчастими пружинами.....	37
3.3.2. Муфти із змієподібними пружинами.....	41
3.3.3. Муфти з гвинтовими пружинами.....	45
3.3.4. Муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів... ..	47
3.4 Муфти з неметалевими пружними елементами.....	50
3.4.1. Муфти із зірочкою.....	41
3.4.2. Муфти втулково-пальцеві.....	53
3.4.3. Муфта з тороподібним пружним елементом.....	55
3.4.4. Муфти пальцеві з пружним диском.....	59
3.5 Розрахунок основних типів муфт.....	63
Розділ 4. Зчіпні керовані муфти	66
4.1 Кулачкові зчіпні муфти.....	66
4.1.1. Конструкції кулачкових муфт.....	66
4.1.2. Матеріали для виготовлення кулачкових муфт.....	68
4.1.3. Розрахунок кулачкових муфт.....	69
4.2 Зубчасті муфти.....	70
4.3 Фрикційні муфти.....	70
4.3.1. Конструкції фрикційних муфт.....	71
4.3.2. Матеріали для виготовлення фрикційних муфт.....	72
4.3.3. Процес вмикання і вимикання фрикційних муфт.....	73
4.4 Шинно-пневматичні муфти.....	84
4.5 Пневмокамерні муфти.....	92
4.6 Електромагнітні муфти зчеплення.....	96
4.7 Розрахунок основних типів муфт.....	108
Розділ 5. Муфти вільного ходу	111

5.1	Основні типи фрикційних роликових муфт.....	112
5.2	Геометрія роликових муфт.....	115
5.3	Розрахунок на контактну міцність муфт з циліндричними і ексцентриковими роликами.....	120
5.4	Рекомендації з конструювання муфт і вибору матеріалів.....	123
Розділ 6.	Запобіжні муфти.....	127
6.1	Муфти з руйнуючим елементом.....	129
6.2	Пружинно-кулачкові муфти.....	130
6.3	Пружинно-кулькові муфти.....	133
6.4	Фрикційні запобіжні муфти.....	134
6.5	Розрахунок запобіжних муфт.....	138
ДОДАТКИ.....		142
ЛІТЕРАТУРА.....		202

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ І КЛАСИФІКАЦІЯ МУФТ

Муфтою називають пристрій для з'єднання кінців валів.

Призначення муфт – передача обертаючого моменту без зміни його величини і напрямку. Деякі типи муфт поглинають вібрації і поштовхи, оберігають машину від аварій при перевантаженнях, а також допускають включення і виключення робочого механізму машини без зупинки двигуна.

Застосування муфт в машинобудуванні викликано необхідністю:

- а) отримання довгих валів, що виготовляються з окремих частин;
- б) компенсації невеликих монтажних неточностей у відносному розташуванні валів, що з'єднуються;
- в) додання валам деякої відносної рухливості під час роботи (малий зсув і перекид геометричних осей валів);
- г) виключення і включення окремих вузлів;
- д) автоматичного з'єднання і роз'єднання валів залежно від пройденого шляху, напрямків передачі обертання, кутової швидкості, тобто функцій автоматичного управління.

Різноманіття вимог, що пред'являються до муфт, і відмінність умови їх роботи зумовили створення великої кількості конструкцій муфт, які підрозділяють за різними ознаками на групи:

за принципом дії:

- а) постійні муфти**, що не допускають роз'єднання валів в процесі роботи машини і здійснюють постійне з'єднання валів між собою;
- б) зчіпні муфти**, що допускають під час роботи з'єднання і роз'єднання валів за допомогою системи управління;
- в) самокеровані муфти**, що автоматично роз'єднують вали при зміні заданого режиму роботи машини;
- г) запобіжні муфти**, що роз'єднують вали при порушенні нормальних умов експлуатації;

за характером з'єднання валів:

- а) жорсткі** (глухі), які практично не допускають компенсації радіальних, осьових і кутових зсувів валів;
- б) пружні** (компенсуючі), які допускають деяку компенсацію радіальних, осьових і кутових зсувів завдяки наявності пружних елементів (гумових втулок, пружин тощо);
- в) фрикційні**, що допускають короткочасне проковзування при перевантаженнях;
- г) електромагнітні і гідравлічні.**

Багато муфт, які застосовуються у машинобудуванні, стандартизовані. Стандартизовані муфти, як правило, не розраховують, їх підбирають за стандартами або за відомчими нормами (за більшим діаметром валів, які з'єднуються, та залежно від моменту, що передається, і кутової швидкості). У відповідальних випадках муфти, що підібрані

за таблицями стандартів або за відомчими нормаллями, вимагають перевірного розрахунку.

При проектуванні нових муфт конструктивні розміри елементів муфти визначають розрахунком.

При підборі і розрахунку муфт початковим звичайно є максимальний обертаючий момент, який передається муфтою. В тих випадках, коли цей момент може бути точно визначений з урахуванням динамічних навантажень і можливих експлуатаційних перевантажень, він береться за розрахунковий. В решті випадків розрахунковий момент визначається шляхом множення номінального обертаючого моменту на коефіцієнт режиму роботи K_p :

$$T_p = T \cdot K_p \quad (1.0)$$

де T – номінальний обертаючий момент, відповідний сталому режиму роботи машини при постійних потужностях і кутових швидкостях. Коефіцієнт K_p враховує вплив ряду чинників: вид двигуна, характер робочої машини, величину мас тощо. Як правило, він вводиться в розрахунок при проектуванні муфт будь-яких конструкцій. Значення коефіцієнтів режиму роботи приведені у таблиці 1.0. Вони визначені на підставі експериментальних даних і досвіду експлуатації муфт.

Таблиця 1.0

Коефіцієнт режиму роботи K_p для приводу від електродвигуна

Механізм або машина	K_p
Транспортери стрічкові	1,25÷1,50
Транспортери ланцюгові, скребкові і гвинтові (шнеки)	1,5÷2,0
Повітрядувки і вентилятори відцентрові	1,25÷1,5
Насоси відцентрові	1,5÷2,0
Насоси і компресори поршневі	2,0÷3,0
Верстати металообробні з безперервним рухом	1,25÷1,5
Верстати металообробні зі зворотно-поступальним рухом	1,5÷2,5
Верстати деревообробні	1,5÷2,0
Млини кульові, дробарки, молоти, ножиці	2,0÷3,0
Крани, підйомники, елеватори	3,0÷4,0

Примітка: Для передачі від поршневих двигунів значення K_p слід збільшити на 50...70%.

Муфти кожного розміру виконують для деякого діапазону діаметрів валу, які можуть бути різними при одному і тому ж обертаючому моменті в наслідок різних матеріалів і різних згинаючих моментів. Найбільш слабкі ланки перевіряють на міцність.

Розділ 1. Муфти жорсткі нерухомі

Муфти жорсткі нерухомі (глухі муфти) призначаються для постійного жорсткого з'єднання строго співвісних валів, які можливо роз'єднати тільки після зупинки машини шляхом демонтажу муфти. При використанні цих муфт допустима величина зсувів осей валів лежить в межах $0,002 \div 0,05$ мм [16].

Глухі муфти застосовуються переважно в приводах і передачах, де потрібне жорстке і надійне з'єднання окремих валів в єдиний довгий складений вал з тим, щоб він працював як цільний. Застосовуються вони також в приводах, що працюють із змінною швидкістю в режимі частого пуску, де порівняно невеликий маховий момент муфт є важливою їх перевагою.

З різних видів глухих муфт найбільше поширення набули втулкові і фланцеві муфти.

1.1. Муфти втулкові

Втулкові муфти – найпростіший вид глухих муфт. Вони є втулкою, насадженою на кінці валів. Застосовуються при передачі невеликих обертаючих моментів. Мають просту конструкцію, малі габарити, низьку вартість. Ці муфти закріплюються на валах за допомогою призматичних, сегментних, рідше клинових шпонок або конічних штифтів.

Втулкові муфти, крім загального для жорстких муфт недоліку – вимоги обов'язкової співвісності осей валів, незручні при монтажі і демонтажі, оскільки вимагають осьового зсуву валів або муфти вздовж валу. Тому їх застосовують порівняно рідко. З цієї причини при гладких циліндричних кінцях валів для з'єднання їх з муфтами використовується тільки напружена посадка, тому що втулкові муфти не забезпечують високої жорсткості з'єднувальних валів на згин, і їх застосовують для валів $d \leq 100$ мм.

Максимальний обертаючий момент, який передається при з'єднанні, T (Н·м):

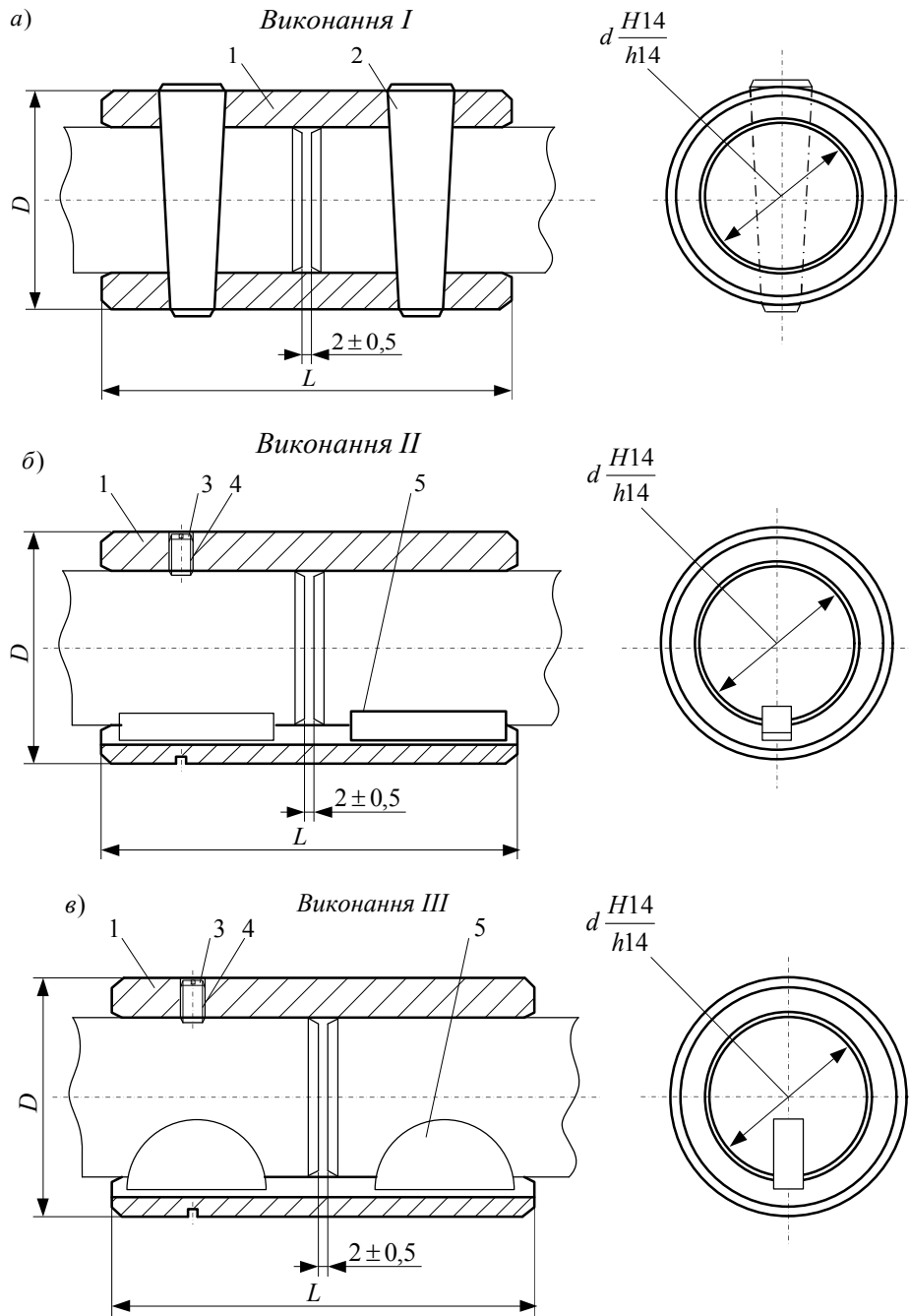
- для муфт із штифтами – 400;
- для муфт із призматичними шпонками – 6300;
- для муфт із шліцами – 1250.

За відсутності ударних навантажень частота обертання не обмежується.

Для валів діаметром $d = 4 \div 10$ мм застосовуються тільки втулкові муфти з штифтами.

Втулки муфт виготовляють із сталі 45 або чавуну. Для муфт з шліцами рекомендується сталь 45 поліпшена, твердістю HRC 24÷30.

На рис. 1.1. показані муфти за ДСТ 24246, які виготовляють в чотирьох виконаннях: 1 – з циліндричним посадочним отвором і штифтами за ДСТ 3129 (рис. 1.1, а); 2- з циліндричним посадочним отвором і шпонковим пазом за ДСТ 23360 (рис. 1.1, б); 3- з циліндричним посадочним отвором і шпонковим пазом за ДСТ 24071 (рис. 1.1, в); 4- з шліцьовим посадочним отвором за ДСТ 6033 (рис. 1.1, г).



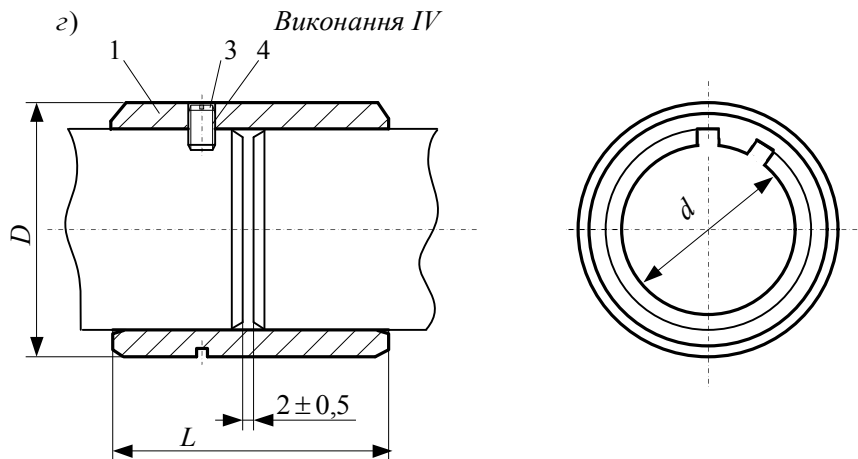


Рис.1.1. Муфти втулкові

Розміри та параметри втулкових муфт надані в Додатку 1.

Співвідношення основних розмірів: зовнішній діаметр $D \approx (1.5 \div 1.6)d$ – для виконань I-IV; довжина $L \approx 3d$ – для виконань I-III і $L = 2d$ – для виконання IV.

Умовне позначення втулкової муфти у виконанні I, що передає номінальний обертаючий момент $T = 200 (H \cdot м)$, з діаметром посадочного отвору $d = 35$ мм, в кліматичному виконанні П і категорії розміщення 3 за ДСТ 15150:

муфта втулкова 1-200-35 ПЗ ДСТ 15150.

Критерієм працездатності втулкових муфт є крутильна міцність втулки, міцність штифтів на зріз і шпонок на змінання.

Міцність втулки на кручення перевіряють за умовою:

$$\tau_K = \frac{T_P}{0,2 \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)} \leq [\tau_k] \quad (1.1)$$

або

$$\tau_K = \frac{T_P}{0,2 D^3 (1 - C^4)} \leq [\tau_k]$$

(1.2)

де

$$C = \frac{d}{D}$$

(1.3)

d – внутрішній діаметр муфти;

D – зовнішній діаметр муфти;

T_P – розрахунковий обертаючий момент;

$[\tau] = (20 \dots 40) \text{ МПа}$ – допустиме напруження на кручення для муфт з вуглецевої сталі (менші значення для менш міцних сталей Ст 3, Ст 4, сталь 30). Низькі значення допустимого дотичного напруження пояснюються тим, що, по-перше, не враховується згин валу, по-

друге, не береться до уваги циклічна дія виникаючих напружень, по-третє, не враховується концентрація напружень.

Міцність штифтів перевіряють на зріз за умовою:

$$\tau_{зр} = \frac{F_P}{2 \frac{\pi d_1^2}{4}} \leq [\tau_{зр}] \quad (1.4)$$

де

$$F_P = \frac{2T_p}{d}$$

(1.5)

$[\tau_{зр}] = 90$ МПа для сталі 45.

З'єднання, які здійснюються за допомогою призматичних або сегментних шпонок, перевіряють на зминання робочих поверхонь шпонки і деталей, що з'єднуються за умовою:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_P}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}] \quad (1.6)$$

де $A_{зм}$ - площа зминання; $A_{зм} = (h - t_1) \ell_p$;

h – висота шпонки (з ДСТ 23360);

t_1 – глибина паза валу (з ДСТ 23360);

ℓ_p - розрахункова довжина призматичної шпонки $\ell_p = \ell - b$ (b – ширина шпонки, ℓ - довжина шпонки – із стандартного ряду). Довжина шпонки повинна бути на 3÷10 мм меншою за довжину маточини деталі, яка насаджується на вал. Для сегментної шпонки $\ell_p = \ell$ (з ДСТ 8794);

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження зминання.

Шліцьові з'єднання підбирають за таблицями стандартів залежно від діаметру валу (ДСТ 11.39, ДСТ 60.33). Вибране шліцьове з'єднання перевіряють на зминання робочих поверхонь зубців і пазів за умовами:

- для евольвентних шліців

$$\sigma_{зм} = \frac{T_P}{0,3(D - 2m)z \cdot m \cdot \ell} \leq [\sigma_{зм}]; \quad (1.7)$$

- для прямобічних шліців

$$\sigma_{зм} = \frac{T}{S_F \cdot \ell} \leq [\sigma_{зм}] \quad (1.8)$$

$$[\sigma_{зм}] = \frac{\sigma_T}{n \cdot K_{зм} \cdot K_D} \quad (1.9)$$

де D – номінальний діаметр;

m – модуль;

z – число зубців;

ℓ - довжина муфти (напівмуфти);

S_F – питомий сумарний статичний момент площі робочої поверхні з'єднання щодо осі валу;

$n = 1,25 \div 1,4$ – коефіцієнт запасу міцності;

σ_T – межа текучості;

$K_{зм} = 1,1 \div 1,6 (K_3 \cdot K_{кр})$. Тут K_3 – коефіцієнт навантаження між зубцями: $K_3 = 1$ при передачі тільки обертового моменту T ; $K_3 \approx 1,7 \dots 2,4$ для загального випадку навантаження;

$K_{кр}$ – коефіцієнт концентрації навантаження від закручування валу;

$K_{кр} = 1,5 \div 2,7$ для $D = 30 \div 65$ і $\frac{\ell}{D} = 1 \div 2$;

$K_D = \frac{T_{\max}}{T_{ном}} \approx 2 \div 2,5$ – коефіцієнт динамічного навантаження.

1.2. Муфти фланцеві

Фланцеві муфти є найпоширенішими з класу жорстких нерозчіпних муфт завдяки зручності монтажу і можливості жорсткого з'єднання валів. Їх недолік – необхідність точного суміщення валів і точного дотримання перпендикулярності дотичних поверхонь торців напівмуфт до осі валу.

Фланцеві муфти передають значні обертаючі моменти, їх застосовують для з'єднання валів діаметром до 350 мм.

Найбільше поширення набули поперечно-роз'ємні (поперечно-згортні) і поздовжньо-роз'ємні муфти (поздовжньо-згортні).

1.2.1. Поперечно-роз'ємні муфти

Ці муфти складаються з двох напівмуфт з фланцями, що насаджені на кінці валів і з'єднуються між собою болтами (рис. 1.2). Болти в муфти встановлюють із проміжком (варіант 1) і без проміжка (варіант 2). В першому випадку обертаючий момент передається силами тертя, що виникають на стику напівмуфт від затягування болтів, а в другому – безпосередньо болтами, які працюють на зріз і зминання. Муфти з болтами, поставленими без проміжка, можуть передавати великі моменти.

Муфти виконують відкритими (рис. 1.2, 1.3, 1.4), без захисного обода, і закритими (рис. 1.5)

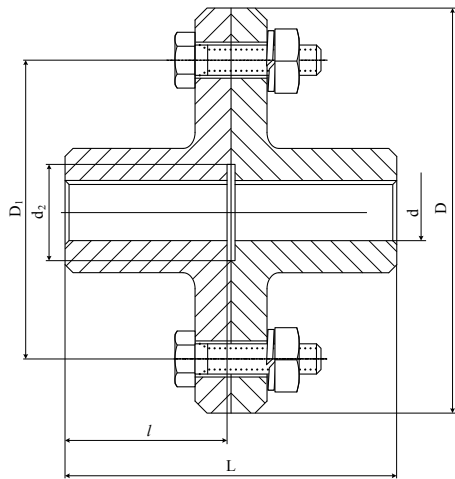


Рис.1.2. Муфта фланцева за ДСТ 20761

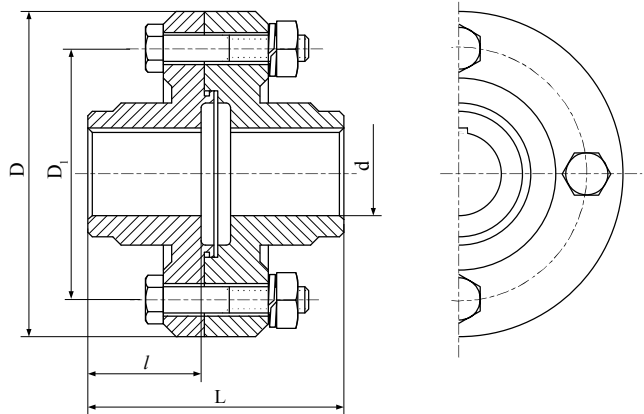


Рис.1.3. Муфта фланцева з centruючим пояском

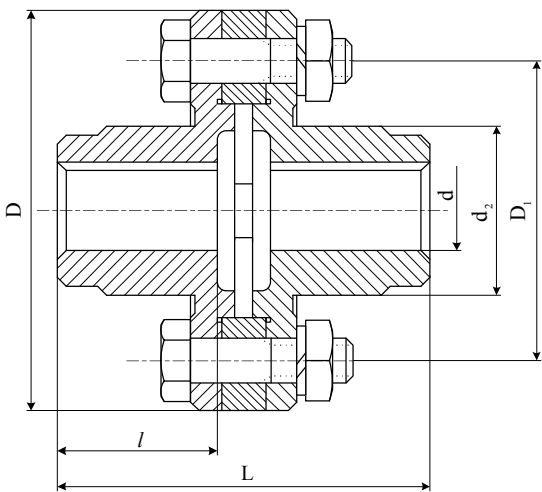


Рис.1.4. Муфта фланцева з centruванням проміжними кільцями

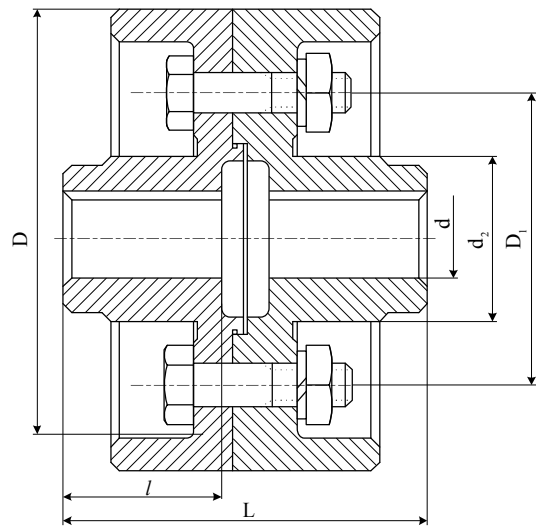


Рис.1.5. Муфта фланцева поперечно-роз'ємна

Для забезпечення співвісності напівмуфти centruють гвинтами, встановленими без проміжку, або поставленими через один виступом на одному фланці і виточкою на іншому (рис. 1.3, 1.5), або проміжними півкільцями (рис. 1.4). В цьому випадку при монтажі і демонтажі не вимагається осьового зсуву валів, але знижується точність centruвання. Для точного сполучення валів і запобігання їх згину повинна бути забезпечена строга перпендикулярність поверхонь торців напівмуфт відносно осі валу.

Якщо фланці напівмуфт жорсткі і стягнуті болтами або гвинтами, поставленими з проміжком, обертаючий момент передається силами тертя (рис. 1.3) між поверхнями торців напівмуфт, тобто розрахунок зводиться до визначення діаметру болтів (гвинтів) за потрібною силою затягування:

$$F = \frac{4 \cdot 10^3 T \cdot K_p}{(D + d)z \cdot f}, \quad (1.10)$$

де T – обертаючий момент, $H \cdot м$;
 K_p – коефіцієнт режиму (табл. 1.2);
 D і d – зовнішній і внутрішній діаметри муфти, $мм$;
 z – число болтів (гвинтів);
 f – коефіцієнт тертя.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнта K_p , що враховує умови експлуатації приводу

Навантаження	Група машин	K_p
Постійне з короткочасними навантаженнями до 120% від номінального	Конвеєри стрічкові, верстати токарні, шліфувальні, фрезерні	1,15÷1,2
Змінне з коливаннями в межах до 150% від номінального	Конвеєри ланцюгові, пластинчасті, гвинтові; верстати деревообробні, відцентрові насоси	1,3÷1,5
Зі значними коливаннями до 200% від номінального	Конвеєри скребкові, ковшові (елеватори); верстати металообробні з зворотно-поступальним рухом, реверсивні приводи	1,7÷2,0
Ударне, що досягає 300% від номінального	Поршневі насоси і компресори; преси і молоти, дробарки, кульові млини	2,5÷3,0

При установці кріпильних гвинтів без проміжку обертаючий момент передається силами опору на зсув кріпильних гвинтів і силами тертя. Кріпильні гвинти, вставлені в отвори без проміжку, розраховують на зріз за силою зрізу, H :

$$F_{zp} = \frac{2 \cdot 10^3 T \cdot K_p}{D_1 \cdot z}, \quad (1.11)$$

де D_1 – діаметр кола розташування кріпильних гвинтів, $мм$;
 z – число гвинтів.

Якщо муфти додатково навантажуються згинаючим моментом і осьовою силою значної величини, при розрахунку гвинтів слід враховувати збільшення потрібної сили затягування, що виключає розкриття стику.

Розміри і параметри муфти поперечно-роз'ємної приведені в Додатку 2.

У муфтах, виконаних за ДСТ 20761 (рис. 1.2), центрування напівмуфт і сприйняття поперечних сил здійснюється гвинтами, поставленими без проміжку через один.

Максимальна допустима колова швидкість для муфт із сталі $V \leq 70$ м/с, для муфт з чавуну $V \leq 35$ м/с.

Напівмуфти виготовляють литвом із сталі марки 40 за ДСТ 1050 або марки 35Л за ДСТ 977. Допускається виготовлення напівмуфт з чавуну марки СЧ20 за ДСТ 1412, в цьому випадку обертаючий момент і колова швидкість повинні бути зменшені в два рази.

Напівмуфти мають виконання:

I – з циліндричними кінцями валів за ДСТ 12080 (рис. 1.2),

II – з конічними кінцями валів за ДСТ 12080 (рис. 1.5).

Умовне позначення муфти фланцевої поперечно-роз'ємної з номінальним обертаючим моментом $T = 125 \text{ Н} \cdot \text{м}$, діаметром посадочного отвору $d=28 \text{ мм}$, виконання I, матеріал I – сталь:

Муфта фланцева поперечно-роз'ємна 125-28- I- I ДСТ 20761.

1.2.2. Поздовжньо-роз'ємні муфти

Ці муфти застосовуються для з'єднання валів в тихохідних передачах. Як і всі жорсткі муфти, поздовжньо-роз'ємна потребує строгої співвідповідності валів, і як і втулкова муфта, призначається для з'єднання валів однакового діаметру. Основне застосування – трансмісійні вали.

Поздовжньо-роз'ємна муфта складається з двох напівмуфт з внутрішніми напівциліндричними поверхнями, що охоплюють консольні частини сполучених валів, що з'єднуються, стягнутих болтами (рис. 1.6). Додатково напівмуфти з'єднуються з валами шпонками.

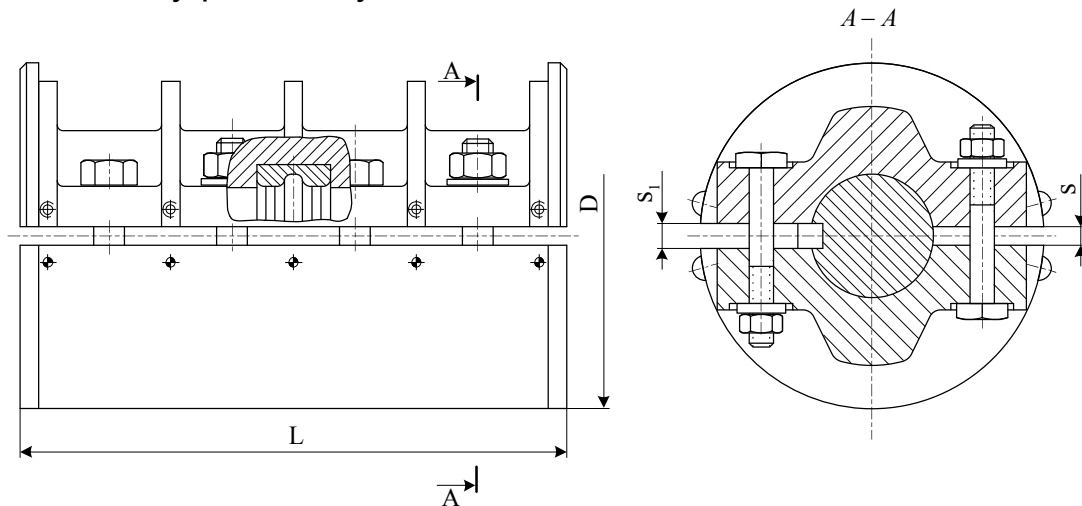


Рис.1.6. Муфта поздовжньо-роз'ємна за ДСТ 23.106

Для створення тиску між поверхнею валу і муфтою в площині роз'єму муфти є проміжок. Тиск, що створюється при затягуванні болтів, викликає на поверхні вала силу тертя, за рахунок якої може бути переданий заданий момент. Болти, що стягують напівмуфти, працюють на розтяг.

Складання і розбирання поздовжньо-роз'ємної муфти прості – її можна зняти без осевого переміщення валів. До недоліків можна відне-

сти складність балансування, складність конструкції та виготовлення. Ці муфти не застосовуються при ударних навантаженнях. Максимальний обертаючий момент, що передається, $T = 12,5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Діаметр сполучених валів $d = 25 \dots 130 \text{ мм}$.

Поздовжньо-роз'ємні муфти зазвичай виготовляють з чавуну марки СЧ21 за ДСТ 1412, болти зі сталі 45 ДСТ 1050.

Розміри і параметри поздовжньо-роз'ємних муфт наведені у Додатку 3.

Умовне позначення поздовжньо-роз'ємної муфти з номінальним обертаючим моментом $T=200 \text{ Н} \cdot \text{м}$, діаметром посадкових отворів в напівмуфтах під вали $d = 32 \text{ мм}$, з фіксуючими напівкільцями, кліматичного виконання ПЗ:

муфта поздовжньо-роз'ємна 200-32-1-ПЗ ДСТ 23106.

Муфта поздовжньо-роз'ємна без фіксуючих напівкільць має позначення: 200-32-2-ПЗ ДСТ 23106.

Муфта без фіксуючого кільця з'єднує співвісні вали, які мають поздовжню фіксацію поза муфтою.

Муфта з фіксуючим кільцем додатково має роз'ємне кільце, яке надягається на спеціальні виточки на кінцях з'єднувальних валів. Ця муфта не має поздовжньої фіксації.

Розрахунок муфти зводиться до перевірки міцності болтів, працюючих на розтяг. Розрахунок виконують з припущення, що обертаючий момент повністю передається силами тертя (шпонка не враховується).

Міцність болтів перевіряють за силою затягування:

$$F_3 = \frac{2T \cdot K_p}{D_0 \cdot z \cdot f}, \quad (1.12)$$

де T – обертаючий момент, що передається муфтою;

K_p – коефіцієнт режиму роботи;

D_0 – діаметр кола центрів болтів;

z – кількість болтів;

f – коефіцієнт тертя.

З врахуванням деформації кручення і розтягування сила затягування дорівнює:

$$F_3' = 1,3F_3 \quad (1.13)$$

Діаметр нарізаної частини болта d_1 визначають з умови його міцності з урахуванням деформацій розтягу і кручення:

$$\sigma = \frac{1,3F_3}{\frac{\pi d_1^2}{4}} \leq [\sigma_p], \quad (1.14)$$

тоді

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 F_3}{\pi [\sigma_p]}}$$

(1.15)

Контрольні запитання

1. Для чого призначені муфти?
2. Чим викликане застосування муфт?
3. Які вимоги пред'являються до муфт?
4. Як поділяють муфти за принципом дії?
5. Як поділяють муфти за характером з'єднання валів?
6. Що є основною характеристикою муфт?
7. Як підбирають муфти?
8. В яких випадках застосовують жорсткі муфти?
9. Які муфти з різних видів глухих муфт набули найбільшого поширення?
10. Коли застосовуються втулкові муфти? Їх переваги і недоліки
11. Як закріплюється муфта на валах?
12. З чого складаються фланцеві муфти і коли їх застосовують?
13. Переваги і недоліки фланцевих муфт
14. З чого складаються поздовжньо-згортні муфти?

Розділ 2. Муфти жорсткі компенсуючі

Жорсткі компенсуючі муфти відносяться до постійних муфт. Вони використовуються для з'єднання валів з компенсацією радіальних (рис. 2.1, а), кутових (рис. 2.1, б), осьових (рис. 2.1, в), комбінованих (рис. 2.1, г) зсувів внаслідок неточності виготовлення і монтажу.

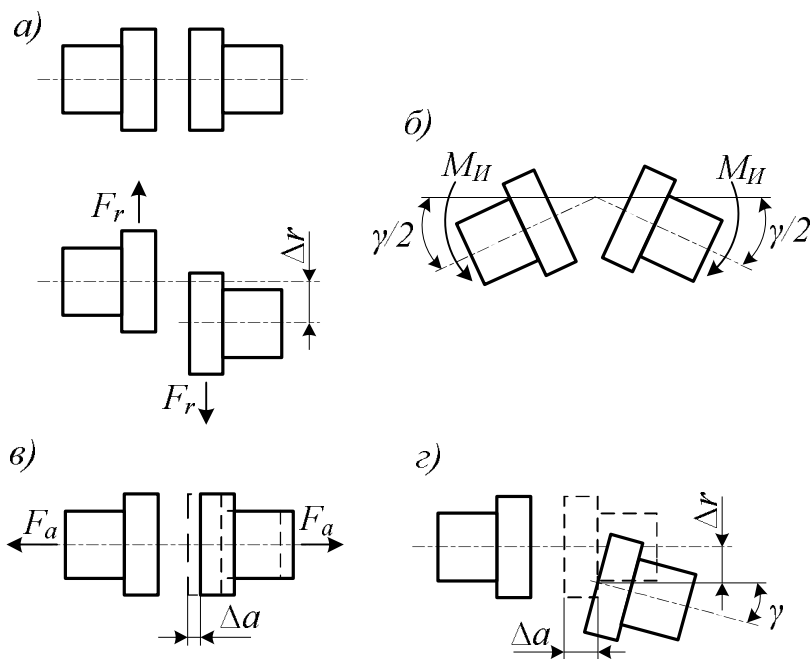


Рис.2.1. Види зсувів осей з'єднувальних валів

Компенсація неспіввісності валів досягається за рахунок рухливості жорстких деталей муфти. Ці муфти зменшують додаткові навантаження на вали і підшипники, що викликаються неспіввісністю валів. Найбільше розповсюдження з групи жорстких компенсуючих муфт отримали зубчасті, кулачково-дискові та зчіпні.

2.1. Зубчасті муфти

Ці муфти стандартизовані. Їх широко застосовують для з'єднання горизонтальних важко навантажених валів діаметром $40 \div 50$ мм при кутових швидкостях до 25 м/с. Зубчасті муфти надійні в роботі, мають малі габарити. Муфти, виконані згідно з ДСТ 5006, передають обертаючий момент від 1000 до 63000 Н·м, а муфти фірми „Тейк” – до 480000 Н·м. Розміри і параметри зубчастої муфти за ДСТ 5006 приведені в Додатку 4, а муфти фірми „Тейк” – в Додатках 5, 6, 7.

Зубчаста муфта складається з двох обойм 1 з внутрішніми зубцями евольвентного профілю, які зачіпляються із зубцями втулок 2, насаджених на кінці валів (рис. 2.2). Обойми з'єднуються між собою болтами, поставленими в отвори без проміжків.

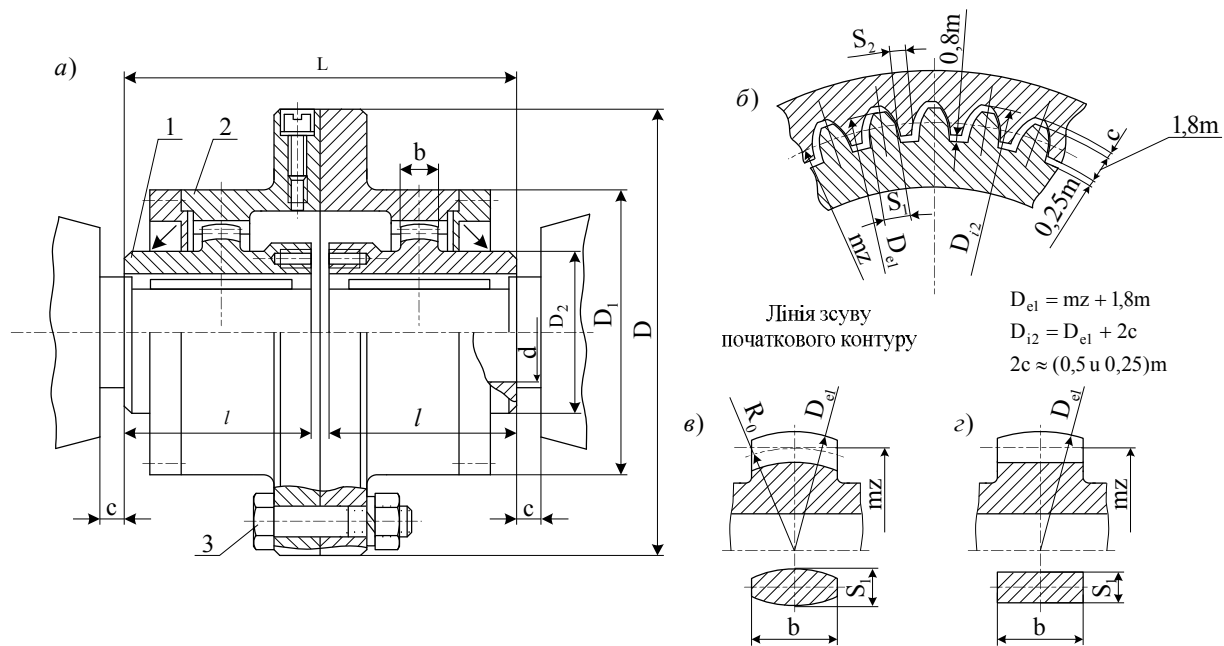


Рис.2.2. Муфта зубчаста DST 5006

Зубчасті муфти виготовляють трьох типів: з роз'ємною обоймою (рис. 2.2), з проміжним валом і нероз'ємною обоймою. Втулки муфт першого і третього типів виготовляються з циліндричними отворами для коротких кінців валів за DST 12080 (рис. 2.2) і з конічними отворами для коротких кінців валів за DST 12081. Для зубчастих муфт використовують евольвентне зачеплення з профільним кутом $\alpha = 20^\circ$ (DST 13755) двох норм точності, які наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Норми точності зубчастого з'єднання для зубчастих муфт за DST 5006

Номінальний обертаючий момент, $H \cdot m$	Гранична різниця сусідніх кутових кроків	Допуск товщини зубця (в тіло зубця)	Гранична різниця сусідніх кутових кроків	Відхилення довжини загальної нормалі	Допуск товщини зубця (в тіло зубця)
	Точність виготовлення зубчастого з'єднання при V на ділильному колі				
	до 15 м/с		понад 15 м/с		
1000	0,040	0,070	0,020	0,050	-
1600					
2500	0,045	0,070	0,025	0,060	0,050
4000					
6300					
10000					
16000	0,050	0,090	0,030	0,070	0,050
25000					

40000 63000	0,060		0,035		
----------------	-------	--	-------	--	--

Центрування обойми відносно до втулки виконують, як правило, за зовнішнім діаметром, при цьому поверхню заготовки рекомендується обробляти за сферою (інколи центрування виконують по бічних гранях, в основному, за малих швидкостей в маловідповідальних передачах). Зубці втулки виконують з криволінійними (рис. 2.2, а) і лінійчастими твірними (рис. 2.2, б) [1]. Перекіс бочкоподібних зубців (з криволінійними твірними) не призводить до небажаного навантаження зубців.

Зубчасті муфти компенсують радіальні, осьові і кутові зсуви валів за рахунок бічних проміжків в зачепленні (рис. 2.2, в) і обточки зубців втулок за сферою. Кут перекоосу осі кожної втулки відносно осі обойми допускається до $1^{\circ}30'$.

Для виготовлення втулок і обойм ДСТ 5006 передбачає матеріали з невисокими механічними характеристиками. Втулки і обойми виконують кованими із сталі не нижче марки 40 або литими із сталі не нижче марки 45Л. Зубці повинні піддаватись термічній обробці у втулок до твердості не нижче HRC40, у обойм – не нижче HRC35. Для тихохідних муфт при кутовій швидкості на зубцях до 5 м/с допускається твердість зубців не менше HB280, при цьому рекомендується, щоб твердість зубців втулок і обойм різнилась не менше, чим на 30 одиниць HB. Велику несучу здатність при тих же розмірах мають муфти за ОСТ 92-8764 „Муфти з'єднувальні зубчасті”, де використовуються термічно поліпшені сталі 40Х і 38ХМ за ДСТ 4543. Подальше підвищення несучої здатності може досягатися за рахунок використання поверхневого зміцнення зубців цементациєю або азотуванням.

З'єднання втулок з валом здійснюється посадкою з гарантованим натягом і шпонкою або шліцами. Осьову фіксацію втулок рекомендовано виконувати торцевими шайбами.

Вибір основних параметрів зубчастого з'єднання (модуль m , число зубців z , ширина зубця ϵ) виконується за таблицею 2.2.

Таблиця 2.2

Параметри (мм) зубчастого з'єднання для муфт зубчастих за ДСТ 5006

Номінальний обертаючий момент, $H \cdot m$	Модуль	Число зубців	Ширина зубчастого вінця втулки b , не менше	Відстань A між серединами зубчастих втулок муфт типів 1, 2, не більше
1000	2,5	20	12	60
1600		15	15	
2500	3,0	36	20	75
4000		40		
6300		48		
10000		56	25	145

16000 25000	4,0	48 56	30	180
40000 63000	6,0	46 56	35 40	210 250

Примітка. Радіус зсуву вихідного контуру R_0 не більше $10 b$.

Для зниження втрат на тертя і збільшення довговічності зубчастих муфт використовують мастила збільшеної в'язкості, часто з протизадирними присадками. Вид мастильного матеріалу в залежності від температурного режиму наведений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Вид мастильного матеріалу для муфт зубчастих за ДСТ 5006

Температура, °C	Мастило	
	основне	замінююче
Від -15 до -40	ТС-10-ОТП за ДСТ 23652	-
Від -15 до +20 Від +20 до +80	МТ-8П ИТП-300, ИГП-38	И-50 за ДСТ 20799 з присадкою ДФ -11 (3-5%)
Від +80 до +120	ИПП-20	ИТП-300

Примітка. Приблизні терміни заміни мастила: в нових муфтах перша заміна мастила виконується через 100-150 год. роботи; наступну заміну мастила проводять через 2000-2500 год. роботи.

З метою забезпечення герметизації муфт застосовують ущільнення, конструкція якого представлена на рис. 2.3, а розміри в Додатку 8. Рекомендуються ущільнення за ДСТ 9833 і ДСТ 8752, а також інші види ущільнень, які забезпечують герметичність муфти.

Компенсація відхилень осі співвісності валів супроводжується ковзанням зубців. При роботі муфти контактуючі зубці за кожний оберт проковзують відносно один одного в осьовому напрямку на значну величину αD , де α – кут перекошу втулки і обойми, D – діаметр діляльного кола зубців. Втрати в муфті оцінюються к.к.д., що дорівнює $\eta = 0,985 \div 0,995$.

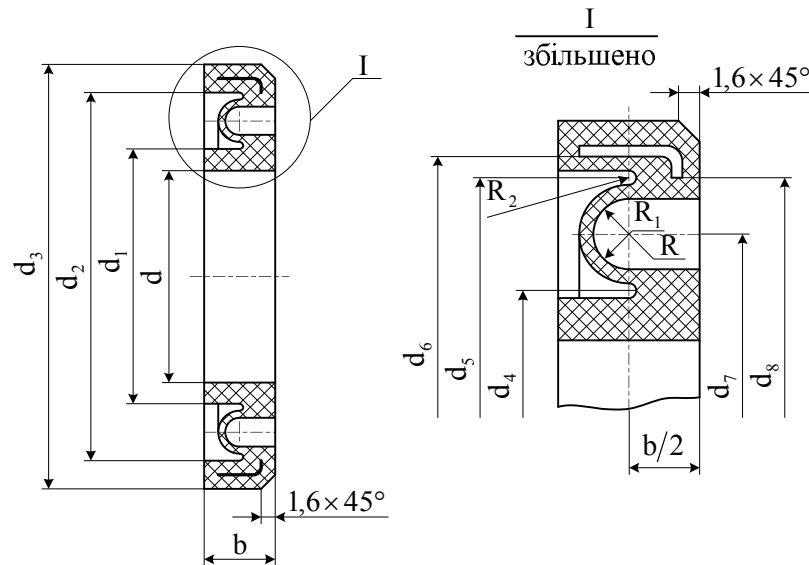


Рис.2.3. Конструкція та розміри ущільнення, рекомендованого для зубчастих муфт за ДСТ 5006

Основним критерієм роботоздатності зубчастих муфт є зносостійкість зубців, які при роботі сприймають змінні контактні напруження і напруження згину, що ускладнює їх точний розрахунок. Тому згідно ДСТ 5006 зубчасті муфти підбирають за найбільшим діаметром кінців валів, що з'єднуються, і перевіряють за формулою:

$$T_p = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot T_{ном}, \quad (2.1)$$

де $T_{ном}$ – найбільший обертаючий момент, що передається тривалий час;

K_1 - коефіцієнт безпеки: при зупинці машини $K_1 = 1,0$; при аварії машини $K_1 = 1,2$; при аварії декількох машин $K_1 = 1,5$; у випадку людських жертв $K_1 = 1,8$;

K_2 - коефіцієнт умов роботи машини: при спокійній роботі $K_2 = 1,0$; при змінній $K_2 = 1,1 \div 1,3$; при важкій роботі з поштовхами $K_2 = 1,3 \div 1,5$;

K_3 – коефіцієнт кутового зсуву:

Кут перекосу вала, α	0,25°	0,5°	1,0°	1,5°
K_3	1,0	1,25	1,5	1,75

Перевірочний розрахунок на міцність зубчастої муфти ведуть за формулою:

$$T_{K_{max}} \leq 2T_{ДСТ}, \quad (2.2)$$

де $T_{K_{max}}$ - максимальний обертаючий момент, що може короткочасно передаватись муфтою;

$T_{ДСТ}$ - приймають за ДСТ 5006.

2.2. Кулачково-дискові муфти

Кулачково-дисківі (хрестові) муфти відносяться до нерухомих муфт, які допускають з'єднання валів з підвищеними взаємними зсувами осей. Ці зсуви можуть бути викликані не тільки неточностями виготовлення і монтажу, але і заданими умовами роботи механізмів.

Кулачково-дисківа муфта складається з двох напівмуфт 1 з діаметральними пазами на торцях і проміжного диска 2 (рис. 2.4) з двома взаємно перпендикулярними виступами (кулачками). Пази і виступи утворюють спрямовуючі, що забезпечують передачу обертаючого моменту кулачками диска, які при зміщених валах ковзають по бічних поверхнях пазів. Центр диска при обертанні валів описує в просторі коло діаметром, що дорівнює радіальному зсуву, і скоює два оберти за один оберт валу.

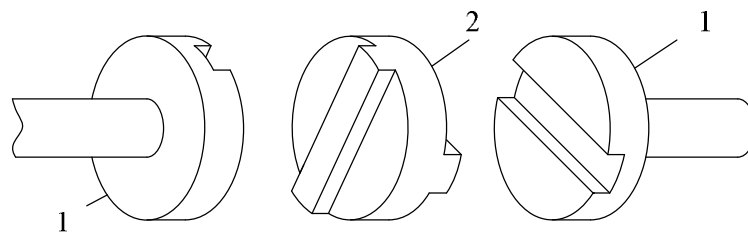


Рис. 2.4. Хрестова муфта з диском

Ковзання виступів в пазах супроводжується їх зносом, інтенсивність якого зростає із збільшенням неспіввідносі і частоти обертання. Для зменшення зносу рекомендуються антизадирні мастила, зокрема, масло циліндрове 52 з додаванням 1-2% олеїнової технічної кислоти. Для утримання масла в муфті застосовують ущільнення 4 (рис. 2.5) і паронітові прокладки 5 і 6.

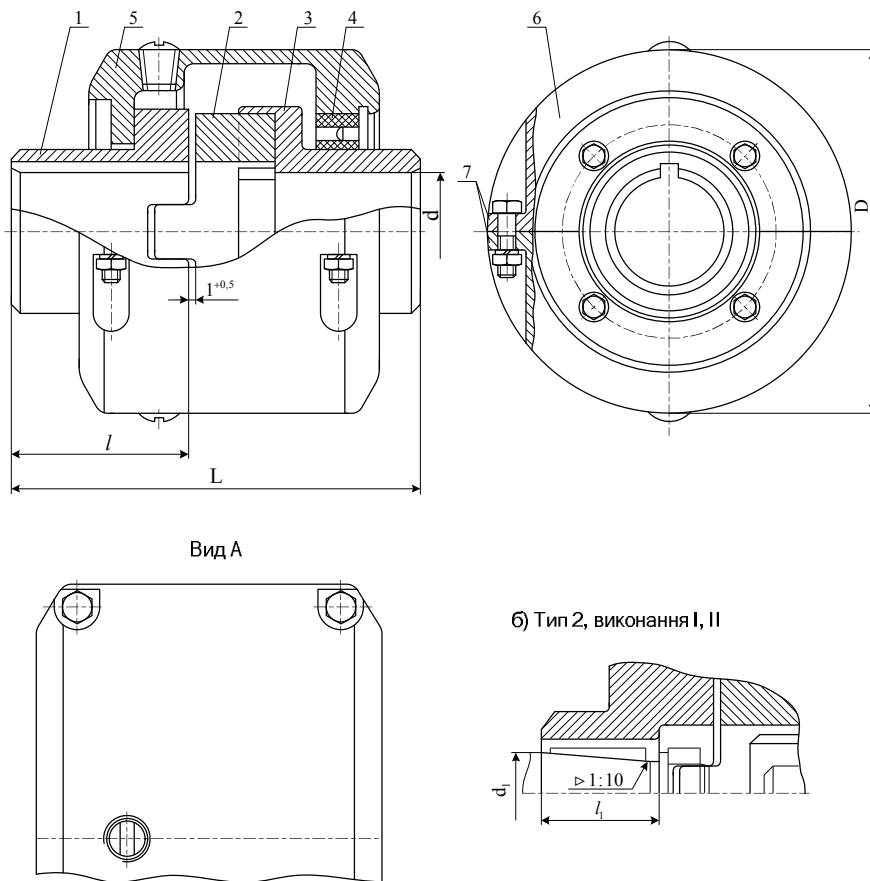


Рис.2.5. Кулачково-дисківа муфта за ДСТ 20720

Напівмуфти виконують із сталі 45 (ДСТ 1050), допускається виготовлення з високоміцного чавуну ВЧ60 (ДСТ 7293). В муфтах із сталі робоча поверхня пазів гартується струмами високої частоти на глибину 2-3 мм до HRC 46-50. Матеріал диска – сталь 45Л. Кулачки гартуються струмами високої частоти на глибину 2-3 мм до HRC 46-50. Кулачково-дисківа муфта призначені, в основному, для з'єднання валів з поперечним зсувом осей. Проте наявність осьових проміжків забезпечує також компенсацію деяких осьових і кутових зсувів.

Параметри і розміри (мм) кулачково-дисківої муфти за ДСТ 20720 наведені у Додатку 9.

Коефіцієнт корисної дії кулачково-дисківої муфти може бути підрахований приблизно за формулою:

$$\eta = 1 - (3 \div 5) \cdot f \cdot \frac{e}{D} \quad (2.3)$$

де f – коефіцієнт тертя диска по спрямовуючій напівмуфті, $f = 0,12 \div 0,25$;

e – ексцентриситет, що дорівнює радіальному зсуву валів, мм;

D – діаметр муфти.

Муфту підбирають за номінальним обертаючим моментом і діаметром посадочної ділянки вала, а потім виконують перевірочний розрахунок. Критерієм працездатності кулачково-дисківих муфт є стійкість ро-

бочих граней на знос. Тиск по довжині граней розподіляється нерівномірно. Звичайно він приймається пропорційним деформації зминання, тобто за трикутним законом.

Перевірка розмірів муфти зводиться до визначення максимального тиску p на робочих поверхнях згідно умові:

$$p = \frac{8T_{ном.}}{D^2 \cdot h} \leq [p], \quad (2.4)$$

де $T_{ном.}$ - номінальний обертаючий момент, що передається муфтою, $H \cdot мм$;

D – зовнішній діаметр муфти, $мм$;

h – робоча висота кулачка, $мм$;

$[p]$ – допустимий тиск на робочих поверхнях.

Для незагартованих сталей і чавунних поверхонь $[p]=10-15 МПа$.

Для загартованих робочих поверхонь $[p]=15-30 МПа$.

Розміри і параметри кулачково-дискової муфти надані у Додатку 10.

2.3. Ланцюгові муфти

Ланцюгова муфта складається з двох ланцюгових зірочок з однаковим числом зубців, ланцюга і кожуха. Ланцюгові зірочки насаджені на кінці валів і з'єднані ланцюгом. Роз'ємний кожух муфти захищає від забруднення мастило і утримує його. Ці муфти допускають перекося валів до $1^\circ 30'$ і радіальні зсуви до $2 мм$, а муфти великих розмірів – до $5 мм$.

Ланцюгові муфти прості за конструкцією, мають малі габаритні розміри, простий монтаж і демонтаж (не вимагають осьового зсуву валів), мають деяку піддатливість, характерну для пружних муфт. Габарити ланцюгових муфт в $1,5$ і більше разів менші за габарити пружних втулково-пальцевих муфт.

Широке застосування мають однорядні ланцюгові муфти (ДСТ 20742) з однорядним роликівим ланцюгом за ДСТ 13568 (рис. 2.6), які передають обертаючий момент від 63 до $8000 H \cdot м$. При переданому обертаючому моменті до $1000 H \cdot м$ і кутовій швидкості обертання до $10 рад/с$ допускають застосування муфти без кожухів.

Розміри і параметри ланцюгових муфт за ДСТ 20742 наведені у Додатку 11.

При великих кутах перекося валів доцільно застосовувати дворядні роликподібні ланцюги з бочкоподібними роликами. Тоді кут перекося валів можна допускати до $3-5^\circ$. Не рекомендуються ланцюгові муфти в реверсивних приводах через значні проміжки і в приводах з великими динамічними навантаженнями.

Напівмуфти виготовляють чотирьох типів: з циліндричним отвором на кінці валів (ДСТ 12080); з конічним отвором на кінці валів (ДСТ 12081) – рис. 2.7, а; з отвором на вали з евольвентними шліцами (ДСТ 6033) –

рис. 2.7, б; з отвором на вали з прямобічними шліцами (ДСТ 1139) – рис. 2.7, в.

Напівмуфти виготовляють із сталей марки 45 за ДСТ 1050 і марки 45Л за ДСТ 977 при твердості HRC 40÷45.

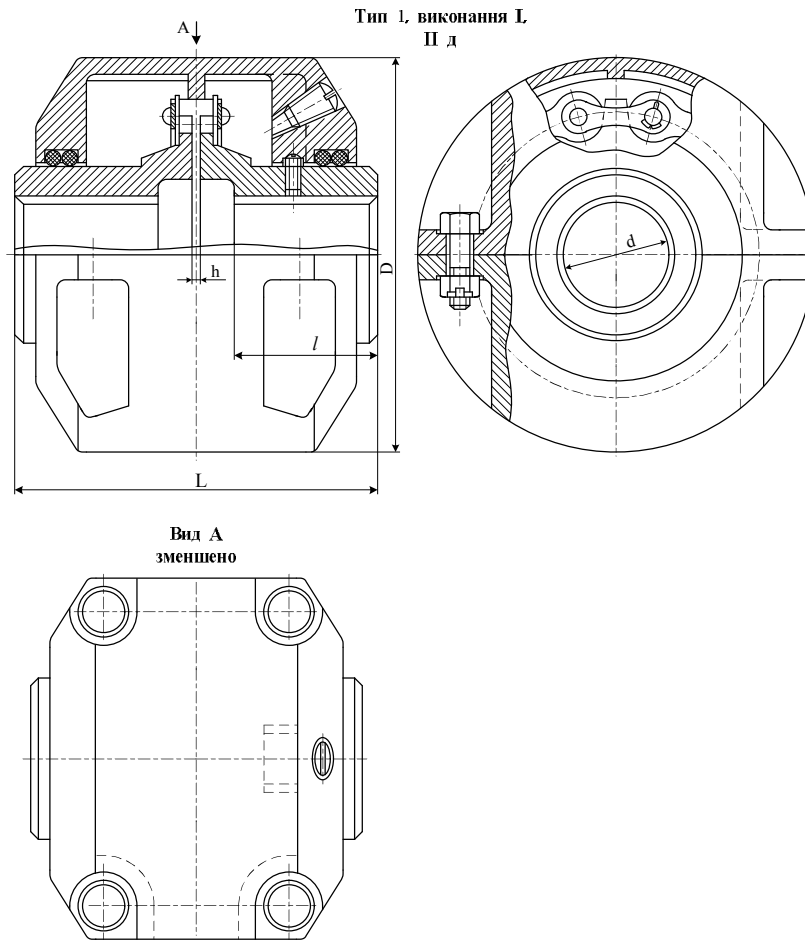


Рис.2.6. Муфта ланцюгова однорядна за ДСТ 20742

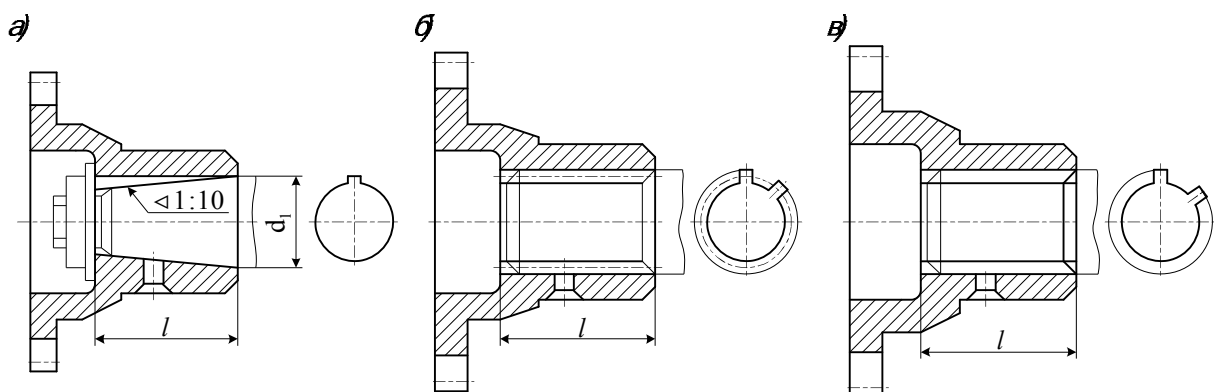


Рис.2.7. Напівмуфти ланцюгової однорядної муфти за ДСТ 20742

Умови роботи ланцюгів в муфтах відрізняються від звичайних умов роботи привідних і вантажних ланцюгів. В ланцюгових муфтах деталі ла-

ланцюга знаходяться під дією колових сил веденої і ведучої напівмуфт, направлених в протилежні сторони.

Муфту підбирають за переданим обертаючим моментом і посадочним діаметром, який дорівнює діаметру кінців валів, що з'єднуються. При наближеному виборі ланцюга для муфт розрахункове руйнуюче навантаження більше, ніж для привідних ланцюгів:

$$Q = (1,2 \div 1,5) \cdot n \cdot F_t, \quad (2.5)$$

де n – коефіцієнт запасу міцності, що приймається для привідних ланцюгів залежно від швидкості ланцюга;

F_t – колова сила, що діє на ланцюг:

$$F_t = \frac{2T \cdot K_p}{D}, \quad (2.6)$$

де K_p – коефіцієнт режиму роботи; для з'єднання муфти валу електродвигуна $K_p=2,5$;

D – діаметр муфти.

2.4. Напівжорсткі дискові муфти

Напівжорсткі муфти (муфти пальцеві з металевими дисками або сергами) мають просту конструкцію і не вимагають особливого догляду в процесі експлуатації.

Муфта за ДСТ 26455 (рис. 2.8) складається з двох однакових напівмуфт 1 і 5 та пакету плоских металевих дисків 3. Болтами 8 і гайками 6 диски притягуються через шайби 7 до напівмуфти 1, а болтами 4 і гайками 2 – до напівмуфти 5. Металеві диски 3 термічно оброблені. Муфта призначена для передачі обертаючого моменту від 40 до 6300 Н і компенсації кутів зсувів валів.

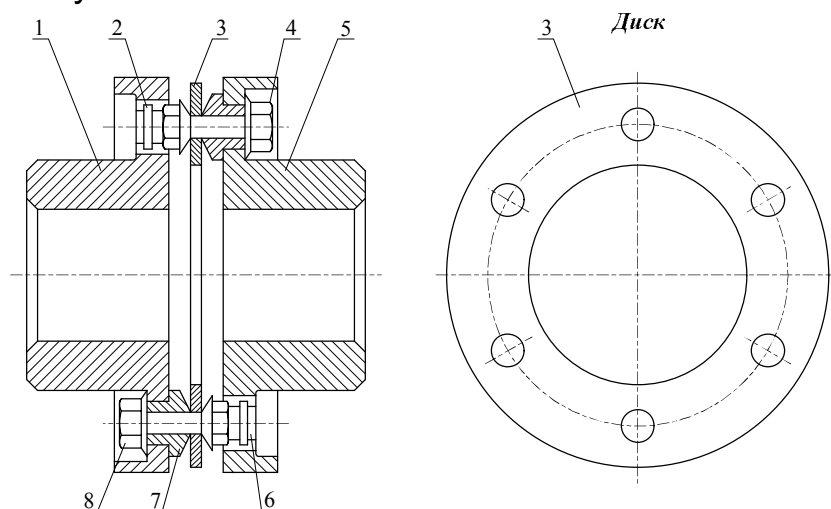


Рис.2.8. Муфта дискова напівжорстка за ДСТ 26455

Такі муфти використовуються в реверсивних приводах і механізмах з дистанційним управлінням, які вимагають точного повторення виконав-

чим елементом заданої програми. Ці муфти здатні працювати при значних кутових і осьових зсувах. Радіальна жорсткість дискових муфт порівняна з жорсткістю валів, і тому за наявності радіальних зсувів застосовуються здвоєні муфти, які застосовуються також у випадках, коли необхідно компенсувати значні за величиною осьові зсуви і понизити осьову жорсткість муфти.

Муфти дискові напівжорсткі за ДСТ 26455 виготовляють трьох виконань: одинарні (рис. 2.9, а), здвоєні з проміжною втулкою (рис. 2.9, б), здвоєні з проміжним валом (рис. 2.9, в).

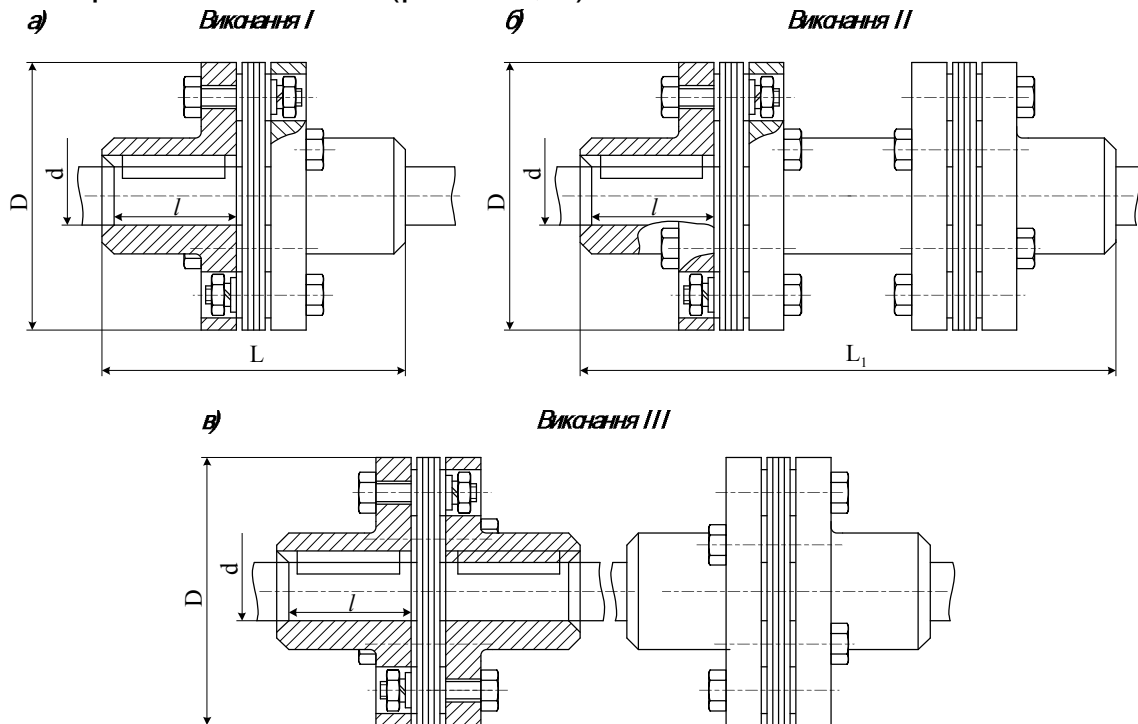


Рис.2.9. Варіанти виготовлення муфти дискової напівжорсткої за ДСТ 26455

В Додатках 12, 14 наведені розміри та основні параметри муфти дискової напівжорсткої.

На рис. 2.10 і у Додатку 13 надаються конструкція і розміри пакету гнучких дисків, що виготовляються з пружинної і корозійностійкої сталі за ДСТ 2283 і ДСТ 4986.

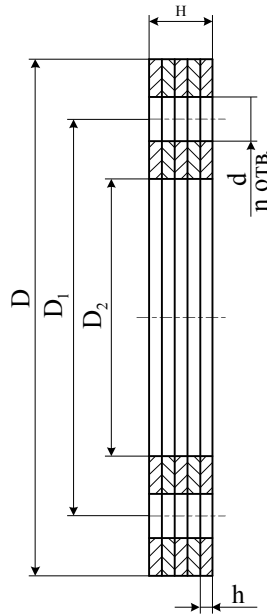


Рис.2.10. Конструкція пакету гнучких дисків

2.5. Шарнірні муфти

При значному зсуві валів застосовують рухомі муфти, серед яких найбільше поширення набули шарнірні муфти. В них використовується принцип роботи просторового шарніра Гука. Ці муфти застосовуються для передачі обертаючого моменту між валами, що мають великий зсув осей (до $40-45^\circ$), кут між якими може бути постійним і змінним.

Застосовують шарнірні муфти із змінним відношенням кутових швидкостей ω_2/ω_1 валів, що з'єднуються, (асинхронні муфти) і з постійним - $\omega_2/\omega_1 = const$ (синхронні муфти) в широкому діапазоні навантажень – від 12,5 до 30 $кН \cdot м$.

Шарнірна муфта з $\omega_2/\omega_1 = const$ (рис. 2.11) складається з двох напівмуфт А і В, які мають вилкоподібну форму і утворюють обертальні пари з проміжною ланкою С, яка виконується у вигляді хрестовини. Осі відносного обертання зв'язаних ланок АС і ВС перетинаються під прямим кутом. З'єднуючи дві муфти проміжним валом, можна забезпечити передачу обертаючого моменту при значному радіальному зсуві осей валів.

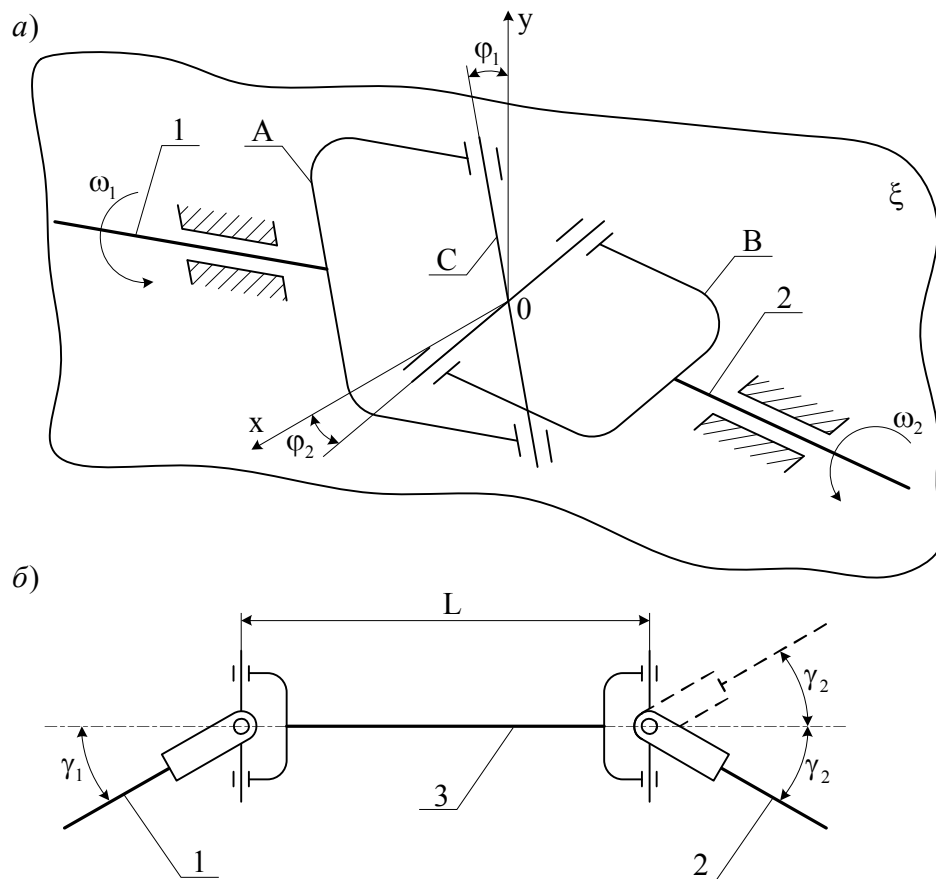


Рис.2.11. Схеми шарнірних муфт

Шарнірні муфти застосовують:

- для компенсації неточності розташування валів, що виникає при складанні, при деформації рами і ресор (транспортні та інші машини);
- для передачі обертання «переставним» валам (шпинделі багатощпindelьних свердлильних верстатів, валки прокатних станів тощо);
- для передачі обертання валам, що змінюють положення під час роботи (консолі фрезерних верстатів тощо).

За габаритними розмірами і обертаючими моментами, що передаються, шарнірні муфти підрозділяють на малогабаритні (рис. 2.12), призначені для передачі малих моментів від 12,5 до 1280 $H \cdot m$ (у них шарніри розміщені в габаритних розмірах маточин напівмуфт), і великогабаритні (рис. 2.13), призначені для передачі середніх і великих моментів (від 10 до 800000 $H \cdot m$).

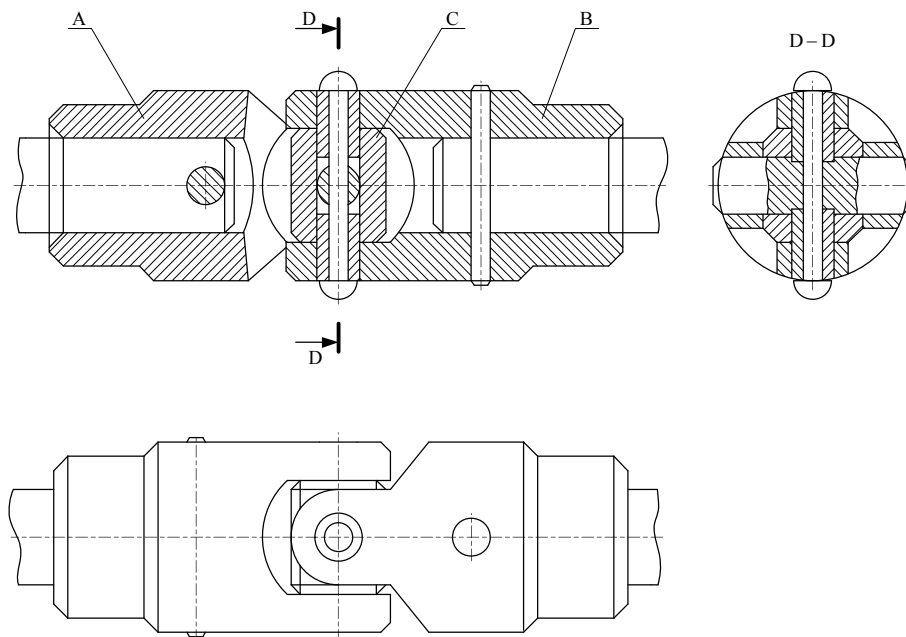


Рис.2.12. Муфта шарнірна малогабаритна

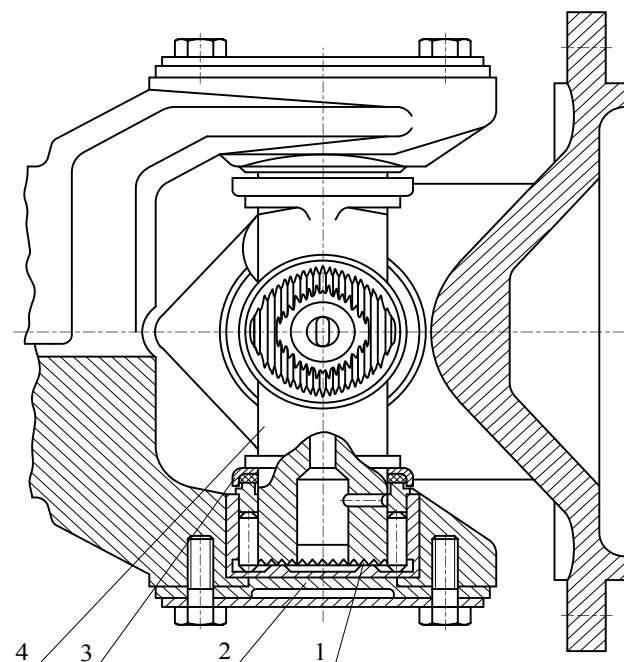


Рис.2.13. Муфта шарнірна великогабаритна

Малогабаритні шарнірні муфти загального призначення за ДСТ 5147 (рис. 2.14) застосовують для з'єднання циліндричних валів з перекосом осей до 45° для передачі обертаючого моменту від 11,2 до 1120 $H \cdot m$. Ця муфта має два виконання: 1 – одинарна (рис. 2.14, а) і 2 – здвоєна з проміжною спареною вилкою (рис. 2.14, б).

У одинарної муфти маточини напівмуфт 1, насаджені на кінці валів, які з'єднуються, закінчуються вилками. Вилки з'єднані між собою сухарем 2, пальцем 3, втулками 4 і штифтом 5. Напівмуфти з'єднують з валом штифтами 6. Здвоєна муфта має спарену вилку 7.

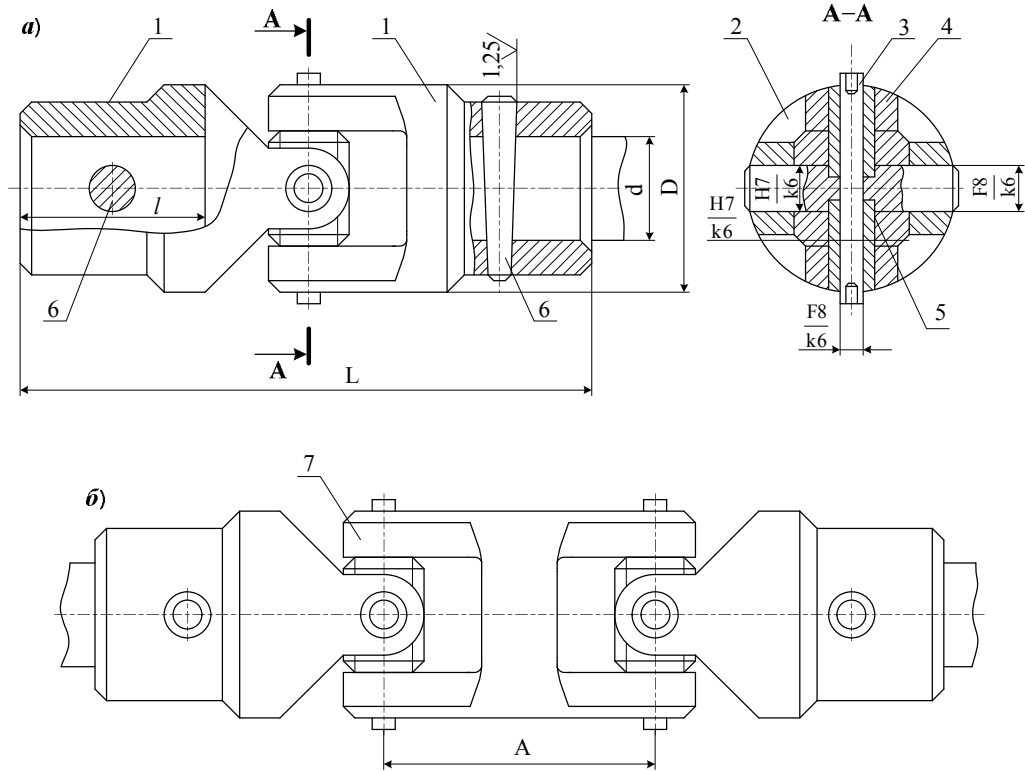


Рис.2.14. Муфта шарнірна за ДСТ 5147

Основні параметри і розміри муфт наведені у Додатку 15. При малих частотах обертання (до 200 об/хв) підбір муфт проводять за номінальними обертаючими моментами.

При кутах перекоосу осей валів, відмінних від нуля, допустимий момент, що передається шарнірною муфтою, складає:

$$T_{доп} = T_{ном} \cdot \cos \gamma, \quad (2.7)$$

де $T_{ном}$ – номінальний обертаючий момент (Додаток 15);
 γ – кут перекоосу валів.

При великих частотах обертання (більше 200 об/хв) муфти підбирають за умови допустимої температури нагрівання шарнірів за номограмою (рис. 2.15). Якщо відомі частота обертання муфти і потужність або обертаючий момент, визначають діаметр розточування в напівмуфтах, а по ньому з Додатку 15 підбирають розміри муфти.

Перевірочний розрахунок муфти полягає у визначенні тиску в шарнірах і міцності вилок і хрестовин.

Тиск в шарнірах ковзання:

$$p = \frac{F_{ш. max}}{\ell \cdot d} \leq [p], \quad (2.8)$$

де d і ℓ – діаметр і довжина цапфи, мм;
 $[p]$ – допустимий тиск, МПа (при загартованих поверхнях $[p] = 40$ МПа).

$F_{ш. max}$ – максимальна сила, яку сприймає шарнір.

Тиск в шарнірах кочення (роликові голчасті опори-підшипники) розраховують умовно за формулою (2.8), де l - робоча довжина голок, мм, а $[p]=6,0\div 8,0$ МПа.

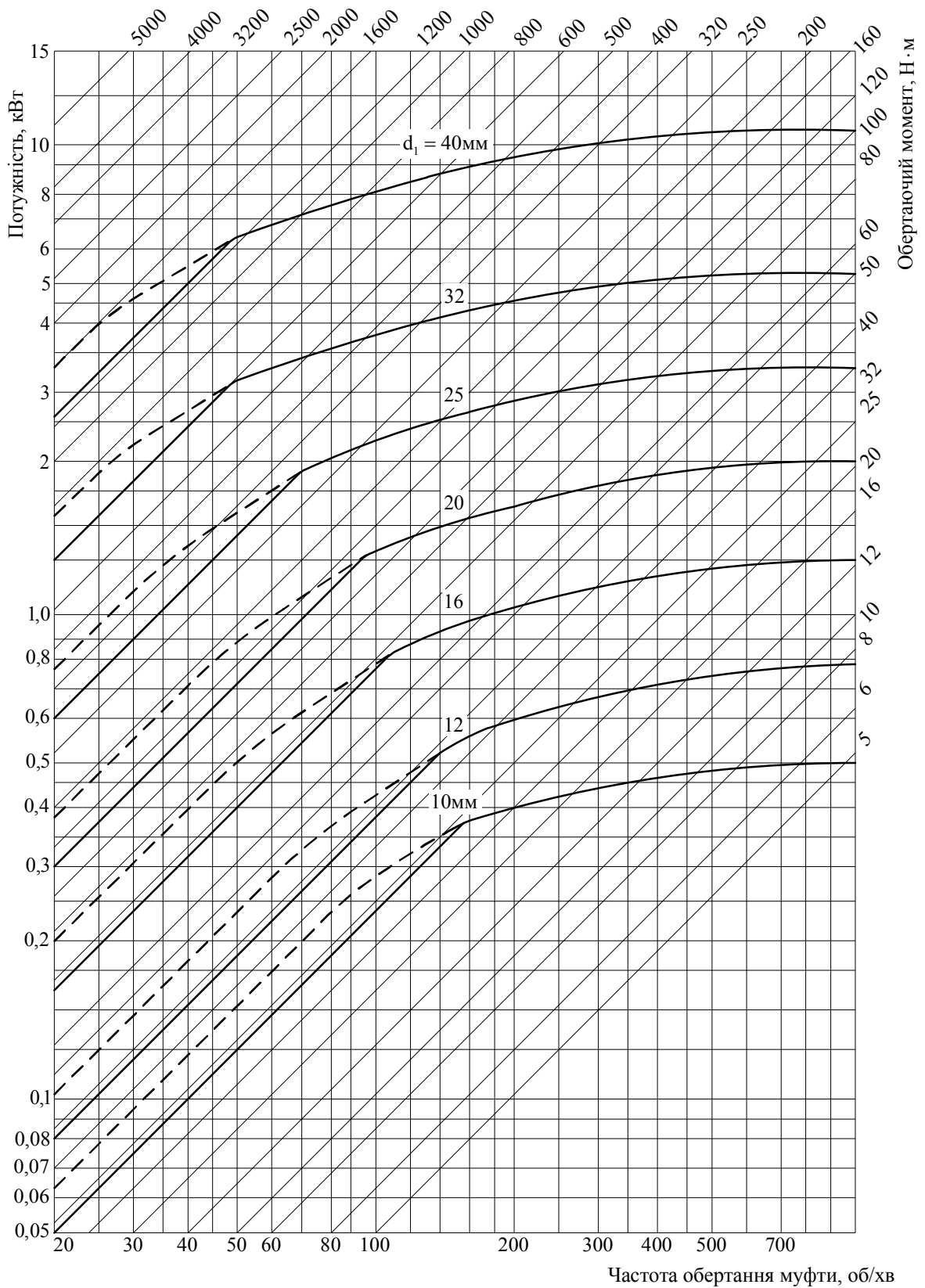


Рис.2.15. Номограми для вибору шарнірних муфт

Сила, що сприймається шарніром:

$$F = \frac{F_{u. max}}{2R}, \quad (2.9)$$

Обертаючий момент на проміжній частині муфти (хрестовині) при дії на ведучу вилку муфти обертаючого моменту T_1 визначають за формулою:

$$T_n = T_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos^2 \alpha}, \quad (2.10)$$

де γ – кут нахилу осей валів;

α – кут повороту ведучого валу навколо своєї осі від початкового положення, при якому вісь шарнірів ведучої вилки перпендикулярна до площини розташування осей валів.

При $\alpha=0^\circ, \pi^\circ$

$$T_n = T_1 \cos \gamma \quad (2.11)$$

$R = 1/2$ відстані між серединами цапф L , які мають загальну вісь повороту (Додаток 15).

Обертаючий момент на веденій вилці муфти:

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot (1 - \sin^2 \gamma \cdot \sin^2 \alpha)}{\cos \gamma}; \quad (2.12)$$

при $\alpha=0^\circ, \pi^\circ$

$$T_2 = T_{2 max} = \frac{T_1}{\cos \gamma} \quad (2.13)$$

Нахил осей валів викликає згинаючий момент, прикладений в площині перекосу валів:

на ведучому валу:

$$M_{13z} = T_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cos \alpha; \quad (2.14)$$

при $\alpha=0^\circ, \pi^\circ$

$$M_{13z} = T_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma; \quad (2.15)$$

на веденому валу:

$$M_{23z} = T_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma \sin \alpha \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cdot \sin^2 \alpha}; \quad (2.16)$$

при $\alpha = \pi/2; 4\pi/3$

$$M_{23z max} = T_1 \cdot \sin \gamma \quad (2.17)$$

На рис. 2.16, а показана зміна обертаючого моменту на веденому валу T_2 при постійному обертаючому моменті T_1 на ведучому валу. На рис. 2.16, б представлений характер зміни згинаючого моменту M_{3z1} , а також горизонтальної F_{1z} і вертикальної F_{1e} складових навантажень на опору ведучого валу, а на рис. 2.16, в – те ж для веденого валу. Графіки побудовані для $\gamma=45^\circ$.

Конструкцію, в якій дві шарнірні муфти з'єднуються проміжним валом, називають карданним валом.

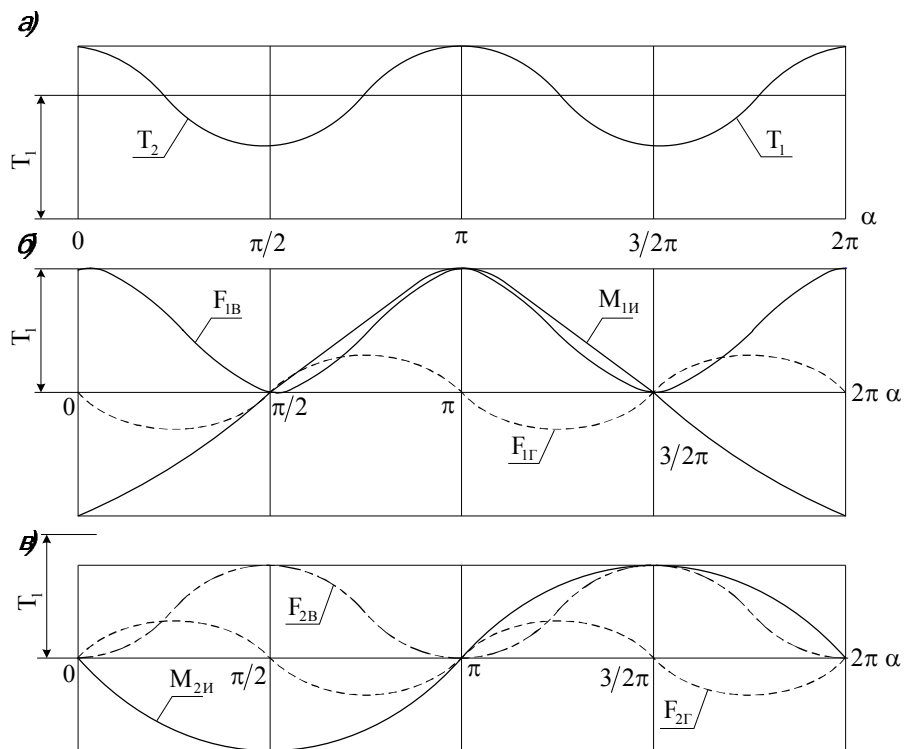


Рис.2.16. Зміна моментів і радіальних навантажень на валах

Контрольні запитання

1. Для чого призначені жорсткі компенсуючі муфти?
2. Як досягається компенсація зсувів у компенсуючих муфтах?
3. В яких випадках застосовуються зубчасті муфти?
4. З яких елементів складаються зубчасті муфти?
5. Що застосовують для підвищення зносостійкості зубців?
6. Що ускладнює точний розрахунок зубчастих передач?
7. Як підбирають і перевіряють зубчасті муфти?
8. Коли застосовують кулачково-дискові муфти?
9. З яких елементів складається кулачково-дискова муфта?
10. Як підбирають і перевіряють кулачково-дискові муфти?
11. Які особливості ланцюгових муфт?
12. Які ланцюгові муфти отримали широке розповсюдження?
13. Які переваги дворядних ланцюгових муфт перед однорядними?
14. Переваги напівжорстких дискових муфт
15. Принцип роботи шарнірних муфт
16. Коли застосовують шарнірні муфти?

Розділ 3. Пружні компенсуючі муфти

3.1. Загальні властивості

Основним призначенням пружних муфт є зменшення динамічних навантажень між валами, що з'єднуються цими муфтами. Разом з цим вони дозволяють демпфувати коливання, запобігають появі резонансних коливань, компенсують певну неточність взаємного розташування, можуть при необхідності розвантажити окремі елементи приводу від періодично діючих збурюючих моментів. Найбільш раціонально використовувати пружні муфти в приводах з кутковими люфтами при реверсивному навантаженні. Виходячи з призначення, основною характеристикою пружних муфт є жорсткість або зворотна їй величина – піддатливість. Ефективність розсіювання теплової енергії, що накопичується під час роботи, характеризує демпферна здатність.

Під демпферною здатністю муфти розуміють її здатність розсіювати, тобто перетворювати в тепло, енергію при деформації. Розсіювання енергії відбувається за рахунок зовнішнього тертя в елементах конструкції і внутрішнього тертя в матеріалі пружних елементів. В муфтах зі сталевими пружинами вирішальне значення має зовнішнє (конструкційне) тертя, а в муфтах з неметалевими пружними елементами переважає внутрішнє тертя.

Жорсткість пружної муфти визначається за формулою:

$$C_{\varphi} = \frac{\partial T}{\partial \varphi}, \quad (3.1)$$

де T – обертаючий момент, який передається муфтою;
 φ – кут закручення муфти прикладеним моментом T .

За характеристикою жорсткості пружні муфти поділяють на лінійні і нелінійні, або постійної і змінної жорсткості. Перші мають лінійну характеристику (рис. 3.1), тобто пряму пропорційність кута закручення муфти (кута повороту однієї напівмуфти відносно другої) від моменту, що передається, а другі – нелінійну характеристику.

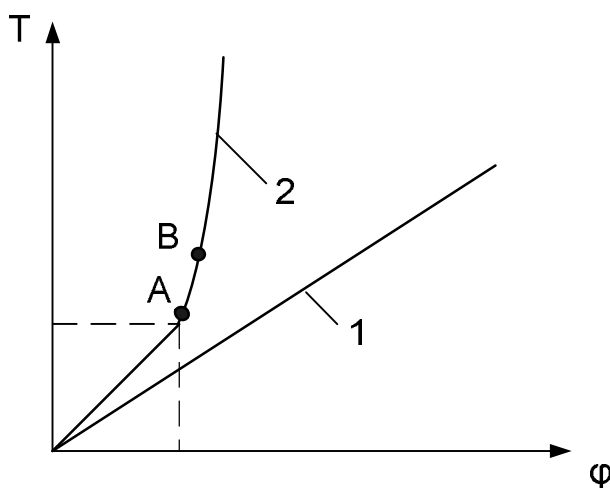


Рис.3.1. Силова характеристика пружної муфти: 1 – лінійна, 2 – нелінійна

До переваг муфт з нелінійними характеристиками відноситься здатність запобігати резонансу крутильних коливань при навантаженнях, що періодично змінюються при роботі. Наприклад, коли при роботі нелінійної муфти (рис. 3.1) момент зростає до величини, що відповідає точці А, настає резонанс і момент продовжує зростати до точки В, то в цій точці муфта вже має іншу жорсткість. Отже, коли відбулась зміна жорсткості, то відсутній резонанс і система повертається до вихідної точки. За умови подальшого зростання моменту також відсутні умови виникнення резонансу.

Представимо вали, з'єднані пружною муфтою, у вигляді двомасової системи (рис. 3.2).

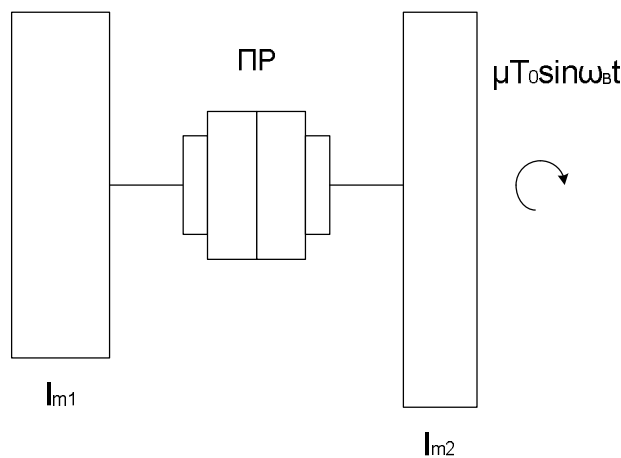


Рис.3.2. Схема двомасової системи з пружною муфтою

Нехай вали, що з'єднуються, мають зведені моменти інерції I_{m1} і I_{m2} , і з'єднані муфтою ПР, а на вихідному валу періодично діє момент $\mu T_0 \sin \omega_b t$. Необхідно визначити жорсткість муфти C_φ за умови передачі на ведучий вал незначної частини збурюючого моменту величиною $\mu T_0 \sin \omega_b t$, де $\mu \ll 1$.

Розглядаючи коливання як малі, отримаємо необхідну жорсткість муфти:

$$C_\varphi = \frac{\omega_c^2 \cdot I_{m1} I_{m2}}{I_{m1} + I_{m2}}, \quad (3.2)$$

де ω_c – колова частота вільних коливань.

Величина коефіцієнта динамічності, який характеризує ступінь зменшення періодично діючого моменту, знаходиться за формулою:

$$\mu = \frac{I_{m1}}{I_{m1} + I_{m2}} \cdot \frac{1}{\left| 1 - \frac{\omega_b^2}{\omega_c^2} \right|} \quad (3.3)$$

Залежність коефіцієнта динамічності від величини розстроювання $\frac{\omega_B}{\omega_C}$ наведена на рис. 3.3.

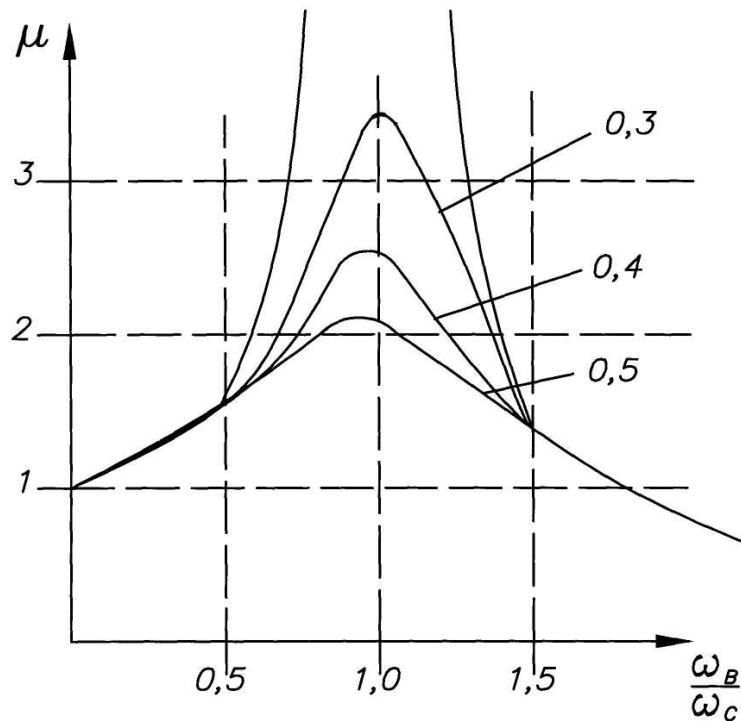


Рис.3.3. Залежність μ від величини $\frac{\omega_B}{\omega_C}$

Величина μ кінцева внаслідок наявності демпфування. Але вплив демпфування знижується в міру віддалення величини $\frac{\omega_B}{\omega_C}$ від 1. Тому при

$\frac{\omega_B}{\omega_C} > 1,3$ і $\frac{\omega_B}{\omega_C} < 0,7$ впливом демпфування можна нехтувати.

Підбором величини ω_C забезпечується необхідне значення коефіцієнта динамічності μ і відповідне значення жорсткості муфти C_ϕ . Зрозуміло також, що величини ω_{ze} і ω_C мусять бути не кратними, і не дорівнювати одна одній з метою запобігання резонансу.

Необхідно враховувати, що при розгоні машини система проходить через критичну частоту обертання (резонанс). Тому розгін необхідно вести максимально швидко і для зменшення пікових навантажень вводити в систему демпфування. Це можна зробити застосуванням в конструкції муфти гумових елементів або введенням конструктивного тертя між металевими елементами пружної муфти. Муфти з неметалевими пружними елементами простіше конструктивно і дешевші. Тому їх переважно застосовують при малих і середніх значеннях крутних моментів (приблизно до $10^4 \text{ Н} \cdot \text{м}$). При більших моментах перевагу надають муфтам з металевими пружними елементами, переваги яких (за габаритними характе-

ристиками) виявляються тим більшими, чим більший крутний момент. Дослідження підтвердили, що в цьому випадку амплітуда коливань завжди кінцева, а резонанс практично відсутній. Необхідно також врахувати, що чим менша жорсткість муфти C_φ , тим менше перевантаження механізмів машин.

Для муфт з гумовими елементами коефіцієнт демпфування може досягати величин $0,3 \div 0,4$. Енергія, що втрачається на деформацію одиниці маси гуми, приблизно в десять разів більша, ніж у високоміцної сталі. Але температурний діапазон використання гуми обмежений і гума досить швидко піддається старінню.

Здатність муфт амортизувати удари і поштовхи за рахунок накопичення потенціальної енергії в пружних елементах визначається енергоємністю муфти. Під енергоємністю розуміють найбільшу кількість потенціальної енергії, яку муфта здатна акумулювати при максимальній деформації.

Позначимо через A – енергоємність муфти, Z – число пружних елементів, V – об'єм одного елемента.

Тоді для муфт, пружні елементи яких працюють на згин:

$$A_\sigma = \frac{ZK_\sigma [\sigma]^2 V}{2E} \quad (3.4)$$

Для муфт, пружні елементи яких працюють на кручення:

$$A_\tau = \frac{ZK_\tau [\tau]^2 V}{2G}, \quad (3.5)$$

де ZV – об'єм матеріалу всіх пружних елементів муфти,

K_σ, K_τ – коефіцієнти використання матеріалу, які залежать тільки від форми пружного елемента,

E, G – модулі пружності I і II роду відповідно.

Питома енергоємність, тобто енергоємність віднесена до об'єму всієї муфти, дорівнює:

$$\Pi_\sigma = \frac{A_\sigma}{V_M} = ZK_\sigma \frac{[\sigma]^2}{2E} \cdot \frac{V}{V_M}, \quad (3.6)$$

$$\Pi_\tau = \frac{A_\tau}{V_M} = ZK_\tau \frac{[\tau]^2}{2G} \cdot \frac{V}{V_M}, \quad (3.7)$$

де V_M – об'єм всієї муфти.

З аналізу останніх формул можна зробити висновки, що характеристики муфти тим кращі, чим більші:

1) коефіцієнти K_σ і K_τ , що характеризують раціональність форми пружного елемента;

2) величини $\frac{[\sigma]^2}{2E}$ і $\frac{[\tau]^2}{2G}$, що характеризують механічні властивості пружних елементів;

3) відношення $\frac{V}{V_M}$, тобто чим більша частина об'єму всієї муфти занята пружними елементами.

Потенціальна енергія деформованого тіла пропорційна квадрату напруження. Отже, ефективною мірою зменшення маси пружних елементів при заданій енергоємності є використання конструкцій, які забезпечують найбільш рівномірне розподілення напружень.

3.2. Робота пружної муфти при ударних навантаженнях

Однією з основних функцій пружних муфт є захист від ударних навантажень, які досить часто зустрічаються при експлуатації.

Під ударними будемо розуміти навантаження, які змінюються миттєво або за час, який значно менший за період власних коливань.

Розв'язок диференціальних рівнянь руху, обумовленого дією постійного за величиною ударного моменту T_y , дозволяє знайти максимальний кут закручування однієї напівмуфти відносно другої:

$$\varphi_{max} = \frac{2T_y}{C_\varphi} \cdot \frac{I_2}{I_1 + I_2}, \quad (3.8)$$

де I_1 – зведений до вала муфти момент інерції ведучого механізму;
 I_2 – зведений до вала муфти момент інерції веденого механізму;
 C_φ – жорсткість муфти.

Враховуючи малість часу удару і що момент, який передається муфтою, дорівнює $T_2 = C_\varphi \cdot \varphi$, можна отримати наступне рівняння для муфти без демпфування

$$T_2 = \frac{C_\varphi}{2I_1} T_y \tau^2, \quad (3.9)$$

де τ – час дії ударного моменту.

А для муфти з демпфуванням маємо:

$$T_2 \approx \frac{C_\varphi}{2I_1} T_y \tau^2 + \frac{T_y I_2}{I_1 + I_2} \beta k \tau \left(1 - \frac{1}{2} \beta k \tau \right), \quad (3.10)$$

де τ – час дії ударного моменту;

k – власна частота коливань, знаходиться за формулою:

$$k^2 = \frac{C_\varphi}{\mu}, \quad (3.11)$$

де $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}$

$$\beta = \frac{n}{k}, \quad (3.12)$$

$$2n = \frac{f}{\mu}, \quad (3.13)$$

де f – коефіцієнт демпфування.

Аналізуючи останнє рівняння, можна зробити висновки:

1. При малому часі взаємодії момент, що передається муфтою, більше у муфти з демпфуванням, ніж у тієї ж муфти без демпфування;
2. Чим менший час дії, тим менший момент, що передається;
3. Зменшення жорсткості муфти C_ϕ веде до зменшення переданого ударного моменту за умови короткочасної дії удару.

За умови дії тривалих ударів максимальний момент, що передається, дорівнює:

$$T_{2max} = 2T_y \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (3.14)$$

З наведеної формули видно, що переданий момент вдвічі більший, ніж при застосуванні замість муфти жорсткого з'єднання.

Практично доведено, що жорсткість муфти впливає лише на плавність передачі ударного моменту, а максимальний момент передається при застосуванні муфт без демпфування. Застосування ж демпфування дещо зменшує максимальний момент, що передається муфтою.

3.3. Муфти з металевими пружними елементами

Демпфуючі властивості пружних муфт залежать від матеріалу і конструкції пружних елементів. Пружні елементи можуть бути металевими (різного виду пружини) і неметалевими (в основному з гуми).

Муфти з металевими пружними елементами відрізняються високою несучою здатністю і можливістю роботи в широкому температурному інтервалі. Вони характеризуються більш великим терміном служби пружних елементів, ніж муфти з неметалевими пружними елементами, але складні за конструкцією, дорожчі і вимагають постійного контролю при експлуатації. Основна область їх застосування – передача великих обертаючих моментів.

Пружні елементи виконують у вигляді тонких пластин або дроту значної довжини із сталі з великим модулем пружності. Матеріал пружних елементів працює на кручення і згин, тобто при напружених станах, що допускають значні пружні переміщення. Це забезпечує необхідну енергоємність муфти.

Для забезпечення достатньої несучої здатності муфти звичайно застосовується значна кількість пружних елементів. Так, наприклад, застосовуються пакети пластин, що забезпечує розміщення значної кількості пластин і значне демпфування коливань внаслідок тертя між пластинами.

Муфти з металевими пружними елементами, що працюють на згин, звичайно виконуються з нелінійними характеристиками. Це досягається відповідною профілізацією опорних поверхонь пружних елементів.

Серед муфт з металевими пружними елементами частіше за все застосовуються муфти з пакетами пластинчастих пружин, із змієподібними пружинами, з пружними елементами у вигляді стрижнів і гвинтовими пружинами.

3.3.1. Муфти з пластинчастими пружинами

Ці муфти мають декілька виконань: з радіальними пакетами пружин, з пакетами плоских пружин, розташованих паралельно осі валу, з аксіальними пакетами плоских пружин і з пакетами гільзових пружин. Найбільше застосування у вітчизняному машинобудуванні одержали перші три типи муфт.

Муфта з радіальними пакетами пружин (рис. 3.4) складається з двох напівмуфт 1 і 5, з'єднаних пакетами пружин 8, які працюють на згин при дії обертаючого моменту. Пакети пружин за допомогою болтів 4 з'єднуються з напівмуфтою 5 через кільце 3, яке має подовжні пази. Внутрішні кінці пакетів пружин входять в радіальні пази напівмуфти 1. Пакети пружин фіксуються на напівмуфті 1 кільцем 7 і трьома гвинтами. Кришка 2 з ущільненням 6 закриває внутрішню порожнину муфти, заповнену пластичним мастилом.

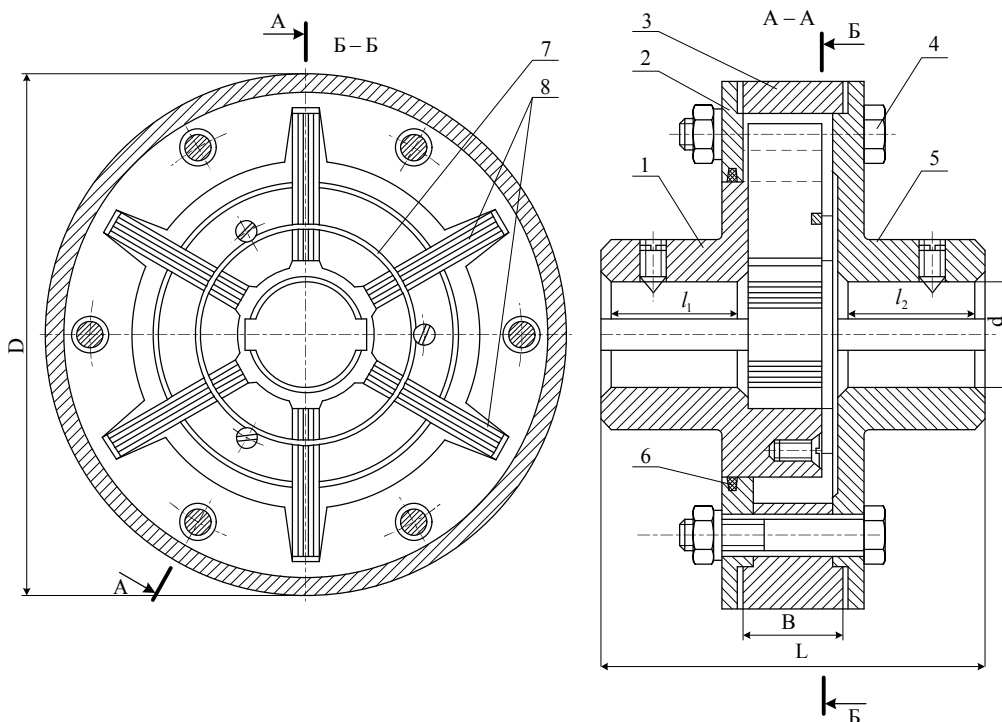


Рис.3.4. Муфта з радіальними пакетами пружин

Муфта має лінійну характеристику при крученні до тих пір, поки дотична до пружної лінії деформованої пружини не співпадає з лінією скосу паза (рис. 3.5), при подальшій деформації пружини характеристика муфти нелінійна.

Без урахування впливу сил тертя між пластинами при дії обертаючого моменту T напівмуфти обернуться на кут φ :

$$\varphi_x = \frac{[y_x + \alpha(\ell - x)]}{(R + x)}, \quad (3.15)$$

де y_x – прогин пакету пружин; $y_x = F_x x(3EJ)$;

F_x – сила, діюча на пакет на плечі x ; $F_x = \frac{T}{m(R + x)}$,

m – число пакетів;

E – модуль пружності першого роду;

J – момент інерції поперечного перерізу пакету, що складається з

пластин; $J = \frac{nvh^3}{12}$;

v і h – ширина і товщина однієї пластини пакету;

α – профільний кут паза;

R і ℓ показані на рис. 3.5;

n – число пластин в пакеті.

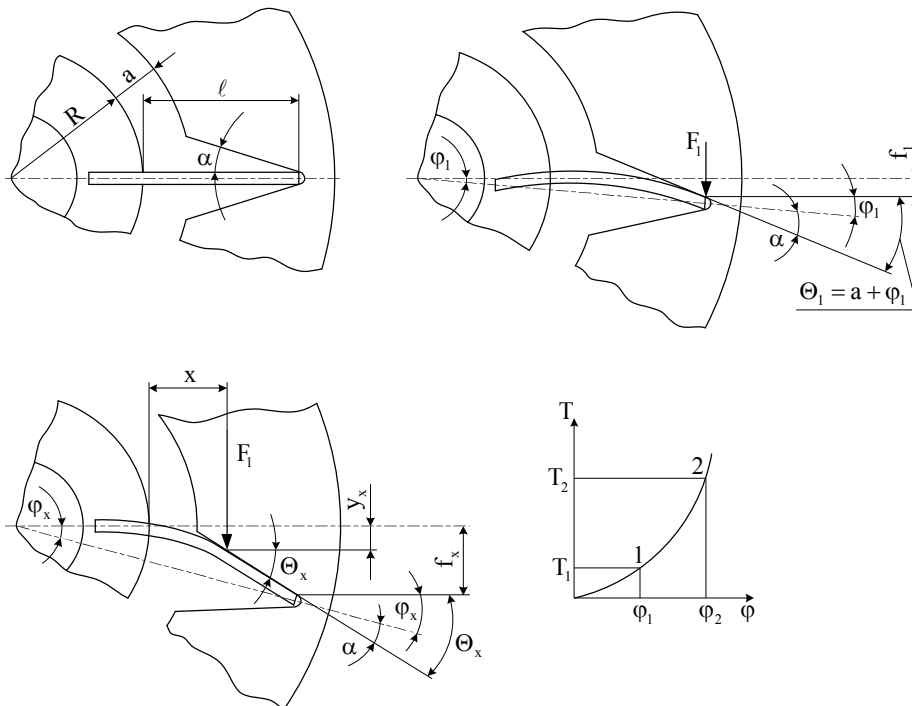


Рис.3.5. Схема роботи пружної муфти змінної жорсткості

На лінійній ділянці характеристики (рис. 3.5) залежність кута повороту напівмуфти φ_1 від величини обертаючого моменту T_1 без урахування впливу сил тертя визначається виразом:

$$\varphi_1 = \frac{T_1 \cdot \ell^2}{2mEJ(R + \ell)} \quad (3.16)$$

Напруження згину в пластинах пружин досягне максимального значення при $x=a$

$$\sigma_{32} = \frac{F_2 \cdot a}{W}, \quad (3.17)$$

де F_2 – колова сила, діюча на пакет; $F_2 = \frac{T_2}{m(R+a)}$;
 $T_2 = T_{max}$ – обертаючий момент на муфті при $x=a$;
 W – момент опору поперечного перерізу пакету пластин;

$$W = \frac{nh^2}{6}.$$

Необхідне число пакетів

$$n = \frac{T_2 \cdot a}{m(R+a)W[\sigma]_{32}}; \quad (3.18)$$

де $[\sigma]_{32}$ – допустиме напруження для матеріалу пластин.

Розміри і параметри муфти з радіальними пакетами надані в Додатку 16.

Муфта з пакетами плоских пружин, розташованих паралельно осі валу (рис. 3.6), складається з напівмуфт 1 і 5, з'єднаних пружними елементами 3, які є пакетами плоских пружин. Кінці пакетів розташовуються в хвостовиках 6 та 8 і утримуються в них штифтами 7. Пакети пружин одним кінцем кріпляться до напівмуфти 1 за допомогою розтискного пружинного кільця 2 і вільно вставляються в отвір напівмуфти 5. При недотриманні співвісності валів, що з'єднуються, вільні кінці пакетів плоских пружин переміщуються в отворах напівмуфти 5. Тому для підвищення довговічності в отвори муфти запресовують втулки 4 з антифрикційного матеріалу.

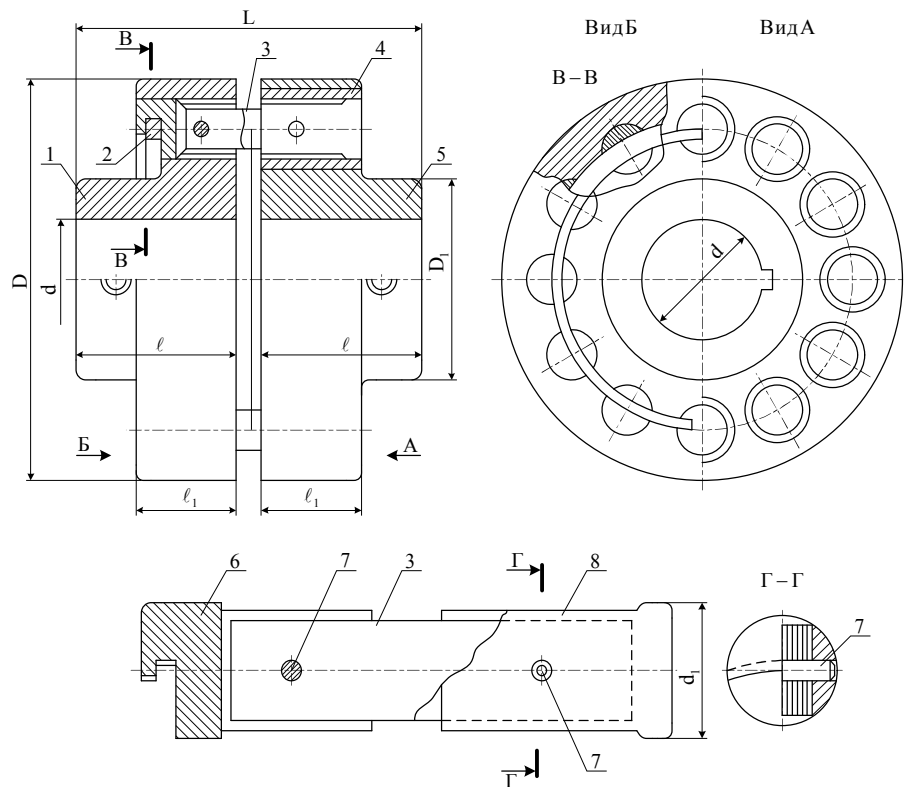


Рис.3.6. Муфта з пакетами плоских пружин, розташованих паралельно осі валу

Ці муфти можуть мати нелінійну характеристику, якщо в хвостовиках 6 і 8 під пакет плоских пружин зробити прорізи змінної товщини.

Розміри і параметри муфт з пакетами плоских пружин, розташованих паралельно осі валу, дані в Додатку 17.

Муфта з аксіальними пакетами плоских пружин (рис. 3.7) відрізняється хорошою компенсаційною здатністю і може передавати значні обертаючі моменти.

Муфта складається з напівмуфт 1 і 4 із зубчастими вінцями. Напівмуфти з'єднуються пружним елементом 3 у вигляді плоских пружин, які вставляються в западини між зубцями. Кожух 4 утримує пакети пружин від випадання і створює порожнину для пластичного мастила. Бічні поверхні зубців окреслені дугами кола, завдяки чому муфта має нелінійну характеристику. Мастило всередині кожуха утримується ущільненнями 5, що допускають зсув маточин відносно кожуха. Розміри і параметри муфти наведені в Додатку 18.

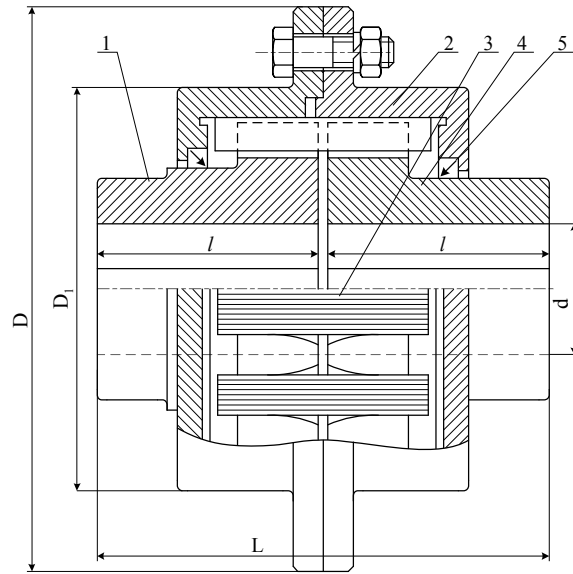


Рис.3.7. Муфта з аксіальними пакетами плоских пружин

3.3.2. Муфти із змієподібними пружинами

Пружна муфта із змієподібною пружиною складається з двох напівмуфт 1 і 5 із зубцями на зовнішній циліндричній поверхні, між якими закладені секції змієподібних пружин прямокутного перерізу 2 (рис. 3.8, а). При повороті однієї напівмуфти відносно іншої прямолінійні ділянки пружин згинаються, компенсуючи похибки складання, поштовхи і удари при передачі моменту. Для запобігання пружин від випадання і утримання мастила (як правило, пластичного) застосовується кожух 4, що складається з двох половин, стягнутих болтами 3.

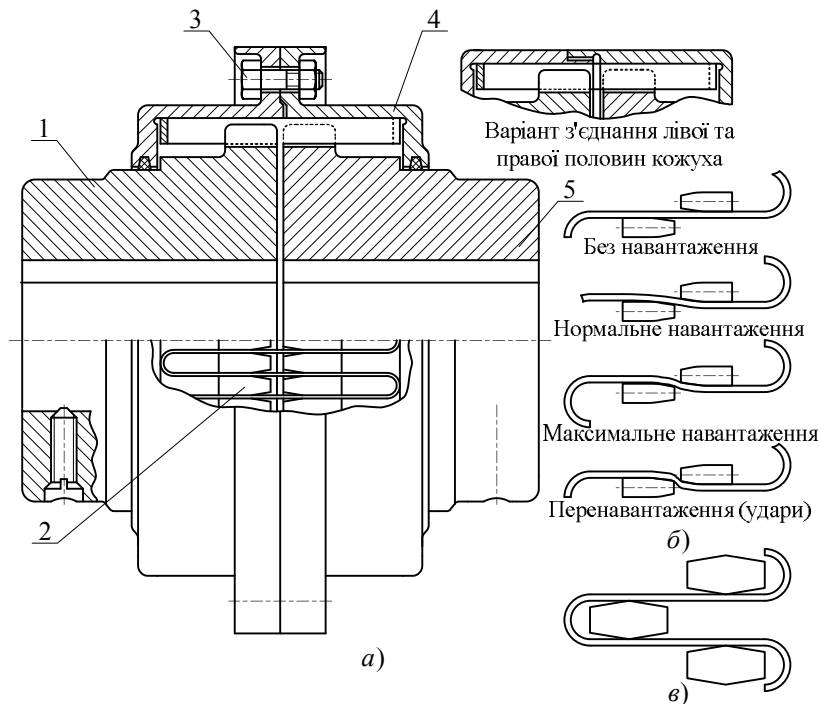


Рис.3.8. Муфта із змієподібною пружиною

Пружина є найвідповідальнішою деталлю муфти. Вона виготовляється з пружинної сталі з границею міцності $\sigma_s=1700 \text{ МПа}$. У важких муфтах пружини встановлюються в два-три ряди. Такі муфти відрізняються високою надійністю в роботі і малими габаритними розмірами, що зумовило досить широке застосування їх у важкому машинобудуванні (парові турбіни, прокатні стани), не дивлячись на складність конструкції, нетехнологічність і необхідність контролю при експлуатації.

Муфти із змієподібними пружинами здатні передавати великі потужності $(2...3) \cdot 10^3 \text{ кВт}$, допускають зсув осей валів, що з'єднуються: (осьовий – від 4 до 20 мм, радіальний – від 0,5 до 3 мм, кутовий – до $1^\circ 15'$), відповідно своїм габаритам.

Навантаження, що передається, розподіляється між великим числом витків пружини, що дозволяє виконувати муфту з малими габаритами при значній піддатливості.

Залежно від форми бічної поверхні зубців муфти мають лінійну або нелінійну характеристику при крученні.

Зубці муфт постійної жорсткості (лінійних) показані на рис. 3.8, в. Відстань між лініями упору пружини на зубці постійна і не залежить від обертаючого моменту.

Муфти постійної жорсткості з простою формою зубців застосовують в стаціонарних машинах за відсутності небезпеки виникнення коливань.

Зубці муфт змінної жорсткості (нелінійних), що застосовуються в машинах з широким діапазоном регулювання швидкостей і навантажень, мають криволінійний контур бічної робочої поверхні (рис. 3.8, б). Робочі поверхні зубців окреслюються дугами кіл, проведеними з центрів, які звичайно розташовуються в площині зовнішніх торців зубців. При зростанні моменту, що передається муфтою, пружина облягає зубці і точки контакту пружини із зубцями двох напівмуфт зближуються. Завдяки цьому жорсткість і несуча здатність муфти зростає.

Число зубців призначається звичайно в межах 50...100, у найбільших муфт (прокатних станів) – до 250. Габаритні розміри муфти: $D = (3...3,5)d$, $L = (2,5...3)d$.

Муфти допускають з'єднання при складанні без осьового зсуву. Відносне розсіювання енергії в муфтах 0,5...0,6.

Разом з відміченими позитивними властивостями пружна муфта із змієподібною пружиною (рис. 3.8) має істотний недолік, який полягає в тому, що установка змієподібної пружини в пази напівмуфт можлива тільки при деформації пружини у момент складання. Виникаючі при цьому напруження в пружному елементі досягають значної величини. В деяких випадках при складанні відбувається руйнування пружин. Тому для полегшення установки змієподібної пружини її доводиться виконувати з окремих секцій по колу і багаторядною по висоті. Виняток становлять

муфти малих розмірів, в яких пружний елемент складається з однієї незамкнутої пружини. Існує декілька різновидів конструкцій муфти із змієподібними пружинами, однією з яких є муфта із змієподібною пружиною, розташованою в площині, перпендикулярній (нормальній) до осі (рис. 3.9).

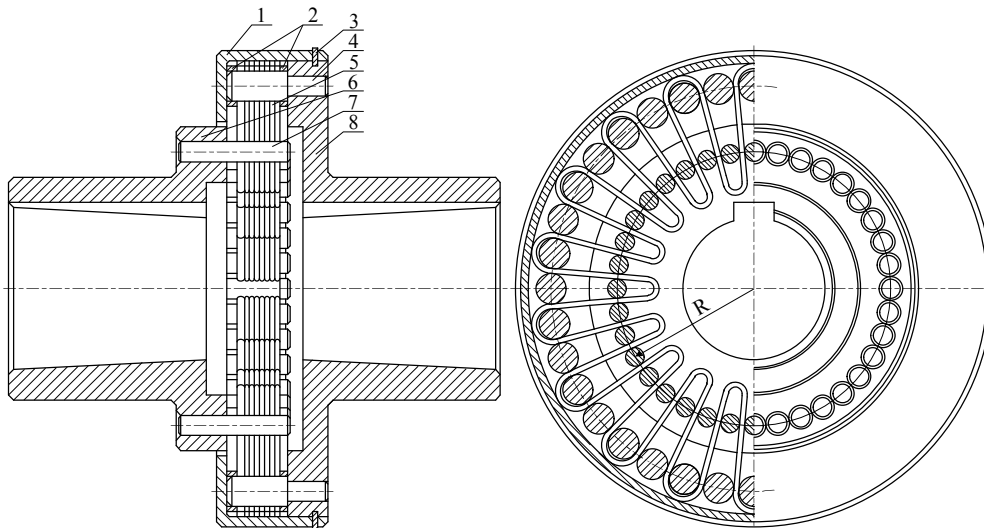


Рис.3.9. Муфта із змієподібною пружиною

Ця муфта складається з двох напівмуфт 6 і 8 із запресованими в них пальцями 4 і 7, змієподібною пружини 5, дистанційних кілець 2, кожуха 1 і дротяного кільця 3. Кожух 1 утримує пружини від зсувів під дією сил інерції. Він центрується напівмуфтою 8 і кріпиться до неї дротяним кільцем 3. Кожух одночасно є резервуаром для мастила.

Така муфта може мати як лінійну, так і нелінійну характеристику. В останньому випадку пальці 4 і 7 можуть бути замінені зубцями, розташованими на торцях напівмуфт, які мають криволінійний контур бічної поверхні. При цьому радіус кривизни цієї поверхні вибирається так, щоб збільшення обертаючого моменту викликало зменшення відстані між точками контакту зубців (пальців) 4 і 7 із змієподібною пружиною.

Розташування змієподібною пружини в площині, перпендикулярній до осі напівмуфт, дозволяє здійснювати складання муфти без деформації пружного елемента, застосовувати суцільні пружини без зменшення числа зубців на напівмуфтах, застосовувати одне і те ж оснащення для виготовлення пружин з різним числом рядів, оскільки розміри всіх витків пружини однакові, змінювати властивості муфти при одних і тих же напівмуфтах за рахунок застосування пружин з різним числом рядів.

На рис. 3.10 представлена муфта, в якій замість складної у виготовленні змієподібною пружини застосовуються окремо кільцеві пружні елементи 4, встановлені в западини зубців напівмуфт 1 і 2. Для зменшення зносу зубців і пластин муфти заповнюють пластичним мастилом, яке утримується корпусом 3 і ущільненням 5.

Розрахунок лінійних муфт із змієподібними пружинами проводять припускаючи, що пружина є замкнутим контуром і через малі розміри перерізу пружини в порівнянні з діаметром її розташування $D_{сер}$ пружина лежить на площині.

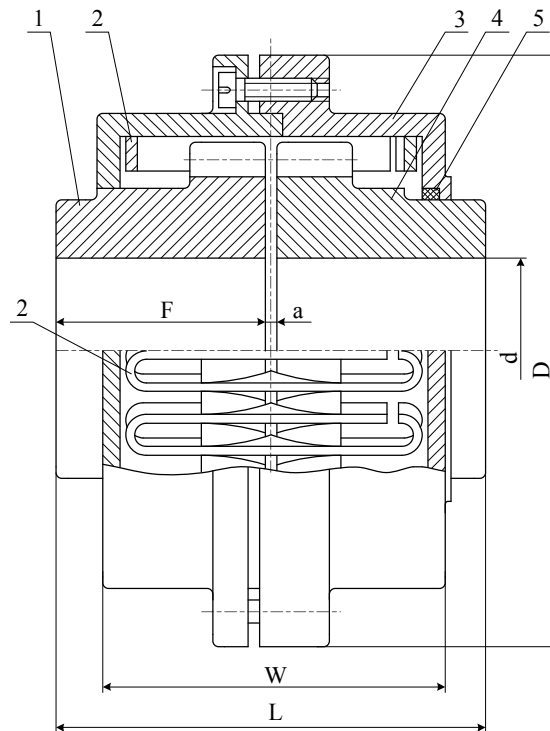


Рис.3.10. Муфта з кільцевими пружинними елементами

Муфту (рис. 3.8) розраховують, розглядаючи напіввиток пружини як арку з шарнірними опорами в площині симетрії муфти, навантажену силами від зубця. Заміна відкинутих напіввитків шарнірними опорами можлива завдяки тому, що витки пружини в площині симетрії муфти змінюють кривизну і, отже, сприймають згинаючий момент, що дорівнює нулю.

Кожний виток пружини навантажений двома однаковими силами F , прикладеними в розрахункових точках контакту із зубцями (рис. 3.11). Приймають, що витки пружини навантажені однаково. Тоді:

$$F = \frac{2 \cdot 10^3 T}{z \cdot D_{сер}}, \quad (3.19)$$

де z – число зубців напівмуфти;
 $D_{сер}$ – діаметр середнього кола зубців.

Муфта з гвинтовими пружинами (рис. 3.12) складається з обода 1 з ребром 2 і маточини 4 з диском 3. Ребро обода розміщується між дисками так, що можливий відносний поворот цих деталей. Ребро і диски мають однакові вирізи фасонів, в які закладають пружини 5 з обмежувачами 6. З торців муфти закривають дисками 7, які прикріплюють до маточини або обода для запобігання від випадання і забруднення пружини і обмежувачів.

У розвантаженій муфті (рис. 3.12, а) кожний з обмежувачів стикається своєю циліндричною поверхнею і з дисками, і ребром, а пружини попередньо стиснуті. Під навантаженням (рис. 3.12, б) ребро переміщується між дисками, а пружини додатково стискаються. При цьому один з обмежувачів стикається тільки з ребром, а інший – тільки з дисками.

Такі муфти доцільно застосовувати як пружні ланки в системі з'єднання валів із зубчастими колесами або ланцюговими зірочками. В цьому випадку обід є зубчастим вінцем, а муфта як би вбудовується в конструкцію зубчастого колеса. Ці муфти застосовують також для з'єднання валів. В цьому випадку їх конструкція дещо змінюється.

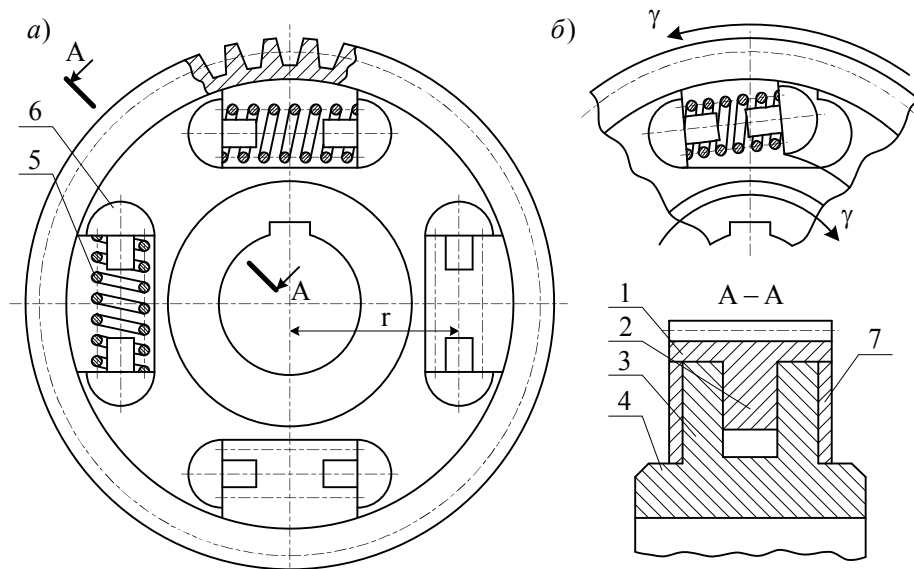


Рис.3.12. Муфта з гвинтовими пружинами

Муфти з гвинтовими пружинами допускають радіальний зсув валів до $0,01D$, кутівий зсув до 2° , осьовий зсув до $0,05D$, де D – діаметр муфти.

Характеристика муфти з гвинтовими пружинами зображена на рис. 3.13. Внаслідок попереднього стиснення пружин силою F_1 муфта працює як жорстка до навантаження моментом T_1 . При цьому

$$T_1 = F_1 \cdot r \cdot z_1, \quad (3.22)$$

де r – радіус розташування пружин;
 z – число пружин.

При $T > T_1$ муфта працює як пружна з постійною жорсткістю. Деформацію пружин λ і напруження τ в її витках визначають за формулами:

$$\lambda = \frac{8FDi}{Gd^4} \quad (3.23)$$

$$\tau = \frac{k_s 8FD}{\pi d^3} \quad (3.24)$$

де F – осьова сила, що стискає пружину;

D – середній діаметр пружини;

d – діаметр дроту;

i – число робочих витків пружини;

G – модуль зсуву;

k_s – коефіцієнт, що враховує вплив кривизни витків.

Кут закручування муфти при $T > T_1$ визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{\lambda - \lambda_0}{r} = \frac{8Di(F - F_1)}{Gd^4 r} = \frac{8D^3 i (T - T_1)}{Gd^4 r^2 i} \quad (3.25)$$

і жорсткість муфти

$$C_{\varphi_{max}} = \frac{dT}{d\varphi} = \frac{Gd^4 r^2 z}{8D^3 i} \quad (3.26)$$

Кут φ_{max} (рис. 3.13) відповідає упору обмежувачів, після чого муфта знову стає жорсткою. Упор обмежувачів повинен відбуватися до стикування витків пружини (мінімальний проміжок між ними близько $0,1d$).

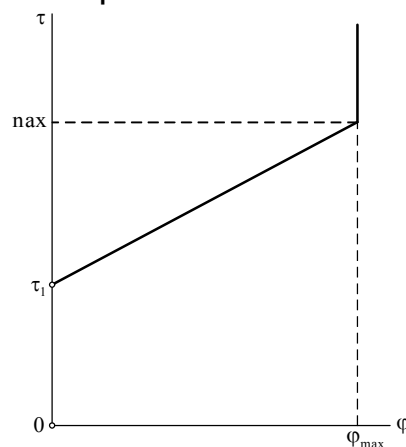


Рис.3.13. Характеристика муфти з гвинтовими пружинами

Значення C_{φ} , φ_{max} і T_1 визначають при дослідженні роботи муфти залежно від очікуваних змін навантажень. При цьому значення кута закручування при коливаннях знаходиться в межах $0 < \varphi < \varphi_{max}$. Недотримання цієї умови призводить до ударів обмежувачів в обох крайніх точках або в одній з них.

Розміри пружини (D , d , i), відповідні даній характеристиці, визначають звичайно методом підбору за формулами (3.23), (3.24), (3.25) з врахуванням конструктивних розмірів муфти.

Умова міцності пружини

$$\tau = \frac{k_g 8DT_{max}}{\pi d^3 rz} \leq [\tau], \quad (3.27)$$

де T_{max} – момент, відповідний упору обмежувачів.
Розміри і параметри муфти вказані в Додатку 20.

3.3.4. Муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів

Існує декілька варіантів конструкцій цих муфт. Вони не стандартизовані. Муфта, представлена на рис. 3.14, а складається з двох напівмуфт 3 і 5, з'єднаних циліндричними пружинами 6, розташованими по колу з діаметром D_0 . Бічні кришки 1 і 7 утримують і перешкоджають витіканню мастила завдяки ущільненням 2. Кожух 4 з ущільненнями 2 спеціальної форми перешкоджає витіканню мастила з муфти при взаємному зсуві напівмуфт. Для зменшення зносу пружин та їх гнізд в напівмуфтах муфта через маслянку 8 заповнюється мастилом (пластичним або рідким) з антизадирними присадками.

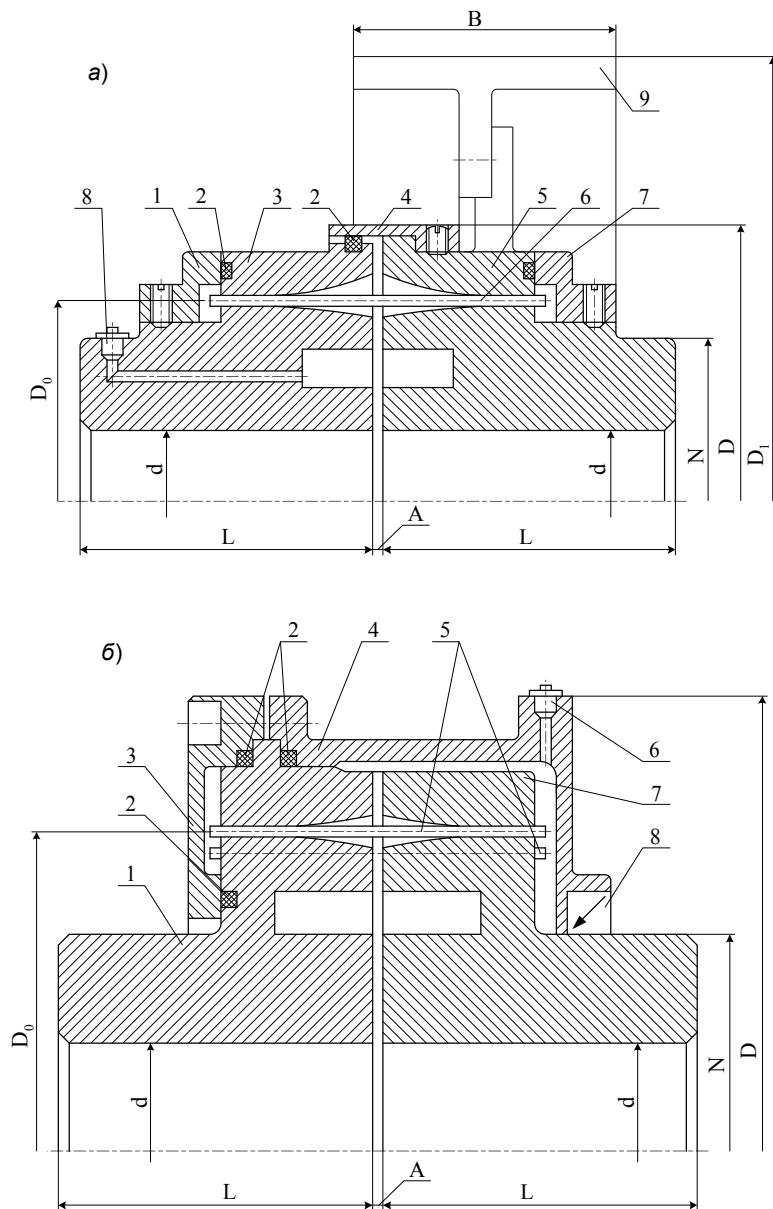


Рис.3.14. Муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів

Муфти із сталевими стрижнями можуть виготовлятися з двома рядами стрижнів. Така муфта представлена на рис. 3.14, б. У неї два ряди пружин 5, що з'єднують напівмуфти 1 і 7. Кришки 3 і кожух 4 утримують пружини від випадання і перешкоджають витіканню мастила завдяки ущільненням 2 і 8. Мастило подається через прес-маслянку 6.

Напівмуфти виготовляють із сталей 45, 40Х, пружини – з високолегованих пружинних сталей, кришки і кожух - з чавуну СЧ12. При дії обертаючого моменту характеристика муфти лінійна до тих пір, поки кривизна пружної лінії стрижня не буде дорівнювати кривизні профілю гнізда (рис. 3.15).

Розміри і параметри муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів наведені в Додатках 21, 22.

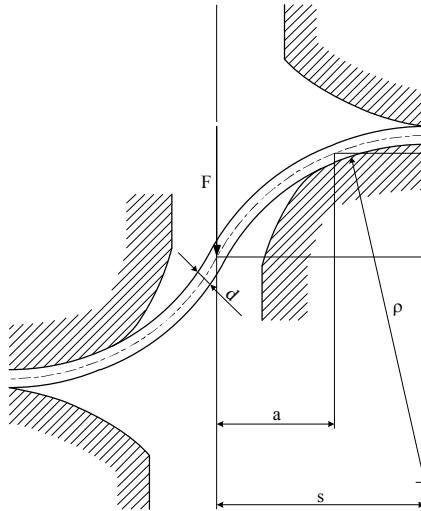


Рис.3.15. Розрахункова схема роботи стрижня

Залежність кута повороту напівмуфти φ від величини обертаючого моменту T на лінійній ділянці характеристики визначається виразом:

$$\varphi = \frac{8s^3 T}{3EJzD_0^2}, \quad (3.28)$$

де z – число стрижнів;

E – модуль пружності першого роду матеріалу стрижня;

D_0 – діаметр кола центрів стрижня.

Залежність кута повороту напівмуфти φ від величини обертаючого моменту T на нелінійній ділянці характеристики визначається виразом:

$$\varphi = \frac{2(s^2 - a^2)}{\rho D_0} + \frac{8Ta^3}{3D_0^2 z EJ}, \quad (3.29)$$

де a і ρ – розміри на розрахунковій схемі (рис. 3.15);

J – момент інерції перерізу стрижня.

Жорсткість муфти

$$C = \frac{dT}{d\varphi} = \frac{3T^2 \rho^3}{E^2 J^2 D_0} \quad (3.30)$$

Максимальне напруження згину

$$\sigma_{зг} = \frac{32EJ}{\rho \pi d^3}, \quad (3.31)$$

де d – діаметр стрижня.

Граничний обертаючий момент

$$T_{гран.} = \frac{EJzD_0}{2\psi s \rho}, \quad (3.32)$$

де $\psi = \frac{a}{s}$ (для лінійних муфт приймають $\psi=1,0$; для нелінійних муфт - $\psi = 0,6 \div 0,7$).

При розрахунку визначають діаметр стрижня d , приймаючи $D_0 = (0,015 \div 0,018)\sqrt[3]{T}$:

$$d = \frac{4[\sigma]D_0\zeta^2(3 - \psi^3)}{3E\varphi}, \quad (3.33)$$

де $[\sigma]_{32}$ – допустиме напруження згину матеріалу стрижня.
Число стрижнів визначається за формулою:

$$z = \frac{64\zeta\psi T_{гран.}}{\pi[\sigma]_{32}d^3}, \quad (3.34)$$

де $\zeta = \frac{s}{D_0}$

Радіус кривизни гнізда в осьовому перерізі

$$\rho = \frac{Ed}{2[\sigma]_{32}} \quad (3.35)$$

3.4. Муфти з неметалевими пружними елементами

Муфти з неметалевими пружними елементами відрізняються простою конструкцією, технологічністю і хорошими амортизуючими, демпфуючими і електроізолюючими властивостями. Завдяки цим показникам пружні муфти, в основному, виконують з неметалевими пружними елементами, але з обмеженням за величиною переданого моменту.

Як матеріал для неметалевих пружних елементів найбільше поширення набули різні сорти гуми з високою еластичністю і великим внутрішнім тертям. Цим пояснюються хороші амортизуючі і демпфуючі властивості муфт з гумовими пружними елементами. Коефіцієнт демпфування в них може досягати $0,3 \div 0,4$. При допустимих напруженнях енергія, що витрачається на демпфування одиниці маси гуми, приблизно вдесятеро більше, ніж у високоміцної сталі. Проте гума схильна до старіння (необоротним змінам властивостей під впливом навколишнього середовища), що призводить до зниження міцності і еластичності. Довговічність пружних гумових елементів у зв'язку з цим значно менша, ніж сталевих.

Неметалеві пружні елементи виконують однорідними гумовими (або поліуретановими), гумоволокнистими з короткими волокнами і гумо-кордними. Гумові елементи мають підвищену піддатливість, але меншу несучу здатність; вони добре працюють на стиснення.

Гумо-волокнисті елементи переважно виконують з лавсановими і бавовняними волокнами. Міцність таких елементів значно вища, ніж гумових, за рахунок меншої піддатливості.

Гумо-кордними переважно виконують оболонкові і аналогічні пружні елементи, для яких важлива висока міцність корду на розтяг і для яких застосовується добре відпрацьована технологія автомобільних шин.

У муфтах застосовуються пружні елементи (рис. 3.16), що працюють на рівномірне стиснення (а), на нерівномірне стиснення (б, в), на складний опір з переважним стисненням (г, д), на згин (е), на зсув (ж), на зсув із стисненням і згином (з, і), на крутильний зсув (к), на кручення (л), на кручення і крутильний зсув (м).

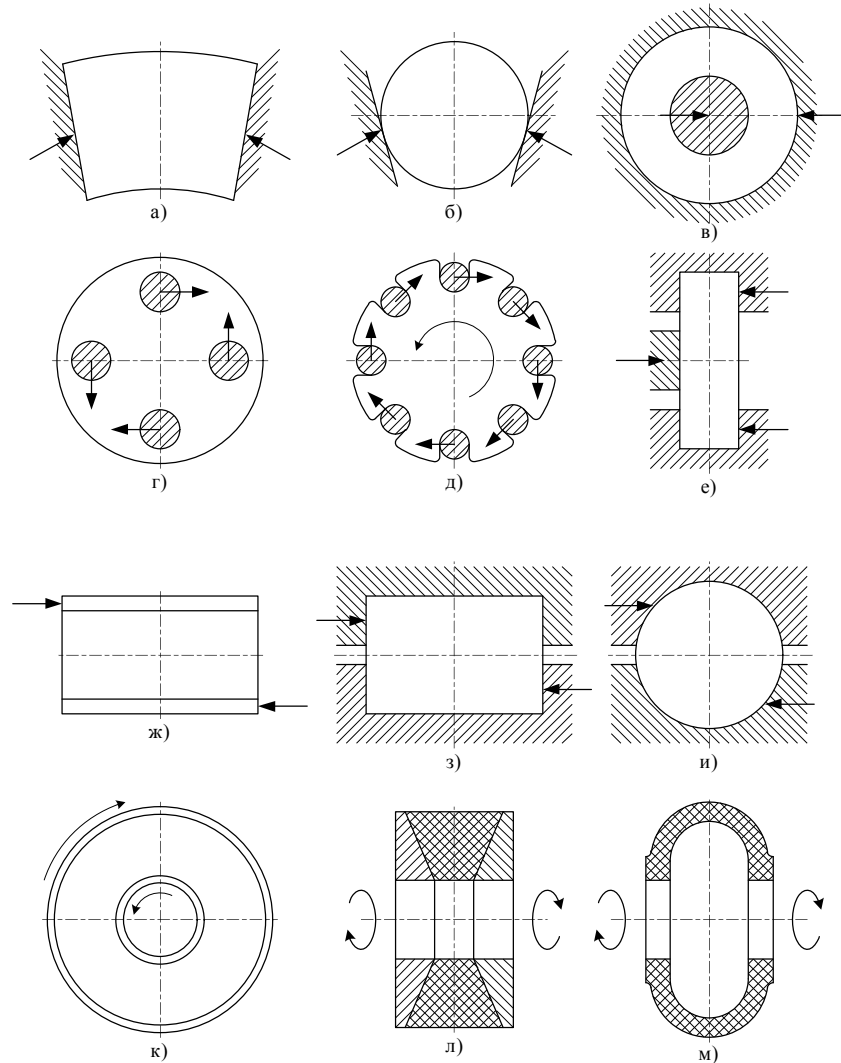


Рис.3.16. Конструкції гумових пружних елементів

Конструювання пружних муфт з неметалевими елементами спрямовано на випуск муфт малих габаритів і підвищеної енергоємності, тобто здібності акумулювати значну кількість енергії. Тому необхідно вибирати пружні елементи з рівномірним напруженим станом, оскільки енергоємність пропорційна квадрату напруження.

У вітчизняному машинобудуванні найбільше застосування знайшли наступні типи пружних муфт з неметалевими елементами.

3.4.1. Муфти із зірочкою

Муфта з гумовою зірочкою за ДСТ 14084 (рис. 3.17) складається з двох напівмуфт фланцевого типу 1 і 2 з чотирма або шістьма кулачками

торців і пружного елемента 3, виконаного у вигляді зірочки з чотирма або шістьма променями. Промені зірочки розташовані між кулачками напівмуфт і працюють на стиснення через один при дії обертаючого моменту.

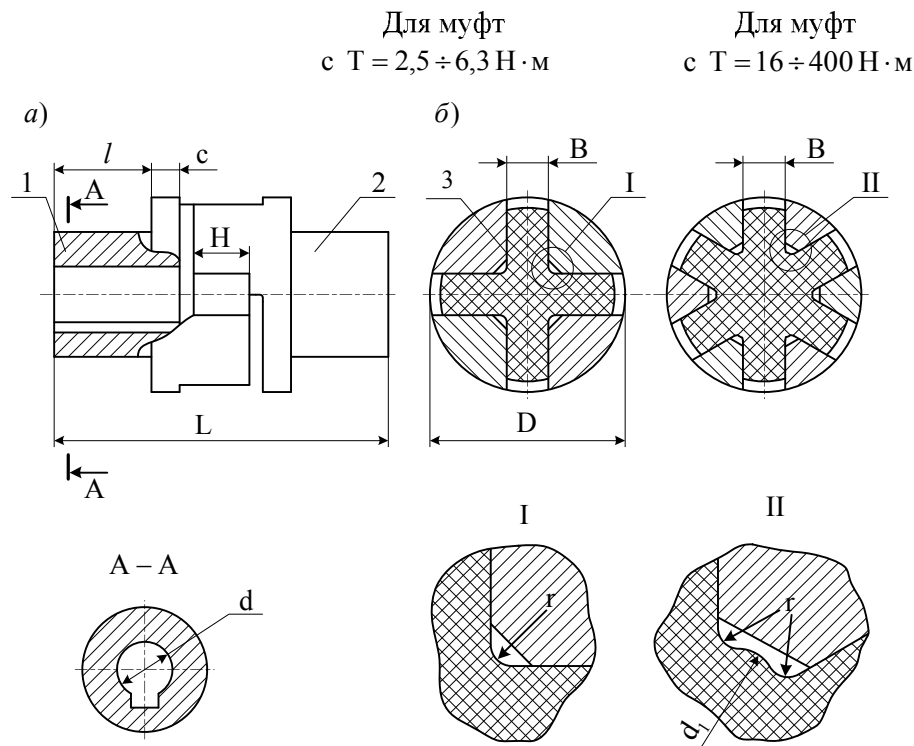


Рис.3.17. Муфта з пружним елементом у вигляді зірочки

Ці муфти застосовують для з'єднання валів діаметром $6 \div 48 \text{ мм}$ при обертаючому моменті $T = 2,5 \div 400 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Вони прості за конструкцією, мають більшу навантажувальну здатність, малі габаритні розміри і матеріалоемність. Допустимий радіальний зсув осей валів, що з'єднуються, до $0,4 \text{ мм}$, кутовий – до $1^\circ 30'$. До недоліків слід віднести необхідність осьових переміщень валів (напівмуфт) при монтажі, високу крутильну, радіальну і кутову жорсткість.

При передачі обертаючого моменту муфтою і компенсації радіальних зсувів виникає нерівномірність навантаженості променів зірочки (при передачі моменту в кожную сторону працює половина променів). Більш досконалою конструкцією пружного елемента є зірочка з променями бочкоподібної форми в поєднанні з плоскими кулачками напівмуфт.

Матеріал напівмуфт сталь 35 за ДСТ 1050 або інший матеріал з механічними характеристиками, не нижчими, ніж у сталі 35. Зірочки виготовляють з гуми з межею міцності не меншою за 16 МПа , відносним подовженням при розриві не меншим за 600% , відносним залишковим подовженням не більшим за 32% , твердістю $45-50$ за приладом ТИР (7761-75). Гума повинна бути працездатною в діапазоні температур від -40°C до $+50^\circ\text{C}$.

Працездатність гумової зірочки визначається напруженням змінання

$$\sigma_{зм} \approx \frac{24DkT}{zh(D^2 - d_1^2)} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.36)$$

де z – число променів зірочки;

$[\sigma_{зм}] = 2 \div 2,5$ МПа.

Розміри і основні параметри муфт із зірочкою дані в Додатку 23.

Розміри зірочок для муфт за ДСТ 14084 дані в Додатках 24, 25.

Приклад умовного позначення зірочки муфти з номінальним обертаючим моментом $T = 63,0$ Н·м кліматичного виконання П, категорії розміщення 3:

зірочка 63,0 ПЗ ДСТ 14084.

3.4.2. Муфти втулково-пальцеві

Пружна втулково-пальцева муфта (МУВП за ДСТ 21424) складається з двох напівмуфт 1 і 2, пружного елемента у формі гумової гофрованої втулки 3 (рис. 3.18) і сталевих пальців 4, які з'єднують напівмуфти.

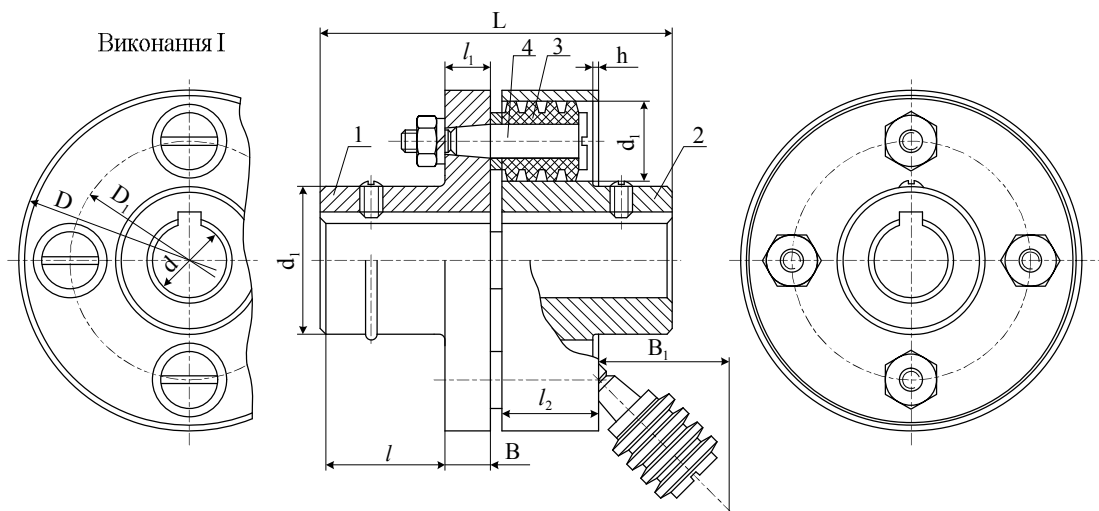


Рис.3.18. Пружна втулково-пальцева муфта

У цих муфтах момент передається через пальці і втулки, що на них розташовані. Пружні елементи піддаються нерівномірному стисненню. Форма їх забезпечує підвищення піддатливості і деяке вирівнювання напружень. Пальці закріплені своїми кінчними кінцями в одній напівмуфті і входять в циліндричні отвори іншої напівмуфти. Число пальців в залежності від розмірів муфти складає 4÷10. Завдяки легкості виготовлення, простоті пружних елементів і зручності їх заміни ця муфта має широке застосування в машинобудуванні, особливо, в приводах від електродвигунів з малими і середніми обертаючими моментами.

Муфти стандартизовані в діапазоні діаметрів валів 10÷160 мм і діапазоні моментів 63÷16000 Н·м.

Матеріал напівмуфт – чавун СЧ20, сталь 30, 35Л. Матеріал пальців не гірший, ніж сталь 45. Матеріал втулок – гума з тимчасовим опором

при розтягу не менше за 8 МПа. Частоту обертання муфти обмежують коловою швидкістю 30 м/с.

Муфти допускають осьові зсуви в межах осьового монтажного проміжку, що змінюється в межах 1÷5 мм, а радіальні не більше 0,1 мм на кожні 100 мм діаметру муфти. Радіальні і осьові зсуви валів значно знижують термін служби пружних елементів і підвищують навантаження на вали і опори.

Муфти мають характеристику кручення, дещо відмінну від лінійної. Залежність між силою на палець F (Н) і пружним переміщенням стиснення δ (мм) гумової втулки стандартних муфт виражається степеневою функцією:

$$F = C \cdot \delta^m \quad (3.37)$$

де C і m – коефіцієнти; $C=1500\div3000$ залежно від розміру муфти; $m=1\div1,5$; для розрахунків приймають $m=1,5$.

У зв'язку з відносними зсувами осей валів і неточностями розташування осей пальців і отворів муфти викликають радіальні навантаження на вали, які дорівнюють 0,15÷0,3 від сумарної колової сили на пальцях.

Критерієм працездатності муфт є стійкість гумових втулок. Для перевірки міцності розраховують пальці на згин, а гуму – за напруженнями зминання на поверхні стикання втулок з пальцями. При цьому вважають, що всі пальці навантажені однаково, а напруження зминання розподілені рівномірно по довжині втулки. Умова міцності втулки

$$\sigma_{zm} = \frac{2kT}{d_1 \ell z D_1} \leq [\sigma_{zm}], \quad (3.38)$$

де d_1 – діаметр пальця;
 ℓ – довжина втулки;
 z – число пальців;
 D_1 – діаметр кола центрів пальців.
 Умова міцності пальців

$$\sigma_{z\pi} = \frac{10T_p \ell_n}{D_1 z d_1} \leq [\sigma_{z\pi}], \quad (3.39)$$

де ℓ_n – довжина пальця;
 $[\sigma_{z\pi}] \approx 0,25 \sigma_T$, де σ_T – межа текучості матеріалу пальця.

Муфти з пружними елементами, що працюють на кручення і зсув, вважаються більш досконаліми. Після того, як був знайдений спосіб надійного приклеювання гуми до металу, ці муфти набули значне поширення завдяки найраціональнішим формам пружних елементів і оптимальному напруженому їх стану. Міцність приклеювання гуми до металу досягає 7,00 Н/мм² і майже не падає до температури 80°С. Муфти можуть виконуватися підвищеної піддатливості.

Муфта з пружним елементом, що працює на кручення (рис. 3.19), виконується у вигляді двох однакових фланцевих напівмуфт 1 і 2 з кінчними робочими поверхнями, до яких приклеюється гумове кільце. Це за-

безпечує рівномірний розподіл напруження кручення за всім об'ємом пружного елемента, а отже, максимальну енергоємність муфти. Ці муфти мають малі габарити і передають обертальні моменти до $16 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Недоліками є необхідність осьового переміщення одного з валів при монтажі і значна поперечна жорсткість.

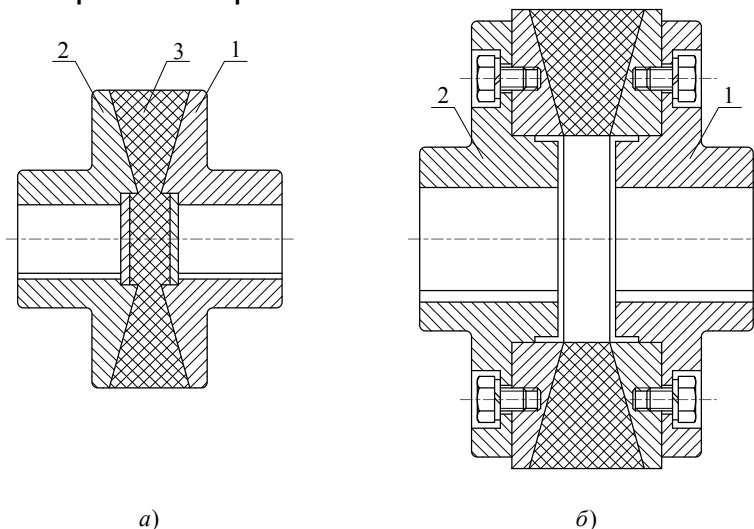


Рис.3.19. Муфта з гумовим пружним елементом, що працює на кручення

Муфта з пружним елементом, що працює на крутильний зсув (рис. 3.20), аналогічна поперечно-згортній фланцевій муфті. Вона складається з двох фланців, один з яких (2) виконується з гуми із сталевим маточником і ободом. Пружний фланець має фасонну форму, що забезпечує міцність приклеювання, рівномірний розподіл напружень кручення в гумі і деяку піддатливість муфти поперечним зсувам валів. Муфта має дещо більші радіальні габарити, ніж муфта з пружним елементом, що працює на кручення, але вона більш зручна для складання.

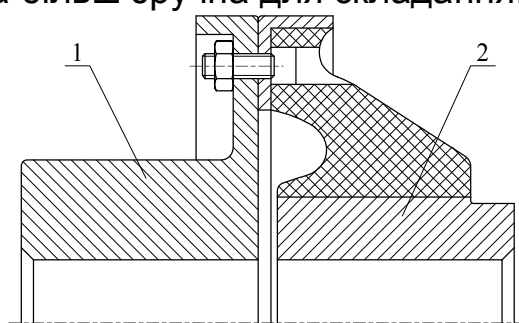


Рис.3.20. Муфта з пружним елементом, що працює на крутильний зсув

Параметри та розміри муфт МУВП за ДСТ 21424 наведені у Додатку 26.

Розміри пальців з гумовими та розпирними втулками для муфт МУВП наведені у Додатку 27.

3.4.3. Муфти з тороподібним пружним елементом

Муфти цього типу мають високі пружні і демпфуючі властивості. Вони здатні компенсувати значні зсуви осей валів, що з'єднуються, і зменшувати динамічні навантаження завдяки малій крутильній жорсткості. Пояснюється це раціональним вибором форми пружного елемента муфт, а також можливістю його вільної деформації (без обмеження металевими деталями) під дією навантажень. Як пружний елемент використовуються гумові або гумо-кордні оболонки. Останні складніші у виготовленні, але термін служби їх у декілька разів більший, ніж у гумових. Відсутність відносного переміщення гуми по металу в процесі експлуатації значно збільшує термін служби муфт. Муфти з пружними тороподібними оболонками забезпечують шумо- і електроізоляцію вузлів приводу, вони зручні, економічні і надійні в експлуатації.

Не менш важливою особливістю муфт цього типу є можливість зміни властивостей матеріалу оболонки, армування її різною кількістю шарів корду, зміни орієнтації ниток корду, а також співвідношення геометричних розмірів оболонки.

Тороподібні оболонки звичайно виготовляються з вулканізованої гуми з прокладками з бавовняної або віскозної тканини, число яких вибирається в межах від 2 до 14 і більше залежно від величини навантаження.

До недоліків муфт відносять їх великі розміри за діаметром і появу осьових навантажень на опори валів, які обумовлені дією відцентрових сил, діючими на пружний елемент.

Муфти з тороподібною оболонкою за ДСТ 20884 виготовляються двох типів: 1- з оболонкою опуклого профілю (рис. 3.21) і 2 – з оболонкою увігнутого профілю (рис. 3.22). Напівмуфти для обох типів виконуються з циліндричними отворами для коротких кінців валів за ДСТ 12080 і з конічними отворами для коротких кінців валів за ДСТ 12081. Допускається виготовлення напівмуфти для довгих кінців валів відповідно вище вказаним стандартам, а також інші види з'єднання напівмуфт з валами.

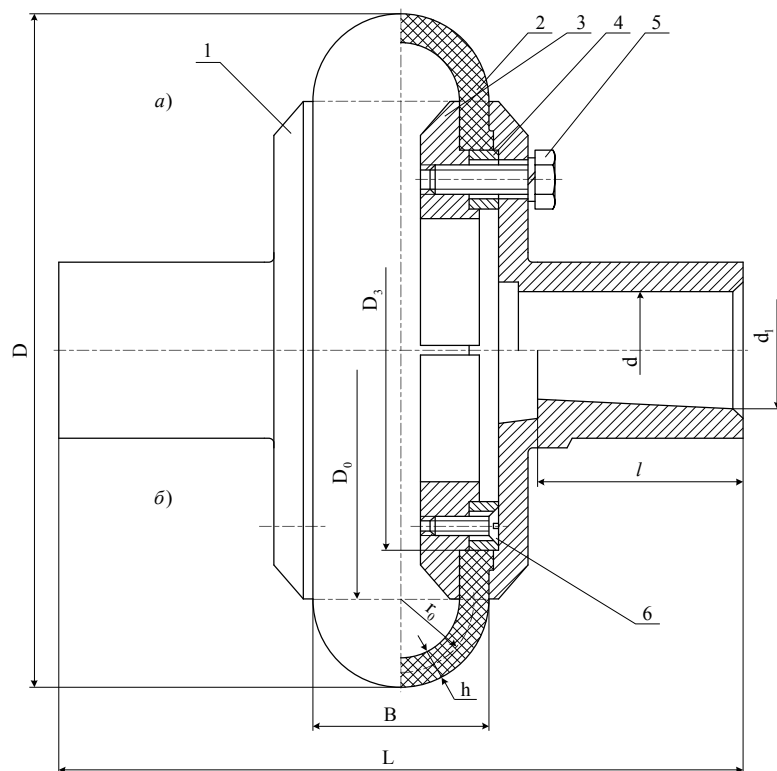


Рис.3.21. Муфта з пружною тороподібною оболонкою опуклого профілю за ДСТ 20884

Муфта з тороподібною оболонкою за ДСТ 20884 складається з двох однакових напівмуфт 5, з'єднаних пружним елементом 1 у вигляді тороподібною оболонки, виготовленої з гуми або гуми, армованої нитками корду. Натискне кільце складається з напівкільць 2, притягнутих гвинтами 6 до кільця 3. За допомогою гвинтів 4 борт пружного елемента затискають між фланцем напівмуфти і натискним кільцем, створюючи сили тертя між гумою і металом. Ширину кільця 3 вибирають такою, щоб при контакті металевих частин в результаті затягування гвинтів 4 гума стислася на задану величину. Така конструкція дозволяє проводити заміну пружного елемента в муфті без осьового зсуву напівмуфт. Відповідно до ДСТ 20884 оболонка виконується нерозрізною. Стандарт охоплює діапазон діаметрів валів $14 \div 20$ мм і моментів $(20 \div 25) \cdot 10^3$ Н·м. Несуча здатність муфти значно підвищується при виконанні поверхні фланця шорсткою.

Гранично допустимі зсуви осей валів залежно від розміру муфти: радіальні $1 \div 5$ мм, осьові $2 \div 6$ мм, кутові $1,5 \div 2^\circ$.

Дослідження показали, що вантажність муфти обмежується втраченою стійкістю і утомою гумової оболонки. В першому наближенні можна рекомендувати розрахунок міцності оболонки за напруженнями зсуву в перерізі у затиску (за D_1)

$$\tau = \frac{2Tk}{\pi D_1^2 \delta} \leq [\tau], \quad (3.40)$$

де $[\tau] \approx 0,4 \text{ МПа}$ – за експериментальними даними.

Муфта з тороподібною оболонкою за ДСТ 20884 (рис. 3.22) увігнутого профілю має властивості близькі до властивостей муфти з опуклим профілем оболонки, але вона менша за діаметром і має менші відцентрові сили, а отже, створює менші (в 2÷3 рази) осьові сили на вали.

Параметри та розміри муфт з тороподібною оболонкою опуклого та увігнутого профілю наведені в Додатках 28, 29.

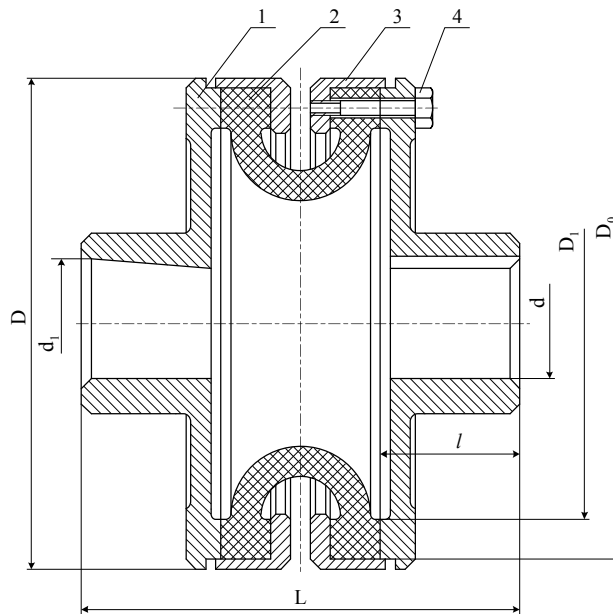


Рис.3.22. Муфта з тороподібною увігнутою оболонкою за ДСТ 20884

Муфта складається з двох напівмуфт 1, між якими розташований пружний елемент 2, який притискається до напівмуфт натискними кільцями 3 за допомогою гвинтів 4. Розміри пружного елемента муфти надані на рис. 3.23 і в Додатку 30.

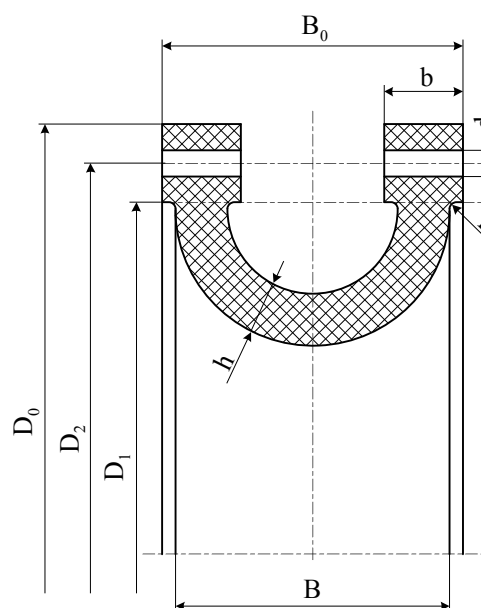


Рис.3.23. Пружний елемент муфти за ДСТ 20884

Ці муфти відрізняються від муфт з тороподібною оболонкою опуклого профілю простотою і дешевизною конструкції внаслідок зменшення числа деталей, кращою ремонтпридатністю завдяки можливості заміни оболонки без осьового зсуву агрегатів, що з'єднуються, зниженням впливу відцентрових сил на напружений стан оболонки.

Дослідження показали, що оболонка увігнутого профілю на відміну від опуклого починає руйнуватися в зоні екватора оболонки. Тому вплив місцевих напружень при затиску борту для цих оболонок несуттєвий. Гранична частота обертання муфти з пружним елементом увігнутого профілю на 20-60% вища, ніж у муфти з елементом опуклого профілю, в результаті зниження величин відцентрових сил внаслідок зменшення радіусу обертання і сприятливої передачі відцентрових сил з оболонки на натискні кільця.

Напружений стан тороподібною оболонки визначається з використанням теорії тонких оболонок і за допомогою метода кінцевих елементів. Обидві методики при визначенні величини крутильної жорсткості дали практично однаковий результат. Однак величина найбільших дотичних напружень, визначених за методом кінцевих елементів, майже на 40% перебільшила результат, отриманий за теорією тонких оболонок. Муфти різних типорозмірів, передбачених ДСТ 20884, геометрично подібні, тому за характерний розмір приймають найбільший діаметр оболонки D , для інших розмірів вводять відносні параметри пружного елемента $\alpha = \frac{B}{D}$ і $\beta = \frac{h}{D}$, де B – ширина оболонки; h – товщина оболонки і отримують формулу для визначення крутильної жорсткості:

$$G_w = GD^3 k_c, \text{ МПа} \quad (3.41)$$

де G – модуль пружності гуми при зсуві, МПа;

k_c – безрозмірний коефіцієнт, який визначається з графіка.

Співвідношення розмірів тороїдальної оболонки за ДСТ 20884 наступні: $\alpha=0,25$; $\beta=0,05$.

Формули для визначення реактивних навантажень для муфт з тороподібним пружним елементом наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Формули для визначення навантажень на вали для муфт за ДСТ 20884

Зміщення валів		
радіальне	кутове	осьове
муфта з тороподібною опуклою оболонкою		

$F_r = \Delta_r DEk_r;$ $k_r = 0,7;$ $M_u = \Delta_r D^2 Ek_r^*;$ $k_r^* = 7 \cdot 10^{-3}$	$M_\gamma = \gamma D^3 Ek_\gamma;$ $k_\gamma = 0,01 \text{ рад}^{-1};$ $F_\gamma = \gamma ED^2 k_\gamma^*;$ $k_\gamma^* = 7 \cdot 10^{-3} \text{ рад}^{-1}$	$F_A = \Delta_a DEk_a$ $k_a = 0,14$
муфта з тороподібною увігнутою оболонкою		
$F_r = \Delta_r D_1 Ek_r;$ $k_r = 0,293$	$M_\gamma = \gamma D_1^3 Ek_\gamma;$ $k_\gamma = 0,133 \text{ рад}^{-1};$	$F_A = \Delta_a D_1 Ek_a$ $k_a = 0,166$
<p>Примітка: 1. Значення $k_r, k_\gamma, k_a, k_r^*, k_\gamma^*$ наведені для співвідношень характерних розмірів $B/D=0,25, B/D_1=0,36, h/D = 0,05$ і $h/D_1 = 0,077$ оболонки, прийнятих за ДСТ 20884.</p> <p>2. Значення $k_r, k_\gamma, k_a, k_r^*, k_\gamma^*$ для муфти можна визначити з графіків.</p>		

3.4.4. Муфти пальцеві з пружним диском

Пальцеві муфти з пружним диском (рис. 3.24) відрізняються досить високою крутильною піддатливістю і демпфуванням, а також хорошою компенсаційною здатністю. Ці муфти не вимагають догляду в процесі експлуатації, допускають швидку заміну пружного елемента без осевого розсунення вузлів машини, що з'єднуються, мають хороші електроізоляційні властивості.

За навантажувальною здатністю пальцеві муфти з пружним диском дещо поступаються муфтам типа МУВП. Разом з тим досвід їх експлуатації показує, що ці муфти можуть успішно використовуватися для з'єднання двигуна з передавальним механізмом, тобто швидкохідним валом редуктора. В приводах потужністю до $10 \div 15 \text{ кВт}$ муфти типа МУВП працюють з великим недовантаженням за крутильним моментом, тому, що мають надмірну жорсткість відносно компенсації зсувів і водночас дуже високу для цих приводів крутильну жорсткість. Тому використання пальцевих муфт з пружним диском представляється вельми раціональним.

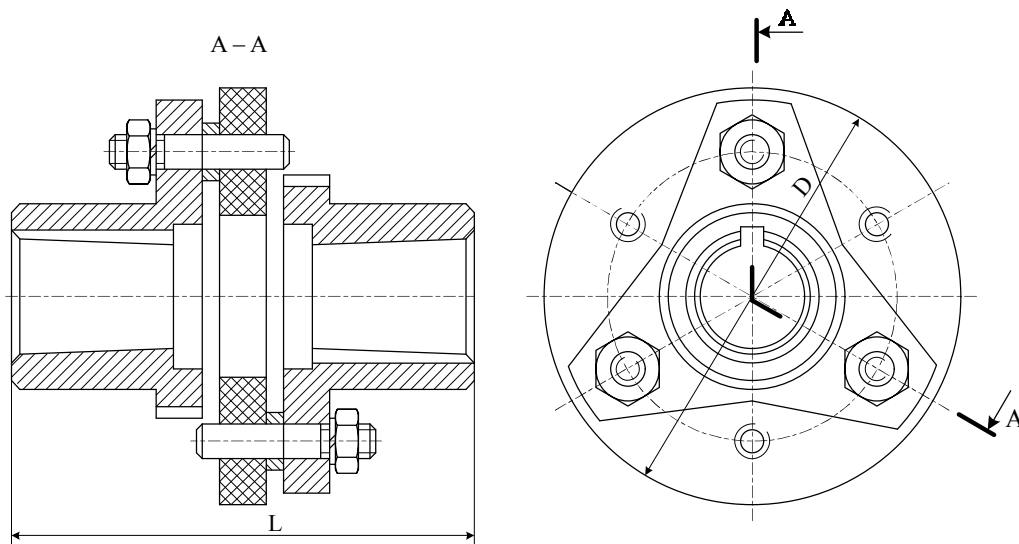


Рис.3.24. Пальцева муфта з пружним диском

Існує велика кількість різновидів конструктивного виконання цих муфт. На рис. 3.24 наведена муфта з гумовим диском без армування. Муфти такого типу прості, технологічні, але можуть застосовуватися для передачі порівняно невеликих обертаючих моментів, оскільки висока місцева концентрація зовнішнього навантаження на циліндричних поверхнях отворів викликає появу і розвиток тріщин в диску, що особливо проявляється при змінних навантаженнях. Наявність зсувів, зокрема кутових, може з'явитися причиною передчасного місцевого зносу диска і виходу його з ладу.

Для збільшення довговічності муфт, що працюють при зміщених валах, застосовується армування отворів під пальці. Досвід експлуатації показує, що муфти з армованим диском є більш працездатними в порівнянні з муфтами, у яких диски не армовані. Армування дисків може здійснюватися декількома способами. На рис. 3.25, а показано армування втулками. В отвори диска з двох боків вставляються втулки з буртами. При затягуванні болта диск стискається не більше, ніж на величину проміжка між торцями втулок. Це обмежує величину деформації гумового диска в результаті затягування гайки.

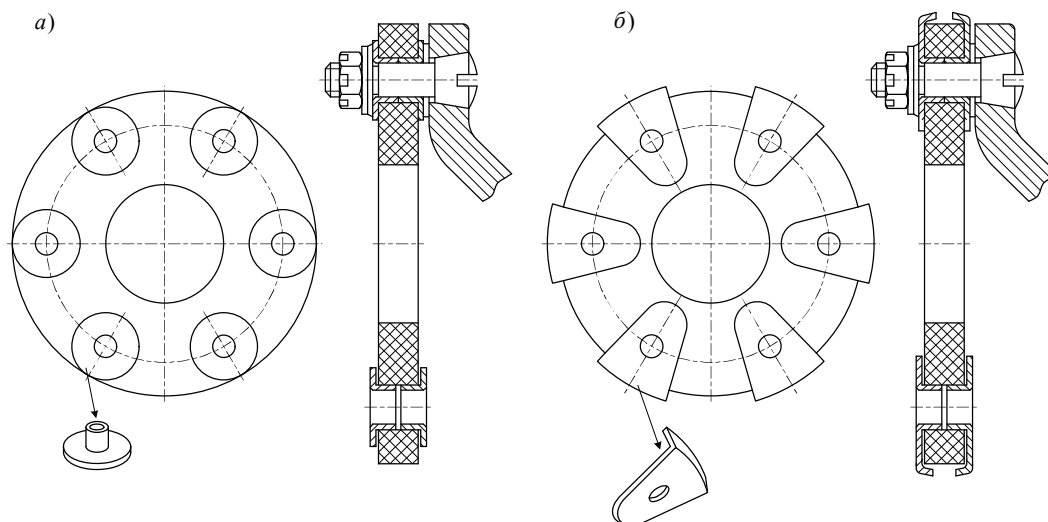


Рис.3.25. Армування диска втулками

На рис. 3.25, б показаний інший вид армування диска. Для запобігання провертання армуючої деталі (при затягуванні гайки) краї її виконані за формою зовнішнього контуру диска. Це одночасно сприяє зменшенню напружень в диску, що виникають від відцентрових сил. Плоскі поверхні армуючих деталей, прилеглих до диска, виконують з радіально розташованими ребрами, що збільшує їх жорсткість і покращує зв'язок з диском. Між втулкою і пальцем передбачається невеликий проміжок, що полегшує монтаж диска.

На рис. 3.26 приведена конструкція муфти з пружним гумовим диском за ДСТ 25021. Муфта відрізняється малою несучою здатністю при великих габаритних розмірах. Особлива форма диска і потовщення під пальцями забезпечують оптимальний розподіл напружень в диску при дії на муфту обертаючого моменту.

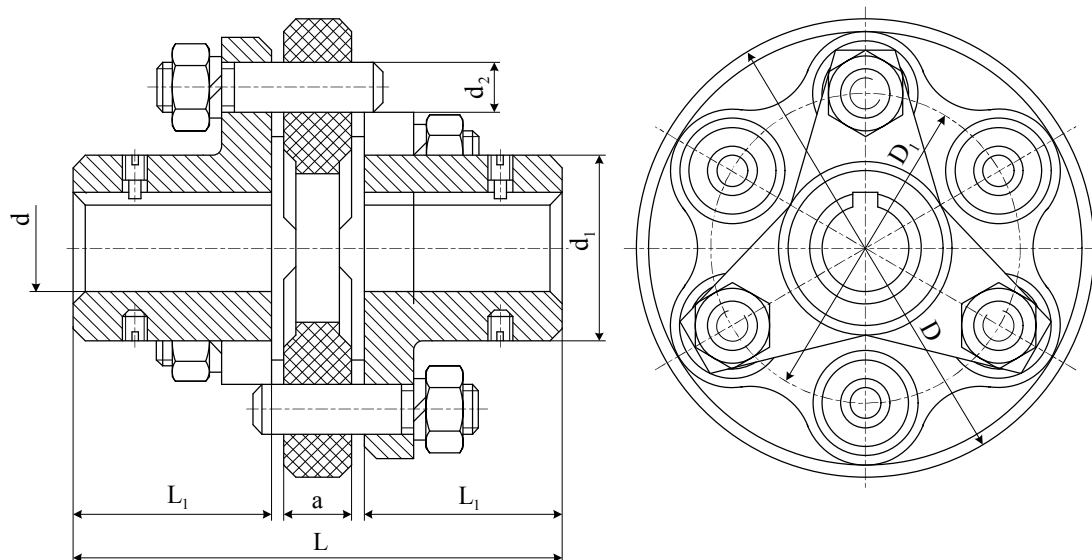


Рис.3.26. Муфта пружна з проміжним диском

Несуча здатність дисків значно збільшується у разі привулканізації армуючих деталей. З вдосконаленням способів кріплення гуми до металів такі конструкції дисків знаходять все більше застосування.

Розміри та параметри муфти наведені в Додатку 31.

На рис. 3.27 зображена муфта з гумометалевим диском. Зв'язок між гумовими 2 і металевими 1 секторами досягається вулканізацією. Вантажність таких муфт завдяки більш рівномірному розподілу напружень в гумових елементах вища, ніж у муфт неармованих.

Застосовуються і гумокордні диски, які відрізняються від чисто гумових більш високими експлуатаційними якостями.

Напівмуфти виготовляють з чавуну марки СЧ20 за ДСТ 1412, пальці із сталі марки 35 за ДСТ 1050.

Розміри та параметри муфти наведені в Додатку 32.

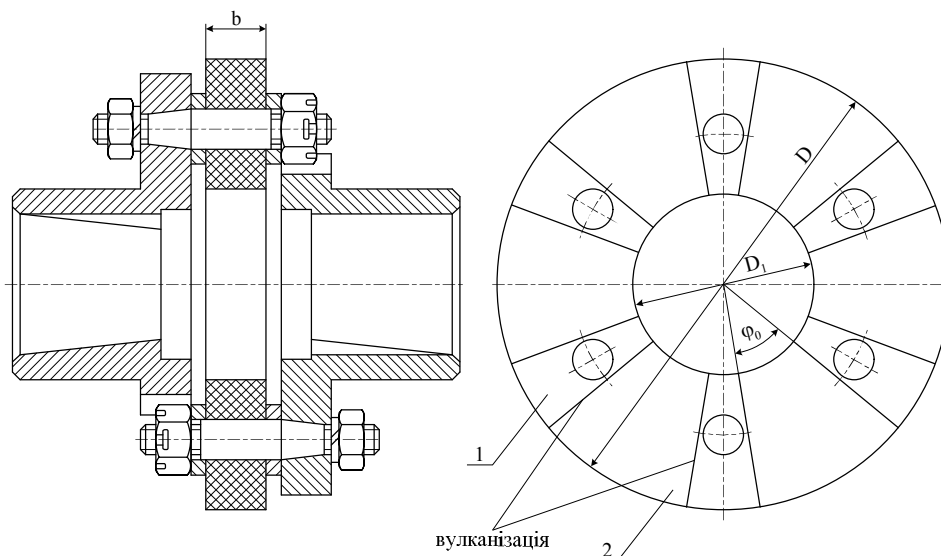


Рис.3.27. Пальцева муфта з гумометалевим диском

На рис. 3.28 і в Додатку 32 приведені конструкція та розміри муфти з привулканізованою гумовою шайбою, розробленою в МДТУ ім. М.В. Баумана. Вона складається з двох напівмуфт 1, з'єднаних гумо-металевим пружним елементом 3 за допомогою гвинтів 5. Використання центруючих кілець 2 з двома кулачками на торці кожного кільця дозволяє замінювати гумо-металеві пружні елементи без осового зсуву з'єднаних агрегатів і забезпечувати центрування пружного елемента та передачу обертаючого моменту у випадку руйнування пружного елемента муфти.

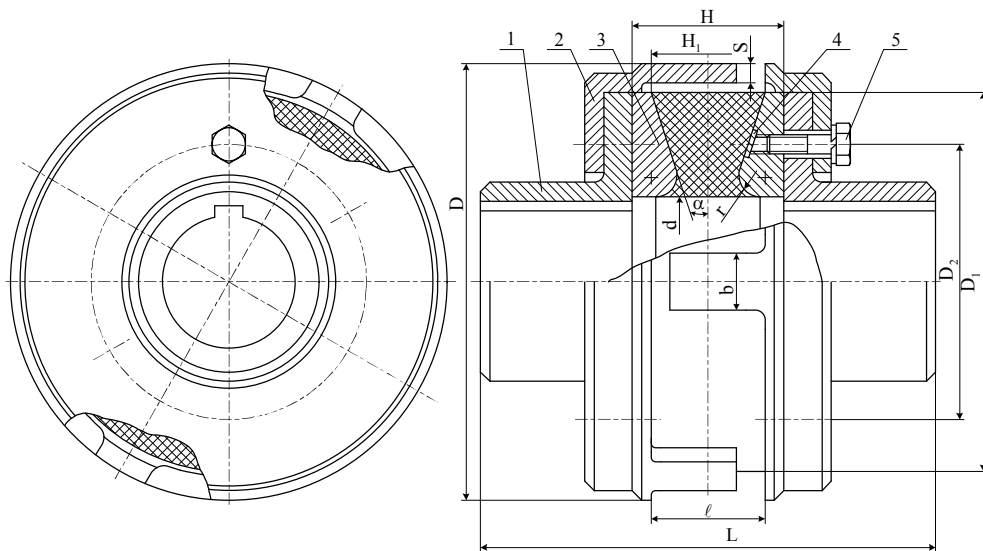


Рис.3.28. Конструкція муфти з привулканізованою гумовою шайбою

Внаслідок привулканізації гуми до металу суттєво знижуються місцеві напруження в гумі в області її кріплення. Однак міцність з'єднання гуми з металевими частинами падає з підвищенням температури і при циклічному характері навантаження. Конічна форма торців гумової шайби обумовлює рівномірний розподіл напружень в гумі при дії обертального моменту, а скруглення на внутрішній частині металевих дисків знижують місцеві напруження, викликані усадкою гуми при її вулканізації. При радіальному зсуві валів скруглення знижують дотичні напруження в 1,8 рази.

Металеві деталі виготовляють з алюмінія або чавуну для малих муфт або з середньовуглецевої сталі – для великих муфт.

3.5. Розрахунок основних типів муфт

Приклад розрахунку втулкової муфти. Сталева втулкова муфта (рис. 1.1, а), що з'єднує вал електродвигуна з валом відцентрового насоса, передає момент $T = 75 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Перевірити міцність муфти і штифтів, якщо діаметр валу $d = 30 \text{ мм}$, діаметр штифта $d_1 = 8 \text{ мм}$.

1. Із співвідношення $D \approx (1,5 \dots 1,6) \cdot d$ знаходимо зовнішній діаметр муфти D і відношення $C = \frac{d}{D}$: $D = (1,5 \dots 1,6) \cdot 30 = 45 \dots 48 \text{ мм}$.

Приймаючи $D = 48 \text{ мм}$, отримуємо $C = \frac{d}{D} = \frac{30}{48} = 0,625$.

2. Перевіряємо втулку муфти на кручення за умовою (1.2) при $[\tau_k] = 25 \text{ МПа}$. Низьке значення $[\tau_k]$ пояснюється ослабленням перерізу муфти отворами під штифти. За таблицею значень коефіцієнта режиму роботи $K_p = 1,5 \div 2$. Приймаючи $K_p = 1,75$, визначаємо розрахунковий момент:

$$T_p = K_p \cdot T = 1,75 \cdot 75 = 131 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\tau_k = \frac{131 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 48^3 (1 - 0,625^4)} = 6,98 \text{ МПа} < [\tau_k]$$

1. Штифти перевіряють на зріз при $[\tau_{зр}] = 90 \text{ МПа}$ для сталі 45 за умовою (1.4). Оскільки $F_p = \frac{2T_p}{d}$, то:

$$\tau_{зр} = \frac{F_p}{\frac{2\pi d_1^2}{4}} = \frac{4 \cdot T_p}{\pi d_1^2 \cdot d} = \frac{4 \cdot 131 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 82 \cdot 30} = 84 \text{ МПа} < [\tau_{зр}]$$

Приклад розрахунку фланцевої поперечно-роз'ємної муфти.

Фланцева муфта з'єднує кінці двох валів діаметром $d=80 \text{ мм}$ кожний. Фланці напівмуфт з'єднані шістьма болтами М16, три з яких поставлені в отвори без проміжку (діаметр стрижня болта $d_1=17 \text{ мм}$), три інші болти входять в отвори з проміжком. Матеріал болтів сталь Ст. 3 класу міцності 6 ($\sigma_T=300 \text{ МПа}$).

Перевірити на зріз болти, що поставлені без проміжку, припускаючи, що весь обертаючий момент $T=3,0 \text{ кН} \cdot \text{м}$ передається тільки цими болтами. Муфта встановлена в приводі ланцюгового транспортера, що працює при змінному навантаженні. Діаметр кола, на якому розташовані осі болтів, дорівнює $D=220 \text{ мм}$.

1. Допустиме напруження на зріз стрижня болта:

$$[\tau_{зр}] = (0,2 \div 0,3) \sigma_T$$

$$[\tau_{зр}] = 0,25 \cdot 300 = 75 \text{ МПа}$$

2. Коефіцієнт режиму роботи муфти при змінному навантаженні: $K=1,7$ (табл. 1.1)
 3. Колова сила, яка передається одним болтом (при числі болтів $z=3$), дорівнює:

$$F_t = \frac{2T_p}{zD_1} = \frac{2T \cdot K}{zD_1} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 1,7}{3 \cdot 220} = 15,454 \text{ Н}$$

4. Розрахункове напруження зрізу болта:

$$\tau_{зр} = \frac{4F_t}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 15,454}{3,14 \cdot 17^2} = 68,1 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 75 \text{ МПа},$$

тобто умова виконується.

Приклад розрахунку поздовжньо-роз'ємної муфти. Поздовжньо-роз'ємна муфта з'єднує кінці ділянок трансмісійного валу діаметром $d = 60 \text{ мм}$ і передає обертаючий момент $T = 1250 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Напівмуфти стягують вісім болтів ($z=8$). Підібрати болти, якщо діаметр кола, на якому розташовані їх осі, дорівнює $D_1=120 \text{ мм}$.

1. Сила затягування одного кріпильного болта:

$$F_3 = \frac{2T \cdot K_p}{D_1 \cdot z \cdot f},$$

де K_p – коефіцієнт режиму роботи; $K_p = 1,2$;
 f – коефіцієнт тертя (сталь по чавуну насухо); $f = 0,15$

$$F_3 = \frac{2 \cdot 1250 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{120 \cdot 8 \cdot 0,15} = 20,83 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Допустиме напруження при роботі болта на розтяг:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]},$$

де $\sigma_T = 290 \text{ МПа}$ для сталі 45 при $d \leq 130 \text{ мм}$;
 $[S]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності для затягнутих болтів.
 Приймаємо $[S] = 2$.

$$[\sigma_p] = \frac{290}{2} = 145 \text{ МПа}$$

3. Діаметр нарізаної частини болта визначаємо з умови його міцності, враховуючи деформації розтягування і кручення:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 F_3}{\pi [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,83 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 145}} = 15,42 \text{ мм}.$$

Внутрішньому діаметру $d_1 = 15,42 \text{ мм}$ відповідає болт М18 з зовнішнім діаметром різі 18 мм.

Приклад розрахунку пружної втулково-пальцевої муфти. Підібрати пружну втулково-пальцеву муфту для з'єднання вала електродвигуна з валом редуктора, що є приводом стрічкового транспортера, при $P=7,5 \text{ кВт}$, $n=1440 \text{ об/хв}$.

1. Номінальний момент, переданий муфтою:

$$T = \frac{P}{\omega},$$

де $\omega = \frac{\pi n}{30}$.

$$T = \frac{30 \cdot 7,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1440} = 49,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. Розрахунковий момент

$$T_p = k_p \cdot T,$$

де k_p – коефіцієнт режиму роботи для приводу від електродвигуна до стрічкового транспортера; $k_p = 1,25$ (табл. 1.0).

$$T_p = 1,25 \cdot 49,8 = 62,25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Вибираємо муфту за діаметром вала електродвигуна $d=38 \text{ мм}$, для якої допустимий розрахунковий момент $[T_p]=250 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Розміри вибраної муфти $D_1=105 \text{ мм}$, $l_s=28 \text{ м}$, $d_n=14 \text{ мм}$, число пальців $z=6$ (Додаток 26).

4. Перевіряємо гумові втулки на зминання поверхонь їх стикання з пальцями

$$\sigma_{зм} = \frac{2T_p}{zD_1 \ell_n d} \leq [\sigma_{зм}].$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 62,25 \cdot 10^3}{6 \cdot 105 \cdot 28 \cdot 14} = 0,504 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}],$$

де $[\sigma_{зм}]$ - допустиме напруження зминання гуми; $[\sigma_{зм}] = 2,0 \text{ МПа}$.

5. Перевіряємо сталеві пальці на згин

$$\sigma_{зг} = \frac{10T_p \ell_n}{Dz d_n^3} \leq [\sigma_{зг}].$$

де $[\sigma_{зг}] \approx 0,25\sigma_T = 0,25 \cdot 320 = 80 \text{ МПа}$

$$\sigma_{зг} = \frac{10 \cdot 62,25 \cdot 10^3 \cdot 28}{105 \cdot 6 \cdot 14^3} = 10,1 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}.$$

Контрольні запитання

1. Основні властивості пружних компенсуючих муфт?
2. Переваги та недоліки муфт з металевими пружними елементами
3. Особливості муфт із змієподібними пружинами
4. Переваги муфт з гвинтовими пружинами
5. Переваги муфт з неметалевими пружними елементами
6. Переваги і недоліки муфт із зірочкою
7. Конструктивні особливості втулково-пальцевих муфт
8. Переваги і недоліки втулково-пальцевих муфт
9. Конструктивні особливості муфт з тороподібними пружними елементами
10. Переваги і недоліки муфт з тороподібними пружинами

Розділ 4. Зчіпні керовані муфти

Зчіпні муфти дозволяють з'єднувати і роз'єднувати вали, що обертаються або нерухомі, за допомогою спеціальних механізмів управління. Зчіпні механічні муфти поділяють на муфти з профільним замиканням (кулачкові і зубчасті) і на фрикційні муфти. Ці муфти широко використовують при частих пусках і зупинках, при необхідності зміни режиму роботи з мінімальною витратою часу, наприклад, в автомобілях, пресах, верстатах, на прокатних станах, тепловозах.

4.1. Кулачкові зчіпні муфти

Для передачі значних моментів при нечастих вмиканнях і необов'язковій плавності з'єднання застосовують кулачкові або зубчасті муфти. Вони мають значно менші габаритні розміри і масу, чим фрикційні муфти, проте для їх роботи потрібна висока точність установки валів, що з'єднуються.

4.1.1. Конструкції кулачкових муфт

Муфта (рис. 4.1, Додаток 33) складається з двох напівмуфт 1, 2 з торцевими кулачками 3. При вмиканні кулачки однієї напівмуфти входять в западини іншої, створюючи жорстке зачеплення.

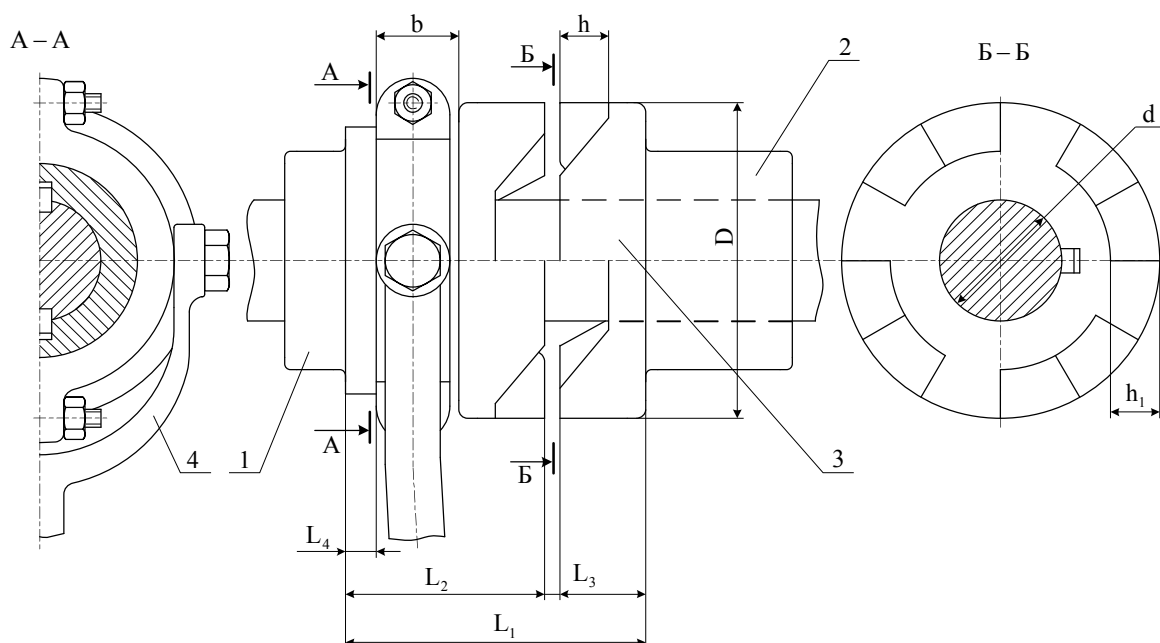


Рис.4.1. Кулачкова зчіпна муфта

Вмикання і вимикання муфти здійснюють осьовим переміщенням однієї з напівмуфт уздовж вала за допомогою перемикаючого сухаря або вилки 4. Кулачкові муфти вмикають в нерухомому стані або при малій рі-

зниці кутових швидкостей валів. Відносна колова швидкість напівмуфт на середньому діаметрі кулачків при вмиканні досягає 1 м/с. Рухому напівмуфту рекомендують розташовувати на веденому валу, що зменшує зношування деталей управління муфтою.

На рис. 4.2 наведена конструкція кулачкової муфти з прямокутною формою кулачків. У Додатку 34 даються основні розміри і параметри цих муфт.

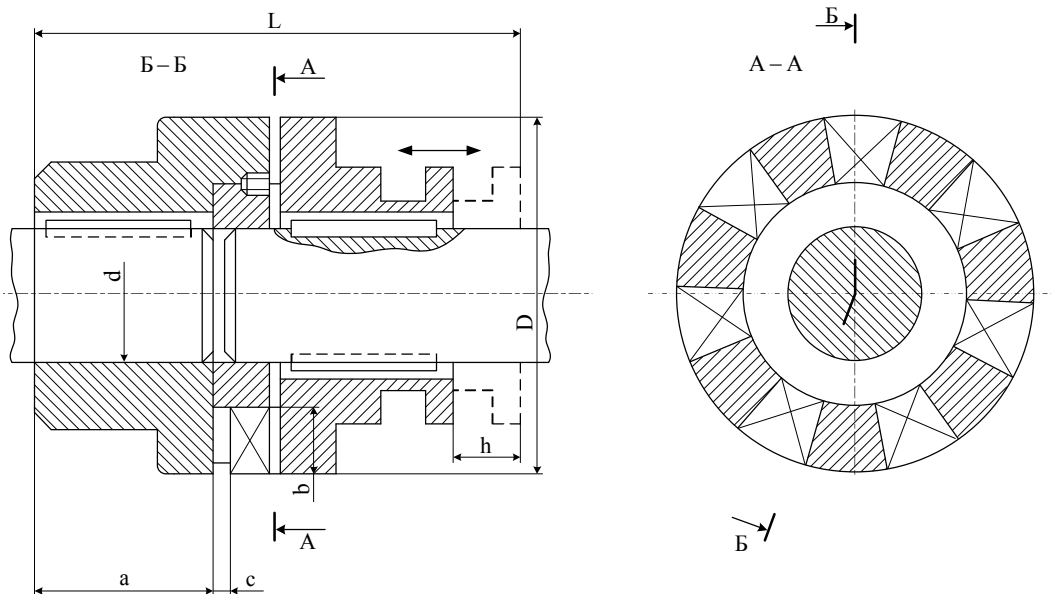


Рис.4.2. Зчіпна керована муфта з прямокутною формою кулачків

Основні профілі кулачків. Застосовують наступні основні профілі кулачків (рис. 4.3). *Трикутний* профіль (мишачий зуб, рис. 4.3, а); основна перевага трикутного профілю - легкість і швидкість вмикання, обумовлені великим числом кулачків (зазвичай $z=15-60$). Кут профілю $\alpha=30-45^\circ$. Трикутний профіль застосовується в муфтах, що передають невеликі обертаючі моменти.

Трапецеїдальний профіль (рис. 4.3, б) застосовують в муфтах, що передають великі обертаючі моменти при великих частотах обертання валів. Кут профілю до осі $\alpha=3-5^\circ$, число кулачків від 3 до 15. Муфти з трапецеїдальними і трикутними профілями кулачків потребують невеликого осьового підтискання і після вмикання (якщо $\alpha > \rho$, де ρ - кут тертя), оскільки в них виникають осьові сили, що розсовують напівмуфти.

Прямокутний профіль (рис. 4.3, в) застосовують в муфтах важко-навантажених машин. Цей профіль забезпечує зчеплення валів із проміжком, тому погано працює при реверсивному навантаженні, важче вмикається, ніж попередні профілі, але не вимагає постійної осьової сили притиснення і має правильний контакт зубців за поверхнею при неповному вмиканні муфти.

Несиметричні трикутні і трапецеїдальні профілі (рис. 4.3, г, д) застосовують в муфтах для з'єднання валів з постійним напрямком обе-

ртання. Для полегшення вмикання муфти застосовують підрізання головки кулачків (рис. 4.3, е).

Профілі кулачків в поздовжньому перерізі показані на рис. 4.3, ж, з, і. Трикутний профіль має висоту (рис. 4.3, з), що зменшується до осі муфти, оскільки крок пропорційний радіусу, а профілі у всіх перерізах подібні. Прямокутний профіль виконують постійним за висотою. Кулачки з трапецеїдальним профілем виготовляють або постійним за висотою, або таким, що зменшується до центру, що дозволяє обробляти обидві робочі грані западини за один прохід інструменту. Напівмуфти при цьому виготовляють з плоскими торцями (рис. 4.3, і), що зменшує знос торців при вмиканні, оскільки кулачки входять в зачеплення водночас по всій ширині, а не кутами, проте в робочому стані кулачки контактують не по всій висоті.

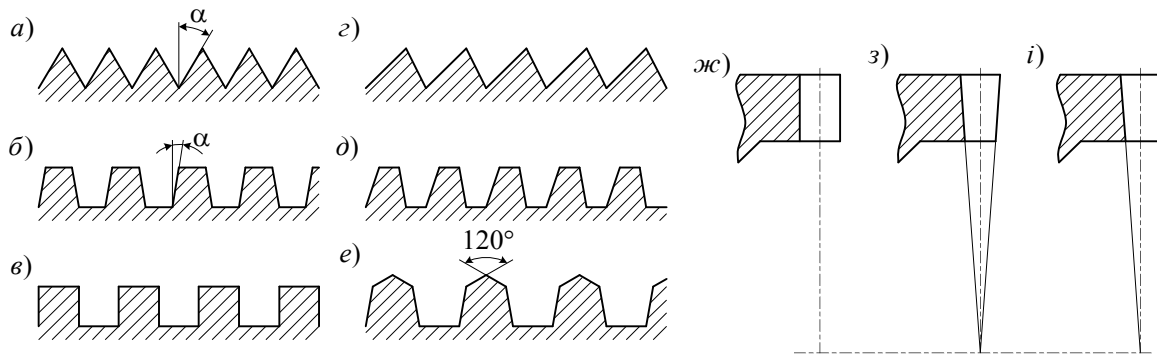


Рис.4.3. Профілі кулачків

Число кулачків вибирають залежно від обертаючого моменту, що передається. Для муфт з постійною висотою кулачків, симетричним профілем і плоскими робочими поверхнями число кулачків краще вибирати непарним, що дозволяє за один прохід обробляти дві робочі грані протилежно розташованих виступів.

Робочі поверхні кулачків в більшості випадків виконують плоскими, що забезпечує правильний контакт по поверхні при повністю увімкнутій муфті (для муфт з трапецеїдальним і трикутним профілем). При неповністю увімкнутій муфті має місце контакт кромки, оскільки напівмуфти не повертаються одна щодо іншої. Тому у відповідальних муфтах, що вмикаються під великим навантаженням, застосовують складні у виготовленні гвинтові робочі поверхні. Для нарізування кулачків методом обгинання на зуборізальних верстатах доцільно застосовувати кулачки, окреслені дугою.

4.1.2. Матеріали для виготовлення кулачкових муфт

Матеріал кулачкових муфт повинен забезпечувати високу твердість робочих поверхонь кулачків і посадочної поверхні рухомої напівмуфти. Для напівмуфт використовують сталі типу 20Х, 12ХН3А з цементацією і

гартом до твердості 54-60 HRC. Муфти крупних розмірів виготовляють із сталі 45 або 45Л, а у відповідальних конструкціях при частих вмиканнях і вимиканнях - із сталі 40Х, 40ХН, 35ХГСА тощо. Робочі поверхні кулачків гартують до твердості 40-45 HRC.

Допустиме контактне напруження $[p]$ (МПа) для твердих робочих поверхонь кулачків приймається: 90-120 - для муфт, що вмикаються в стані спокою, 35-70 - для муфт, що вмикаються на ходу. Більші значення приймають для муфт з малим числом кулачків, менші - для муфт з великим числом кулачків.

4.1.3. Розрахунок кулачкових муфт

Критеріями працездатності кулачкових муфт є міцність кулачків за зминанням робочих поверхонь і за згином. Кулачки зношуються при неспіввісних валах і при вмиканні муфти, що обертається.

Контактне напруження підраховують в припущенні рівномірної роботи всіх кулачків

$$p = \frac{2T_{розр}}{d_{сер} z A} \leq [p], \quad (4.1)$$

де $T_{розр}$ - розрахунковий обертаючий момент;

$d_{сер}$ - середній діаметр муфти (по кулачках);

A - площа проекції опорної поверхні кулачка на діаметральну площину;

z - число кулачків.

Номінальне напруження згину у основи кулачків в припущенні, що сила прикладена до верхівки кулачків,

$$\sigma_{зг} = \frac{2T_{розр} h k}{d_{сер} z W} \leq \frac{\sigma_T}{n}, \quad (4.2)$$

де h - висота кулачків;

k - коефіцієнт нерівномірності навантаження кулачків, що дорівнює 2-5 (менші значення - при більшій точності виготовлення і малому числі кулачків і навпаки);

W - осьовий момент опору перерізу основи кулачка згину;

n - коефіцієнт безпеки, $n > 1,5$.

Розрахунковий момент

$$T_{розр} = 1,3T,$$

де T - максимальний обертаючий момент, що передається муфтою при сталому русі. У відповідальних випадках проводиться уточнений розрахунок за динамічним моментом, який дорівнює $T_{розр}$.

Сила, необхідна для вмикання (вимикання) муфти під навантаженням після зіткнення головок кулачків,

$$F = \frac{2T_{\text{позп}}}{d_{\text{цеп}}} \left[f' \frac{d_{\text{цеп}}}{d} \pm \text{tg}(\alpha + \rho) \right], \quad (4.3)$$

де f' – зведений коефіцієнт тертя муфти по валу;
 d – діаметр валу;
 α – кут нахилу робочої поверхні кулачка;
 ρ – кут тертя на контактних поверхнях кулачків.
 У формулі знак „+” відноситься до ввікнення.
 Довільне вмикання можливе за умови

$$\text{tg}\alpha > f' \left(1 + \frac{d_{\text{цеп}}}{d} \right). \quad (4.4)$$

4.2. Зубчасті муфти

На рис. 4.4 і в Додатку 35 представлена зубчаста муфта зчеплення (ОСТ 90-0991), що складається з двох напівмуфт, одна з яких є зубчастим колесом з внутрішніми зубцями, а друга - із зовнішніми зубцями однакового модуля. Муфта вмикається осьовим переміщенням однієї з напівмуфт. Початковий контур евольвентних зубців вибирається за ДСТ 13755. Параметри зачеплення відповідають степеню точності 8А за ДСТ 1643.

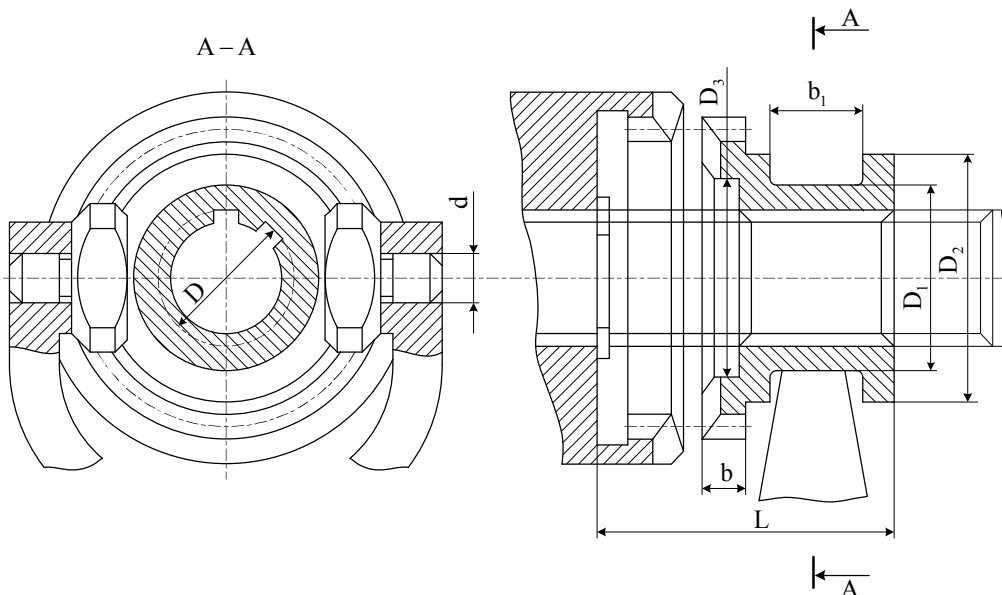


Рис.4.4. Зчїпна зубчаста одностороння муфта за ОСТ 90-0991

Для полегшення вмикання і підвищення ресурсу муфти торці зубців заокруглюють. Напівмуфти виготовляють із сталі 40Х (ДСТ 4543) з гартом СВЧ до 48-54 HRC або із сталі 20Х з цементацією і гартом до твердості 56-62 HRC. При необхідності частого вмикання зубчастих і кулачкових муфт (наприклад, в автомобілях) для зменшення ударів і шуму перед вмиканням основних (зубчастих, кулачкових) муфт застосовують синхро-

нізатори, які є конусними фрикційними муфтами, з'єднуючими вали, котрі обертаються з різними швидкостями.

Одним з недоліків кулачкових і зубчастих муфт є довільне вимикання, яке може виникати в муфтах після деякого зношування робочих поверхонь кулачків (зубців). Тому в кулачкових муфтах застосовують «самоблокуючі» профілі (профілі з від'ємним кутом нахилу), а в зубчастих муфтах застосовують замок-сходінку або стоншування середньої частини зубців.

4.3. Фрикційні муфти

Фрикційні муфти передають обертаючий момент за рахунок сил тертя на робочих поверхнях. Вмикання муфти проводять плавним притисненням робочих поверхонь деталей муфти, що з'єднуються, а вимикання - їх роз'єднанням. Змінюючи сили стиснення поверхонь, можна регулювати сили тертя і момент, що передається. Фрикційні муфти можна також використовувати як запобіжні.

В період вмикання фрикційної муфти в ній має місце ковзання фрикційних поверхонь. Після вмикання ковзання відсутнє, проте при пікових навантаженнях можливе прослизання. Тому фрикційні муфти обмежують пікові перевантаження, проте вони непридатні у випадках, коли потрібний збіг кутових швидкостей валів, що з'єднуються.

4.3.1. Конструкції фрикційних муфт

Фрикційні муфти за формою контактуючих поверхонь, які труться, ділять на *дискові*, у яких робочими поверхнями є плоскі поверхні дисків: з однією парою поверхонь, що труться (рис. 4.5, а); з декількома парами (рис. 4.5, б); *конусні*, у яких робочі поверхні мають конічну форму (рис. 4.6); *циліндричні*, у яких робочі поверхні мають циліндричну форму (рис. 4.7, а-в).

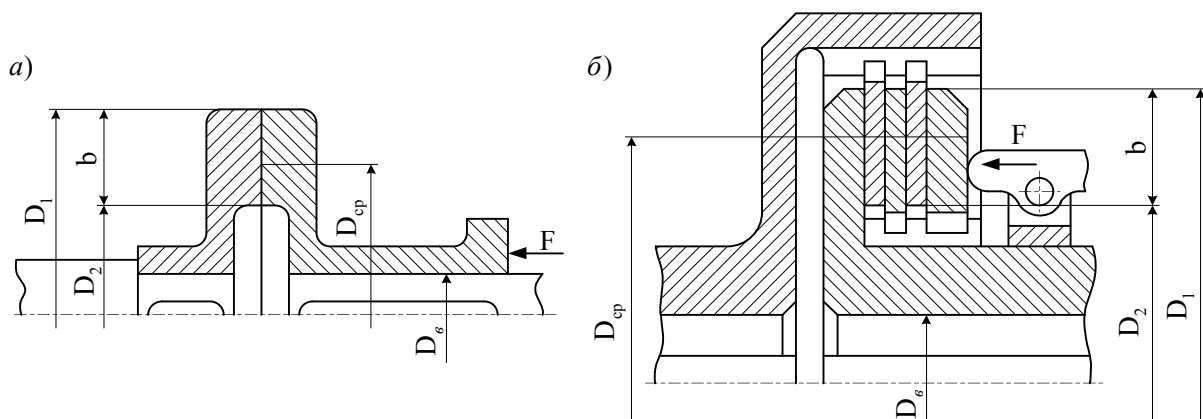


Рис.4.5. Схеми муфт з плоскими поверхнями тертя

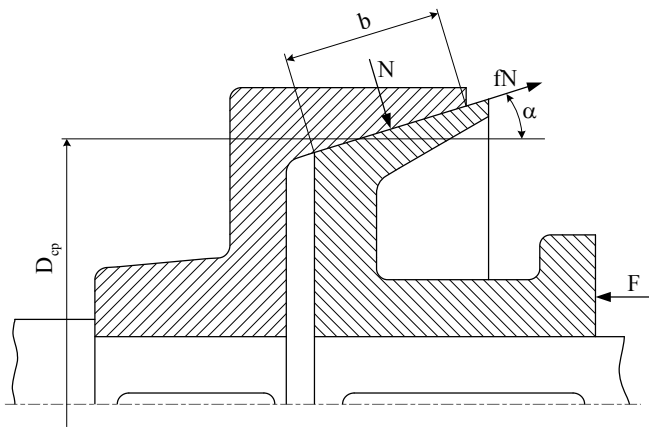


Рис.4.6. Схема муфти з конічними поверхнями тертя

У колодковій муфті (рис. 4.7, б) момент створюється притисненням колодок до барабана пружинами; при вимиканні пружини відводять колодки від барабана. У кільцевих муфтах з розтискними кільцями (рис. 4.7, в) муфта вмикання 1 через важелі 2 і 6 розтискає розрізне кільце 4, притискуючи його силою F до ведучої напівмуфти 5, завдяки чому створюється необхідний момент тертя між ведучою 3 і веденою 5 напівмуфтами.

Розрізняють наступні способи управління фрикційними муфтами: механічний, гідравлічний, пневматичний і електромагнітний.

Найбільше розповсюдження мають дискові фрикційні муфти, що забезпечують передачу великих обертаючих моментів в багатодискових муфтах. Останнім часом з'явилися комбіновані дисково-кулачкові муфти, в яких після плавного з'єднання валів, які обертаються, в результаті стиснення фрикційних дисків в зачеплення входять кулачки, і подальша передача моменту здійснюється зачепленням кулачків. Розрізняють муфти сухі і муфти, що працюють з мастилом. Мастило зменшує зношування робочих поверхонь муфт і забезпечує стабільність коефіцієнта тертя.

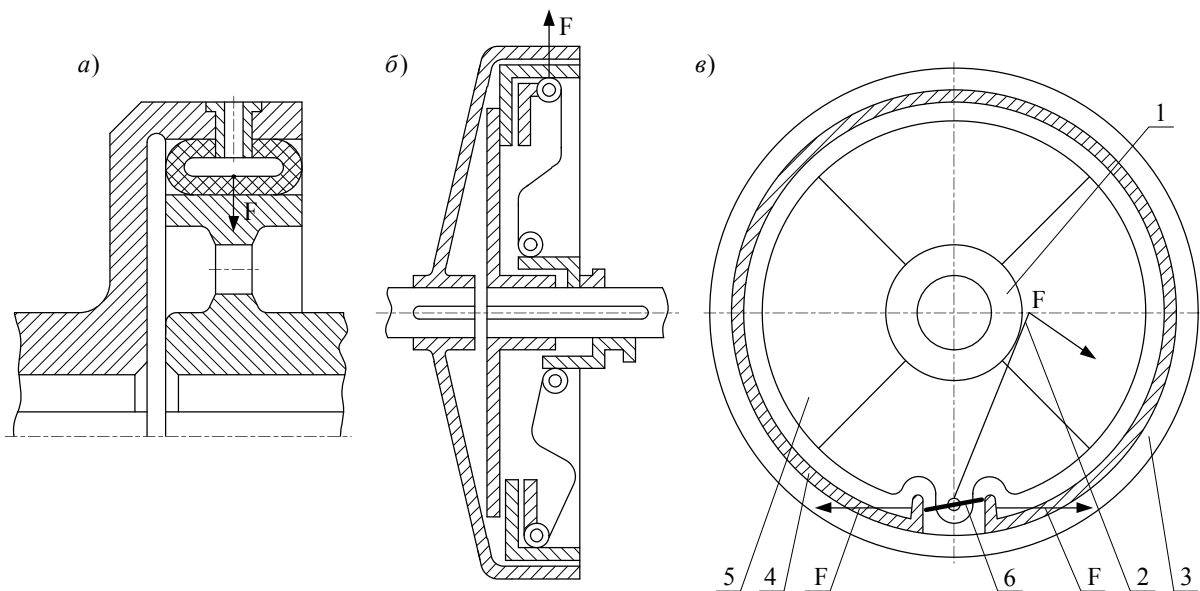


Рис.4.7. Схеми муфт з циліндричними поверхнями тертя

4.3.2. Матеріали для виготовлення фрикційних муфт

До матеріалів муфт висувають наступні вимоги:

- постійність коефіцієнта тертя при зміні швидкості ковзання, тиску і температури на робочих поверхнях;
- висока зносостійкість;
- теплостійкість, що характеризується здатністю тривало витримувати підвищення температури без руйнування із збереженням інших корисних властивостей;
- висока теплопровідність для відведення теплоти від поверхонь, що труться;
- здатність до хорошого прироблення;
- хороша оброблюваність і мала вартість;
- нечутливість до хімічної дії змащувальних мастил.

Для муфт, що працюють в маслі, використовують загартовану сталь по металокераміці, загартовану сталь по сталі, бронзу по сталі або чавуну. Для пари тертя загартована сталь по загартованій сталі допускають великий тиск на робочих поверхнях.

Особливу увагу слід приділяти питанню відхилення від паралельності торців дисків, оскільки при непаралельних торцях тиск і сили тертя локалізуються на частині поверхні диска. Це приводить до інтенсивного зношування дисків і появи додаткових навантажень на диск. Тому, як правило, проводиться шліфування торців дисків для муфт, що працюють при великих швидкостях ковзання. Для невідповідальних випадків допустимо застосовувати нешліфовані диски.

Чавуни при достатньо високому коефіцієнті тертя мають малу схильність до заїдання поверхонь, що труться. В муфтах з малими навантаженнями застосовують чавунні диски без мастила з твердістю HB не меншою за 210. Фрикційні диски з металокерамічним покриттям вигідно відрізняються від сталевих і чавунних дисків можливістю отримання великих сил тертя, хорошим опором зношуванню, високою теплопровідністю фрикційного шару тощо. Ці властивості досягаються підбором відповідних легувальних домішок у композит.

Металокерамічний шар наноситься на торці металевого диска з подальшим ущільненням і спіканням в прес-формі, в якій дотримується строга паралельність торців. Таким чином, відпадає необхідність шліфування торців дисків, що суттєво здешевлює виготовлення дисків при високих експлуатаційних показниках. Для дисків великих діаметрів (1200 мм і більше) виготовляють сталеві сектори з напресованим металокерамічним шаром. Ці сектори кріплять до сталевого диска. Зазвичай застосовують металокераміку марки ФМК-11 з коефіцієнтом тертя до 0,6 при температурі 200°C, до 0,2 при 800°C; металопластику МПК, що є залізним пористим каркасом, просоченим фенолоформальдегідною смолою. МПК відрізняє стабільний коефіцієнт тертя в широкому діапазоні температур (до 800°C) від 0,4 до 0,35. Фрикційні накладки або приклеюють до металу, або приклепують. Перший спосіб з'єднання більш бажаний.

У муфтах (без змащення) основне застосування мають пари сталь або чавун по накладках з фрикційного матеріалу на азбестовій основі, які виготовляють або з композиту азбестових волокон і металевого дроту, спресованого при високій температурі, або з вальцьованої стрічки у вигляді окремих сегментів, (а не у вигляді суцільної смуги), що покращує тепловідведення, видалення продуктів, зношування і зменшує знос в 1,5-2 рази.

Для роботи в тяжких умовах застосовують ретинакс, що має великий за величиною і стійкий коефіцієнт тертя. Виготовляють дві модифікації ретинакса (ДСТ 10851): ФК-24А і ФК-16Л. У останню додатково вводиться латунний дріт, що підвищує теплопровідність і зносостійкість при великому тиску. Ретинакс застосовують при температурі поверхонь тертя до 1000°C.

У Додатку 36 надані наближені значення допустимого тиску, коефіцієнта тертя і температури фрикційних пар. У Додатку 37 наведені основні характеристики деяких пар тертя і типові приклади їх використання (за даними фірми «Боленц і Шефер», ФРН).

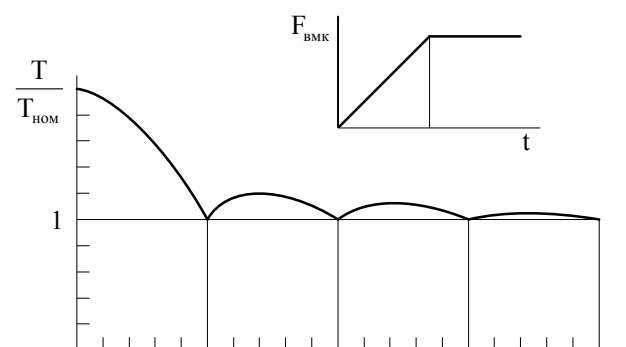
У Додатку 38 приведені основні розміри і параметри фрикційної муфти.

4.3.3. Процес вмикання і вимикання фрикційних муфт

Передача обертаючого моменту у фрикційній муфті (рис. 4.5-4.7) відбувається за рахунок сил тертя на робочих поверхнях при їх притисненні. При вмиканні (вимиканні) муфти має значення характер зміни сили, що стискає поверхні, які труться. Сила або плавно змінюється від нуля до найбільшого значення, або миттєво досягає деякого постійного значення.

Якщо час наростання сили стиснення поверхонь тертя (час вмикання муфти) суттєво більший за період власних коливань системи, то коливання в машинному агрегаті, викликані вмиканням муфти, незначні. При ударному вмиканні муфти обертаючий момент в приводі може досягти великих значень.

Динамічні моменти в приводі і сили вмикання $F_{вмк}$ фрикційних муфт змінюються за законами, показаними на рис. 4.8, де t - час наростання моменту тертя в муфті; t_1 - період власних коливань системи; T - максимальний динамічний момент; $T_{ном}$ - номінальний обертаючий момент.



При вмиканні муфти сила притиснення контактних поверхонь і момент сил тертя між ними зростають від нуля до деякого максимуму. Коли момент сил тертя стане більшим за момент сил

Рис.4.8. Динамічні моменти в приводі і сила вмикання фрикційних муфт

опору, прикладеного до веденого валу, останній почне обертатися з деяким прискоренням до тих пір, поки швидкості обох частин приводу не зрівняються. До встановлення загальної швидкості має місце взаємне ковзання контактних поверхонь. При цьому робота тертя перетвориться в теплоту і відбувається нагрівання робочих елементів муфти.

З достатньою для практики точністю приймають, що зусилля притиснення контактних поверхонь і момент тертя в муфті пропорційні часу, що відлічується від початку вмикання. Це рівнозначно припущенню про постійність коефіцієнта тертя на поверхнях, що труться, і постійності швидкості вмикання муфти. При цьому допущенні залежність між моментом сил тертя і часом зобразиться ламаною $OABC$ (рис. 4.9).

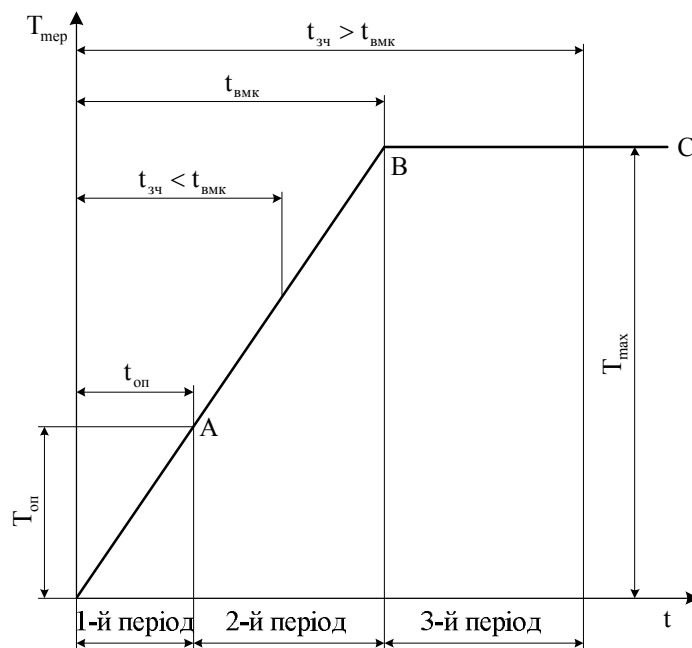


Рис.4.9. Залежність моменту $T_{мер}$ від часу в процесі вмикання муфти

На графіку позначені: T_{max} - найбільший момент тертя в муфті, $H \cdot m$; $T_{оп}$ - момент сил опору, $H \cdot m$; $T_{мер}$ - поточна величина моменту тертя, $H \cdot m$; t - поточна величина часу (с), що відлічується від початку вмикання муфти; $t_{вМК}$ - час повного вмикання муфти, с; $t_{оп}$ - час (с), при якому момент тертя досягає значення $T_{оп}$; $t_{зчп}$ - час зчеплення муфти, с (тобто час, за який кутова швидкість веденого валу досягне швидкості ведучого). В процесі вмикання муфти розрізняють три періоди: у першому періоді $0 < t < t_{оп}$, $0 < T_{мер} < T_{оп}$; у другому періоді $t_{оп} < t < t_{вМК}$, $T_{оп} < T_{мер} < T_{max}$; у третьому періоді $t > t_{вМК}$, $T_{мер} = T_{max} = const$.

З достатньою для практики точністю приймають, що сила стиснення контактних поверхонь і момент тертя в муфті пропорційні часу, що відлічується від початку вмикання, тоді

$$T_{мер} = kt \quad k = \frac{T_{max}}{t_{вМК}}$$

У випадку, якщо кутова швидкість ω_0 ведучого валу і момент опору T_{on} в процесі зчеплення муфти залишаються постійними, то робота тертя ($H \cdot M$), здійснена моментом тертя $T_{мер}$ за час $t_{зч}$ на шляху ковзання і повністю перетворена в теплову енергію, визначається за формулою:

$$A_{TEP} = \frac{J\omega_0^2}{2} + \frac{2}{3}T_{on}\omega_0\sqrt{\frac{2J\omega_0}{k} + \frac{T_{on}^2\omega_0}{2k}}, \quad (4.5)$$

або

$$A_{TEP} = \frac{k\omega_0 t_{\text{вмк}}^2}{2} + T_{max}\omega_0 t_{\text{дооб}} - \frac{T_{on}}{2J} \left[k(t_{\text{вмк}} - t_{on})^3 + (T_{max} - T_{on})t_{\text{дооб}}^2 + k(t_{\text{вмк}} - t_{on})^2 t_{\text{дооб}} \right] - \frac{J\omega_0^2}{2}, \quad (4.6)$$

де

$$t_{on} = \frac{T_{on}}{k} = \frac{T_{on}t_{\text{вмк}}}{T_{max}}, \quad (4.7)$$

$$t_{\text{дооб}} = \frac{2J\omega_0 - k(t_{\text{вмк}} - t_{on})^2}{2(T_{max} - T_{on})}, \quad (4.8)$$

де J - момент інерції ведених частин машини, зведених до муфти, кгм^2 ;

ω_0 - кутова швидкість ведучого валу, рад/с ;

k - коефіцієнт пропорційності між часом і обертаючим моментом.

Формула (4.5) відноситься до випадку, коли час $t_{зч}$ менший або дорівнює часу $t_{\text{вмк}}$ (рис. 4.9), формула (4.6) відповідає випадку, коли $t_{зч} > t_{\text{вмк}}$. У першому випадку час зчеплення визначається за формулою:

$$t_{зч} = \frac{T}{k} + \sqrt{\frac{2J\omega_0}{k}}, \quad (4.9)$$

а у другому – за формулою:

$$t_{зч} = \frac{t_{\text{вмк}}}{2} \left(1 + \frac{T_{on}}{T_{max}} \right) + \frac{J\omega_0}{T_{max} - T_{on}}. \quad (4.10)$$

Для визначення часу зчеплення спочатку розраховують його за формулою (4.6). Якщо отримана величина менше або дорівнює $t_{\text{вмк}}$, то її слід прийняти за дійсне значення $t_{зч}$, а величину $A_{мер}$ в цьому випадку знаходять за формулою (4.5). При цьому сприятливі умови вмикання муфти забезпечуються при дотриманні умови:

$$t_{\text{вмк}} \geq \frac{2J\omega_0 T_{max}}{(T_{max} - T_0)^2} \quad (4.11)$$

При цьому повне зчеплення відбувається у другому періоді ($t_{зч} < t_{\text{вмк}}$), завдяки чому момент тертя $T_{мер}$ у кінці зчеплення і навантаження на вали менші за T_{max} (рис. 4.9). Однак виконання умови (4.11) не завжди можливе, тому приходиться відступати у той чи інший бік від роз-

рахункового значення $t_{\text{вмк}}$, наприклад, через те, що зумовлені ним робота тертя $A_{\text{мер}}$ і кількість тепла, яке утворюється під час роботи муфти, занадто великі.

У деяких випадках припущення, які робились під час виведення формул (4.5) – (4.11), лише приблизно описують умови реального процесу зчеплення.

Процес вимикання муфти. При вимиканні муфти тиск на контактних поверхнях деталей муфти, що зчеплюються, і момент тертя падають до нуля. Якщо прийняти лінійну залежність між моментом $T_{\text{мер}}$ і часом, а величини $T_{\text{оп}}$ і ω_0 в процесі розчеплення вважати постійними, то величина $T_{\text{мер}}$ визначиться з наступного виразу:

$$T_{\text{мер}} = T_{\text{max}} - k_1 t_1, \quad (4.12)$$

де

$$k_1 = \frac{T_{\text{max}}}{t_{\text{вмк}}}$$

Залежність між моментом тертя муфти і часом зобразиться прямою ABC (рис. 4.10). На графіку позначені: $t_{\text{оп}}$ - час (с), при якому момент $T_{\text{мер}}$ досягає значення $T_{\text{оп}}$

$$t_{\text{оп}} = \frac{(T_{\text{max}} - T_{\text{оп}})t_{\text{вмк}}}{T_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

де $t_{\text{вмк}}$ - час повного вимкнення муфти (с), тобто час, за який момент $T_{\text{мер}}$ змінюється від T_{max} до нуля;

t_2 - час гальмування веденого валу (с), що відраховується від початку вимкнення муфти,

$$t_2 = t_{\text{вмк}} - t_{\text{оп}} = \frac{T_{\text{оп}} t_{\text{вмк}}}{T_{\text{max}}}. \quad (4.14)$$

В процесі вимикання муфти і гальмування веденого валу слід розрізняти три періоди (рис. 4.10).

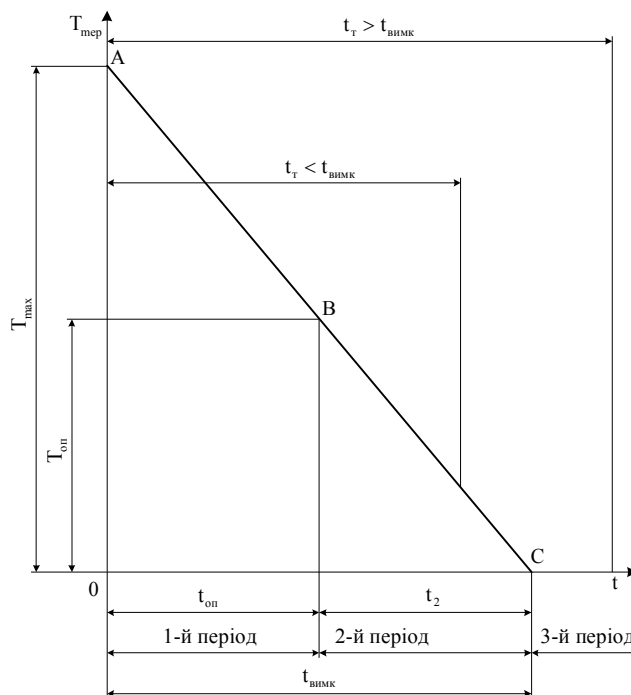


Рис.4.10. Залежність моменту $T_{мер}$ від часу в процесі вимикання муфти

У першому періоді $T_{мер} > T_{оп}$ і обидва вали обертаються з однаковою кутовою швидкістю ω_0 . У другому періоді $T_{мер} < T_{оп}$ і швидкість веденого валу починає відставати від швидкості ведучого. При цьому відбувається взаємне прослизання елементів муфти, що зчеплюються, робота тертя перетворюється в теплоту і відбувається нагрівання муфти. Залежно від значень величин J , $T_{оп}$ і ω_0 повне гальмування (зупинка) веденого валу можливе як в другому, так і в третьому періоді. В кінці другого періоду тиск на робочі елементи і момент тертя $T_{мер}$ дорівнює нулю; третій період - час повного вимикання муфти.

При зроблених допущеннях мають місце наступні залежності:

1. Якщо час гальмування менший за час вимикання муфти, то робота гальмування дорівнює:

$$A_{мер1} = \omega_0 \left(\frac{T_{оп}}{3} \sqrt{\frac{2J\omega_0}{k_1} - \frac{J\omega_0}{2}} \right) \quad (4.15)$$

2. Якщо час гальмування дорівнює часу вимикання муфти, то

$$A_{мер1} = \frac{T_{оп}^4 t_{вимк}}{24JT_{max}^2}. \quad (4.16)$$

У третьому періоді робота тертя дорівнює нулю, оскільки $T_{мер}$ дорівнює нулю. Тоді робота, що виражається формулою (4.15), є найбільшою можливою роботою тертя при вимиканні муфти. Час гальмування муфти визначається за однією з формул:

$$t_{гальм} = t_{оп} + \left(\frac{2J\omega_0}{k_1} \right)^{1/2} = \frac{(T_{max} - T_{оп})t_{вимк}}{T_{max}} + \left(\frac{2J\omega_0}{k_1} \right)^{1/2} \quad (4.17)$$

$$t_{зальм} = \frac{J\omega_0}{T_{он}} + t_{вумк} \left(1 - \frac{T_{он}}{2T_{max}} \right) \quad (4.18)$$

Якщо час, розрахований за формулою (4.17), стане меншим за $t_{вумк}$ або дорівнює йому, то його слід прийняти за дійсну величину $t_{мер}$, а роботу тертя $A_{мер}$ розрахувати за формулами (4.15) або (4.16). Якщо ж отриманий час стане більшим за $t_{вумк}$, то його слід перерахувати за формулою (4.18), а роботу $A_{мер}$ розрахувати за формулою (4.16).

Розрахунок фрикційних муфт. Якщо найбільший момент тертя $T_{мерmax}$, що розвивається муфтою, менший за момент сил опору T_0 веденої частини, то зчеплення не відбудеться і муфта буксуватиме, тому необхідною умовою працездатності муфти є нерівність $T_{мерmax} > T_0$.

Дискові муфти. Розраховують їх за моментом:

$$T_{розр} > \beta T_0 \quad (4.19)$$

де $T_{розр}$ - розрахунковий момент;

$T_{оп}$ - момент опору;

β - коефіцієнт запасу зчеплення, який залежить від виду машини, у якій встановлена муфта; значення β надані нижче:

Для металорізальних верстатів	1,3-1,5
» автомобілів	1,2-1,5 (до 2)
» сільськогосподарських тракторів	2,0-3,5
» транспортних тракторів	1,5-2,0
» поршневих насосів (багатоциліндрових), вентиляторів, пресів	1,3
Для компресорів, великих вентиляторів, поршневих насосів (циліндрових), деревообробних верстатів	1,7
Для механізмів підйомно-транспортних машин:	
муфт, що вмикаються під навантаженням;	1,35-1,50
муфт, що вмикаються без навантаження	1,25-1,35

Момент тертя, що передається муфтою (рис. 4.5):

$$T_{мер} = 0,5\pi zfbD_{сер}[p], \quad (4.20)$$

де z - число пар поверхонь тертя;

b - робоча ширина дисків;

$D_{сер}$ - середній діаметр робочої поверхні дисків; $D_{сер} = \frac{D_1 + D_2}{2}$.

Зазвичай приймають $\frac{D_2}{D_1} = 0,5 - 0,8$, що відповідає $\psi = \frac{b}{D_{сер}} = 0,1 - 0,35$.

Зазвичай ψ приймають 0,25.

Визначивши $T_{розр}$ за формулою (4.19), призначають фрикційний матеріал, знаходять β і визначають число пар поверхонь тертя:

$$z = \frac{2T_{розр}}{\pi f \psi [p] D_{сер}^3 k_z} \quad (4.21)$$

У цій формулі k_z - коефіцієнт, що враховує вплив числа дисків в муфті на силу вмикання (момент, що передається): із збільшенням числа дисків росте частка зусилля вмикання, що витрачається на подолання сили тертя в шліцах (пазах) при пересуванні дисків. Для сухих муфт $k_z = 1$, для масляних муфт значення k_z приведені в табл. 4.1.

Необхідне осьове зусилля F_a (Н) визначається з умови:

$$p = \frac{F_a}{A} \leq [p] \quad (4.22)$$

де A - площа тертя; $A \approx \pi b D_{cep}$.

Таблиця 4.1

Коефіцієнт k_z впливу числа дисків на силу муфти

z	k_z	z	k_z	z	k_z
3	1	6	0,91	9	0,82
4	0,97	7	0,88	10	0,79
5	0,94	8	0,85	11	0,76

Для забезпечення необхідних проміжків (0,3-1,0 мм) між дисками в розчепленому стані і зменшення залишкового моменту застосовують заздалегідь деформовані диски. Під дією сили вмикання муфти диски стають плоскими. Можливе застосування пружин, що розсовують диски у вимкненій муфті. Роз'єднування муфт досягається за рахунок власної пружності дисків. Для кращого змащування, охолодження і відведення продуктів зношування диски забезпечуються отворами, пазами, прорізами.

У Додатку 39 наведені розміри вузьких дисків для дискової муфти.

Конусні муфти. Сили, що діють в конусній муфті, наведені на рис. 4.8. З розгляду рівноваги правої напівмуфти

$$F = \frac{2T_{тер}}{D_{cep}} (\sin \alpha + f \cos \alpha). \quad (4.23)$$

$$T_{тер} = 0,5\pi f [p] b D_{cep} \quad (4.24)$$

Прийнявши $T_{тер} = T_{розр}$, запишемо:

$$T_{розр} = F \frac{D_{cep}}{2} \cdot \frac{f}{\sin \alpha} \quad (4.25)$$

де f - коефіцієнт тертя;

$[p]$ - допустимий тиск на фрикційних поверхнях; решта розмірів надані на рис. 4.6.

Для усунення самозаклинювання ввімкнутої муфти необхідно, щоб $\alpha > \rho$, де ρ - кут тертя. Зазвичай приймають $\alpha \geq 12-15^\circ$.

При проектувальному розрахунку конусних муфт вибирають тип змащення муфти (суха або масляна) і фрикційні матеріали, задаються значенням D_{cep} і з формули (4.24) знаходять:

$$b = \frac{2T_{розр}}{f\pi[p]D_{сер}^2} \quad (4.26)$$

Далі задаються кутом α і визначають потрібну силу вмикання F (4.23).

У Додатку 40 наведені параметри та розміри муфти конусної.

Муфти циліндричні з розрізними пружними кільцями. Передача обертаючого моменту в муфтах цього типу відбувається за рахунок сил тертя, що виникають між розрізним пружним кільцем 1 і барабаном 2 (рис. 4.11).

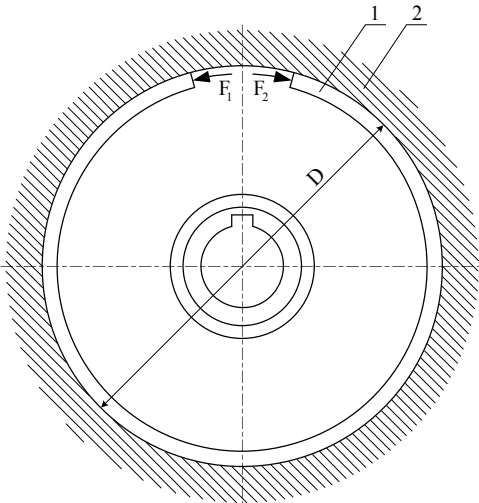


Рис.4.11. Схема муфти з розрізним кільцем

Зовнішній діаметр кільця шириною b менший за внутрішній діаметр барабана D , тому зчеплення напівмуфт настає тільки при розсовуванні кінців кільця. Момент, що передається муфтою, в припущенні рівномірного розподілу тиску p на поверхні контакту:

$$T_{тер} = 0,5\pi b D^2 p f \quad (4.27)$$

Розрахунок муфти з розрізним пружним кільцем проводять в наступному порядку:

- задаються діаметром D барабана;
- визначають ширину кільця:

$$b = \frac{2T_{розр}}{\pi[p]fD^2} \quad (4.28)$$

де $[p]$ - допустимий тиск (див. Додаток 36);

f - коефіцієнт тертя (див. Додаток 36, 37);

- визначають зусилля вмикання муфти:

$$F_o = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{\pi f p b D [\exp(2\pi f) + 1]}{2[\exp(f) - 1]} \quad (4.29)$$

Аналогічно розраховують фрикційні муфти зчеплення із зовнішньою фрикційною стрічкою на барабані.

Муфта із спіральною пружиною. На ведучий вал 6 (рис. 4.12) насаджений фрикційний барабан 4, який вільно облягає пружина 10, зазвичай змінного перерізу.

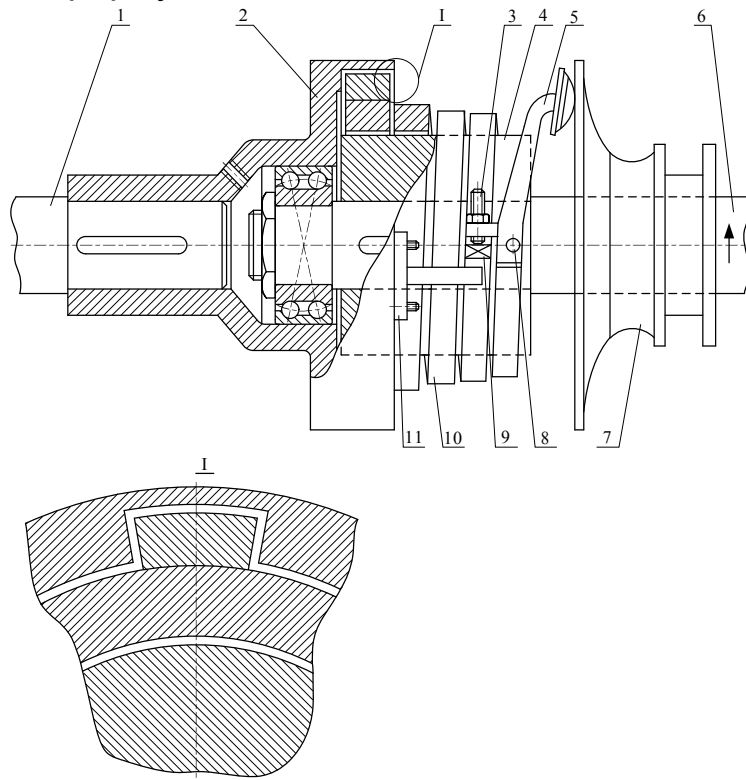


Рис.4.12. Муфта із спіральною пружиною

Товстий кінець пружини нерухомо закріплений в напівмуфті 2 (вузол I), що сидить на веденому валу 1. Тонкий кінець пружини пов'язаний з вмикаючим пристроєм, який може бути електромагнітним або механічним, у вигляді важеля 5, з'єднаного віссю 8 з тонким кінцем пружини. При вмиканні муфти тарілчаста вмикаюча напівмуфта 7 переміщується уздовж валу 6 і натискає на довге плече важеля 5. Повертаючись, важіль натискає регулюючим гвинтом 3 на виступ 9, прикріплений до передостаннього витка пружини. Тонкий кінець пружини, а потім і інші її витки стягуються навколо фрикційного барабана і починають разом з ним обертатися, приводячи таким чином в рух і ведену напівмуфту 2.

При пуску відбувається прослизання пружини по барабану. Для зменшення зносу барабан виготовляється з вибіленого чавуну твердістю 400 НВ, пружина - з марганцевистої сталі. Передача обертання від ведучої напівмуфти може здійснюватися тільки в одному напрямку - у бік закручування пружини (стрілка на рис. 4.12). Ведучою може бути також і напівмуфта 2, але в цьому випадку напрямок обертання повинен бути зворотнім.

Упор 11 усуває небезпеку поламки пружини при різкому гальмуванні ведучого валу, оскільки інерція ведених частин розкручує пружину; на-

тискаючи на виступ 9, він примушує пружину обертатися разом з веденою напівмуфтою, яка, таким чином, плавно зупиняється.

Змінна жорсткість пружини забезпечує певну послідовність обтискання барабана - від тонкого кінця пружини до товстого. Ширина пружини (див. розміри a_1 і a_2 на рис. 4.13) визначається допустимим тиском, а висота (див. розміри b_1 і b_2 на рис. 4.13) - жорсткістю пружини, необхідною при її механічній обробці. Якщо розміри пружини отримані з урахуванням вищесказаного, то вона має вельми незначні робочі напруження і її міцнісні розрахунки є зайвими. З цієї ж причини такі пружини не потребують термообробки.

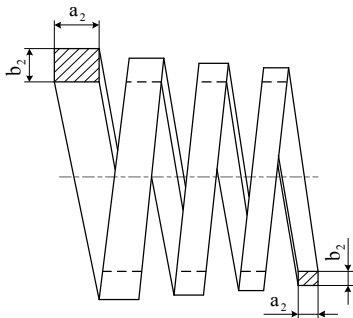
Подібні муфти надійні в роботі, забезпечують тривалий термін служби, можуть передавати великий момент при порівняно невеликих габаритних розмірах і зручні в експлуатації. Недоліки: однобічність дії, порівняльна різкість вмикання і необхідність постійного, хоч і невеликого, зусилля для затягування тонкого кінця пружини.

Розміри пружини (рис. 4.13) і робота тертя при вмиканні муфти можуть бути розраховані за формулами:

$$a_2 \geq \frac{4T_{мер}}{[p]D^2} \quad (4.30)$$

де $T_{мер}$ - момент сил тертя пружини на фрикційному барабані;
 $[p] = 5 \text{ МПа}$ – допустимий тиск (за даними ЛТА);
 D - діаметр барабана (зазвичай приймають $D = 3d$, d - діаметр вала).
 Решта розмірів пружини: $a_1 = 0,5a_2$; $b_2 = 0,9a_2$;

$$b_1 = b_2 - (a_2 - a_1) = 0,4a_2.$$



Число робочих витків пружини $i = 4,5-6$. При механічному вмиканні загальне число витків $i_{заг} = i + 1$. Рекомендований проміжок (мм) між пружиною і барабаном у вільному стані $\delta = 0,0125\sqrt{D}$.
 Робота сил тертя (Н·м) при вмиканні муфти:

$$A_{мер} = \frac{J_2 \omega_0^2 \beta}{2(\beta - 1)} \quad (4.31)$$

Рис.4.13. Пружина

де J_2 - момент інерції ведених частин, зведених до валу муфти, кгм^2 ;
 ω_0 - кутова швидкість ведучого валу, рад/с ;
 β - коефіцієнт запасу зчеплення, який дорівнює 2-3.

Тепловий розрахунок дискових муфт. В період вмикання фрикційних муфт із-за ковзання дисків утворюється теплота. Оскільки час вмикання муфти невеликий, припускають, що вся теплота, що виділяється в цей період, йде на нагрівання фрикційних дисків, різко підвищуючи температуру на їхніх поверхневих шарах. Після зчеплення дисків температура на поверхні фрикційних дисків падає за рахунок розподілу виділеної теплоти за всім об'ємом муфти. При подальшій роботі увімкнутої

муфти відбувається її охолодження за рахунок тепловіддачі зовнішньою поверхнею муфти в навколишнє середовище.

Нагрівання поверхневих шарів дисків, вище за допустиму температуру, викликає зміну коефіцієнта тертя, підвищене зношування дисків, зміну механічних характеристик матеріалу дисків, появу задирок на контактних поверхнях, викривлення дисків.

Для сталевих дисків гранична допустима температура на поверхні не повинна перевищувати 300-400°C. Максимальна середня температура деталей муфти також обмежується. Для муфти із сталевими дисками в масляній ванні вона не повинна бути більше 100-120°C.

Приймаючи, що теплота рівномірно розподіляється за всім об'ємом муфти, середню надлишкову температуру $t_{сер}$ муфти визначають за формулою:

$$t_{сер} = 2,78 \cdot 10^{-4} \frac{A_{мер} n}{\alpha A} \left[3,6 \cdot 10^3 \frac{t_{вмк} \alpha A}{Cm} \right] \quad (4.32)$$

де $A_{мер}$ - робота сил тертя (буксування) за одне вмикання, Дж;
 n - число вмикань муфти за 1 годину;
 α - коефіцієнт тепловіддачі муфти в навколишнє середовище, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$; A - площа зовнішньої поверхні тепловіддачі муфти, $м^2$;
 $t_{вмк}$ - час з моменту роботи муфти, год;
 C - теплоємність, $Дж/(кг \cdot ^\circ C)$;
 m - маса муфти, кг.

При $t_{вмк} \rightarrow \infty$ формула спрощується:

$$t_{сер} = 2,78 \cdot 10^{-4} \frac{A_{мер} n}{\alpha A} \quad (4.33)$$

Коефіцієнт тепловіддачі залежить від конфігурації зовнішньої поверхні, частоти обертання муфти, витрат мастила при його примусовій подачі. Значення його визначається експериментальним шляхом. Для верстатних муфт при $n=750-1000$ об/хв коефіцієнт α може бути орієнтовно прийнятий $\alpha=23$ $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$.

Надлишкова температура на поверхні дисків (при сталевих дисках) для практичних розрахунків визначається за формулами:

$$t_{сер} = \frac{2,78 \cdot 10^{-4} q}{\lambda} \left[\frac{2\alpha t_{вмк}}{\delta} + \frac{\delta}{m} \right] \quad (4.34)$$

$$q = \frac{3600 A_{мер}}{t_{вмк} \sum A^*} \quad (4.35)$$

де q - густина теплового потоку, $Дж/(год \cdot м^2)$;
 λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу дисків, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$;
 α - коефіцієнт температуропровідності матеріалу дисків, $м^2/год$;
 $t_{вмк}$ - час вмикання (буксування) муфти, год;
 δ - товщина дисків, м;
 $A_{мер}$ - робота сил тертя (буксування) за одне вмикання, Дж;

ΣA^* - площа поверхонь всіх дисків, що труться, m^2 .
Температура на поверхні дисків, відлічувана від $0^\circ C$,

$$t_{\partial} = t_{сер} + t_M + t_0 \quad (4.36)$$

де $t_{сер}$ - середня надлишкова температура відносно температури навколишнього середовища;
 t_M - температура муфти до початку вмикання;
 t_0 - температура навколишнього середовища.

4.4. Шинно-пневматичні муфти

Ці муфти широко застосовують в установках для буріння нафтових і газових свердловин, в приводах судових установок, в екскаваторах, конвеєрах і інших машинах.

Шинно-пневматичні муфти відрізняються зручністю управління, легкістю регулювання, самокомпенсацією зносу фрикційних поверхонь. Муфти забезпечують плавне вмикання і надійне обмеження обертаючого моменту, вони можуть компенсувати радіальні, осьові і кутові зсуви валів без істотних радіальних і осьових навантажень на вали і опори. Муфти мають хороше шумопоглинання, здатні пом'якшувати поштовхи і гасити шкідливі крутильні коливання. Шинно-пневматичні муфти можуть бути використані як гальма.

До недоліків цих муфт відносять: значну вартість гумокордного балона, чутливість до попадання на гуму мастила, луг і кислот.

Розрізняють наступні конструкції шинно-пневматичних муфт: радіальні з колодками (рис. 4.14), осьові з дисками (рис. 4.24).

Радіальні шинно-пневматичні муфти. В цих муфтах обертаючий момент передається за рахунок сил тертя між колодками гумокордного балона, пов'язаного з однією напівмуфтою і циліндричним ободом другої напівмуфти (барабаном). Принципова схема радіальної шинно-пневматичної муфти приведена на рис. 4.14.

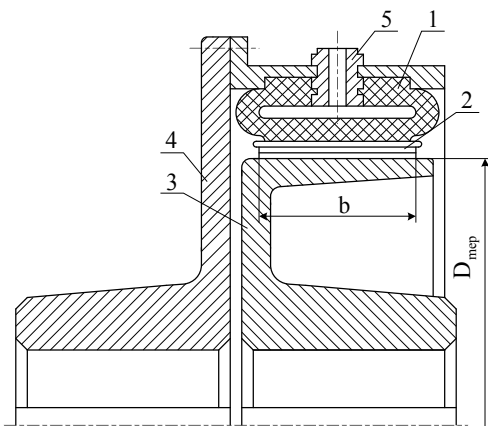


Рис.4.14. Схема радіальної шинно-пневматичної муфти

Між ведучою 4 і веденою 3 напівмуфтами розміщується гумокордний балон 1, прикріплений до напівмуфти 4. На внутрішній поверхні балон має фрикційні накладки 2. Під час подачі стислого повітря через штуцер 5 в порожнину балона колодки притискаються до напівмуфти 3 з силою, що забезпечує передачу заданого обертаючого моменту. Балон може бути прикріплений до напівмуфти 3. В цьому випадку відцентрова сила, що діє на колодки, перешкоджає розмиканню муфти при вимкнанні, що потребує застосування спеціальних віджимних пружин. Більшого поширення набули муфти, в яких відцентрова сила сприяє розчепленню напівмуфт (при вимкненні на ходу).

Балон шинно-пневматичних муфт являє собою замкнуту кільцеву камеру овального поперечного перерізу і складається з наступних частин (рис. 4.15): внутрішньої гумової камери 1, що забезпечує герметичність; каркаса 2, виготовленого з шарів прогумованої тканини, яка забезпечує необхідну міцність і стійкість його профілю при дії внутрішнього тиску повітря; двох гумових протекторів 5 і 3, що захищають каркас від шкідливої

дії агресивного середовища і механічних пошкоджень; одного або двох сталевих ніпелів 4, через які стисле повітря подається у внутрішню порожнину балона; сталевих планок з двома нарізними отворами в кожній, втопленими в масив зовнішнього протектора балона.

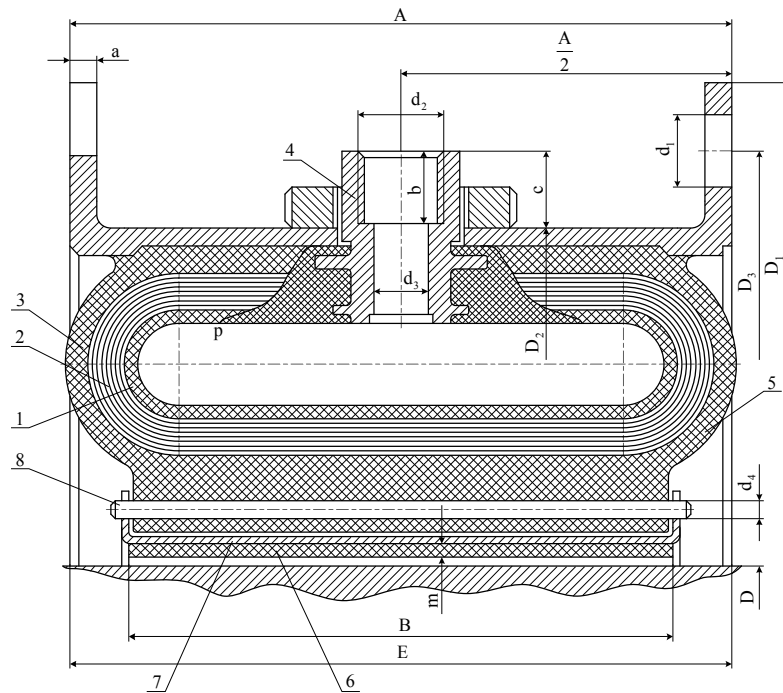


Рис.4.15. Балон шинно-пневматичної муфти

Шинно-пневматичні муфти випускають з колодками, пов'язаними з балоном за допомогою гладких шпильок 8, що проходять через отвори в протекторі і зафіксованих від випадання. Балон теплоізолюваний від колодок паронітовою прокладкою 7, яка захищає його також від попадання продуктів зношування. Колодки футеровані фрикційними накладками 6.

Існують також шинно-пневматичні муфти безколодкового виконання. У них робочою є поверхня протектора 5 (рис. 4.15), який в цьому випадку спеціально облицьовувався шаром фрикційної гуми. Відсутність фрикційних колодок полегшує монтаж і обслуговування муфти. Балон може бути цілісним або роз'ємним, в останньому випадку значно спрощується заміна зношених балонів.

Основні розміри і параметри муфт, що виготовляються за кресленнями ВО «Уралмаш» (рис. 4.15), наведені в Додатку 41.

Шинно-пневматичні муфти загалом вибирають за розрахунковим моментом:

$$T_{розр} = k k_p T_{ном} \quad (4.37)$$

де k - коефіцієнт запасу зчеплення, дорівнює 1,2–1,5;

k_p - коефіцієнт режиму;

$T_{ном}$ - номінальний обертаючий момент, Н·м.

За розрахунковим моментом з урахуванням вимоги $T_{розр} \leq T_{max}$

(T_{max} - максимальний допустимий момент для муфти даного розміру за Додатком 41) знаходять необхідний розмір муфти.

Потрібний внутрішній тиск у балоні приблизно визначають збільшенням на 10% тиску на поверхнях тертя (МПа)

$$p = \frac{2T_{розр}}{\pi D_{мер}^2 b f}, \quad (4.38)$$

де $D_{мер}$ - діаметр поверхні тертя;

b - ширина колодок (рис. 4.14);

f - коефіцієнт тертя. Значення f надані нижче:

для пари азбокаучук- сталь	0,30-0,32
для пари азбобакеліт-сталь	0,20-0,35
для пари гума-сталь:	
при тиску повітря до 1 МПа	0,40-0,45
при тиску повітря до 2 МПа	0,35-0,40
при тиску повітря більше за 2 МПа	0,30-0,35

Збільшення тиску в балоні на 10% йде на подолання пружної деформації балона і дії відцентрових сил на балон з колодками.

Максимальний допустимий момент для певного розміру муфти визначається, з одного боку, працездатністю частини муфти, з іншого - працездатністю гумокордного балона. Максимальний момент, що обмежується умовою міцності поверхонь тертя,

$$T_{max} \leq 0,5\pi D_{мер}^2 b [p] f, \quad (4.39)$$

де $[p]$ - допустимий тиск на поверхні тертя, МПа.

Максимальний момент з умови працездатності балона

$$T_{max} = \frac{2\pi r_0^2 (p - p_0) H \operatorname{tg}^2 \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_0} \quad (4.40)$$

де r_0 - середній радіус балона (рис. 4.16);

p_0 - тиск, що витрачається на подолання початкового проміжку між колодками і шківом, дорівнює 0,03-0,05 МПа;

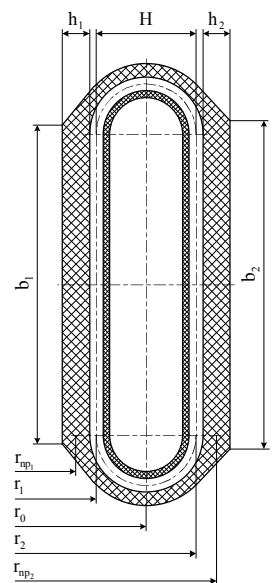
H - середня висота каркаса;

β_0 - кут нахилу ниток корду до меридіана на середньому радіусі r балона (кут закрою корду);

β_1 - кут нахилу ниток корду до меридіана на радіусі r_1 , який визначають із співвідношення

$$\sin \beta_1 = \frac{r_1 \sin \beta_0}{r_0}$$

За допустимий момент приймають менший із знайдених за формулами (4.38) і (4.39).



Крутильна піддатливість муфти, що характеризує її пружні властивості, може бути визначена за формулою:

$$e = \frac{Ht_0}{2n_k E_k r_0^3 \sin^2 2\beta_0} + \frac{\eta_1 h_1}{2G\pi r_{3\beta 1}^3 b_1} + \frac{\eta_2 h_2}{2G\pi r_{3\beta 2}^3 b_2} \quad (4.41)$$

де t_0 - крок ниток корду на колі балона радіусом r_0 (рис. 4.16);

n_k - число шарів корду;

E_k - модуль пружності корду;

η_1 і η_2 - коефіцієнти, що характеризують відношення максимального напруження до середнього у внутрішньому і зовнішньому протекторах;

G - модуль зсуву гуми протектора;

$r_{3\beta 1}$ і $r_{3\beta 2}$ - середній радіус внутрішнього і зовнішнього протекторів;

b_1 і b_2 - ширина внутрішнього і зовнішнього протекторів.

Значення η_1 і η_2 знаходять за графіком (рис. 4.17) в залежності від параметра

$$v \approx 2 \frac{r_{3\beta}}{r} \sqrt{\frac{t_0 b^2 G}{n_k h E_k \sin^2(2\beta)}} \quad (4.42)$$

При підрахунку коефіцієнта η_1 у формулу (4.42) замість r , $r_{3\beta}$, b , h і β необхідно підставляти значення r_1 , $r_{3\beta 1}$, b_1 , h_1 , β_1 (див. рис. 4.16), а при підрахунку коефіцієнта η_2 - відповідно r_2 , $r_{3\beta 2}$, b_2 , h_2 і β_2 .

Розрахункова залежність (4.40) виведена без урахування впливу нелінійності характеристик гумокордного балона, його температури, швидкості деформації і деяких інших чинників. Тому для відповідальних виробів піддатливість муфти визначають експериментально при динамічному навантаженні.

Шинно-пневматичні муфти фірми «Біндер». Шинно-пневматичні муфти, що випускаються фірмою «Біндер» (Німеччина), мають три виконання. У виконань СВ (рис. 4.18) і ВС (рис. 4.19) зчеплення напівмуфт відбувається в радіальному напрямку завдяки гумокордній шині 2, з'єднаній з внутрішньою поверхнею веденого барабана 1. У виконань ER (рис. 4.20), EB (рис. 4.21), E (рис. 4.22) і VE (рис. 4.23) зчеплення відбувається в радіальному напрямку завдяки гумокордній шині 2, з'єднаній із зовнішньою поверхнею веденого

барабана 1.

На рис. 4.18, а наведена шинно-пневматична муфта виконання СВ, що має сталеве кільце 1 з одно- або двостороннім фланцем для з'єднан-

Рис.4.16. Розміри балона шинно-пневматичної муфти

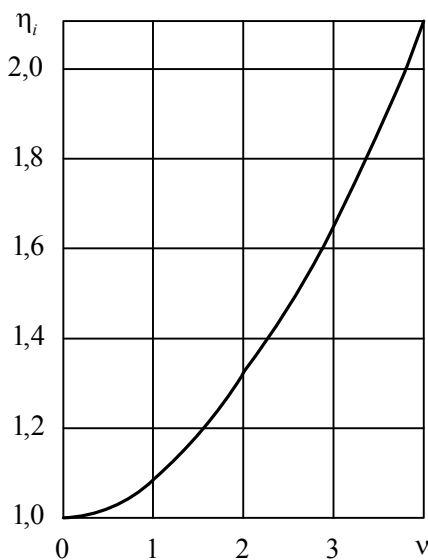


Рис.4.17. Залежність коефіцієнта η_i від параметра v

ня з сусідніми деталями, до нього привулканізована гумокордна шина 2, яка при подачі повітря здійснює притиснення гальмівних колодок 3 до барабана. Гальмівні колодки 3, що складаються із сталевого корпусу з приклеєними фрикційними накладками, з'єднані з шиною осями 4, паралельними осі обертання муфти. Колодки можна легко демонтувати. Піддатливість гумокордної оболонки в обводовому напрямку робить муфту пружною. Відцентрові сили, що діють на фрикційні накладки і шини, допомагають процесу вимикання муфти. Розміри і параметри муфти надаються в Додатку 42. Муфти, починаючи з типорозміру 12СВ350, з метою збільшення переданого обертаючого моменту, випускаються з двоєними (рис. 4.18, б).

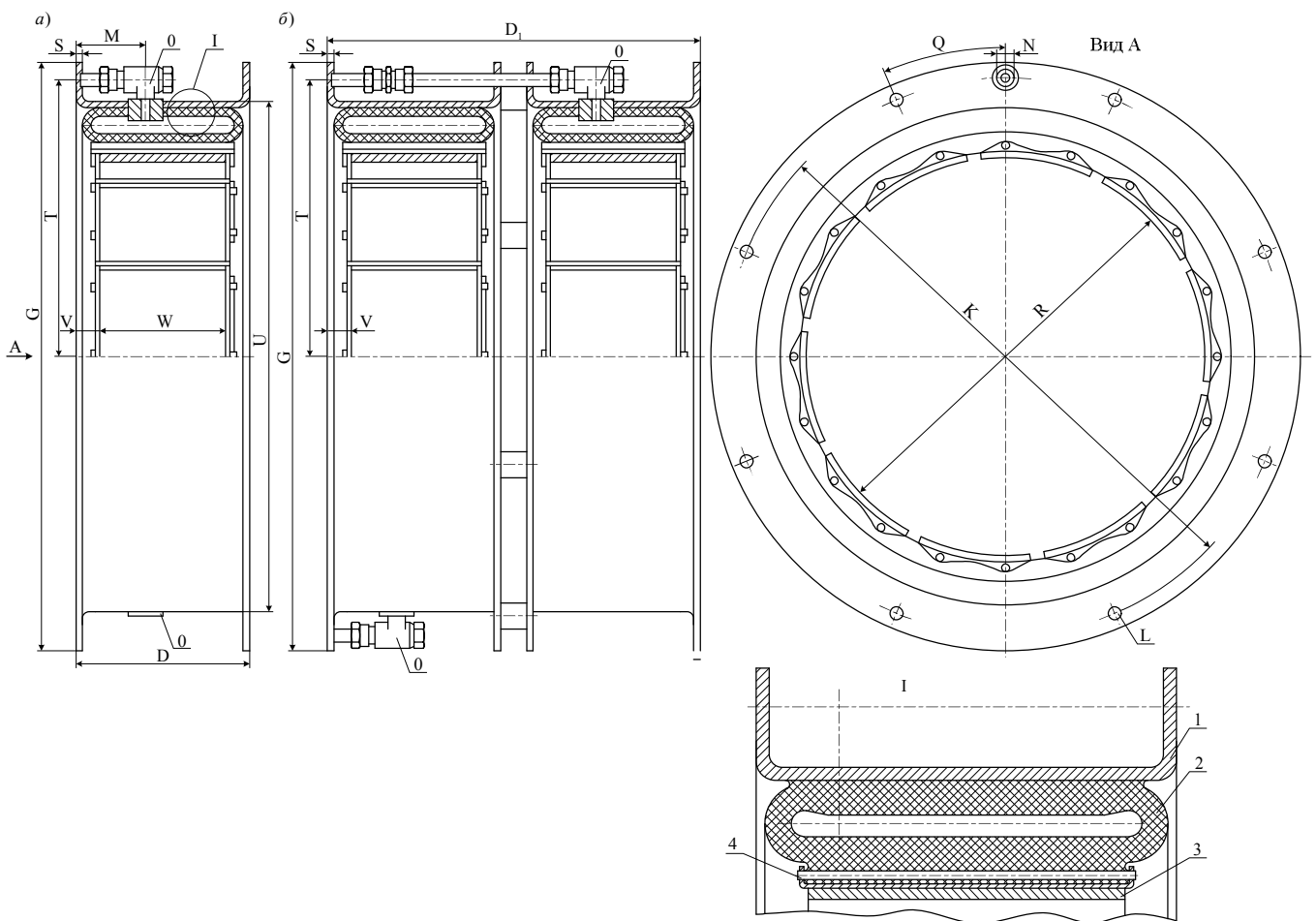


Рис.4.18. Муфта фірми „Біндер” виконання СВ

На рис. 4.19 (Додаток 43) надана муфта виконання VC, що має сталеве кільце 1 з двосторонніми фланцями, до яких кріпляться диски 4, що несуть гальмівні колодки 3. Фланцями з дисками 4 муфта приєднується до сусідніх деталей. Фрикційні колодки 3 складаються з литого алюмінієвого корпусу у вигляді рамки з приклепаною фрикційною накладкою. Колодки фіксовані в радіальних пазах по сталевих стрижнях 5, встановлених в дисках 4. Шина 2, приєднана до кільця 1, служить лише для створення притиснення колодок 3 до барабана. Обертаючий момент переда-

ється двома дисками 4 через сталеві стрижні 5 і колодки на барабан. Завдяки цьому шина не навантажується обертаючим моментом. Ажурна конструкція колодки 3 забезпечує відведення теплоти від поверхонь тертя. Тому ці муфти знаходять застосування в машинах з важкими умовами експлуатації при високих навантаженнях і тривалих прослизаннях.

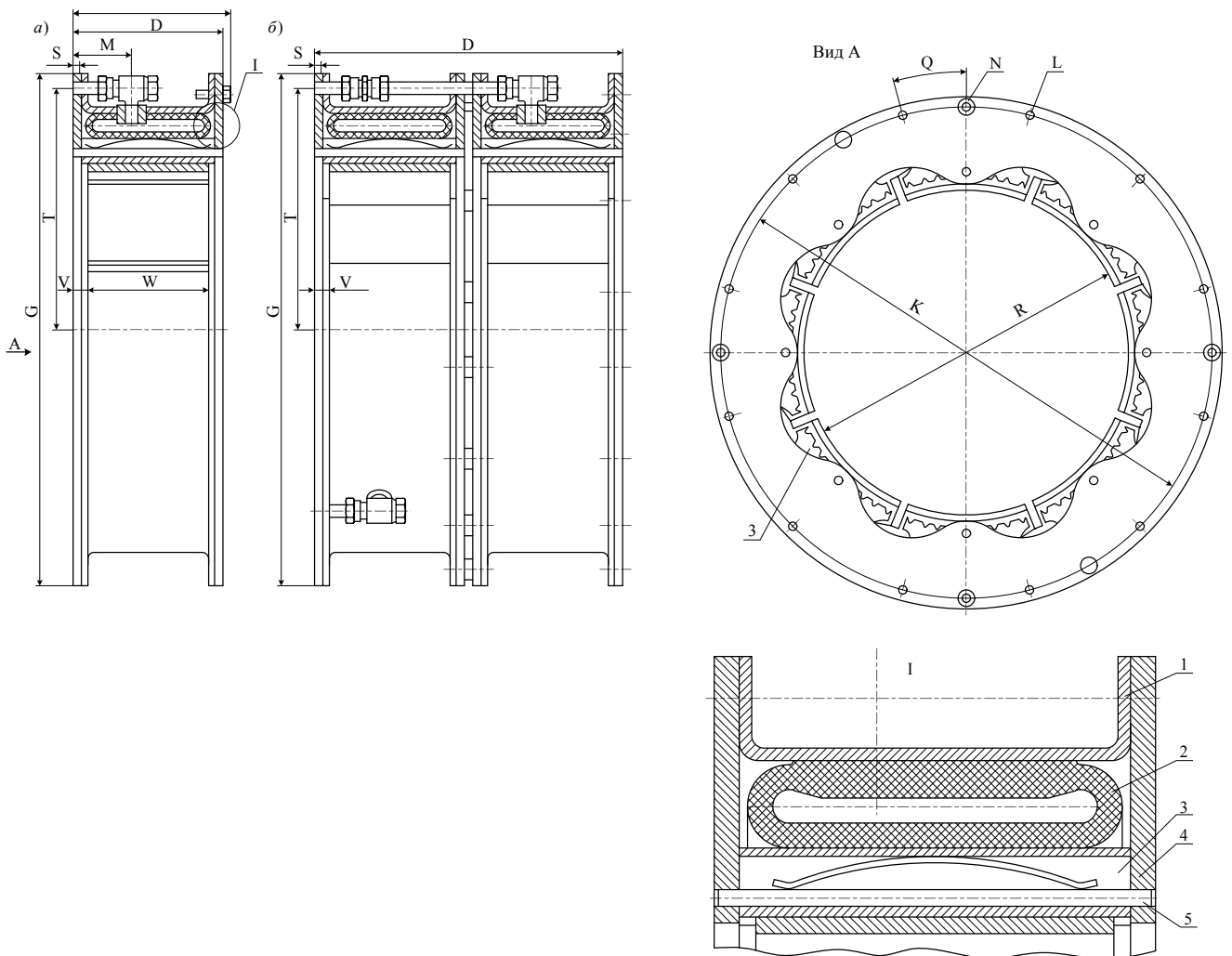


Рис.4.19. Муфти фірми „Біндер” виконання VC

На рис. 4.20 (Додаток 44) наведена шинно-пневматична муфта виконання ER. Посилена кордом шина 2, що служить для створення сили притиснення, привулканізована до кільця 3. Зовнішня частина шини 2 забезпечена протектором 1 з гуми з високим коефіцієнтом тертя.

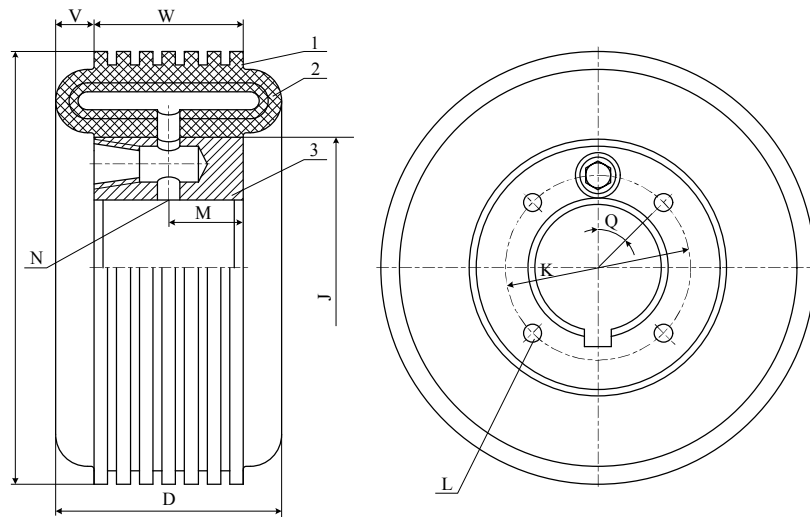


Рис.4.20. Муфта фірми „Біндер” виконання ER

Муфта є пружнокомпенсуючою, тобто має крутильну піддатливість і компенсує взаємний зсув валів за рахунок деформації шини. Муфта призначена для з'єднання нерухомих валів або валів з малою різницею частот обертання. Зниження тиску повітря підвищує піддатливість шини. Тиск повітря в шині для передачі номінального моменту 0,53 МПа, гранично допустимий 0,77 МПа.

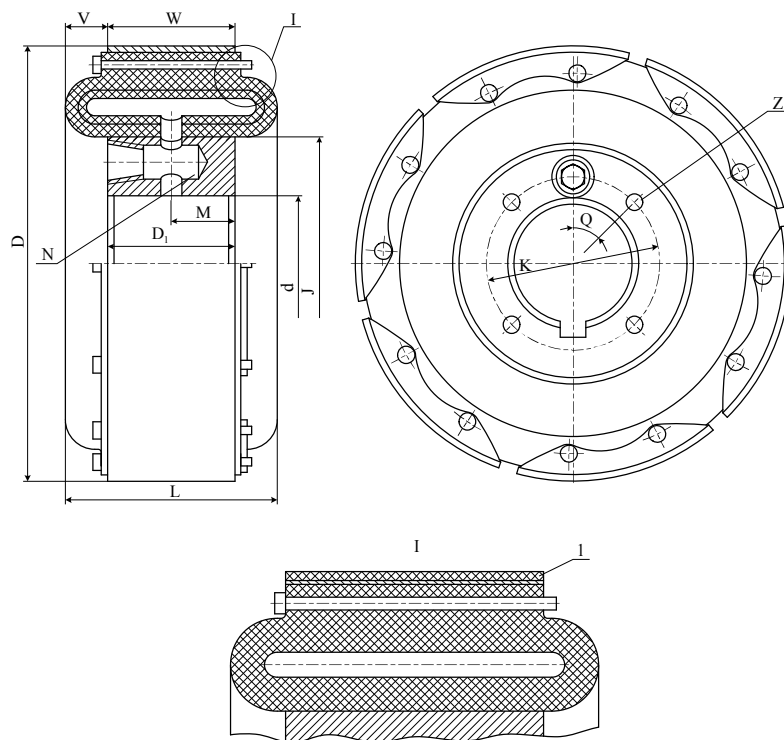


Рис.4.21. Муфта фірми „Біндер” виконання EB

На рис. 4.21 (Додаток 45) наведена шинно-пневматична муфта виконання EB. Конструкція цієї муфти така ж, як і муфти виконання ER (рис. 4.20). Тільки для передачі моменту замість протектора застосовані коло-

дки 1, як і у виконанні СВ (рис. 4.18). Колодки до шини кріплять стрижнями.

Ці муфти застосовують при малих частотах обертання і малих пускових навантаженнях. Номінальний момент передається при тиску повітря в шині 0,53 МПа. Допустимий тиск 0,77 МПа. При застосуванні муфти як запобіжної слід періодично контролювати тиск в шині.

На рис. 4.22 (Додаток 46) представлена шинно-пневматична муфта виконання Е. Два складених сталевих кільця 3 мають об'єднаний фланець, яким муфта приєднується до сусідніх деталей. Гумовий балон 2 розташований між кільцями 3 і служить тільки для створення сили притиснення гальмівних колодок. Обертаючий момент передається з кільця 3 через колодки 1 на барабан. Пружини 4 перешкоджають дії стислого повітря і відцентрових сил і сприяють відведенню колодок від барабана при вимиканні муфти. Вони прискорюють процес вимикання муфти. Ці муфти можна застосовувати при середніх частотах обертання як муфти зчеплення, запобіжні муфти і гальма при значних змінних навантаженнях. Номінальні моменти і тиск повітря в балоні такі ж, як у муфти виконання ЕВ (рис. 4.21).

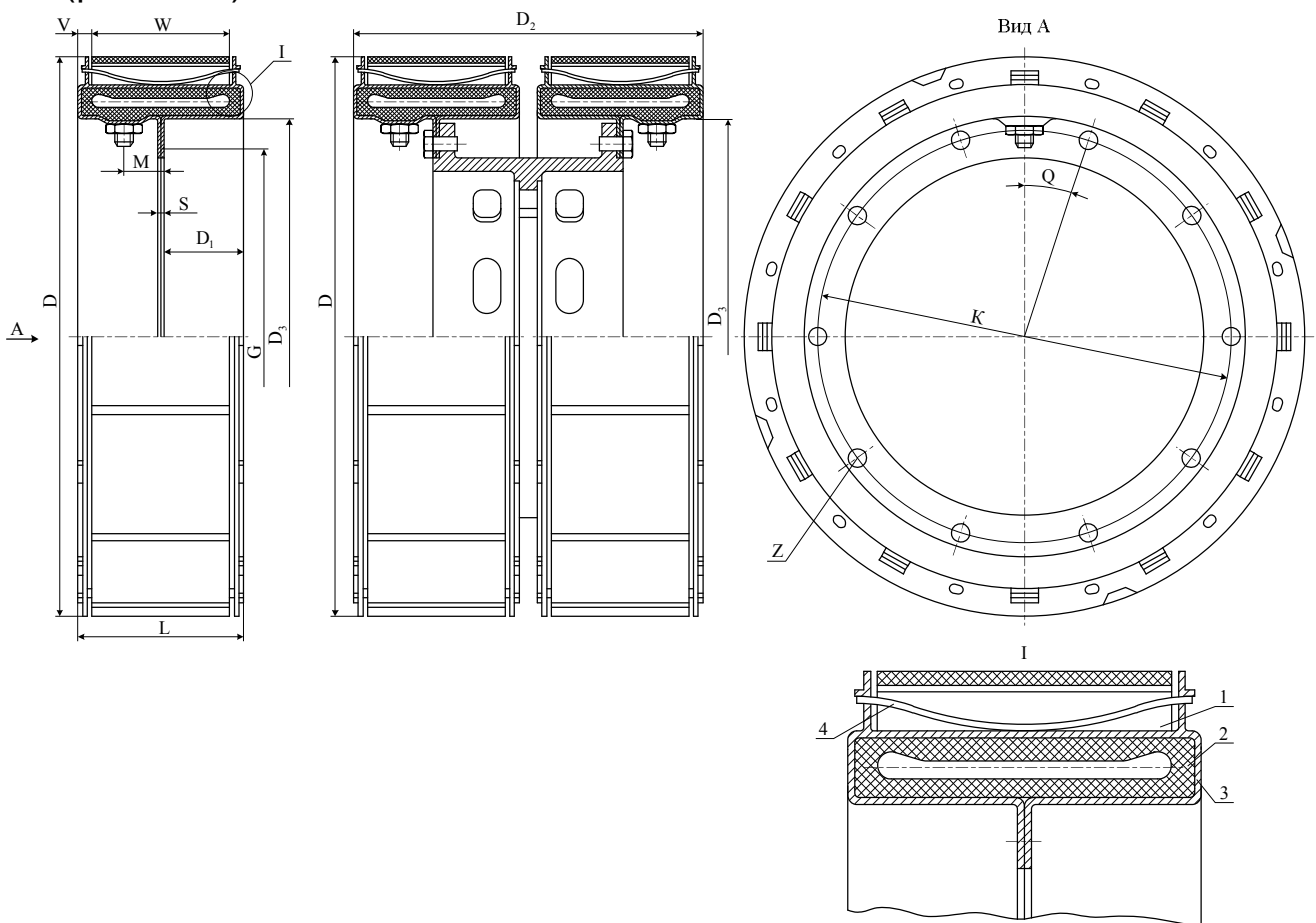


Рис.4.22. Муфта шинно-пневматична виконання Е

Конструкція і принцип роботи муфти виконання VE (рис. 4.23) відповідають муфті виконання Е, але змінена конструкція колодок 1, що

складаються з алюмінієвого корпусу з приклепаними фрикційними накладками. Ця конструкція дозволяє добре відводити теплоту від фрикційних поверхонь.

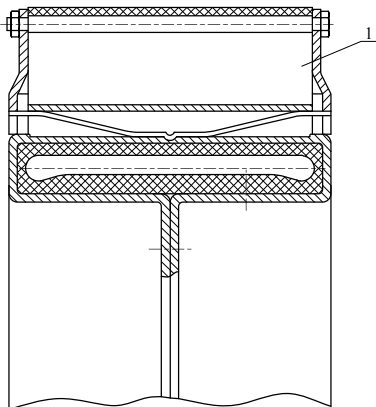


Рис.4.23. Варіант виконання VE муфти фірми „Біндер”

Область застосування цих муфт така ж, як і муфт виконання Е, за наявності більшої частоти вмикань.

Осьові шинно-пневматичні муфти. Осьові шинно-пневматичні муфти (рис. 4.24) не схильні до помітної дії відцентрових сил. Балон 1 при подачі повітря притискує диск 4 до диска 5. Розташовані між ними фрикційні накладки 3 забезпечують передачу обертаючого моменту. Відключення муфти проводять пружини 2 після виведення повітря з балона. Габаритні розміри і маса осьових муфт менші, ніж радіальних; витрата повітря також нижче. Проте осьові муфти погано компенсують зсув осей валів, які з'єднуються, тому застосовуються обмежено.

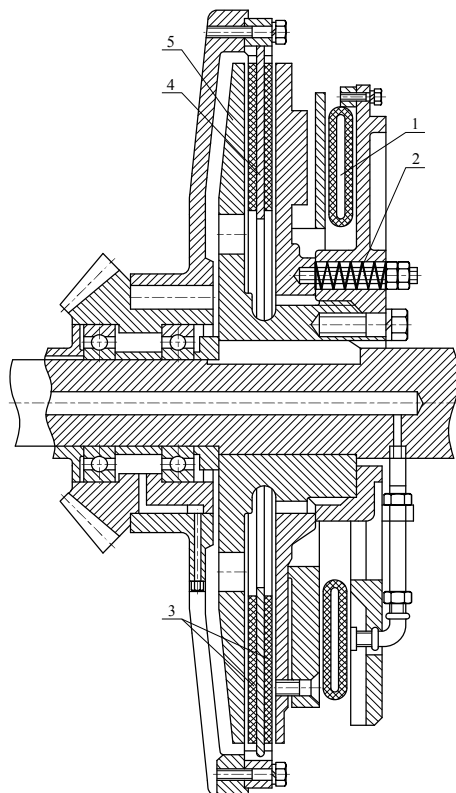


Рис.4.24. Осьова шинно-пневматична муфта

4.5. Пневмокамерні муфти

Простота конструкції, надійність і зручність в експлуатації зумовили застосування цих муфт в екскаваторах, кранах, дробарках, шнеках-змішувачах, скреперних лебідках, на трейлерних лебідках, в бурових ве-

рстатах, у кувально-пресовому устаткуванні. Подібно до звичайних фрикційних муфт пнев-мокамерні муфти можуть бути колодковими, дисковими, стрічковими і конусними. Найбільше застосування знайшли муфти перших двох типів.

Розтискна муфта колодкова (МН 5019-63). Муфта (рис. 4.25, Додаток 47) складається з ведучого обода 3, в якому розташована пневмокамера 1, армована декількома шарами корду; ніпелів 2; фрикційних колодок 7, розташованих на зовнішній поверхні пневмокамери; поворотних пружин 4 і упорів 5. Принцип дії муфти: пневмокамера при впусканні в неї стислого повітря розширюється і притискує фрикційні колодки 7 до веденого обода 6. Колове зусилля, що діє на фрикційні колодки, сприймається упорами 5, які закріплені на роз'ємному ведучому ободі. Колове зусилля передається від ведучого обода через упори і фрикційні колодки веденому ободу, пневмокамера ж в передачі обертаючого моменту не бере участь. Пружина 4 при видаленні повітря з пневмокамери повертає фрикційні колодки в початкове положення.

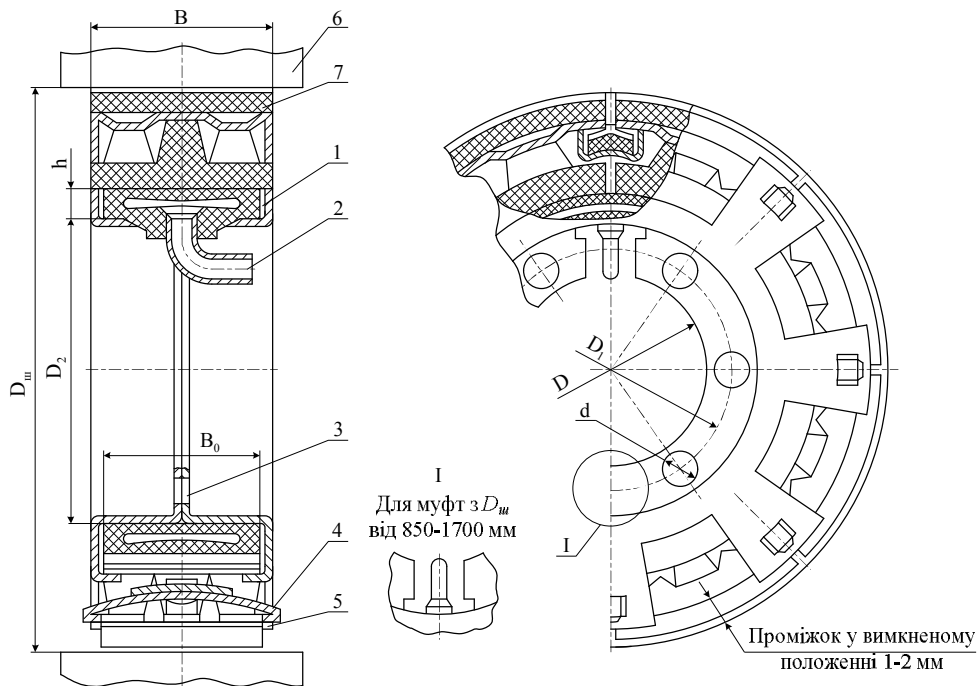


Рис.4.25. Колодкова розтискна муфта

Вибір муфти здійснюється за величиною розрахункового моменту $T_{розр}$.

Наведена на рис. 4.26 номограма дає можливість швидко знаходити необхідний розмір пневмокамерної колодкової муфти. Для цього необхідно паралельно до осі абсцис провести пряму з ординатою, що дорівнює розрахунковому моменту, до перетину з прямими тиску у пневмокамері. Абсциси точок перетину вказують необхідний типорозмір муфти.

Проектувальний розрахунок муфт цього виду зводиться до визначення характерних розмірів муфти і пневмокамер, найменшого діаметру впускного отвору в системі управління, що забезпечує оптимальний час наростання обертаючого моменту, а також часу спрацювання муфти.

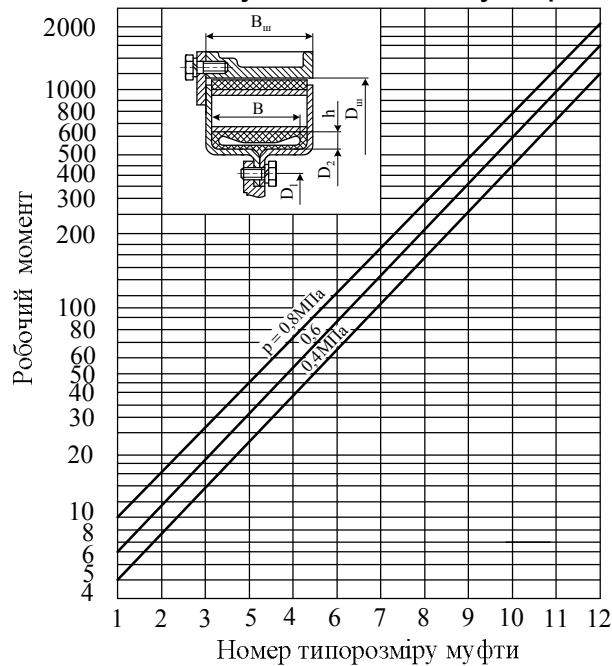


Рис.4.26. Номограма для визначення типорозміру колодкової пневмокамерної муфти

Дискова пневмокамерна муфта (рис. 4.27). На валу 1, що постійно обертається, на шліцах закріплений диск 2, по зовнішніх шліцах якого пересуваються рухомі диски 6 і 8, з'єднані між собою болтами 7. На диску 6 кріпиться пневмокамера 4, що має два ніпелі 5 для впускання повітря. Між нерухомим (щодо валу 1) диском 2 і рухомим диском 8 поміщається ведений диск 9 з фрикційними накладками 10. Диск 9 за допомогою шліців на стакані 11 рухомо з'єднаний із зубчастим колесом 12. Між пневмокамерою 4 і диском 2 розташоване теплоізолююче кільце 3. Вмикання муфти відбувається таким чином: при впусканні повітря пневмокамера, розширюючись, упирається в диск 2 і відсовує диски 6 і 8 вліво, затискаючи ведений диск 9 між дисками 2 і 8 і захоплюючи його в обертання. Осьова сила вмикання на вал не передається, вона сприймається болтами 7. При вимиканні поворотні пружини 13 зближують диски 6 і 2 і, стискаючи пневмокамеру 4, звільняють фрикційний диск 9.

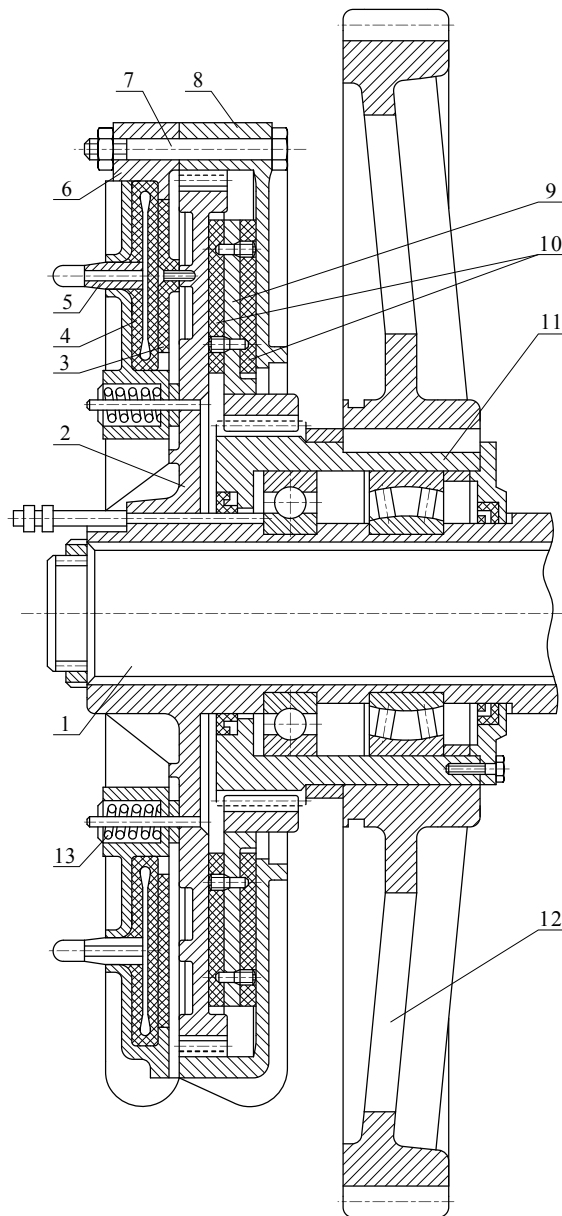


Рис.4.27. Фрикційна дискова пневмокамерна муфта

Для кращого відведення теплоти, що виділяється під час роботи в пневмокамерних фрикційних муфтах, ведений шків муфти виготовляють з ребрами, що збільшує поверхню тепловіддачі. Радіальне розташування ребер забезпечує інтенсивніший теплообмін і ефективніше охолодження. Для зменшення потоку теплоти до пневмокамери передбачається повітряний проміжок між фрикційною колодкою і пневмокамерою не менш ніж 40 мм. Примусовий потік повітря забезпечується крильчаткою.

Муфта «Пневмафлекс». Пневматична фрикційна муфта «Пневмафлекс» фірми «Ломман-штоль» ФРН (рис. 4.28, Додаток 48) є комбінацією фрикційної муфти з пружною. Вона представляє подвійну конічну фрикційну муфту, що містить ведену 1 і ведучу 3 напівмуфти з поверхнями тертя 2, пневмоциліндр 5, поршень 4, повітряпроводи 7 і чотири пружні елементи 6 з гуми, привулканізованої до металевих кілець. Пруж-

ні елементи розташовані так, що за відсутності стислого повітря у пневмоциліндрі поверхні тертя роз'єднані. Фрикційні обкладання прикріплені до внутрішніх конічних поверхонь веденої напівмуфти. Тепло, що утворюється при вмиканні, відводиться у зовнішній кожух.

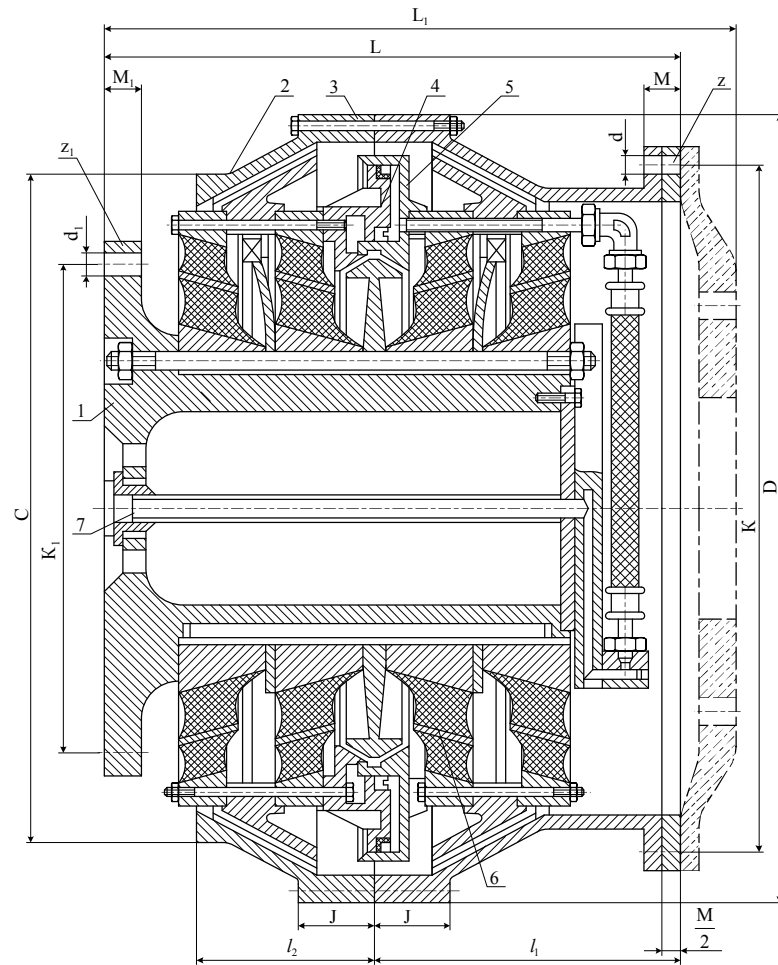


Рис.4.28. Муфта „Пневмафлекс”

Муфта керується стислим повітрям за тиску 0,6-0,8 МПа. Як у всіх пневматичних муфтах, підведення стислого повітря регулюють дросельним вентилям, завдяки чому швидкість повітря, що подається у муфту, можна міняти у великих межах і відповідно встановлювати потрібний час вмикання. Завдяки великому стисненню повітря тиск у циліндрі муфти наростає достатньо плавно.

При подачі стислого повітря у пневмоциліндр 5 здійснюється переміщення в осьовому напрямку конусів веденої напівмуфти 1 до зчеплення з конічними поверхнями тертя 2 веденої напівмуфти 3. В такому положенні здійснюється передача муфтою навантаження. Пружні елементи стають напруженими. При випусканні стислого повітря з пневмоциліндра під дією сил пружних деформацій елементів відбувається розчеплення веденої і ведучої напівмуфт. При цьому рухомі в осьовому напрямку деталі веденої напівмуфти фіксуються на конусоподібному кільці. Таким

чином, всі частини муфти як у ввімкнутому, так і у вимкненому положеннях зафіксовані у радіальному і осьовому напрямках, а отже, перешкоджають виникненню додаткових зусиль. Крім того, муфти забезпечені обмежувачем від повертання напівмуфт. Муфта відрізняється легкістю ремонту при малій трудомісткості і зручністю в експлуатації. Основне застосування описані муфти знаходять в суднобудуванні.

Вибір типорозмірів муфт проводиться за потужністю і частотою обертання.

4.6. Електромагнітні муфти зчеплення

У електромагнітних муфтах обертаючий момент передається силами тертя, що виникають на поверхнях фрикційних дисків при їх стисненні електромагнітом. Найбільш поширені електромагнітні фрикційні і порошкові муфти, а також муфти ковзання (індукційні). Основні переваги електромагнітних муфт: зручність дистанційного і автоматичного керування; швидкодія; можливість точного регулювання переданого моменту; відсутність незрівноважених сил.

Порівняльні властивості названих видів муфт характеризуються таким чином.

1. Найменшу перевантажувальну здатність мають електромагнітні дискові фрикційні муфти, для яких вона складає 0,9. Для порошкових муфт вказане відношення в середньому дорівнює 0,75. Для індукційних муфт величина відношення залежить від конструкції їх і коливається в межах від 0,2 до 0,9.
2. За швидкодією електромагнітні багатодискові фрикційні і порошкові муфти розрізняються ненабагато. Їх час вмикання коливається в межах 0,03-0,25 с, а час відключення - в межах 0,01-0,35 с; індукційні муфти в цій групі найменше швидкодіючі.

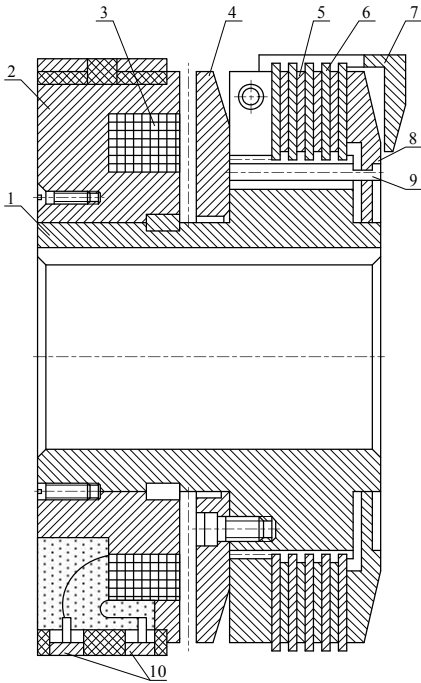
Електромагнітні дискові фрикційні муфти. У електромагнітних дискових муфтах зчеплення фрикційних дисків, що зв'язують ведену і ведучу частини муфти, відбувається під дією сил електромагніту, що виникають при пропусканні струму через обмотку збудження. Муфти, переважно зчіпні, мають запобіжні властивості.

Найбільше застосування знайшли багатодискові фрикційні муфти, як компактніші при однаковому моменті, який передається, в порівнянні з муфтами з однією площиною тертя. В порівнянні з електромагнітними порошковими і індукційними муфтами фрикційні муфти мають найменші габаритні розміри при однаковому переданому моменті. Вони надійніші в роботі, ніж порошкові муфти.

Недоліком електромагнітних дискових фрикційних муфт крім недоліків, які мають механічні фрикційні муфти, є збільшення часу відключення муфти через залишковий магнетизм і наявність масляної плівки на дисках, внаслідок чого необхідне встановлення пружин для розведення

дисків. Ці муфти застосовуються як пускові і реверсуючі, в коробках передач для перемикання ступенів чисел обертів, в приводах для управління циклами переміщень робочих органів машин, в системах слідкувального приводу.

Електромагнітні багатодискові муфти виконують з винесеними дисками і з магніто-провідними дисками.



На рис. 4.29 наведена конструкція муфти з винесеними дисками; в цьому випадку магнітний потік не проходить через диски. При проходженні постійного керуючого струму через котушку 3 якір 4, притягуючись до корпусу 2, що з'єднується з внутрішньою напівмуфтою 1, переміщає тягами 9 натискний диск 8 і стискає внутрішні 5 і зовнішні диски 6, з'єднані відповідно з внутрішньою напівмуфтою 1 і зовнішньою напівмуфтою 7. Підведення струму здійснюється через контактні кільця 10.

Муфти з винесеними дисками застосовують при роботі з великим виділенням теплоти і при необхідності підвищеної швидкодії. Ці муфти можуть працювати як у мастилі, так і без застосування змащувальних матеріалів для фрикційних поверхонь.

Рис.4.29. Суха багатодискова муфта з електромагнітним керуванням і винесеними дисками

На рис. 4.30, а наведена конструкція муфти з магніто-провідними дисками. Муфта складається з внутрішньої напівмуфти (корпуса) 1, котушки 2, пакету фрикційних дисків 3, якоря 4, зовнішньої напівмуфти 5. При проходженні постійного струму керування через котушку 2 виникає кільцевий магнітний потік, який перетинає диски і замикається на якорі 4, притягуючи якір і стискаючи диски. Постійний струм підводиться через контактне кільце 6, з'єднане з одним виведенням котушки, а друге виведення з'єднане з корпусом.

Фрикційні диски зі зношуванням набувають деяку конусність, тому якір 4 виконують з двох кілець - зовнішнього і внутрішнього, що забезпечує краще прилягання його до дисків. Для того, щоб магнітний потік не замикався через диски, в них виконують отвори по кільцевому пояску, розташовуючи його проти котушки (рис. 4.30, б).

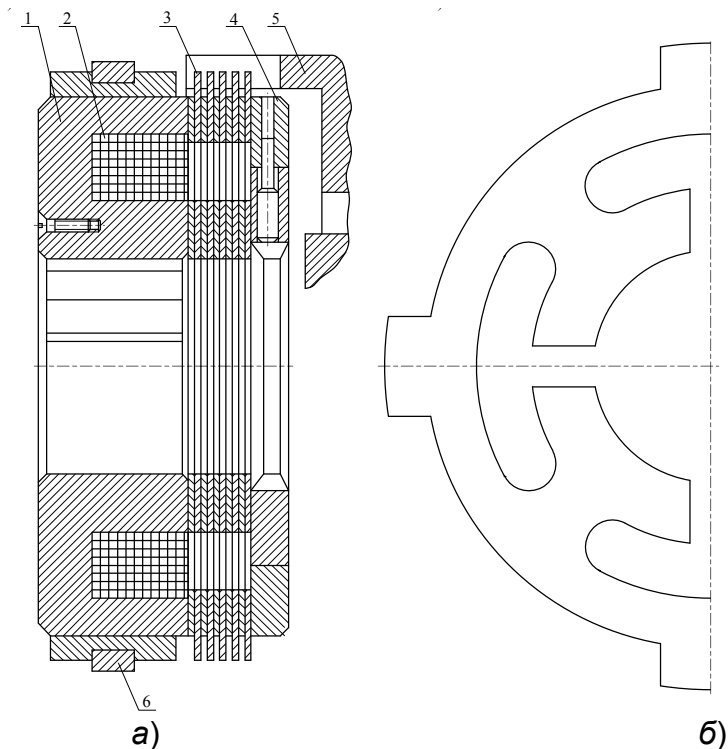


Рис.4.30. Муфта з магніто-провідними дисками

Ці муфти відрізняються від муфт з винесеними дисками більшою компактністю і саморегулюванням при зношуванні дисків; працюють у мастилі. Корпус муфти і якір виготовляють з м'якої сталі Ст 3 або армкозаліза, диски - з марганцевистої сталі 65Г- з твердістю 40-45 НRC.

ДОСТ 21573 передбачає виготовлення багатодискових фрикційних муфт для моментів від 2,5 до 2500 $H \cdot m$. Приведені наступні типи муфт з магніто-провідними дисками:

- 1) муфти з контактним струмопідведенням, тип Е1М ... 2;
- 2) муфти з безконтактним струмопідведенням, тип Е1М ...4;
- 3) муфти гальмівні з веденими внутрішніми дисками, тип Е1М ...6;
- 4) муфти гальмівні з веденими зовнішніми дисками, тип ЕТМ ...8.

Електромагнітні муфти серій ЕШ і Е2М з магніто-провідними дисками. Електромагнітні муфти серій ЕШ і Е2М можна використовувати при розгоні, гальмуванні і реверсуванні навантаження, перемиканні ступенів передач; для короткочасного імпульсного регулювання частоти обертання; обмеження пікових навантажень в передачах.

Електромагнітні муфти серії Е1М. Ці муфти випускають трьох виконань: контактної Е1М ... 2 (рис. 4.31), безконтактної Е1М...4 (рис. 4.32) і гальмівної Е1М ... 6 (рис. 4.33). Муфти даної серії характеризуються наступними основними параметрами: максимальним моментом T_{max} , тобто значенням моменту, що передається електромагнітною муфтою при номінальному сигналі керування; обертаючим моментом T_0 , тобто моментом, що розвивається електромагнітною муфтою при ковзанні у виконавчому органі; моментом, який передається, T_n , тобто най-

більшим моментом, який здатна передати електромагнітна муфта за відсутності ковзання у виконавчому органі; номінальним моментом $T_{ном}$, тобто встановленим нормативним документом значенням моменту електромагнітної муфти, який дорівнює максимальному моменту, що передає муфта, розділеному на коефіцієнт запасу; залишковим обертаючим моментом $T_{зал}$, тобто моментом, що розвивається електромагнітною муфтою при заданій швидкості ковзання і розімкненому виконавчому органі; залишковим переданим моментом $T_{зал. пер}$, тобто найбільшим моментом електромагнітної муфти, яким можна навантажити її після зняття сигналу керування і закінчення електромагнітного перехідного процесу, не викликаючи прослизання у виконавчому органі; статичною характеристикою $T_n(J)$, тобто залежністю між сталими значеннями обертаючого моменту і сигналом керування муфти; динамічною характеристикою електромагнітної муфти за обертаючим моментом, при вмиканні (вимиканні) $T(t)$ або $T_{вимк}(t)$, тобто залежністю обертаючого моменту від часу при несталих електромагнітних процесах при вмиканні (вимиканні); часом запізнювання електромагнітної муфти t_3 , тобто інтервалом часу між початком зміни сигналу керування і початком зростання переданого або обертаючого моменту, який визначають за динамічною характеристикою; часом спаду моменту електромагнітної муфти $t_{0,1}$, тобто часом від початку зміни сигналу керування до точки динамічної характеристики $T_{вимк}(t)$ при відключенні електромагнітної муфти, відповідної значенню 0,1 від номінального обертаючого моменту, встановленого нормативним документом; максимальною допустимою частотою обертання n_{max} ; середньою теплорозсіювальною здатністю електромагнітної муфти ΔP , тобто значенням потужності, яка розсіюється електромагнітною муфтою при гранично допустимій температурі котушки, виміряній методом опору в стаціонарному режимі.

У Додатку 49 приведені деякі основні параметри муфт серії Е1М.

Муфти контактного виконання Е1М...2. На рис. 4.31, а (Додаток 50) надана конструкція муфти контактного виконання Е1М ... 2, що складається з веденої втулки 1, яка з'єднується з корпусом 3 торцевим немагнітним зварним швом 2; внутрішніх фрикційних дисків 6, що з'єднуються евольвентними шліцами з втулкою 1; зовнішніх дисків 7, які мають пази для зачеплення з повідцем (рис. 4.31, б) - з'єднуючою деталлю механізму, в якому використовується муфта; котушки 4; якоря 8; струмопідводячого кільця 5.

При проходженні постійного струму через котушку 4 робочий магнітний потік замикається по контуру Φ , якір 8 і пакет дисків 6 і 7 притягуються до корпусу 3. Таким чином, момент з втулки 1 через диски 6 і 7 передається на повідець. Розчеплення дисків при відключенні муфти забезпечується пружними зовнішніми дисками, що мають хвилеподібну

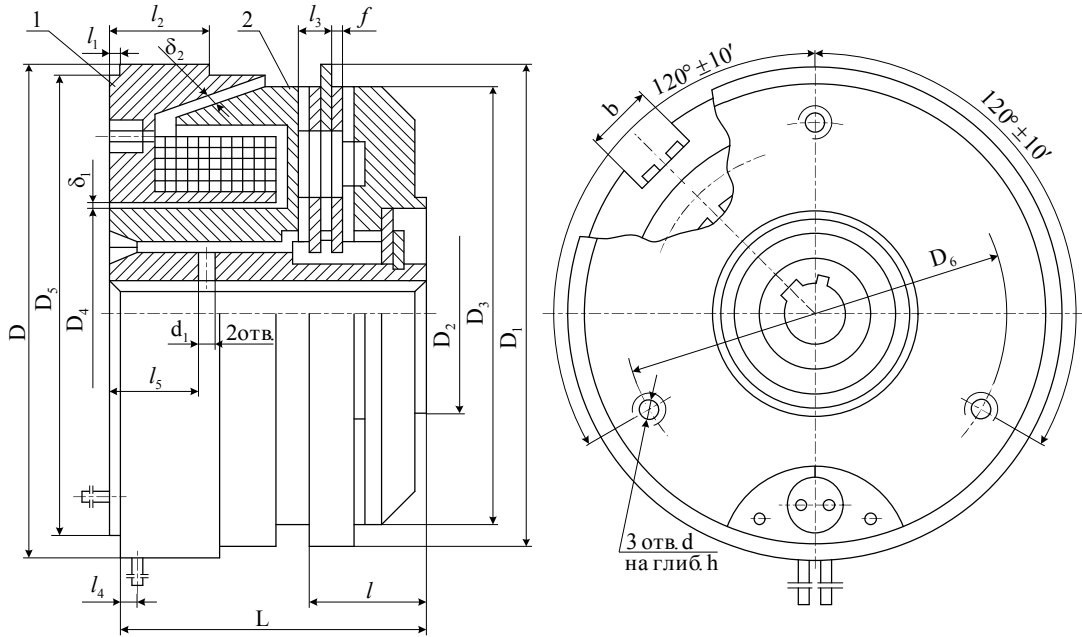


Рис.4.32. Муфта безконтактного виконання ЕІМ...4

Муфти гальмівних виконань Е1М ... 6. На рис. 4.33 (Додаток 52) приведена муфта гальмівна виконань Е1М, що має деталь 2, яка охоплює корпус 1. Якір 5 підвішений на деталі 2 через деталь 4. Зовнішні диски 3 з'єднуються з деталлю 2 повідцем. Наявність проміжку між якорем 5, корпусом 1 і шліцьовою втулкою 7 дозволяє вільно обертатися внутрішнім диском 6 з втулкою 7 при відключенні муфти.

При вмиканні муфти до шліцьової втулки 7 прикладається гальмівний момент, який дорівнює обертаючому моменту муфти. Зусилля гальмування замикається на корпус вузла через зовнішні диски 3 і деталь 2.

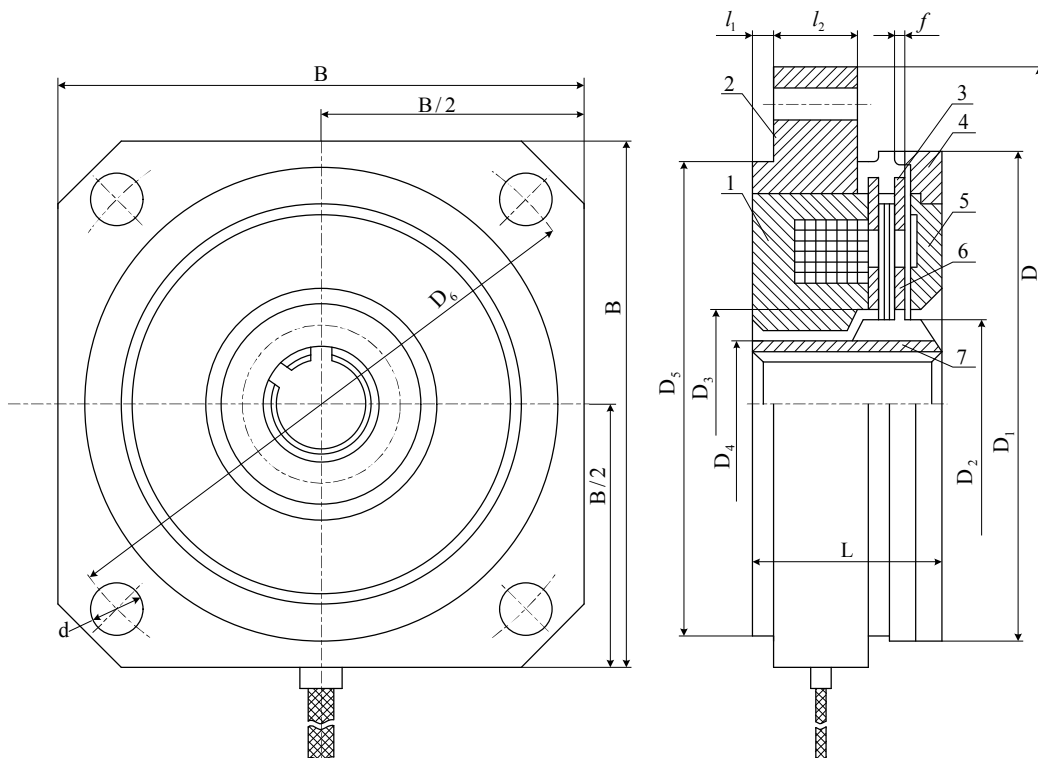


Рис.4.33. Муфта гальмівна виконання ЕІМ...6

Муфти гальмівних виконань E2M ... 4. Муфти даної серії призначені для застосування в основному в автоматичних коробках передач з корпусами, що мають роз'єм по головній площині симетрії. Їх доцільно застосовувати в механізмах подач верстатів в труднодоступних для огляду місцях.

Виконання E2M...4 включає 10 основних габаритних розмірів серії (від 0,5 до 14) на номінальні моменти 16-1000 $H\cdot m$.

На рис. 4.34 (Додаток 53) наведена електромагнітна муфта з магніто-провідними дисками і вбудованими підшипниками кочення виконання E2M...4. Муфта складається з котушки 1, розміщеної в пазу катушкоутримувача 2 без спеціального каркаса; корпуса 3 з полюсами, з'єднаними магнітоізолюючим швом 4; несучої втулки 10, на якій вмонтовуються підшипники 15; внутрішніх дисків 5; зовнішніх дисків 6; якоря 7 і допоміжних деталей 8 і 9 кріплення якоря. Підшипники встановлені з невеликим осьовим натягом, який забезпечується комбінованою упорною шайбою 14 і стопорним кільцем 13.

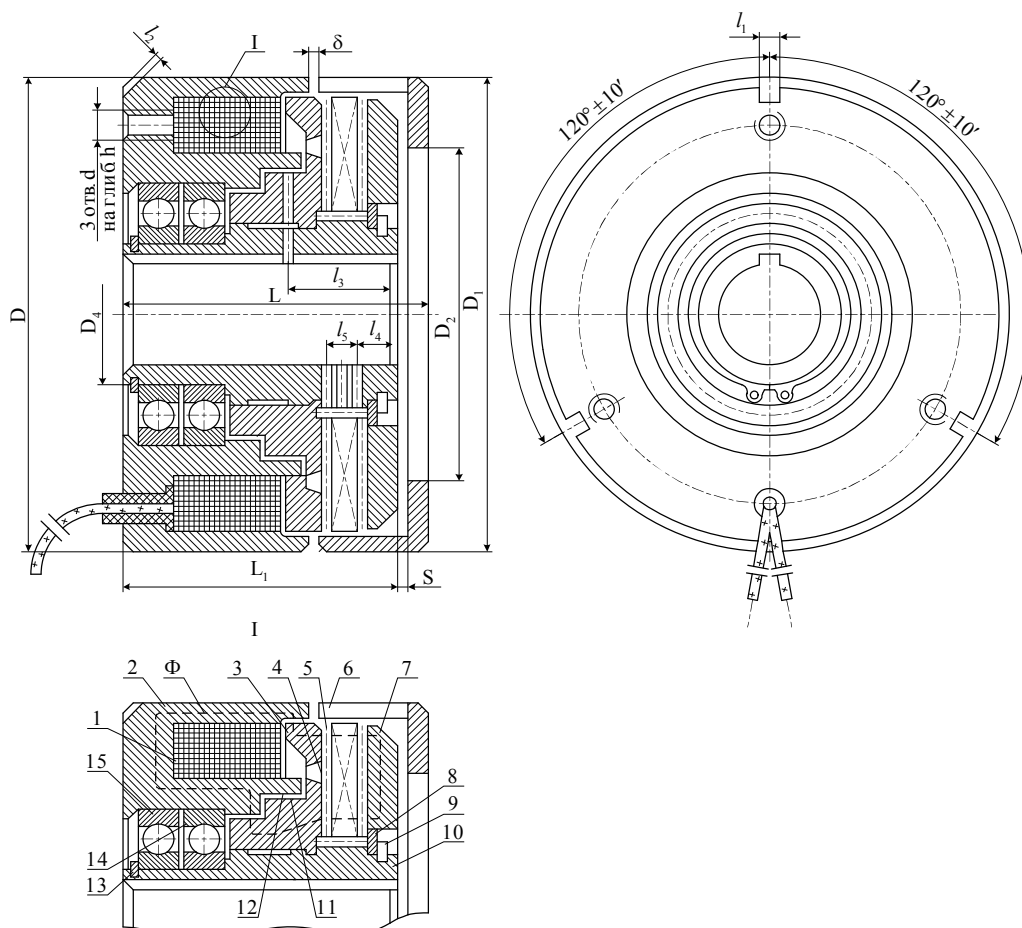


Рис.4.34. Муфта з магніто-провідними дисками і вбудованими підшипниками кочення виконання E2M...4

При подачі напруги до обмоток котушки 1 робочий магнітний потік замикається по контуру Φ . Перехід магнітного потоку з нерухомої части-

ни магнітопроводу на ту, що обертається, здійснюється через баластні проміжки 11 і 12. За винятком конфігурації цих проміжків і підвищеного розсіювання потоку через підшипники і маточину у втулку, магнітні системи муфт виконання Е2М...4 і Е1М...4 (ДСТ 21573) аналогічні. Параметри муфт Е2М...4 співпадають з аналогічними параметрами муфт Е1М...4 (див. Додаток_51) з невеликими відхиленнями часу спізнення електромагнітної муфти $t_{0,1}$ і допустимих значень середньої теплорозсіювальної здатності ΔP , яка обмежується температурними умовами роботи підшипників.

Вибір електромагнітних муфт. Дана методика запропонована ЕНІМСом. Муфти оцінюються за наступними параметрами; статичним (переданим) моментом; динамічним (обертаючим) моментом; часом перехідного процесу в приводі; середньою потужністю втрат; одиничною енергією; залишковим переданим моментом. В деяких випадках оцінки, що практично не впливають на вибір муфти для конкретного механізму, можна опускати.

Пропонується наступний **порядок підбору муфти**.

1. Оцінка за статичним моментом. Номінальний момент $T_{ном}$ муфти повинен перевищувати максимальне значення приведенного статичного моменту навантаження $T_{ст.мах}$, що прикладається після вмикання муфти,

$$T_{ном} < kT_{ст.мах} \quad (4.43)$$

де k - коефіцієнт запасу ($k = 1,1 - 1,6$ - менші значення беруться при більш плавній зміні навантаження).

2. Оцінка за динамічним моментом. Обертаючий момент T_0 муфти повинен перевищувати максимальне значення зведеного моменту стартування $T_{старт}$ механізму

$$T_0 > T_{старт} \quad (4.44)$$

3. Оцінка за часом перехідного процесу.

На рис. 4.35, а наведена фактична і розрахункова динамічна характеристика муфти. Ця нелінійна залежність при розрахунках замінюється кусково-лінійною (рис. 4.35, б), а при «довгих» розгонах механізмів приймається постійною (рис. 4.35, в). У останньому випадку час розгону t_p механізму із зведеним моментом інерції J ($кг \cdot м^2$) при зміні частоти обертання ведучого валу від n_1 до n_2 (об/хв) при зведеному моменті опору руху $T_{оп}$ ($Н \cdot м$) дорівнює:

$$t_p = \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n_2 - n_1}{0,9T_0 - T_{оп}}; \quad (4.45)$$

час гальмування від n_2 до n_1 :

$$t_{гальм} = \frac{J}{9,55} \cdot \frac{n_2 - n_1}{0,9T_0 - T_{оп}}; \quad (4.46)$$

час реверсу від $+n_2$ до $-n_2$

$$t_{рев} = t_p + t_{гальм}, \quad (4.47)$$

де t_p і $t_{гальм}$ обчислюють за формулами (4.45) і (4.35) при $n_1 = 0$.

Слід вибирати муфту, значення T_0 якої забезпечує необхідні для даного механізму t_p , $t_{гальм}$ і $t_{рев}$.

Якщо розрахункові величини t_p , $t_{гальм}$, $t_{рев}$ сумарні з часом запізнення муфти при вмиканні $t_3 = t_0 + 0,5t_{0,9}$, то вони визначаються з урахуванням пунктирно-лінійної характеристики муфти. При цьому вважають, що час розгону складається з інтервалу наростання обертаючого моменту муфти до значення моменту опору (на рис. 4.35 точка А) і часу, що пройшов до встановлення вихідної швидкості.

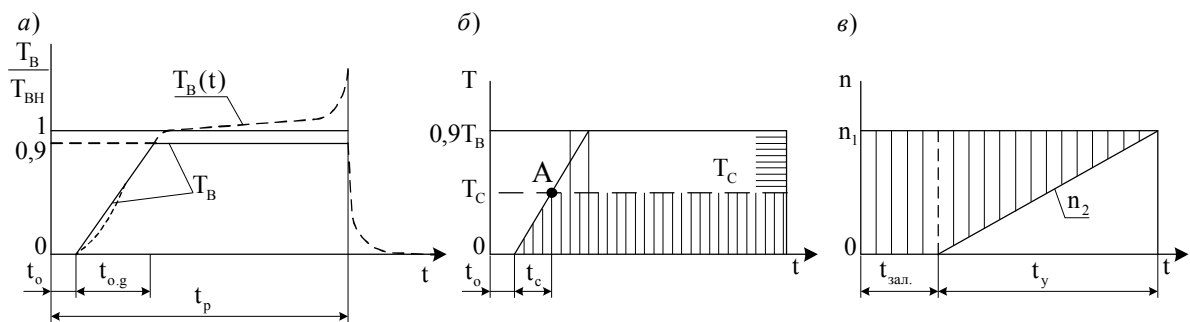


Рис.4.35. Динамічна характеристика муфти

Пунктирно-лінійна характеристика муфти описується функцією вигляду:

$$T_0(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq t < t_0; \\ 0,9T_0 \frac{t}{t_{0,9}} & t_0 < t < t_{0,9}; \\ 0,9T_0 & t > t_{0,9}; \end{cases} \quad (4.48)$$

$$t_p = t_{TP} + t_y \quad (4.49)$$

$$t_{TP} = t_0 + 1,1 t_{0,9} \frac{T_{ОП}}{T_0} \quad (4.50)$$

Час встановлення:

$$t_y = \frac{J(n_2 - n_1)}{9,55(0,9T_0 - T_{ОП})} + \frac{(0,9T_0 - T_{ОП})t_{0,9}}{0,9T_0^2} \quad (4.51)$$

Час гальмування від n_2 до n_1 :

$$t_{гальм} = \frac{J(n_2 - n_1)}{9,55(0,9T_0 - T_{ОП})} + \frac{0,9T_0(t_0 + \frac{t_{0,9}}{2})}{0,9T_0 + T_{ОП}} \quad (4.52)$$

Час реверсу від $+n_2$ до $-n_1$ розраховується за формулою (4.47), складові якої визначаються за виразами (4.48)-(4.51) при $n_1 = 0$.

Параметри t_0 , $t_{0,9}$ надані у Додатку 49.

4. Оцінка за середньою потужністю втрат. Середні втрати ΔP_{cp} ви- значаються виразом:

$$\Delta P_{cp} \approx \Delta P_{TP} + \Delta P_0 \left(1 - \frac{ПВ}{100}\right) + P_K \frac{ПВ}{100}, \quad (4.53)$$

де ΔP_{TP} - втрати на тертя;
 P_K - Джоулеві втрати в обмотці;
 $ПВ$ - відносна тривалість вмикання муфти, %.
 При розгоні

$$\Delta P_{TP.P} \approx \frac{J(n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_0}{0,9T_0 - T_{OP}} \frac{z}{3600}, \quad (4.54)$$

при гальмуванні

$$\Delta P_{TP.ГАЛЬМ} \approx \frac{J(n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_0}{0,9T_0 + T_{OP}} \frac{z}{3600}, \quad (4.55)$$

при реверсі ($n_1 = 0$)

$$\Delta P_{TP.РЕВ} = \Delta P_{TP.P} + \Delta P_{TP.ГАЛЬМ} \quad (4.56)$$

де z - число вмикань за годину;
 ΔP_0 - втрати холостого ходу, Вт.

$$\Delta P_0 = 0,105T_{зал} n_{відн} \quad (4.57)$$

де $n_{відн}$ - відносна частота обертання дисків при відключеній муфті.

Величина ΔP_{CP} повинна задовольняти нерівності

$$\Delta P_{CP} < \Delta P. \quad (4.58)$$

Значення $T_{зал}$ і P_K при 20°C для даної муфти беруться з Додатку 49.

При установці муфти на вертикальному валу норму ΔP необхідно зменшити.

При «коротких» розгонах, гальмуваннях, реверсах замість виразів (4.53)-(4.55) потужність втрат розраховують за формулами:

$$\Delta P'_p = \left[\frac{J(n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_0}{0,9T_0 - T_{on}} + \frac{T_{OP}(n_2 - n_1)t_{0,9}}{19,1} \right] \frac{z}{3600} \quad (4.59)$$

$$\Delta P'_{гальм} = \left\{ \frac{J}{2} \left[\frac{n_2 - n_1}{9,55} - \frac{T_{OP}(2t_0 + t_{0,9}) + 0,9T_0 t_{0,9}}{2J} \right]^2 \frac{0,9T_0}{0,9T_0 + T_{OP}} + \frac{0,9T_0 t_{0,9}}{2} \left[\frac{n_2 - n_1}{9,55} - \frac{2T_{OP}(2t_0 + t_{0,9}) + 0,9T_0 t_{0,9}}{4J} \right] \right\} \frac{z}{3600} \quad (4.60)$$

$$\Delta P'_{рев} = \Delta P'_p + 3\Delta P'_{гальм} \quad (4.61)$$

Складові в правій частині формули (4.60) обчислюються при $n_1 = 0$. Якщо частота вмикань $z \geq z_{нор}$ ($z_{нор}$ - частота вмикань, що забезпечує усереднювання втрат, год⁻¹), то сумарна середня потужність втрат ΔP_{cp} як і раніше повинна задовольняти умові (4.58).

Для менших значень частоти у разі, коли

$$z_{\min} < z < z_{\text{нор}} \quad (4.62)$$

умова усереднювання за часом порушується, тому допустима величина ΔP знижується із зменшенням z . Для z за формулою (4.62) розрахована середня потужність втрат повинна задовольняти нерівності

$$\Delta P_{\text{cp}} < \frac{A_u z}{3600}, \quad (4.63)$$

де енергія циклових втрат $A_u(z)$ визначається за графіками, приведеними на рис. 4.36.

Для значень z у інтервалі $z_{\min} < z < z_{\text{нор}}$ умова (4.63) діє незалежно від того, за якими формулами розраховувалися втрати - за (4.53) - (4.56) або за (4.59) - (4.61).

5. Оцінка за одиничною енергією. Для $z < z_{\min}$ поняття середньої потужності втрат не має сенсу внаслідок великих інтервалів між двома сусідніми енергетичними імпульсами. Тут обмежуючим чинником є гранична енергія, дія якої за одне вмикання ще не має необоротних теплових деформацій дисків, тобто одинична енергія A_1 . Розрахована величина імпульсу енергії, що діє, визначається за наступними виразами:

при розгоні

$$A_p = \frac{Jn^2}{182} \frac{0,9T_O}{0,9T_O - T_{OP}}; \quad (4.64)$$

при гальмуванні

$$A_{\text{гальм}} = \frac{Jn^2}{182} \frac{0,9T_O}{0,9T_O + T_{OP}}; \quad (4.65)$$

при реверсі

$$A_{\text{рев}} = A_p + 3A_{\text{гальм}}. \quad (4.66)$$

При цьому повинна виконуватися нерівність

$$A_p \text{ (або } A_{\text{гальм}}, A_{\text{рев}}) < A_{\text{гальм}} \quad (4.67)$$

Похибка розрахунку енергії за формулами (4.63) - (4.66) тим менша, чим нижчий T_{OP} і більша тривалість процесу.

Якщо $T_{OP} = 0$, то результат точний незалежно від співвідношення величин t_p , $t_{\text{гальм}}$, $t_{\text{рев}}$ і $t_{0,9}$. При $T_{OP} \neq 0$ формула (4.64) дає додатну похибку (тобто занижені значення енергії), а формула (4.65) - від'ємну (розрахункові втрати вище фактичних). Тому для приводів з достатньо великим зведеним моментом ($\frac{T_{OP}}{T_O} \approx 0,3 \dots 0,8$) і відносно коротким часом t_p ,

$t_{\text{гальм}}$, $t_{\text{рев}}$ рекомендується замість формул (4.64) і (4.65) користуватися виразами (4.59) і (4.60), що є уточненими співвідношеннями для розрахунку A_p і $A_{\text{гальм}}$ відповідно. Особливо це доцільно, коли результат на-

ближеного розрахунку знаходиться на межі допустимого, тобто A_p ($A_{гальм}$, $A_{рев}$), бо уточнення може вплинути на вибір габаритного розміру муфти.

Все викладене відноситься також до розрахунку середньої потужності втрат ΔP_p і $\Delta P_{гальм}$ в повторно короткочасному режимі.

У зв'язку з тим, що радіальний розподіл температури в дисках при значних теплоімпульсних навантаженнях залежить від співвідношення масштабів теплового і механічних процесів, допустима величина при плавнішому, «розтягнутому», гальмуванні збільшується (при різкому гальмуванні зменшується) в порівнянні із значеннями, приведеними на графіках (рис. 4.36). Поправковий коефіцієнт визначається за графіком, приведеним на рис. 4.37. Значення теплової постійної $T_{оп}$ для дисків муфт 07 - 14 приведені нижче:

Позначення	$T_{оп}$
07.....	0,60
08.....	0,75
09.....	0,92
10.....	1,51
11.....	1,67
12.....	1,97
13.....	1,87
14.....	2,75

Збільшення (зменшення) тривалості гальмування повинне забезпечуватися відповідним вибором передавального відношення від муфти до навантаження (але не пониженням напруги живлення котушки).

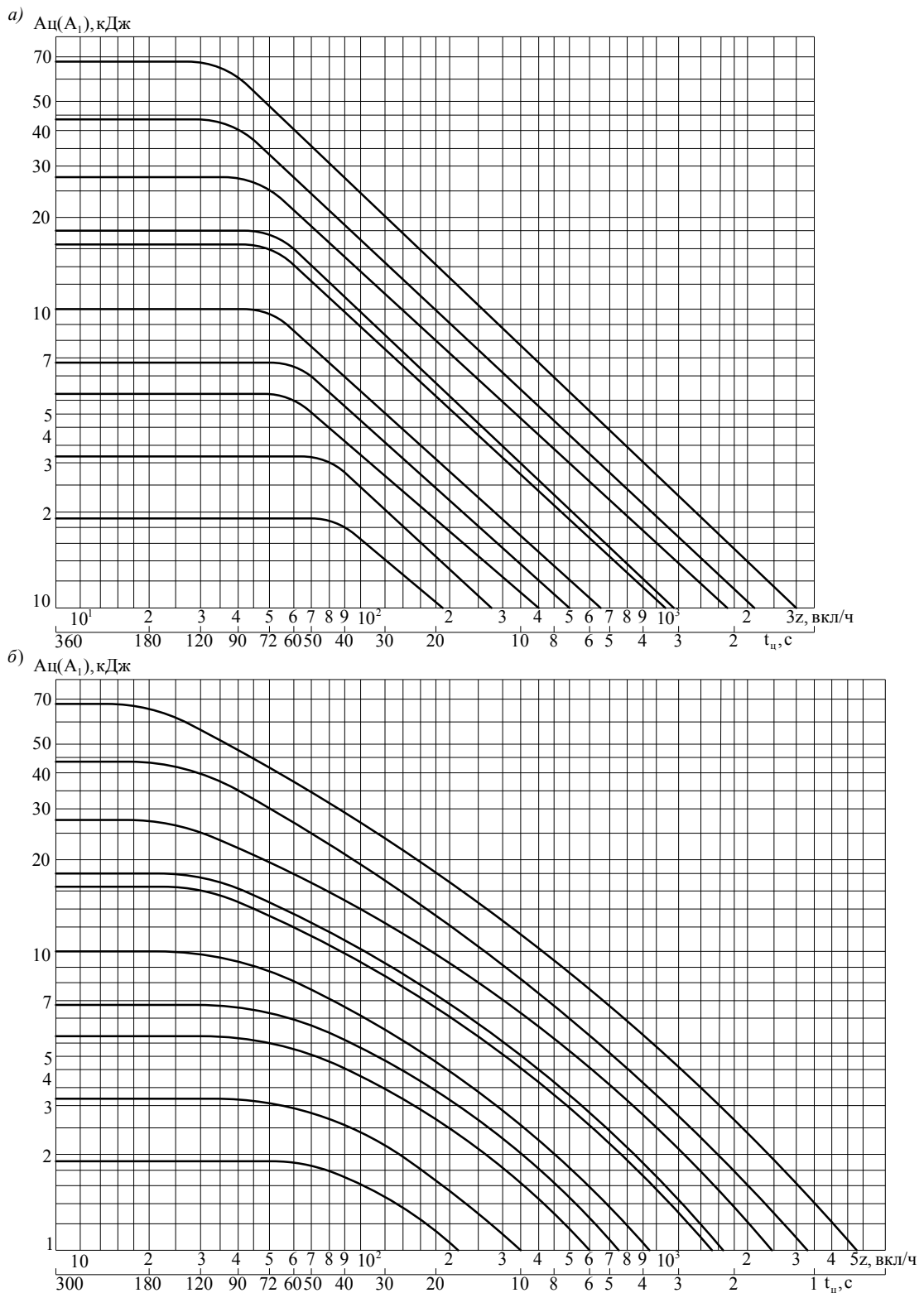


Рис.4.36. Графіки для визначення енергії цифрових втрат муфт ЕІМ...2 – а і ЕІМ...4 – б

6. Оцінка за залишковим передавальним моментом. Умова відсутності мимовільного переміщення механізму під дією залишкового передавального моменту (тільки для ведучих муфт):

$$T_{OP \min} > (1,5 \dots 2) T_{зал}, \quad (4.68)$$

де $T_{оп}$ - мінімальний момент опору механізму при русі на холостому ході, зведений до валу муфти.

При реверсуванні T може зменшуватися внаслідок розкриття люфтів, що приводить до розриву безпосереднього кінематичного зв'язку між веденою частиною муфти і навантаженням. Значення залишкового моменту $T_{зал}$ надані в Додатку 49. Муфта, вибрана на основі оцінок за п.п. 1 - 5, перевіряється за п. 7. Якщо умова (4.67) не виконується, а зменшити $T_{оп}$ не представляється можливим, то в механізмі необхідно забезпечити додаткове пригальмовування або ввести гальмівну муфту.

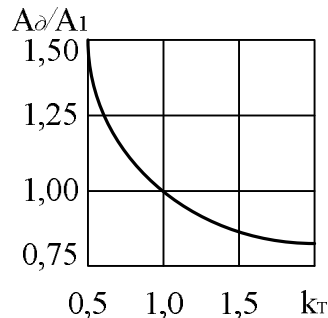


Рис.4.37. Графік для визначення допустимої енергії A_0 по одиничній енергії A_1 при розтягнутому $k_T < 1$ і форсованому ($k_T > 1$) гальмуванні

4.7. Розрахунок основних типів муфт

Приклад розрахунку дискової фрикційної муфти. Визначимо основні параметри муфти за наступними даними:

момент опору $T_{оп} = 70 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

частота обертання ведучої напівмуфти $n = 250 \text{ об/хв}$;

матеріал пар - металокерамічні обкладки, що труться по сталі;

число вмикань в 1 год $n^* = 40$;

діаметр валу $d_в$ - 30 мм.

Фрикційні пари працюють з мастилом.

Область застосування - металорізальний верстат.

1. Визначаємо внутрішній діаметр поверхні тертя дисків

$$D_2 \approx 3d_в = 3 \cdot 30 = 90 \text{ мм};$$

приймаємо $D_2 = 90 \text{ мм}$.

2. Задавшись відношенням $\frac{b}{D_{cp}} = \psi = 0,25$, за формулою $D_{cp} = \frac{D_2}{1 - \psi}$ ви-

значаємо середній діаметр дисків:

$$D_{cp} = \frac{90}{1 - 0,25} = 120 \text{ мм}.$$

3. Задавшись відношенням $\frac{D_2}{D_1} = 0,6$, визначаємо зовнішній діаметр дис-

ків:

$$D_1 = \frac{90}{0,6} = 150 \text{ мм}$$

4. Визначаємо робочу ширину дисків:

$$b = \frac{150 - 90}{2} = 30 \text{ мм.}$$

5. Визначаємо розрахунковий момент за формулою (4.19), вибравши в залежності від області застосування коефіцієнт $\beta = 1,5$:

$$T_{розр} = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. За формулою (4.21) визначаємо число пар поверхонь тертя. Значення f і $[\rho]$ вибираємо за табл. 4.4; $f = 0,05$ $[\rho] = 1 \text{ МПа}$ і коефіцієнт $k_z = 0,97$, тоді

$$z = \frac{2 \cdot 105 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 120^3 \cdot 0,97} = 3,19 \approx 3$$

Число дисків веденої частини муфти дорівнює 2, ведучої - 1.

Визначимо надлишкову температуру поверхонь дисків. Заздалегідь визначаємо кількість теплоти, що виділяється в період вмикання муфти (буксування). Скористаємося даними: момент інерції веденої частини приводу, зведений до валу, $J = 20 \text{ кгм}^2$; час одного вмикання $t_{вмк} = 2 \text{ с}$; товщина диска $\delta = 3 \text{ мм}$; надмірна температура муфти до початку вмикання $t_m = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $\lambda = 46,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{}^\circ\text{C)}$; $\alpha = 518,83 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{}^\circ\text{C)}$, $\alpha = 0,041 \text{ м}^3/\text{год}$; кутова швидкість ведучого валу $\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26,17 \text{ с}^{-1}$.

Площа поверхні тертя диска $A \approx \pi b D_{cp} = 3,14 \cdot 30 \cdot 120 = 11304 \text{ мм}^2 = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ число пар тертя - 3. Тоді площа поверхонь всіх дисків, що труться, $\Sigma A = 3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

Робота сил тертя за час одного вмикання з формули (4.5) при $k=105/3,5=30$

$$A_{тер} = \frac{20 \cdot 26^2}{2} + \frac{2}{3} \cdot 70 \cdot 26 \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 26}{30}} + \frac{70^2 \cdot 26}{2 \cdot 30} = 30140 \text{ Дж}$$

Щільність теплового потоку за формулою (4.35)

$$q = \frac{3600 \cdot 30140}{2 \cdot 3,3 \cdot 10^{-2}} = 1,64 \cdot 10^9 \frac{\text{Дж}}{\text{год} \cdot \text{м}^2}$$

Надлишкова температура поверхні дисків за формулою (4.34) при $\delta = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а $m = 3 \text{ кг}$.

$$t_{cp} = \frac{2,78 \cdot 10^{-4} \cdot 1,64 \cdot 10^9}{46,5} \left(\frac{2 \cdot 0,041 \cdot 2}{0,003} + \frac{0,003}{3} \right) = 53,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Температура на поверхні дисків, відрхована від 0°C , за формулою (4.36):

$$t_\delta = 53,6 + 25 + 20 = 98,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Контрольні запитання

1. За допомогою чого з'єднують вали зчїпні муфти?
2. На які групи вони поділяються?
3. Коли застосовують кулачкові зчїпні муфти?
4. Як здійснюється вмикання і вимикання кулачкових муфт?
5. Якими можуть бути основні профілі кулачків?
6. З яких матеріалів виготовляють кулачки і напівмуфти? Які до них висувають вимоги?
7. Назвіть критерії працездатності кулачкових муфт
8. З яких основних частин складається зубчаста зчїпна муфта?
9. Який основний недолік кулачкових і зубчастих муфт?
10. Який механізм передачі обертаючого моменту у фрикційних муфтах?
11. Які особливості конструкції фрикційних муфт? Які до них висувають вимоги?
12. Які процеси лежать в основі вмикання і вимикання фрикційних муфт?
13. Які умови працездатності лежать в основі розрахунку фрикційних муфт? Чим викликана необхідність виконувати їх тепловий розрахунок?
14. Назвіть найпоширеніші шинно-пневматичні муфти. У чому особливості їх конструкції?

Розділ 5. Муфти вільного ходу

Муфти вільного ходу призначені для передачі моменту тільки в заданому напрямку при однаковості швидкостей обертання ведучої і веденої ланок; якщо швидкість веденої ланки перевищує швидкість ведучої, муфта автоматично роз'єднає поєднані агрегати.

За принципом дії розрізняють два види муфт вільного ходу - фрикційні і храпові. Найбільше розповсюдження отримали перші завдяки здатності працювати при високих швидкостях, довільній кількості вмикань, малому мертвому ходу, безшумності.

В машино- і приладобудуванні широко використовують фрикційні роликові муфти, які мають малі розміри: деталі їх технологічні, обслуговування зводиться до періодичної заміни мастила, промивання. Діапазон моментів, які вони передають, достатньо широкий: від 0,1 до 100 000 *Нм*; діаметр посадочного отвору внутрішньої обойми коливається від 5 до 1800 *мм*, а діаметр отвору зовнішньої обойми - від 20 до 580 *мм*.

Недоліками фрикційних муфт вільного ходу є: відсутність ремонтоздатності; обов'язкова суворі співвісність ведучої і веденої деталей; відсутність можливості регулювання.

На рис. 5.1 наведена класифікація роликових фрикційних муфт вільного ходу.

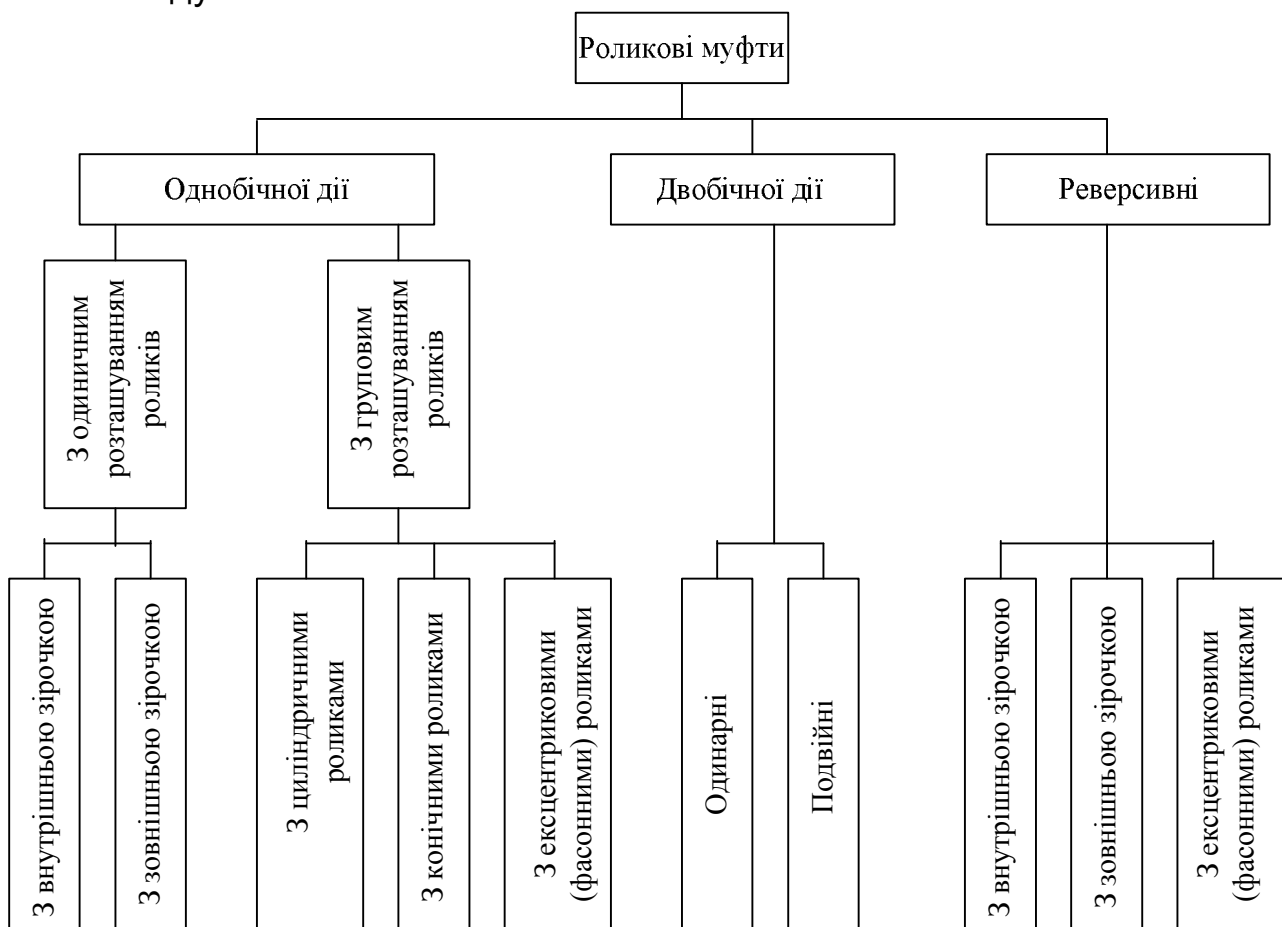


Рис.5.1. Класифікація фрикційних муфт вільного ходу

5.1. Основні типи фрикційних роликкових муфт

Принципова схема роликкової муфти вільного ходу приведена на рис. 5.2.

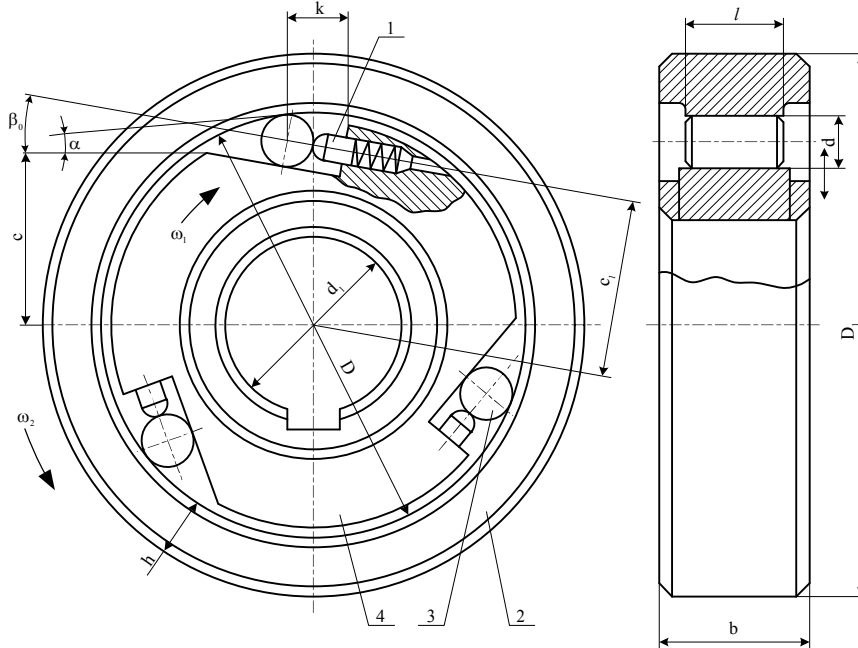


Рис.5.2. Схема роликкової муфти вільного ходу

Муфта складається з обойми 2 і зірочки 4, які є напівмуфтами, роликів 3 і притискних пристроїв 1. Число роликів - від 3 до 8, а інколи і більше. При значній довжині ролика може бути встановлено по два притискні пристрої на кожен ролик. Відомі, загалом, конструкції муфт, які не мають притискних пристроїв. Для запобігання перекосу роликів необхідно застосовувати сепаратори.

Зазвичай внутрішня поверхня обойми виконується циліндричною. Для отримання постійних за величиною кутів заклинювання роликів робоча контактна поверхня зірочки 4 виконується циліндричною, ексцентричною відносно осі зірочки або профілюється за логарифмічною спіраллю. Виходячи з міркувань простоти виготовлення і відсутності потреби у спеціальному обладнанні при обробці і контролі більше розповсюдження отримали муфти з профілюванням зірочки за прямою.

Ведучою ланкою муфти може бути як зірочка, так і обойма. При напрямку обертання згідно з рис. 5.2, ведучою може бути тільки зірочка, тому що тільки в цьому випадку ($\omega_1 > \omega_2$) ролик буде втягнутим у ту частину клина, яка звужується. Головним параметром муфти є кут заклинювання α , зазвичай $\alpha = 6 \div 10^\circ$. В нормалях прийнято $\alpha = 6^\circ$.

Геометричні параметри муфти можуть бути попередньо визначені зі співвідношень:

$$D = 7,73 \sqrt[3]{\frac{T_{розр}}{z}},$$

$$c = \frac{\cos \alpha (D - d) - d}{2} \quad (5.1)$$

где $T_{розр}$ – розрахунковий обертаючий момент, Hm ;
 z - число роликів;
 $D, d, мм$ - на рис. 5.2;

Зазвичай приймають $\frac{D}{d} \approx 8$, тоді

$$c = \frac{d(7 \cos \alpha - 1)}{2}, \text{ а } \cos \alpha = \frac{2c + d}{D - d} \quad (5.2)$$

$$\beta_0 \approx 15^\circ; D_1 = D + 2h; l \approx 1,5d;$$

$$k \approx 0,5 \sqrt{D^2 - 4(c + d)^2};$$

$$c_1 = [0,5(2c + d) - k \operatorname{tg} \beta_0] \cos \beta_0;$$

$$h_{min} = \sqrt{\frac{30T_{розр}(D_1 + D)\varepsilon k_1}{DBf_c[\sigma]_{3z}}}$$

де D_1, D і B – в $мм$;

ε - коефіцієнт, що враховує вплив числа роликів на деформацію обойми;

$$\varepsilon = \frac{1}{2z} \left[\frac{z}{\pi} - \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right];$$

f_c - коефіцієнт тертя ковзання по сталі при наявності мастила; для пари сталь-сталь $f_c \approx 0,06$; для сталі 20Х $[\sigma]_{3z} = 200 \text{ Н/мм}^2$;

k_f коефіцієнт, що враховує вплив радіуса кривизни обойми на її деформацію. Для вибору k_i попередньо визначають параметр

$$\frac{D_1 + d}{4h} :$$

k_i	2,89	2,13	1,79	1,63	1,52	1,3	1,2	1,12	1,09	1,07
$\frac{D_1 + d}{4h}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2	3	4	5

Товщину обойми h приймають: для малих муфт $1/5D$, для великих - $1/8D$.

Кінематична схема одинарної муфти односторонньої дії, яка відповідає схемі, наданій на рис. 5.2, показана на рис. 5.3, а.

Одинарна муфта двосторонньої дії (рис. 5.3, б). Муфти цього типу пов'язують три кінематичні ланцюги і служать для передачі руху і момента веденому валу попеременно від одного з двох кінематичних ланцюгів. На відміну від муфт односторонньої дії мають вилку (сепаратор) 4.

Вилка має самостійне джерело руху. Ведучою може бути будь-яка з ланок муфти, тобто або обойма 1, або вилка 4, або зірочка 2. Між вилкою і зірочкою є жорсткий кінематичний зв'язок і, таким чином, вони завжди обертаються сумісно.

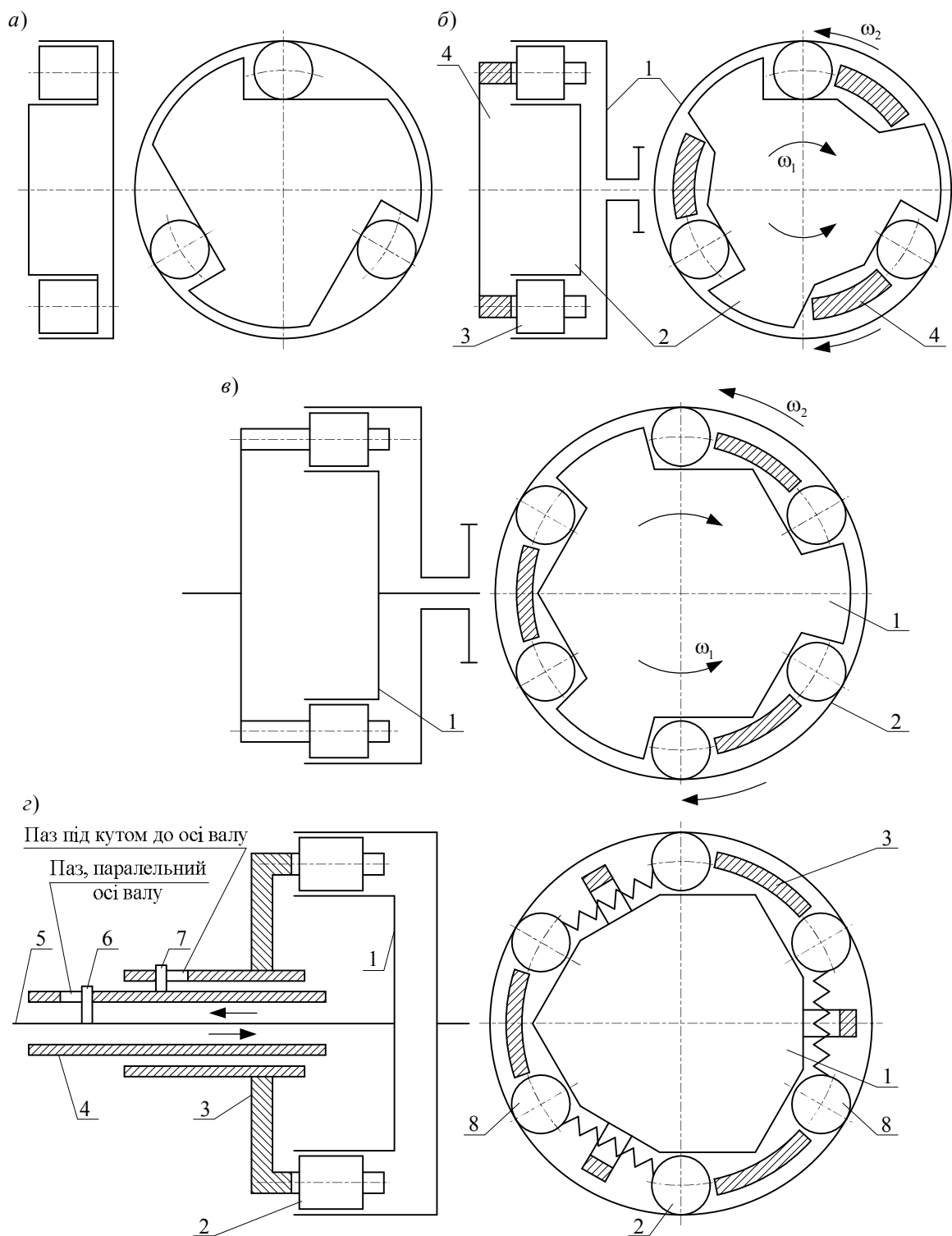


Рис.5.3. Кінематичні схеми роликів муфт вільного ходу

Якщо ведучою буде обойма 1, то, обертаючись за стрілкою годинника, вона затує ролики у вузьку частину клина. З моменту заклинювання $\omega_1 = \omega_2$; з цією кутовою швидкістю буде обертатися вся система, причому завдяки прорізам заклинені ролики 3 ведуть вилку. Однак якщо момент, прикладений до вилки, буде достатнім для подолання опору роликів розклинюванню, відбудеться роз'єднання обойми і зірочки. Обертаючись проти стрілки годинника зі швидкістю $\omega_2 > \omega_1$, обойма не буде ведучою. Вилка не може передавати обертання обоймі при будь-якому напрямку обертання. Якщо веде зірочка, то при русі проти стрілки годинника буде заклинювання роликів, і вся система обертається як одне ціле зі швидкістю ω_1 . При русі за стрілкою годинника зірочка викликає розклинювання системи.

Муфта подвоєна двосторонньої дії (рис. 5.3, в). Подвоєна муфта, на відміну від одинарної, має подвоєне число роликів і робочих поверхонь заклинювання. Заклинювання відбувається при обертанні як зірочки 1, так і обойми 2 у будь-який бік. Якщо ведучою є обойма, то повний обертаючий момент передається зірочці і обмежений - вилці у відповідності з опором останньої. Вилка може вести тільки зірочку, зірочка передає обертання як обоймі, так і вилці.

Реверсивна муфта (рис. 5.3, г). Як і муфта односторонньої дії, вона поєднує два кінематичні ланцюги. В залежності від вмикання вона може передавати момент в обох напрямках: ролики 2 заклинюють муфту у прямому напрямку, ролики 5 - в зворотному. Ролики 2 і 8 розташовані попарно на робочих поверхнях прямого і зворотного ходів і мають загальну розпирну (притискну) пружину, встановлену в отвір спеціального виступу на зірочці. Між кожною парою роликів, протилежних роликам з розпірною пружиною, розташований зубець вилки перемикача 3. Якщо повернути і зафіксувати зубець перемикача відносно зірочки так, щоб він пересунув ролик 2 (на правій проекції рис. 5.3, г) за стрілкою годинника, то ролик буде у широкій частині клина, тобто в положенні холостого ходу. Навпаки, правий ролик 8 при русі зірочки проти стрілки годинника заклинить муфту і передасть момент того ж напрямку. Схема механізму перемикачання може бути, наприклад, такою: на валу 5 на ковзній посадці встановлена втулка 4, яка може ковзати по довж осі вала, направлена штифтом 6 (вісь паза втулки паралельна до осі вала). Втулка 4, в свою чергу, має штифт 7, який сковзає у косому пазі маточини перемикача 3 при осьовому переміщенні втулки 4. Паз в маточині розташований під кутом до осі вала 5 і тому осьовий рух втулки 4 викликає оберт на деякий кут перемикача 3 відносно зірочки 1.

Керування перемикачем може виконуватись як вручну, так і автоматично (дистанційно або безпосередньо).

5.2. Геометрія роликів муфт

Муфта з циліндричними роликами і плоским профілем робочої поверхні зірочки (рис. 5.4). Положення ролика з центром у F_1 - робоче (заклинене) положення; положення ролика з центром у F_2 - положення його в період вільного ходу (розклинений стан); S - проміжок між роликами і внутрішньою поверхнею обойми у розклиненому стані, який забезпечить вільний хід.

До співвідношень (5.1) і (5.2) додаються:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{D + 2c}{2(D - d)}}; \quad (5.3)$$

$$b = \frac{D - d}{2} \sin \alpha;$$

$$c_1 = \frac{D - d}{2} \sin \beta.$$

З рівнянь (5.2) і (5.3) видно, що зі збільшенням c і d кут заклинювання α зменшується, зі збільшенням D - збільшується. На кут α суттєво впливають похибки виготовлення деталей муфти. Якщо позначити індексами b і m найбільше і найменше граничне відхилення розмірів деталей, то формулу (5.2) можна записати так:

$$\cos \alpha_m = \frac{2c_b + d_b}{D_m - d_b}; \quad (5.4)$$

$$\cos \alpha_b = \frac{2c_m + d_m}{D_b - d_m}. \quad (5.5)$$

Між величинами a і S існує зв'язок:

$$a = 0,5 \left[d \frac{1 - \cos(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} - (D - d - 2S) \sin \varphi \right];$$

$$\cos \varphi = \frac{(D - d) \cos \alpha}{D - d - 2S}$$

Граничні відхилення розмірів c і c_1 приймають значення за табл.

5.1.

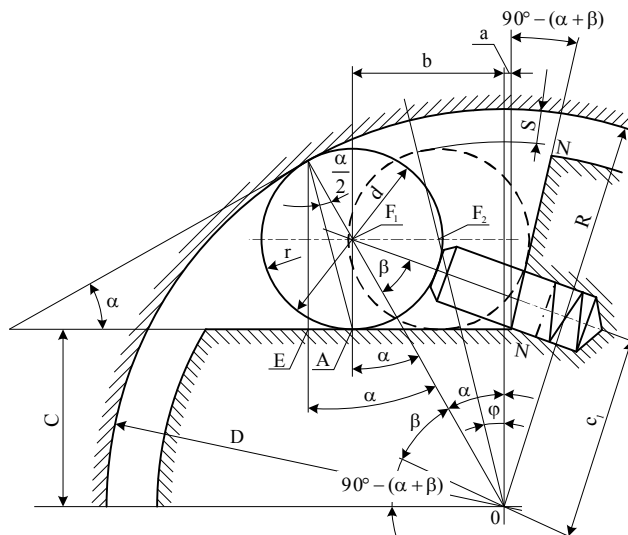


Рис.5.4. Муфта з циліндричними роликами і плоским профілем робочої поверхні зірочки

Якщо прийняти, наприклад, $D = 200$, то $D_m = D_{ном} = 200$; $D_{\bar{o}} = 200 + 0,045 = 200,045$; $d_m = 25,0 - 0,014 = 24,986$; $d_{\bar{o}} = d_{ном} = 25,0$; $c_m = 74,52 - 0,14 = 74,38$; $c_{\bar{o}} = 74,52$ (для роликів граничне відхилення і різниця між $\cos \alpha_m$ і $\cos \alpha_{\bar{o}}$ [див. формули (5.4) і (5.5)] складає приблизно 1°). Слід мати на увазі, що крім похибок виготовлення на величину кута α буде впливати також і деформація деталей і їх зношування.

Муфта з циліндричними роликами і неплоским профілем робочої поверхні зірочки (рис. 5.5). Чим більший кут заклинювання α , тим більшою є, за інших рівних умов, навантажувальна здатність муфти. З цього випливає природне націлення на вибір можливо більшого допустимого кута і такої конструкції, яка забезпечила б сталість кута заклинювання, незважаючи на зміни декотрих розмірів внаслідок зношування. На рис. 5.5 зображена муфта, робоча частина профіля зірочки якої для забезпечення постійності кута заклинювання окреслена за дугою кола. Центр цього кола зсунутий відносно центра обойми на величину e . Для побудовання профілю існують залежності:

$$r_e = \frac{D}{2} - d; \quad (5.6)$$

$$e = (D - d) \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (5.7)$$

При обраних D , d , α знаходимо r_e і e .

З метою збільшення зносостійкості найбільш напруженої ланки – ролика, діаметр його на рис. 5.5 збільшений.

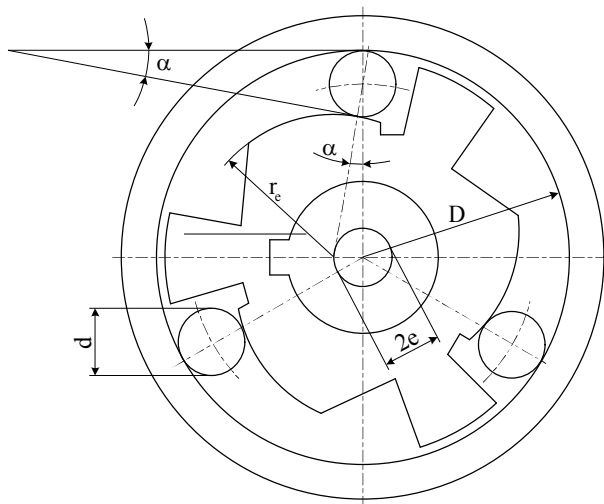


Рис.5.5. Муфта з циліндричними роликами і неплоским профілем робочої поверхні зірочки

Постійність кута заклинювання дозволяє за рахунок більшої його величини ($\alpha=10^\circ$) знизити контактні напруження в місцях дотику роликів і обойм і разом з цим забезпечило рівномірне розподілення навантаження між роликами.

Випробування дослідних зразків описаної муфти, за свідченням автора В.Ф. Мальцева [2], показали їх високу довговічність при навантаженнях, в сім раз перебільшуючих допустимі.

Таблиця 5.1

Розміри c і c_1 (мм) з граничними відхиленнями

D (гран. відх. за Н7)	c	c_1	D (гран. відх. за Н7)	c	c_1
32	11,92 _{-0,01}	13,0 _{-0,2}	100	36,76 _{-0,06}	40,5 _{-0,5}
40	14,90 _{-0,01}	16,3 _{-0,2}	125	46,20 _{-0,08}	50,8 _{-0,5}
50	18,87 _{-0,02}	21,2 _{-0,3}	160	59,61 _{-0,13}	62,5 _{-0,6}
65	24,34 _{-0,03}	26,6 _{-0,3}	200	74,52 _{-0,14}	81,5 _{-0,6}
80	29,80 _{-0,04}	32,6 _{-0,3}	-	-	-

Муфта з ексцентриковими роликами (рис. 5.6). Між двома концентричними циліндричними поверхнями зовнішньої і внутрішньої обойм розташовуються ексцентрикові ролики. За умови $\omega_1 > \omega_2$ ролики заклинюються. Переваги такої конструкції перед муфтою з циліндричними роликами: простота виконання обох обойм; можливість розташувати велику кількість заклинюючих тіл; відносно великий радіус контактуючих поверхонь r . Радіуси ролика необов'язково мають бути однаковими; навпаки, для зниження контактних напружень бажано, щоб $r_2 > r_1$, де r_2 і r_1 - радіуси поверхонь ролика, повернутих відповідно до внутрішньої і зовнішньої обойм.

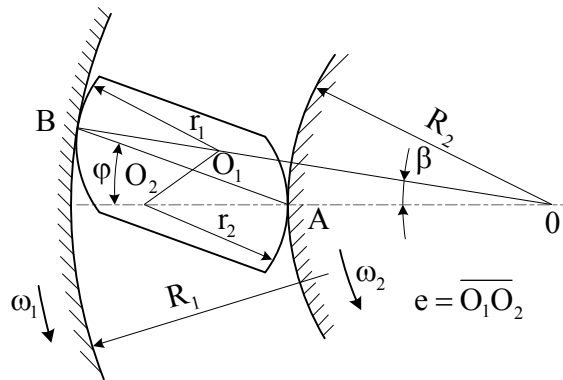


Рис.5.6. Муфта з ексцентриковими роликами

У цій муфті головним параметром є кут φ (рис. 5.6). Ексцентриситет знаходимо з виразу:

$$e = \sqrt{(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - 2(R_1 - r)(R_2 + r)\cos\beta}. \quad (5.8)$$

Внаслідок малого значення кута β можна прийняти $\cos\beta = 1$, тоді:

$$e \approx \sqrt{R_2^2 + 4r^2 + R_1^2 + 4rR_2 - 4rR_1 - 2R_1R_2} = R_2 + 2r - R_1;$$

$$\sin\varphi = \frac{OB\sin\beta}{AB} = \frac{R\sin\beta}{\sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2\cos\beta}}. \quad (5.9)$$

Величина $\cos\beta$ може бути знайдена з виразу (5.8).

Муфта з ексцентриковими (фасонними) роликами різної кривизни робочих поверхонь (рис. 5.7). Між зовнішньою 2 і внутрішньою 4 обоймами (рис. 5.7, а) з гладкими циліндричними поверхнями розташовані фасонні ролики 1, в яких встановлені підпружинені штовхачі 3. Сили, що діють на ролик 1 при заклинюванні, залежать від геометрії. Центри кривизни робочих поверхонь з радіусами ρ_A і ρ_B розташовані так, що відстань між точками контакту А і В завжди більша відстані по радіусу між кільцями (рис. 5.7, б). План сил, що діють на ролик в заклиненому стані, показаний на рис. 5.8, в. Подібно до муфти, зображеної на рис. 5.4, муфта з фасонними роликами має постійний кут заклинювання.

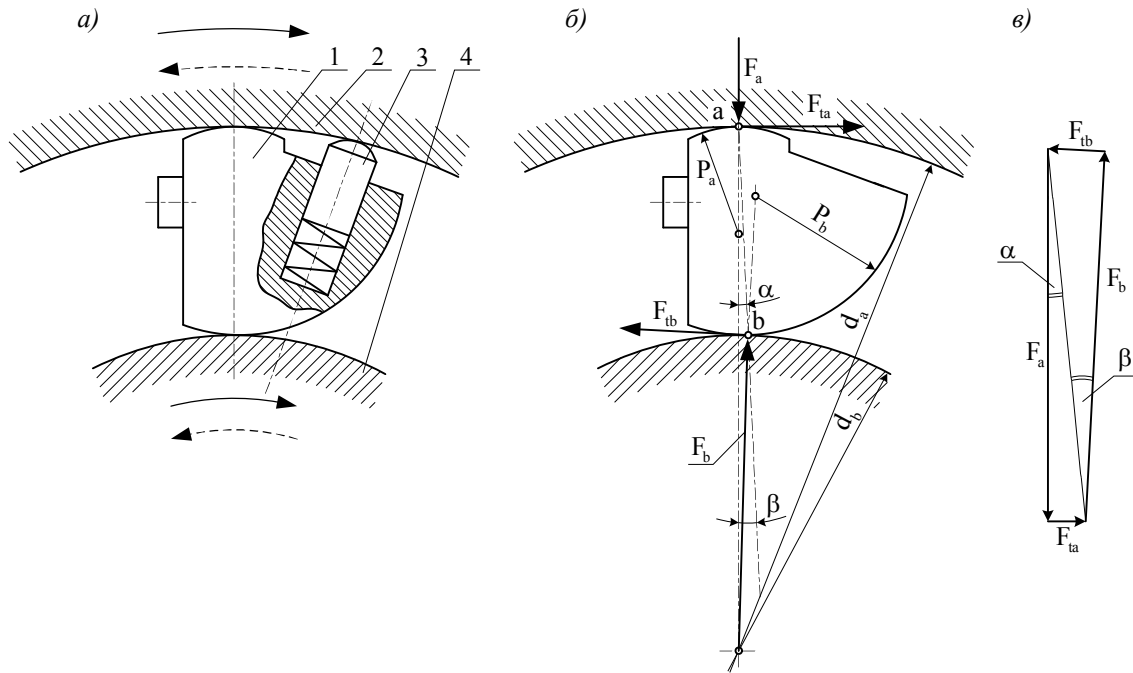


Рис.5.7. Конструкція і схема сил, що діють на ексцентриковий ролик подвійної кривизни

Сила тертя $F_{мер}$ в місці контакту ролика з обоймою залежить від величини нормальної сили F і коефіцієнта тертя f .

$$F_{мер} = Ff .$$

Умовою працездатності муфти є

$$F_{мер} > F_t ,$$

де

$$F_{tB} = F_B \operatorname{tg} \beta ; \quad F_{tA} = F_A \operatorname{tg} \alpha . \quad (5.10)$$

Звідси $f > \operatorname{tg} \alpha$ - основна умова працездатності муфти.

У зв'язку з тим, що заклинювання у точках A і B різне, має виконуватися співвідношення $\alpha > \beta$. З формули (5.10) видно, що зі зростанням кута заклинювання (α чи β) і нормальної сили F_A або F_B момент, який передає муфта, зростає. Однак це призводить до збільшення навантаження на ролик.

Момент, який передає муфта,

$$T = \frac{zF_{tA}d_a}{2} . \quad (5.11)$$

Позитивною особливістю цієї муфти, як і муфти, що показана на рис. 5.9, є можливість запобігання тертю роликів по внутрішній обоймі при вільному ході. Якщо ролик рухається разом із зовнішньою обоймою (на рис. 5.7, б за рахунок сепаратора 1, поєднаного із зовнішньою обоймою), то при деякій частоті обертання відцентрова сила пересуне ролик, переважаючи силу пружини таким чином, що між ним і внутрішньою обоймою утвориться проміжок.

Відрив роликів від внутрішнього кільця настає за умови

$$F_u \ell_1 > F_{np} \ell_2$$

Відцентрова сила F_u на ролику

$$F_u = \frac{G}{g} r_s \omega_a \quad (5.12)$$

де G - вага ролика;
 g - прискорення вільного падіння;
 r_s - радіус розташування центра маси ролика;
 ω_a - кутова швидкість пересування точки S.

З (5.12) можна отримати вираз частоти обертання зовнішньої обойми, при якій почнеться відрив роликів від внутрішньої обойми,

$$n_a = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{F_{np} \ell_2 g}{G \ell_1 r_s}}$$

де F_{np} - сила дії пружини;
 l_1, l_2, r_s - лінійні розміри муфти.

Муфта з фасонними роликами має високу надійність і ресурс навіть в умовах повної відсутності мастила. Ресурс муфти значно зростає завдяки додатковому пружному спіранню роликів на сепаратор.

5.3. Розрахунок на контактну міцність муфт з циліндричними і ексцентриковими роликами

Вантажність муфти визначається за найбільшими дотичними напруженнями τ , які виникають у зоні контакту ролика з обоймою або зірочкою.

Будемо вважати, що модулі пружності матеріалів зірочки, обойми і ролика однакові, тобто $E_s = E_o = E_p = E$. Тоді для муфти з внутрішньою зірочкою, що має плоский профіль робочої поверхні, дотичні напруження в зоні контакту її з роликом

$$\tau_{max} = 0,142 \sqrt{\frac{T_{позп} E}{R l r z t g \frac{\alpha}{2}}} \quad (5.13)$$

$$T = 50[\tau]^2 \frac{R l r z t g \frac{\alpha}{2}}{E} \quad (5.14)$$

де z - число роликів.

Для муфти із зовнішньою зірочкою, яка має плоский профіль робочої поверхні (рис. 5.8), напруження в зоні контакту ролика із зірочкою 1 складає

$$\tau_3 = 0,142 \sqrt{\frac{T_{\text{розр}} E}{R_o l r z t g \frac{\alpha}{2}}} \quad (5.15)$$

де R_o - радіус внутрішньої обойми (рис. 5.8).

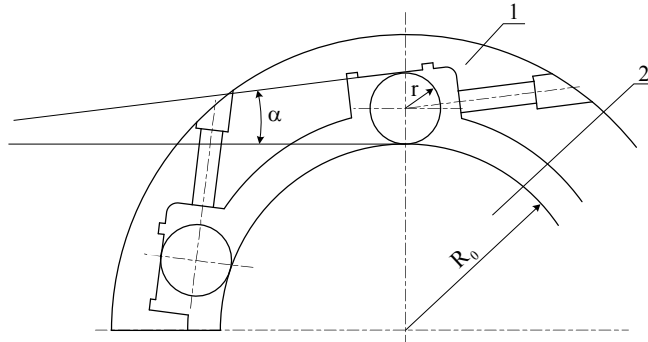


Рис.5.8. Муфта із зовнішньою зірочкою, яка має плоский профіль робочої поверхні

Напруження в зоні контакту ролика з обоймою 2

$$\tau_o = 0,142 \sqrt{\frac{T_{\text{розр}} E (R_o + r)}{R_o^2 l r z t g \frac{\alpha}{2}}} \quad (5.16)$$

Напруження τ_3 і τ_o неоднакові: $\tau_3 < \tau_o$. Однак для муфт з частим вмиканням основне значення має знос, тому слід враховувати τ_3 у відповідності до формули (5.15).

З формул (5.15) і (5.16) отримуємо максимально допустимий момент:

$$T_{\text{max}} = 50[\tau]^2 \frac{R_o l r z t g \frac{\alpha}{2}}{E} \quad (5.17)$$

$$T_{\text{max}} = 50[\tau]^2 \frac{R_o^2 l r z t g \frac{\alpha}{2}}{E(R_o + r)} \quad (5.18)$$

Для муфти з ексцентриковими роликами (див. рис. 5.5):

$$\tau_o = 0,142 \sqrt{\frac{T_{\text{розр}} E (R_2 + r)}{R_2^2 l r z t g \varphi}}; \quad (5.19)$$

$$T_{\text{max}} = 50[\tau]^2 \frac{R_2^2 l r z t g \varphi}{E(R_2 + r)} \quad (5.20)$$

Величина допустимого напруження $[\tau]$ залежить від числа циклів навантаження та числа роликів z і може бути вибрана з табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Допустимі напруження

z	Число циклів навантаження	$[\tau]$, МПа
3	$(25 - 32) \cdot 10^6$	350

5	$(30-40) \cdot 10^6$	350
3	$(14-16) \cdot 10^6$	500
5	$(16-20) \cdot 10^6$	500
3	$(8-10) \cdot 10^6$	620
5	$(9-14) \cdot 10^6$	620

В формулах (5.13) - (5.20) розрахунковий момент

$$T_{розр} = T_{ном} (k_d + k_p) k_T$$

де $T_{ном}$ - номінальний момент привода;
 k_d - коефіцієнт динамічності, який залежить від типу двигуна;
 k_p - коефіцієнт динамічності, який залежить від типу робочої машини;
 k_T - коефіцієнт точності, що враховує похибки виготовлення деталей муфти, які ведуть до нерівномірного розподілення навантаження на ролики. Числові значення коефіцієнтів в залежності від типу агрегатів, які поєднує муфта, і профілю зірочки надані нижче.

	k_d
Електродвигуни, гідроприводи	0,25
Двигуни внутрішнього згорання з числом циліндрів:	
12	0,30
6	0,40
4	0,50
	k_p
Легкі верстати для обробки металу і деревини, конвеєри, елеватори, піднімальні пристрої	1,20
Довбальні і шлифувальні верстати, преси, ножиці, компресори, підвісні дороги	1,40
Трактори, молоти, очисні барабани, млини, шахтні вентилятори	1,60
Крани, екскаватори, кувальні преси, землечерпалки, ліфти, камендробарки, бігуни	2,00
Важкі прокатні стани, млини барабанні і кулькові	2,80
	k_T
Прямий профіль робочої поверхні зірочки	1,10-1,50
Криволінійний профіль робочої поверхні зірочки	1,0-1,25

Для муфти з фасонними роликами (рис. 5.7) напруження зминання (тиск):

$$p = \frac{F}{2\rho b},$$

де F - нормальна сила;

ρ_A, ρ_B - зведений радіус кривизни у точках контакту A і B ролика з обіймою, $\rho_A = \frac{r_2 R_2}{r_2 + R_2}$, $\rho_B = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1}$;

b - довжина ролика.

Видно, що в результаті відповідного підбору радіусів кривизни ρ_A і ρ_B можна зрівняти напруження зминання на внутрішній і зовнішній обіймах. У зовнішній обіймі виникає складний напружений стан під дією нормальної і тангенціальної сил, згинаючого моменту.

Нормальне напруження

$$\sigma = \frac{F}{2bS} \varphi_1$$

де F - нормальна сила, що визначається за величиною обертаючого моменту T [див. формули (5.11) і (5.10)];

S - товщина зовнішньої обійми; $\varphi_1 = \frac{\pi}{z}$; z - число роликів.

Тангенціальне напруження

$$\tau = \frac{F}{2Sb}.$$

Напруження згину

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{3Fr_a}{bS^2} \left(\text{ctg} \varphi_1 - \frac{1}{\varphi_1} \right);$$

$$r_a = \frac{d_a + S}{2}.$$

Еквівалентне напруження

$$\sigma = \sqrt{(\sigma + \sigma_{\text{зг}})^2 + (1,5\tau^2)}.$$

5.4. Рекомендації з конструювання муфт і вибору матеріалів

Робота муфти вільного ходу складається з таких етапів: вільний хід – самозаклинювання - заклинений стан - саморозклинювання - вільний хід. Правильний вибір параметрів муфти, серед котрих головним є кут заклинювання, має забезпечити безвідмовність виконання цих етапів.

Для муфт із циліндричними роликами умова самозаклинювання має вигляд:

$$\alpha > 2\rho$$

де ρ - кут тертя ковзання.

Умова саморозклинювання:

$$\alpha \geq 2\rho$$

Умова самозаклинювання муфти з ексцентриковими роликами:

$$\varphi > \rho$$

Приймають $\varphi \leq 4^\circ$.

Умова самозаклинювання муфти з фасонними роликами (рис. 5.6):

$$f > tg\alpha$$

В табл. 5.3 і 5.4 надані рекомендовані кути заклинювання, числа роликів і значення параметрів k_1 і k_2 ($k_1 = \frac{D}{d}$; $k_2 = \frac{b}{d}$, де D - діаметр розточки обойми; b - довжина ролика; d - діаметр ролика). При використанні роликів стандартних підшипників за тіла заклинювання можна використовувати ролики, наведені в табл. 5.5, в якій вказані граничні відхилення їх діаметрів і довжин.

Таблиця 5.3

Рекомендовані кути заклинювання

Різновиди служби муфт	Кут заклинювання α , град		
	Прямолінійний профіль зірочки		Криволінійний профіль зірочки
	внутрішній	зовнішній	
Затискні (стопорні) муфти	1	2-3	1-2
Рідке вмикання муфт з нетривалим вільним ходом	6-8	8-10	7-10
Муфти з тривалим вільним ходом звичайного типу безконтактні	4-5	6-8 8-10	5-7 7-10
Муфти з частим вмиканням і підвищеною довговічністю	4-6	8-10	10

Таблиця 5.4

Число роликів z і параметри k_1 і k_2

Вид приводу, обладнання або машин	z	k_1	k_2
Токарні автомати	3-6	7-9	1,5-3,0
Імпульсні варіатори	5-8	5-6	2-4
Роликові зупинники транспортерів і піднімальних машин	3-4	8	1,25-1,50
Привод нагнітача авіаційного двигуна	8-10	7-9	1,00-1,25

Трансмісії автомобілів	8-20	9-15	1,5-3,0
Втулка велосипеда	5	6	2
Автомобільні пускові прилади	4-5	5-6	1,25-1,50
Самозатискні роликові патрони та оправки	3	6-8	1,5

Таблиця 5.5

Граничні відхилення параметрів роликів

Група роликів	Діаметр роликів, мм		Допустимі відхилення (для всіх ступенів точності), мкм	
	понад	до	за діаметром	за довжиною
Вищий клас (В)	-	10	-10	-16
	10	50	-20	-20
Найвищий клас (Н)	-	50	-30	-30
Нормальний клас (НР)	-	50	-50	-50
Різного призначення (Р)	-	50	-100	-100

Кут нахилу осі притискного штифта, який проходить через вісь ролика, приймають приблизно 15° , тобто $\alpha + \beta = 75^\circ$. Сила пружини, що діє на ролик, має забезпечувати постійне притиснення ролика до обойми і зірочки. Приблизно маємо:

$$F_{np} = m\omega^2(R - r)\sin \rho,$$

де m - маса ролика;

ω - кутова швидкість зірочки;

$R - r = R_0$ - радіус розташування центра ролика, м;

ρ - кут тертя (ковзання).

Велику роль у забезпеченні надійності муфт відіграє шорсткість поверхні контактуючих поверхонь зірочки, обойми і ролика.

Ролики піддають термічній обробці. Потрібно віддати перевагу цементації з загартуванням або загартуванню з нагрівом СВЧ, а не суцільному загартуванню для того, щоб твердість серцевиння була у межах 35-45 HRC. Для виготовлення обойми застосовують сталь 20X з глибиною цементації (59-60 HRC) δ в залежності від її діаметру:

$D, \text{ мм}$	32-40	40-75	75-125	125-200
$\delta, \text{ мм}$	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,25	1,5-1,8

Інколи використовуються сталі: 40X (48 HRC), 12X3 (59 HRC), У10 (60-64 HRC), ШХ15 (59-64 HRC), 12ХН3А (59-62 HRC), 20ХГНР (60-63 HRC).

Для зірочки, робоча ділянка якої більш піддається втомному руйнуванню, ніж ділянка обойми, рекомендується більша глибина цементації:

$D, \text{ мм}$	32-40	40-75	75-125	125 і більше
$\delta, \text{ мм}$	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-1,8	1,8-2,0

Для зірочок, як і для обойм, частіше використовують сталь 20Х (59-60 HRC) з вказаною глибиною цементації; інколи використовуються сталі 40Х (48-53 HRC), У10 (61 HRC), ШХ15 (59-63 HRC), 12ХН3А (62-60 HRC), 20ХГНР (59-63 HRC). Для вставок зірочок товщиною $\ell = 0,5d$ (d - діаметр ролика) застосовується твердий сплав Т15К6, що дає можливість збільшити довговічність зірочки на 50-100%. Ролики виготовляються зі сталі: ШХ15 (59-63 HRC), У8А (60-62 HRC), У10А (59-62 HRC), ХВГ (62 HRC).

Муфти з зірочками із плоским профілем дуже чутливі до зносу роликів: при зносі ролика всього на 1,5% можливі пробуксовки. Тому ролики стандартних підшипників непридатні для муфт із плоским профілем, але можуть бути застосовані для зірочок із профілем, показаним на рис. 5.4. Зазвичай для роликів використовують сталь ШХ15, термічно обробляючи її як і для роликотідшипників до 59-63 HRC. При невеликій кількості вмикань використовують сталь У8 (55-58 HRC). Застосовуються також сталі У8А (60-62 HRC), У10А (59-62 HRC), ХВГ (62 HRC).

Довговічність муфт вільного ходу тісно пов'язана з відхиленнями від співвісності обойми і зірочки, тому разом із засобами по забезпеченню співвісності потрібно звертати увагу на високу довговічність підшипників і високий клас точності їх виконання.

Змащування призначене для зменшення зносу і втрат у муфтах при вільному ході, а у швидкохідних муфтах, крім цього, і для відведення тепла. У останньому випадку має бути безперервне підведення і відведення мастила. Рекомендується застосовувати рідке мастило з кінематичною в'язкістю $\nu = 17-28 \text{ мм}^2/\text{с}$. Для кращого проникнення мастила до контактуючих площадок застосовують конструкції муфт із зовнішньою зірочкою. При невисоких колових швидкостях і нечастих вмиканнях застосовують пластичні мастила як у підшипниках кочення. Перевагу слід віддавати мастилам з більш високою температурою (до 130°C).

Контрольні запитання

1. Для чого застосовують муфти вільного ходу?
2. На які групи і за якими ознаками поділяють муфти вільного ходу?
3. Назвіть переваги і недоліки муфт вільного ходу
4. Як працює роликотідшипник? З яких конструктивних елементів вона складається?
5. Як виконується розрахунок на контактну міцність роликотідшипників?
6. Назвіть основні етапи роботи муфти вільного ходу
7. Які рекомендації є основними при виборі муфт вільного ходу?

8. З яких матеріалів виготовлені ролики роликових муфт вільного ходу?
9. З яких матеріалів виготовляють зірочки і обойми?
10. Як впливає шорсткість поверхні на надійність муфт вільного ходу?

Розділ 6. Запобіжні муфти

З метою захисту елементів машин від перевантажень в кінематичних схемах приводів застосовують запобіжні муфти, котрі автоматично розмикають передачу за певних умов. Установка таких муфт використовується в приводах, що містять ведені ланки з упорами, які обмежують переміщення, а також в випадках, коли попередньо важко врахувати величину максимального навантаження.

Швидкість дії і точність в роботі запобіжної муфти зростають, коли її розташовують саме на тих ділянках кінематичної схеми, на яких можливе виникнення перевантажень. На жаль, це не завжди можливо. Тому в більшості випадків муфту розташовують між електродвигуном і редуктором.

За характером сили, яка реалізується в процесі роботи, запобіжні муфти поділяються на:

- муфти з руйнуванням спеціальних елементів (штифтів, шпонок);
- муфти з контактуючим елементом, які спрацьовують при певних силах пружності (кулькові, роликові, кулачкові);
- муфти, які спрацьовують при певних силах тертя (фрикційні).

До більшості запобіжних муфт висуваються наступні вимоги: точність спрацьовування, можливість регулювання величини максимального моменту, здатність автоматично поновлювати свою роботоздатність (крім муфт з руйнуванням спеціальних елементів).

Розглянемо найбільш поширені характеристики запобіжних муфт. Попередньо необхідно побудувати поля максимальних обертаючих моментів машини $T_{маш}$ і муфти $T_{муф}$ (рис. 6.1).

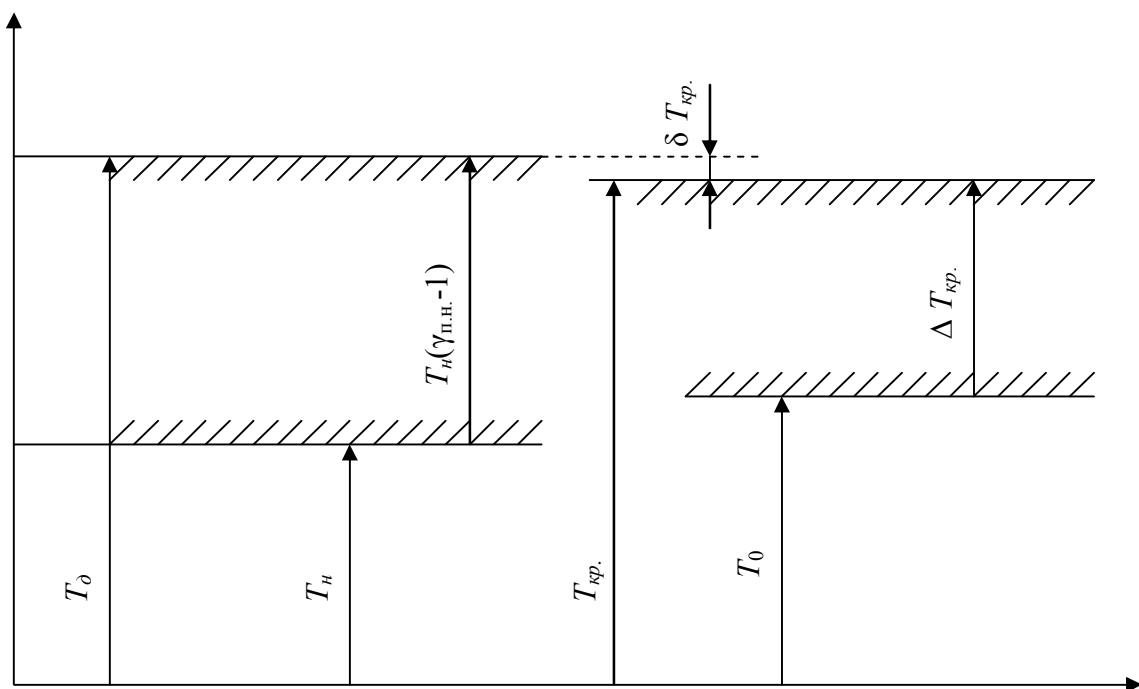


Рис. 6.1. Поля обертаючих моментів машини і муфти

Нижнє значення поля машини визначають за формулою:

$$T_n = \beta \cdot T_{ном},$$

де β – коефіцієнт запасу, який забезпечує неспрацювання муфти при пусках;

$T_{ном}$ – номінальний обертаючий момент двигуна.

Величину коефіцієнта β визначають за формулою:

$$\beta = 1,1 \frac{T_{пуск}}{T_{ном}}.$$

Значення відношень $\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$ наведені в довідниках для відповідних

типів двигунів.

Верхня границя поля машини T_δ визначається величиною найбільшого навантаження для найслабшого елемента кінематичної схеми.

Для розрахунків і порівняння муфт між собою використовується низка коефіцієнтів.

Коефіцієнт перевищення номінального навантаження $\gamma_{п.н.}$ характеризує повноту використання закладених можливостей машини і інтервал спрацювання муфти:

$$\gamma_{п.н.} = \frac{T_\delta}{T_n}.$$

Інтервал спрацювання муфти:

$$T_\delta - T_n = T_n (\gamma_{п.н.} - 1)$$

Розглядаючи праву частину рис. 6.1., можемо визначити інтервал моментів, в межах якого мусить спрацювати запобіжна муфта

$$\Delta T_{кр} = T_{кр} + \delta T_{кр} - T_0 \quad (6.1)$$

де $T_{кр}$ – максимальний момент, при якому відбувається спрацювання муфти;

δ – відносна похибка спрацювання;

T_0 – мінімальний момент, при якому відбувається спрацювання муфти.

Рівняння (6.1) можна переписати у вигляді

$$\Delta T_{кр} = T_{кр} \cdot (1 + \delta - \gamma_\psi) = T_{кр} \cdot \gamma_{кр}$$

де γ_ψ - коефіцієнт чутливості муфти; $\gamma_\psi = \frac{T_0}{T_{кр}}$;

$\gamma_{кр}$ - відносна величина поля спрацювання муфти;

$$\gamma_{кр} = 1 + \delta - \gamma_\psi.$$

Враховуючи, що:

$$T_\delta = T_{кр} + \delta T_{кр} = T_{кр} \cdot (1 + \delta) = T_n \cdot \gamma_{п.н.}$$

отримаємо

$$T_{кр} \leq \frac{T_n \cdot \gamma_{н.н.}}{1 + \delta} = \frac{T_{\delta}}{1 + \delta}$$

Крайнім випадком застосування муфти є співпадання полів моментів машини і муфти:

$$T_n (\gamma_{н.н.} - 1) = T_{кр} \cdot \gamma_{пр}$$

Тоді величину $\gamma_{пр}$ визначимо так:

$$\gamma_{пр} = \frac{T_n (\gamma_{н.н.} - 1)}{T_{кр}}$$

Максимальний момент, при якому відбувається спрацьовування муфти, визначимо за формулою:

$$T_{кр} = \beta_n \cdot T_n,$$

де
$$\beta_n = \frac{\gamma_{н.н.} - 1}{\gamma_{кр}}$$

Для більшості розрахунків приймають $\beta_n = 1,25$.

Коефіцієнт $\gamma_{\delta.с}$ характеризує муфту при її спрацьовуванні:

$$\gamma_{\delta.с} = \frac{T_{\delta.с}}{T_{кр}},$$

де $T_{\delta.с}$ – момент, який установився після спрацьовування.

Для муфти, у котрій відбувається руйнування певного елемента, $\gamma_{\delta.с} = 0$.

Коефіцієнт точності визначається відношенням найбільшого T_{max} і найменшого T_{min} крутних моментів, при яких спрацьовує муфта

$$\gamma_{м.ч} = \frac{T_{max}}{T_{min}}.$$

Чим ближче значення $\gamma_{м.ч}$ до одиниці, тим вища якість муфти.

Для сухих дискових фрикційних муфт $\gamma_{м.ч} \leq 2,5$, для масляних $\gamma_{м.ч} \leq 1,5$, для пружинно-кулачкових $\gamma_{м.ч} = 1,25 \div 1,5$.

Час дії запобіжної муфти t_{δ} визначається за формулою:

$$t_{\delta} = \frac{1}{K} t_{ав},$$

де $t_{ав}$ – час, по закінченні якого настає аварійний стан машини;

K – коефіцієнт безпеки ($K > 2$).

Найбільш важливі експлуатаційні характеристики запобіжних муфт наведені в Додатку 54.

6.1. Муфта з руйнуючим елементом

Найбільш поширеними і простими за конструкцією серед муфт цього типу є муфти з циліндричним штифтом, який працює на зрізання. Рід-

ше в якості запобіжного елемента використовуються призматичні шпонки.

Такі муфти недоцільно використовувати в приводах ударного типу або з різкими коливаннями навантаження, бо в цьому разі після спрацювання муфти щоразу необхідно замінювати запобіжний елемент. Тому такі муфти застосовують при сталих навантаженнях, а їх спрацювання відбувається в аварійних випадках і при випадкових перевантаженнях.

Поряд з простотою конструкції їм притаманні наступні недоліки:

- низька точність спрацювання;
- поступове зниження міцності внаслідок втоми матеріалу;
- дебаланс вала за наявності одного запобіжного елемента;
- необхідність заміни запобіжного елемента після спрацювання;
- зниження точності спрацювання при збільшенні запобіжних елементів.

Конструкція запобіжної муфти із зрізним штифтом наведена на рис. 6.2.

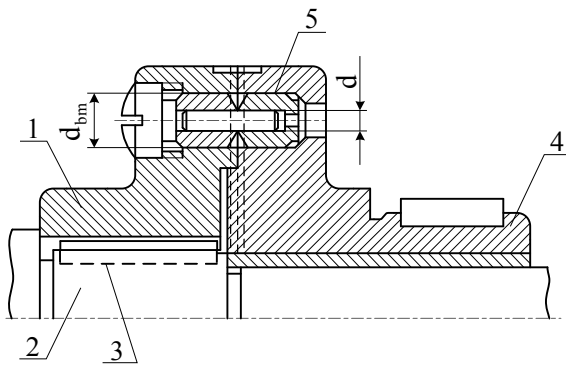


Рис.6.2. Конструкція запобіжної муфти із зрізним штифтом

Муфта складається з двох напівмуфт. Ліва напівмуфта 1 з'єднується з валом 2 за допомогою шпонки 3. Права напівмуфта 4 насаджена на той же вал вільно, а з відповідною деталлю поєднана за допомогою шпонки, котра встановлюється на подовжену маточину правої напівмуфти. Для зручності при експлуатації циліндричні штифти встановлюють у втулки 5. Останні виготовляють із сталі 40Х, загартованої до *HRC* 38-50. Штифти виготовляють із сталей У8А, У10А, 40, 45, 50.

З метою поліпшення точності спрацювання замість гладких штифтів застосовують штифти з проточкою. До того ж при їх руйнуванні відсутні задирки, що виступають за межі зовнішнього діаметра.

Величина руйнуючого моменту визначається за формулою:

Величина руйнуючого моменту визначається за формулою:

$$T_{руйн.} = \frac{\pi d^2}{4} R \cdot z \cdot \tau_{в}, \quad (6.2)$$

- де d – діаметр штифта;
 R – радіус кола, на якому розташовані осі штифтів;
 z – число штифтів (не більше 2);
 $\tau_{в}$ – межа міцності на зрізання.

Звичайно в розрахунках беруть $\tau_{в} \approx 0,7\sigma_{в}$. Рекомендовані наступні розміри штифтів і втулок, де l – довжина штифта:

$d(\text{мм}) \cdot l(\text{мм})$	(1,6÷2)18	(3÷5)30	(6÷10)45
-----------------------------------	-----------	---------	----------

$d_{\text{ст.}}$

10

15

25

Діаметр штифта визначають з формули (6.2) і заокруглюють до нормалізованого значення. Після цього перевіряється значення $\tau_{\text{с}}$. В разі не відповідності його величини раніше прийнятому значенню проводять перерахунок, змінюючи величини d , z і R .

6.2. Пружинно-кулачкові муфти

В основі принципу роботи цих муфт лежить замикання кулачків напівмуфт за допомогою пружин, які поставлені з попереднім натягом. Величина натягу вибирається за розрахунком, щоб сили стиснення були достатніми для передачі номінального обертаючого моменту. При зростанні моменту до величини $T_{\text{кр}}$ основні складові зусиль, що діють на кулачки, стискають пружину і виводять кулачки з зачеплення. Муфта при цьому роз'єднується і захищає відповідну частину приводу від перевантажень. Виходячи з конструктивних міркувань, ці муфти знаходять застосування при помірних частотах обертання (до 300 об/хв), незначних обертаючих моментах і махових масах.

На рис. 6.3. представлена конструкція типової кулачкової запобіжної муфти.

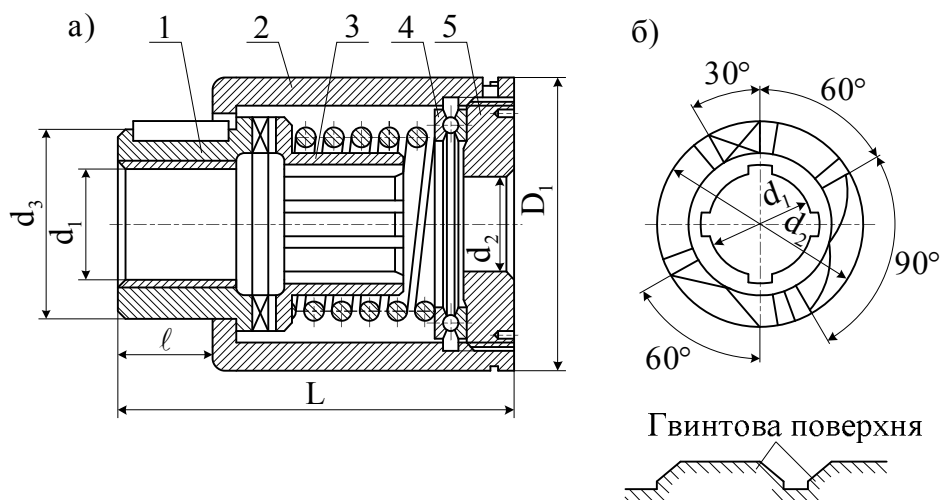


Рис. 6.3. Конструкція типової кулачкової запобіжної муфти

Муфта складається з двох напівмуфт 1 і 3, змонтованих на одному валу. На торцях напівмуфт розташовані кулачки, які підтиснуті один до одного пружиною стиснення. Сила притиску створюється гвинтом 5 і передається на кулачки через упорний підшипник 4 і пружину стиснення. Конструкція муфти замикається стаканом 2. Робочий елемент, наприклад, зубчасте колесо (на рис. не показане), кріпиться на напівмуфті 1 за допомогою шпонки. Сама напівмуфта кріпиться на валу вільно. Напівмуфта 3 має можливість вільного переміщення вздовж вала по шліцям, нанесеним на вал.

Кулачки зазвичай мають трапецеїдальну або трикутну форму. Робочі поверхні кулачків виконують гвинтовими або плоскими.

Гвинтові кулачки забезпечують більш плавне вмикання муфти після зниження обертаючого моменту до розрахункового значення. Кулачки виготовляються із сталі 20Х з цементацією поверхні і загартуванням до твердості *HRC* 56-58 або із сталі 40Х з такою ж твердістю поверхні. Технічні характеристики муфт загального призначення наведені в ДСТ 15620.

Основні геометричні характеристики кулачкових муфт знаходяться в таких пропорціях:

$$d_4 \geq 2d_1$$

де d_1 – діаметр вала;
 d_4 – зовнішній діаметр кулачків;
 ширина кулачка: $b = (0,12 \div 0,15) \cdot d_4$;
 висота кулачка: $h \approx (0,5 \div 0,6) \cdot b$.

Число кулачків знаходиться в межах $z = 3 \div 15$. Число кулачків бажано робити непарним.

Основні розміри описаної конструкції муфти надані в Додатку 55.

На рис. 6.4. наведено ще дві конструкції пружинно-кулачкових муфт з позначенням характеристик кулачків.

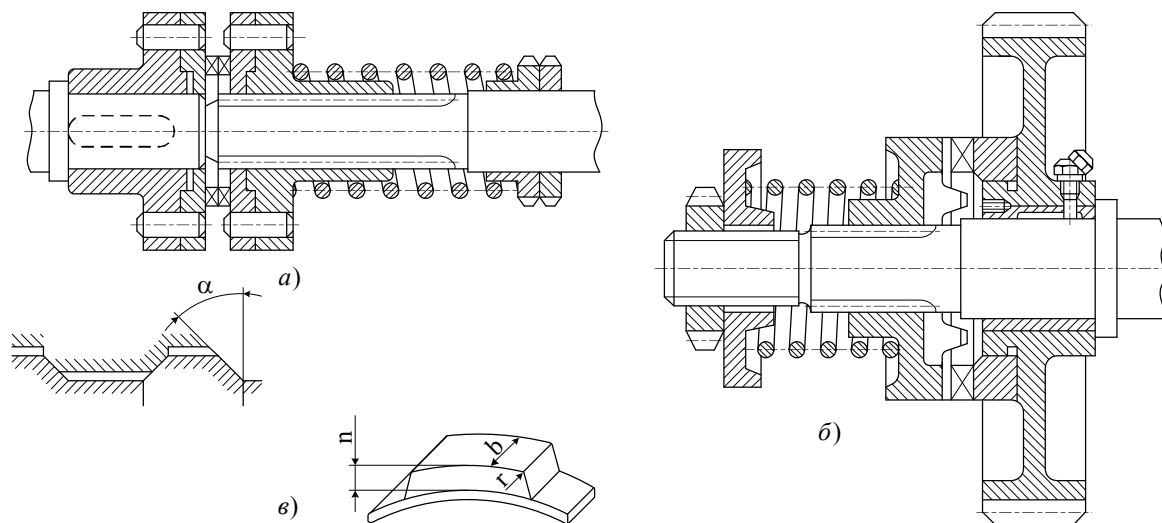


Рис. 6.4. Конструкції пружинно-кулачкових муфт з позначенням характеристик кулачків

З метою підвищення точності спрацювання рекомендовано крок розташування кулачків і їх розміри виконувати різними.

Розрахунок муфти складається з визначення величини осадки пружини, підбору параметрів пружини (при потребі) і розрахунку кулачків на міцність.

При розрахунку виходять з міркування, що при передачі колової сили F_1 виникає сила тиску $F_n = \frac{F_1}{\cos \alpha}$ і осьова сила F_a . При передачі номінального моменту $T_{ном}$ пружні сили врівноважують осьову силу

$$F_a = F_1 \operatorname{tg} \alpha.$$

При досягненні моментом значення $T_{кр}$ колова сила дорівнює

$$F_{кр} = \frac{2T_{кр}}{d_c},$$

де $d_c = d_4 - b$.

При досягненні коловою силою значення $F_{кр}$ муфта спрацьовує і рухома частина зміщується на величину h . З врахуванням тертя в кулачках і на втулці рухомої напівмуфти на пружину передається сила

$$F_2 = F_{кр} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f \frac{d_c}{d_l} \right],$$

де ρ - кут тертя; $\rho = 2 \div 5$;

f – коефіцієнт тертя ковзання; $f = 0,05 - 0,10$.

Попередня осадка пружини дорівнює

$$\lambda_1 = \frac{8F_1 d_0^3 z}{G d_{дрот}^4},$$

де d_0 – середній діаметр пружини;

z – число робочих витків;

$G = 8 \cdot 10^4$ МПа – модуль зсуву;

$d_{дрот}$ – діаметр дроту.

При спрацьовуванні муфти пружина стискається на висоту кулачка:

$$\lambda_2 = \lambda_1 + h = \frac{8F_2 d_0^3 z}{G d_{дрот}^4}.$$

Після спрацьовування сила F_2 мусить подолати опір F_3 , величина якого визначається з урахуванням сил тертя

$$F_3 = F_{ном} \left[\operatorname{tg}(\alpha + \rho) + f \frac{d_c}{d_l} \right].$$

Для нормальної роботи муфти необхідно, щоб витримувались наступні співвідношення: $F_2 > F_1$, $F_2 > F_3$.

6.3. Пружинно-кулькові муфти

За принципом дії пружинно-кулькові муфти подібні до пружинно-кулачкових. Але в них тертя ковзання на кулачках частково замінено на тертя кочення на кульках. Конструкція їх простіша у виготовленні і дешевша.

Але вони складніші з точки зору центрування ведучої і веденої частин і мають високий знос каналів в місцях їх контакту з кульками. Отже, їх рекомендовано застосовувати лише в малонавантажених передачах.

Як і в пружинно-кулачкових муфтах, пружини встановлюються з попереднім стисненням для забезпечення передачі номінального моменту $T_{ном}$. Величини колової сили $F_1 = \frac{2T_{ном}}{d_1}$, де d_1 – діаметр кола, на якому знаходяться центри кульок (рис. 6.5).

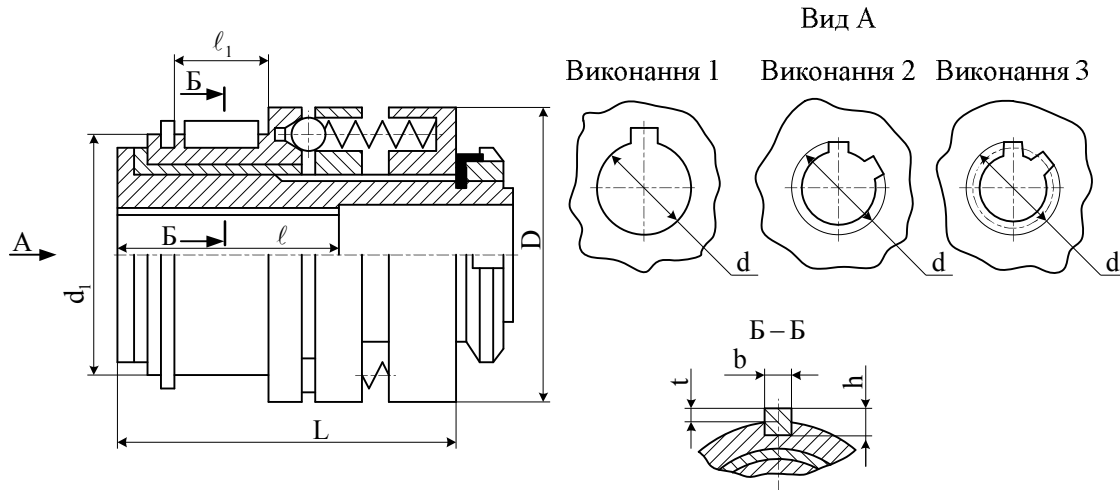


Рис.6.5. Пружинно-кулькова муфта

Осадку пружини визначаємо за раніше відомою формулою:

$$\lambda_1 = \frac{2F_1 d_0^3 z}{Gd_{np}^4}$$

При спрацьовуванні на пружину діє сила

$$F_2 = F_{кр} [tg(\alpha - \rho) - f]$$

Осадка пружини дорівнює

$$\lambda_2 = \lambda_1 + h = \frac{8F_2 d_0 z}{Gd_{опот}^4}$$

Сила повернення для вмикання муфти дорівнює

$$F_3 = F_{ном} [tg(\alpha + \rho) + f]$$

Контактні напруження, що виникають в точках контакту кульок і западин муфти, визначаються за формулою:

$$\sigma_H = 0,3883 \sqrt{\frac{F_H E^2}{2z\rho^2}}$$

де $F_H = \frac{F_2}{\sin \alpha}$;

E - модуль Юнга, МПа; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;

z - кількість кульок; $z = 6 \div 12$;

$d_{кул.}$ - діаметр кульок; $d_{кул.} = (0,25 \div 0,4) \cdot d$;

$\rho = 0,5d_{кул.}$

Знайдене значення повинно відповідати умові міцності:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H].$$

Технічні характеристики пружинно-кулькових муфт наведені в Додатку 56.

6.4. Фрикційні запобіжні муфти

Фрикційні муфти, головним чином, застосовуються при короткочасних перевантаженнях ударної дії. Дані муфти не бажано застосовувати при суворих вимогах щодо співпадання кутових швидкостей валів, які з'єднуються.

За конструктивними ознаками поверхонь тертя муфти поділяються на осеві (конусні і дискові) і радіальні. Найбільш поширені дискові муфти, що пояснюється відносно невеликими габаритами для передачі великих моментів. Конусні муфти відрізняються простотою конструкції і порівняно невеликими силами притиску. Радіальні муфти мало поширені через відносну складність конструкції і великі габарити.

В поверхнях тертя використовуються пари: чавун-чавун, чавун-сталь, чавун-бронза. Для забезпечення кращого зчеплення на одній з поверхонь тертя застосовують азбестові обкладинки або керамічні покриття.

Принцип роботи і конструкцію конусної муфти зображено на рис. 6.6.

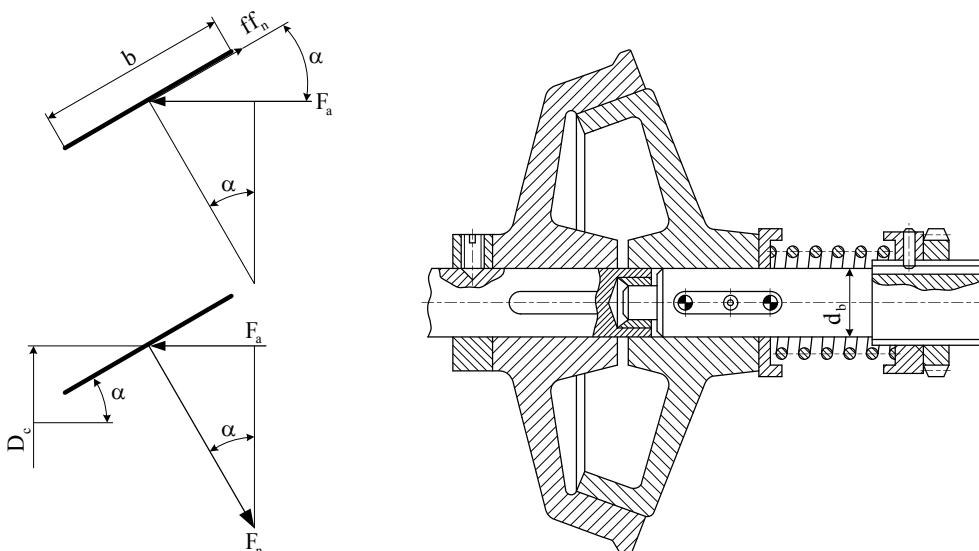


Рис.6.6. Принцип роботи і конструкція конусної муфти

Для надійної роботи кут нахилу дисків α мусить бути у межах $15 \div 30^\circ$. Середній діаметр зони контакту при повному вмиканні

$$d_c = (3 \div 5)d_\phi,$$

де d_ϕ – діаметр вала.

Ширина диску лежить у межах:

$$b = (0,15 \div 0,25)d_c$$

Після розробки конструкції ведеться проектувальний розрахунок муфти. Задавшись значенням моменту $T_{ном}$, який необхідно передати, знаходимо колову силу в зоні контакту

$$F_\tau = fF_n = \frac{2T_{ном}}{d_c},$$

де f – коефіцієнт тертя;

F_n – нормальна сила.

Притиск поверхонь тертя забезпечується пружиною. Осьова сила, створена цією пружиною, дорівнює

$$F_a = F_n \sin \alpha = \frac{F_\tau \sin \alpha}{f} = \frac{2T_{ном} \sin \alpha}{fd_c}.$$

В момент спрацювання муфти осьова сила досягає критичного значення

$$F_{a_{кр}} = \frac{2T_{кр} \sin \alpha}{fd_c}.$$

Величина критичного моменту $T_{кр}$ знаходиться з формули

$$T_{кр} = \beta T_{ном},$$

де $\beta = 1,25 \div 1,5$ – коефіцієнт запасу.

Вмикання в роботу муфти після спрацювання забезпечується осьовою силою вмикання $T_{a_{вмк}}$

$$T_{a_{вмк}} = \frac{2T_{ном}}{fd_c} (\sin \alpha + f \cos \alpha).$$

Роботоздатність муфти перевіряється за величиною середнього тиску на поверхні з'єднання при передачі $T_{кр}$

$$p = \frac{F_{n.кр}}{\pi d_c b} \leq [p],$$

де $F_{n.кр} = \frac{2T_{кр}}{fd_c}.$

Значення коефіцієнтів тертя f і допустимого тиску $[p]$ для запобіжних фрикційних муфт наведені в Додатку 57.

На рис. 6.7 зображено запобіжну фрикційну дискову муфту.

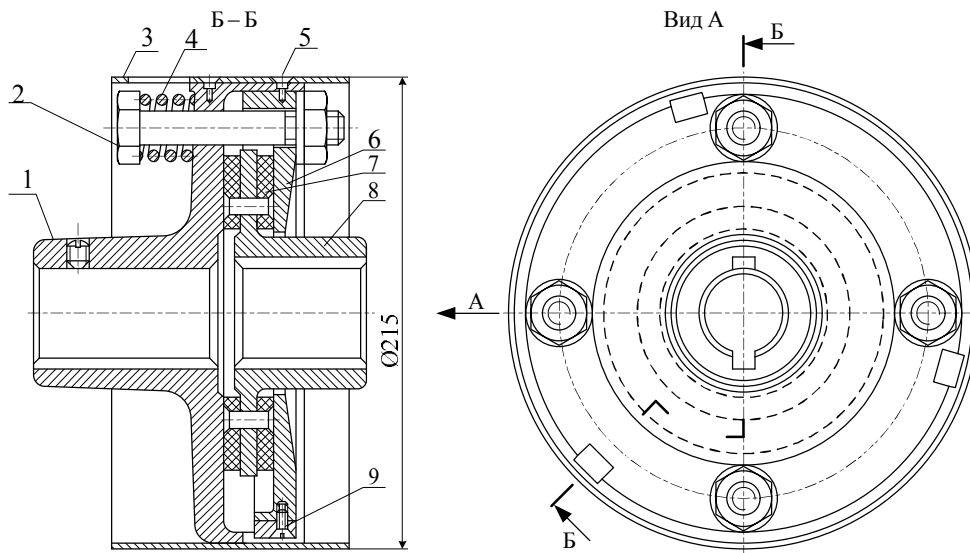


Рис.6.7. Запобіжна фрикційна дискова муфта

Муфта складається з двох напівмуфт 1 і 8. Фланець напівмуфти обшитий ферродо 7, затиснутий пружиною 4 між фланцем напівмуфти 1 і натискним диском 6. Напівмуфта 1 з'єднана з натискним диском 6 шпонкою 9, посадженою за ковзкою посадкою і розташованою в прорізі напівмуфти 1 та в шпоночній канавці на диску 6.

Регулювання муфти ведеться затяжкою болтів 2. Кожух 3, прикріплений гвинтами 5, завершує конструкцію.

Конструкція фрикційної запобіжної дискової муфти загального призначення наведена на рис. 6.8, а технічні характеристики - в Додатку 58.

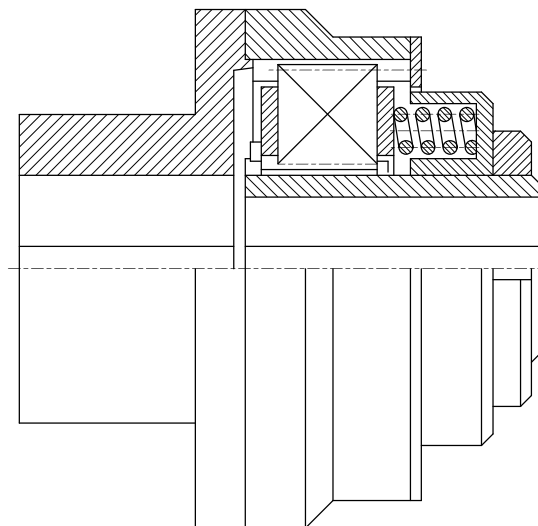


Рис.6.8. Конструкція фрикційної запобіжної дискової муфти

В розрахунках можна користуватись наступними рекомендаціями: зовнішній діаметр кільця тертя $d_n \approx (3 \div 4)d_e$; внутрішній діаметр $d_{вн} \approx (0,5 \div 0,6)d_n$.

Зведений радіус кільця тертя

$$r_{3\phi} = \frac{d_H^3 - d_{\phi H}^3}{3(d_H^2 - d_{\phi H}^2)}$$

Осьова сила, що створена усіма пружинами, дорівнює

$$F_{a_{кр}} \leq \frac{[p]\pi(d_H^2 - d_{\phi H}^2)}{4}$$

Максимальне значення обертального моменту

$$T_{кр} \leq fF_{a_{кр}} \cdot r_{np} \cdot z$$

З цього знаходимо необхідне число пар тертя

$$z \geq \frac{T_{кр}}{f \cdot F_{a_{кр}} \cdot r_{np}}$$

Знайдене значення заокруглюють до найближчого парного числа.

Число ведучих дисків:

$$z_1 = 0,5z$$

Число ведених дисків:

$$z_2 = z_1 + 1$$

Розрахунок пружин виконують за загальною методикою, прийнявши, що одна пружина створює силу $\frac{F_{a_{кр}}}{m}$, де m – число пружин.

Муфта зі стопорами. Наведемо одну з конструкцій муфт зі стопорами. До недоліків цієї муфти можна віднести те, що вона вимагає ручної установки стопорів після спрацьовування і відносно великі радіальні розміри.

На рис. 6.9. представлено конструкцію муфти зі стопорами.

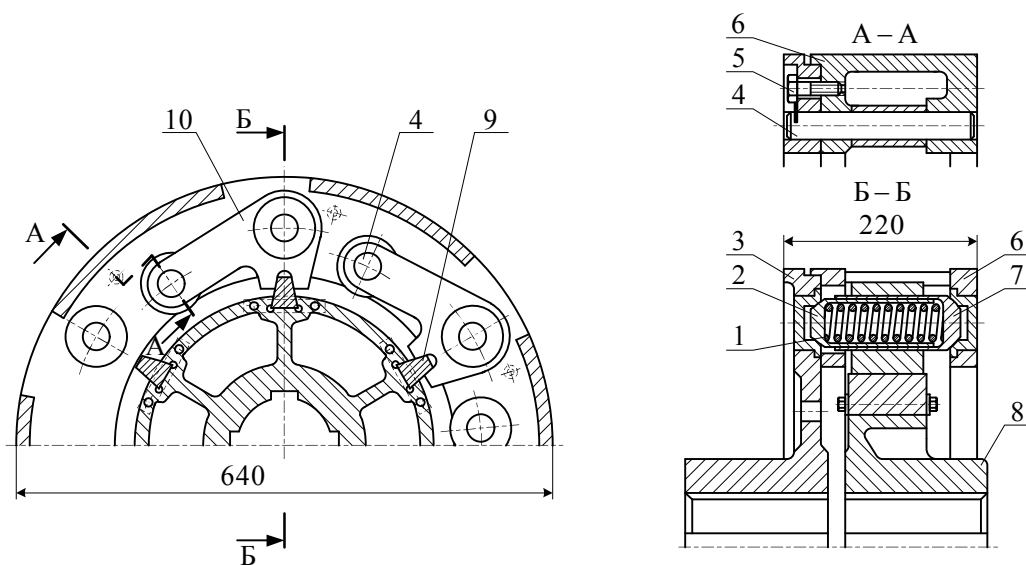


Рис.6.9. Конструкція муфти зі стопорами

Муфта складається з двох напівмуфт – 3 і 8. На напівмуфті 3 і корпусі 6 закріплені осі 4 з важелями 10. Косі вирізи важелів впираються в призми 9. Стопор, який складається з зовнішнього 7 і внутрішнього 2 станів і пружини 1, утримує важіль на призмі. Обидва стакани мають конічні упорні частини, закріплені у відповідних виїмках напівмуфти 3 і в корпусі 6.

При досягненні моментом критичного значення стакани стопорів виходять з конічних западин і важіль відкидається від осі обертання, виходячи з зачеплення з призмами. Муфта при цьому розмикається. Після зупинки стопори вручну знову вводяться в зачеплення з призмами через вікна в муфті.

6.5. Розрахунок запобіжних муфт

Приклад розрахунку кулачкової муфти. Вихідні данні: номінальний момент $T_{ном} = 72 \text{ Н}\cdot\text{м}$; діаметр вала $d = 30 \text{ мм}$; коефіцієнт запасу $\beta=1,45$. Приймаючи, що муфта спрацює при навантаженнях, що досягли критичного значення, маємо:

$$T_{кр} = \beta \cdot T_{ном} = 1,45 \cdot 72 = 104,4 \approx 105 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Виходячи з конструктивних міркувань, обираємо наступні параметри: діаметр кола, що проходить через середину кулачків, $d_c = 2d = 60 \text{ мм}$; ширина кулачків $b = 10 \text{ мм}$; число кулачків $z_k = 5$; кут $\alpha = 45^\circ$, кут тертя $\rho = 2^\circ$, коефіцієнт тертя $f = 0,05$.

Визначаємо колову силу при передачі $T_{ном}$

$$F_t = \frac{2T_{ном}}{d_c} = \frac{2 \cdot 72}{60 \cdot 10^{-3}} = 2,4 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Колову силу при передачі $T_{кр}$ визначаємо за формулою:

$$F_{кр} = \frac{2T_{кр}}{d_c} = \frac{2 \cdot 105}{60 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Сила, що діє на пружину під час спрацювання,

$$F_2 = F_{кр} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f \frac{d_c}{d} \right] = 3,5 \cdot 10^3 \left[\operatorname{tg}(45^\circ - 2^\circ) - 0,05 \frac{60}{30} \right] = 2,9 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Для повернення до вихідного стану після спрацювання в пружині реалізується сила F_3 :

$$F_3 = F_{ном} \left[\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + f \frac{d_c}{d} \right] = 2,4 \cdot 10^3 \left[\operatorname{tg}(45^\circ + 2^\circ) + 0,05 \frac{60}{30} \right] = 2,8 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Як видно з розрахунків, запропонована муфта забезпечує необхідні умови:

$$F_2 > F_1; \quad F_2 > F_3$$

Розрахунок пружини ведемо за викладеною методикою, попередньо прийнявши: індекс пружини $c = 6$; $\kappa = \frac{4c + 2}{4c - 3} = 1,24$; число робочих витків $z = 6$, матеріал дроту – сталь вуглецева, $\sigma_s = 1450 \text{ МПа}$; $[\tau] = 0,4$; $\sigma_s = 580 \text{ МПа}$.

Визначаємо діаметр дроту:

$$d_{\text{дрот}} \geq \sqrt{\frac{8F_2 \kappa c}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 1,24 \cdot 6}{3,14 \cdot 580 \cdot 10^6}} = 10 \text{ мм.}$$

Прийнявши $\frac{d_0}{d_{\text{дрот}}} = c$, попередня деформація пружини дорівнює:

$$\lambda = \frac{8F_1 d_0^3 z}{Gd_{\text{др}}^4} = \frac{8F_1 c^3 z}{Gd_{\text{др}}^4} = \frac{8 \cdot 2,4 \cdot 10^3 \cdot 6^3 \cdot 6}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 31 \text{ мм.}$$

Висота кулачка муфти визначається рівнянням $h = \lambda_2 - \lambda_1$. Осадка пружини в момент спрацювання дорівнює:

$$\lambda_2 = \frac{8F_2 c^3 z}{Gd_{lh}} = \frac{8 \cdot 2,9 \cdot 10^3 \cdot 6^3 \cdot 6}{8 \cdot 10^4 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 37 \text{ мм.}$$

Отже, $h = 37 - 31 = 6 \text{ мм}$.

Розраховані кулачки перевіряємо на зминання і витривалість, задавшись наступними характеристиками: матеріал кулачків – сталь 40Х, загартована до HRC 60; $[\sigma]_{\text{зм}} = 30 \text{ МПа}$; $[\sigma]_{\text{н}} = 25 \text{ HRC} = 1500 \text{ МПа}$; радіус заокруглення кулачків $r = 2 \text{ мм}$.

Сила нормального тиску на кулачки:

$$F_n = \frac{F_{\text{кр}}}{\cos \alpha} = \frac{3,5 \cdot 10^3}{\cos 45^\circ} = 4,95 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{F_n}{v(h-r)z_{\text{к}}} = \frac{4,95 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-3} (6-2) \cdot 10^{-3} \cdot 5} = 25 \text{ МПа.}$$

Контактні напруження дорівнюють:

$$\sigma_{\text{н}} = 0,418 \sqrt{\frac{F_n \cdot E}{v \cdot \rho \cdot z_{\text{к}}}} = 0,418 \sqrt{\frac{4,95 \cdot 10^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5}} = 1350 \text{ МПа.}$$

Таким чином, умови міцності виконані:

$$\sigma_{\text{зм}} < [\sigma]_{\text{зм}}; \sigma_{\text{н}} < [\sigma]_{\text{н}}.$$

Приклад розрахунку фрикційної дискової муфти. Розрахувати фрикційну дискову муфту для передачі номінального моменту $T_{\text{ном}} = 27 \text{ Н·м}$, при частоті обертання $n = 1500 \text{ об/хв}$, робота муфти без змащення.

Виходячи з рекомендацій, викладених в Додатку 58, приймаємо діаметр вала $d_s = 18 \text{ мм}$. В умові задачі не обговорені особливості експлуатації, отже $\beta_{\text{н}} = 1,25$. Тоді:

$$T_{\text{кр}} = \beta \cdot T_{\text{ном}} = 1,25 \cdot 27 = 33,75 \text{ Н·м}$$

Зовнішній і внутрішній діаметри будуть дорівнювати:

$$d_H = (3 \div 4)d_6 = 4 \cdot 18 = 72 \text{ мм};$$

$$d_6 = (0,5 \div 0,6)d_H = 0,5 \cdot 72 = 36 \text{ мм}.$$

Зведений радіус кільця тертя:

$$r_{ze} = \frac{d_H^3 - d_6^3}{3(d_H^2 - d_6^2)} = \frac{72^3 - 36^3}{3(72^2 - 36^2)} = 28 \text{ мм}.$$

При розрахунках критичної осьової сили знайдемо її найбільше значення:

$$F_{акр} = \frac{[p]\pi(d_H^2 - d_6^2)}{4} = \frac{0,25 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \left[(72 \cdot 10^{-3})^2 - (36 \cdot 10^{-3})^2 \right]}{4} = 763 \text{ Н}.$$

При виборі величини $[p]$ задались тим, що муфта працює без змащення, а тертя сталі відбувається по азбестовій обкладинці. Необхідне число пар тертя знайдемо з формули:

$$z \geq \frac{T_{кр}}{f \cdot F_{акр} \cdot r_{np}} = \frac{33,75}{0,3 \cdot 763 \cdot 28 \cdot 10^{-3}} = 5,26.$$

Заокругливши знайдене значення в бік збільшення, маємо $z = 6$.
Число ведучих дисків:

$$z_1 = 0,5; \quad z = 3$$

Число ведених дисків:

$$z_2 = z_1 + 1 = 4$$

Приклад розрахунку муфти зі зрізним штифтом. Розрахувати запобіжну муфту зі зрізним штифтом для передачі номінального моменту $T_{ном} = 18 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Виходячи з конструктивних міркувань, приймаємо радіус, на якому розташовані осі штифтів, $R = 45 \text{ мм}$. З міркувань кращого балансування рухомих частин беремо число штифтів $z = 2$.

Матеріал штифта – сталь 45 з загартуванням, $\tau_6 = 980 \text{ МПа}$.

Увага! При подальших розрахунках використовується τ_6 , а не звичайне $[\tau]_{зр}$.

Для звичайних умов експлуатації беремо $\beta_H = 1,25$, тоді:

$$T_{кр} = \beta \cdot T_{ном} = 22,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

З умови міцності

$$T_{кр} = \frac{\pi d^2}{4} R z \tau_6.$$

Потрібний діаметр штифта з умови міцності:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot T_{кр}}{\pi \cdot R \cdot z \cdot \tau_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22,5}{3,14 \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 980 \cdot 10^6}} = 0,57 \text{ мм}.$$

Згідно з рекомендаціями, викладеними в підрозділі, присвяченому розрахунку муфт з елементом, що руйнується, довжину штифта l приймаємо 18 мм.

Враховуючи незначну величину діаметра штифта і його масу, обмежимося одним штифтом діаметром $d = 1,0$ мм і зменшимо R до 30 мм. Визначаємо при вибраних розмірах τ_{ϵ} :

$$\tau_{\epsilon} = \frac{4T_{кр}}{\pi d^2 Rz} = \frac{4 \cdot 22,5}{3,14(1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 1} = 960 \text{ МПа.}$$

Недовантаження штифта складає:

$$\frac{980 - 960}{980} \cdot 100\% = 2\%$$

Отже, запропонований штифт задовольняє умовам задачі.

Контрольні запитання

1. Назвіть і охарактеризуйте основні експлуатаційні характеристики запобіжних муфт.
2. В яких випадках доцільно використовувати муфти з елементом, що руйнується? В чому полягає розрахунок такої муфти?
3. В чому полягає принцип роботи пружинно-кулачкових муфт? Які існують обмеження на застосування цих муфт?
4. В яких випадках раціонально застосувати пружинно-кулькові муфти?
5. На які основні типи за конструктивними ознаками поділяються фрикційні запобіжні муфти?
6. За якими характеристиками перевіряється роботоздатність фрикційних запобіжних муфт?
7. Назвіть переваги і недоліки муфт зі стопорами.

Додаток 1

Розміри (мм) та параметри втулкової муфти

Номінальний обертаючий $T_{ном}, H \cdot м$, момент для виконання				d для вико- нання		D	L для вико- нання		Кріпильні вироби для виконання					Маса, кг, не вище, для виконання			
									I	II	III	II, III, IV					
									Штифт за ДСТ 3129	Шпонка за ДСТ 23360	Шпонка за ДСТ 24071	Гвинт за ДСТ 1476	Кільце за ДСТ 2833				
I	II	III	IV	I, II, III	IV	D	I, II, III	IV	ЧИСЛО					I	II	III	IV
2		2		2			1		1								
1,0	-	-	-	6	-		10	25	-	1,6×12	-	-	-	-	0,01	-	-
2,0	-	-	-	7, 8	-	14	30	-	2,0×16	-	-	-	-	0,03	-	-	-
4,0	-	11,2	-	9, 10	-	16	35	-	2,5×20	-	3×5,0	M4×6,66	-	0,04	-	0,04	-
8,0	-	22,4	-	11, 12	-	18	40	-	3,0×20	-	3×6,5		-	0,06	-	0,05	-
16,0	-	45,0	-	14 16	-	28	45	-	4,0×30	-	4×6,5 4×7,5	M66×8,66	26	0,13 0,12	-	0,12 0,11	-
31,5	-	63,0	-	18 (19),20	-	32	55	-	5,0×36	-	5×6,5 5×7,5		32	0,21 0,19	-	0,21 0,19	-
50,0	71,0	100,0	140,0	- 22 (24)	16 18	38	65	45	6,0×40	6×6×25	5×9,0	M66×8,66	38	0,39 0,36	0,37 0,34	0,37 0,34	0,27 0,24
										8×7×25							
90,0	125,0	180,0	250,0	25 28	21 23	42	75	50	8,0×45	8×7×28	6×10,0	M66×8,66	42	0,48 0,42	0,45 0,38	0,45 0,38	0,33 0,30
125,0	180,0	250,0	355,0	28 30 32	23 - 26	48	90	55	8,0×50	8×7×36	8×11,0		M66×8,66	48	0,73 0,66	0,69 0,63	0,96 0,63
										10×8×36		0,60					

Продовження Додатку 1

Номінальний обертаючий момент $T_{ном}, H \cdot м$, для виконання				d для виконання		D	L для виконання		Кріпильні вироби для виконання					Маса, кг, не вище, для виконання			
									I	II	III	II, III, IV					
									Штифт за ДСТ 3129	Шпонка за ДСТ 23360	Шпонка за ДСТ 24071	Гвинт за ДСТ 1476	Кільце за ДСТ 2833				
I	II	III	IV	I, II, III	IV		I, II, III	IV	ЧИСЛО					I	II	III	IV
2		2		2	1				1								
200	280	400	560	32, 35 36, (38)	26, 32	55	105	65	10,0×60	10×8×45	10×13	M6×13	55	1,22	1,09	1,09	0,83
280	400	560	800	(38) 40, (42)	32 36	60	120	80	10,0×65	10×8×50 10×8×50		M6×10,66	60	1,66 1,57	1,55 1,50	1,55 -	1,17 1,02
400	560	-	1120	(42) 45, (48)	36 42	70	140	90	12,0×80	12×8×63 14×9×63	-	M8×12,66	70	2,80 2,58	2,65 2,42	- -	1,88 1,60
560	800	-	1160	48 50, (53)	42 46	80	150	10 0	12,0×90	16×10×63		M10×16,6 6	80	3,89 3,44	3,27 3,25	- -	2,75 2,41
800	1120	-	2240	55, (53) (56) 60	46 25	90	170	11 0	16,0×100	16×10×70 18×11×70	-	M10×20,6 6	90	5,74 4,94	5,46 4,62	- -	3,78 3,36
1120	1600	2	3150	60, 63, (65)	52, 56	10 0	180	12 0	16,0×110	18×11×80			100	7,32	7,00	-	4,66
1600	2240	-	4500	(65) 70,71 (75)	56 62	11 0	200	13 0	20,2×120	18×11×90 20×12×90	-	M10×20,6 6	110	10,07 9,26	9,60 8,72	- -	7,72 6,10
2240	3150	-	6300	(75) (80)(85)	- 72	12 0	220	15 0		20×12×100 20×14×100			120	12,31 11,29	11,7 2 10,6 4	- -	- 7,64
3150	4500	-	9000	(85) 90,(95)	- 82	13 0	240	17 0	25,0×140	22×14×110 25×14×110	-	M12×20,6 6	130	15,02 13,77	14,0 9 12,7 9	- -	- 9,80
4500	6300	-	1250 0	100 (105)	92	14 0	280	19 0		28×16×125			140	17,41	16,2 2	-	11,9 3

Примітка. Перший ряд є переважним, значення d другого ряду надані у дужках.

Розміри (мм) та параметри муфти фланцевої поперечно-роз'ємної за ДСТ 20761

Номінальний обертаючий момент $T_{ном}$, $H \cdot м$, для муфт		d (гран. відх. за Н7)	D , не більше	l , не більше		L , не більше	
сталевих	чавунних			для виконання			
				I	II	I	II
16,0	8,0	11, 12, 14	80	30	25	63	53
		16, 18		40	28	84	60
31,0	16,0	16, 18, (19)	90	50	36	104	76
		20, 22					
63,0	31,5	20, 22, (24)	100	60	42	124	83
		25, 28					
125,0	63,0	25, 28,	112	80	58	170	120
		30, 32, 35, 36					
160,0	80,0	30, 32, 35	130	110	82	230	170
		36, (38)					
250,0	125,0	32, 35, 36, (38)	140	80	58	170	120
		40, (42), 45					
400,0	200,0	35, 36, (38)	150	110	82	230	170
		40, (42), 45, (48), 50					
630,0	315,0	45, (48), 50, (53), 55, (56)	170	140	105	290	220
		60					
1000,0	500,0	50, (53), 55, (56)	180	110	82	230	170
		60, 66, (65), 70, 71					

Продовження Додатку 2

Номінальний обертаючий момент $T_{ном}$, $H \cdot м$, для муфт		d (гран. відх. за Н7)	D , не більше	l , не більше		L , не більше	
сталевих	чавунних			для виконання			
				I	II	I	II
1600,0	800,0	60, 63, (65), 70, 71, 75	190	140	105	290	220
		80, 85		170	130	350	270
2500,0	1250,0	70, 71, (75)	224	140	105	290	220
		80, 85, 90, (95)		170	130	350	270
		100		210	165	430	340
4000,0	2000,0	80, (85), 90 (95)	250	170	130	350	270
		100, (105), 110		210	165	430	340
10000,0	5000,0	(95)	320	170	130	350	270
		100, (105), 110, (120), 125		250	200	510	410
		160		300	240	610	490
16000,0	8000,0	125	360	210	165	430	340
		(130), 140, (150)		250	200	510	410
		160, (170), 180		300	240	610	490
25000,0	12500,0	(150)	400	250	200	510	410
		160, (170), 180		300	240	610	490
		(190), 200, 210		350	280	710	570
40000,0	20000,0	180	515	300	240	610	490
		(190), 200, 210, 220		350	280	710	570
		240, 250		410	330	830	970

Примітка. Перший ряд є переважним, значення d другого ряду надані у дужках.

Розміри (мм) і параметри муфти поздовжньо-згортої

Номінальний обертаючий момент $T_{НОМ}$, $H \cdot м$	d	D	L	s	s_1 (гран. відх. за Н9)	Частота оберту, об/хв., не більше	Динамічний момент інерції, $кг \cdot м^2$	Маса, кг, не більше				
125	25 28	90	90	2	8	250	0,002	2,37 2,04				
200	(30) 32	150	120		10		10	0,004	3,79 3,73			
	(35)								3,70			
315	36 (38)	110	170		12		12	0,006	5,31 5,29 5,18			
	40								5,05			
500	(42) 45	120	170		14		14	0,011	6,21 5,94 5,76			
	(48) 50								6,76 6,40			
800	(48) 50	140	220		3		16	0,013	9,32 9,19 8,54 8,28			
1250	55 (56) 60	150							18	18	0,020	13,15 12,61 12,28 11,51
	(63) (65) 70 (71)											170
3150	(75) 80	200							270	22	1,145	
5000	85 90 95	210	28		25		0,028	32,55 29,71				
	8000							100 (110)	240	340	28	0,028
12500	(120) 125 130	280	410		32		100	0,646	68,08 66,60 66,50			

Примітка. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу

Розміри (мм) і параметри зубчастої муфти за ДСТ 5006

Номінальний обертаючий момент $T_{ном}$, $H \cdot m$	d , d_1	D	D_1	D_2	l (граничне відхл. за Н14)	L, не більше	с, не менше	Частота оберт. об/хв., не більше	Динамічний момент інерції для типу 1, $кг \cdot м^2$, (справ)	Маса для типу 1, кг, не більше	Модуль	Число зубців	Ширина зубчастого вінця втулки b , не менше	Відстань між серединами зубчастих вінців втулок муфт типів 1, 2, не більше
	не більше													
1000	40	145	105	60	82	174	12	5400	0,05	6,7	2,5	30	12	60
1600	55	170	125	80				4800	0,06	9,2		38	15	75
2500	60	185	135	85	105	220		4500	0,08	10,2	36	20	85	
4000	65	200	150	95			130	270	18	3720				0,15
6300	80	230	175	115	165	340				25	3300	0,25	22,6	3,0
10000	100	270	200	145			200	415	30		2820	0,50	36,9	
16000	120	300	230	175	200	415				30	2400	1,15	62,5	4,0
25000	140	330	260	200			240	500	35		2100	2,25	100,0	
40000	160	410	330	230	240	500				35	1740	6,00	164,3	6,0
63000	200	470	390	290			240	500	35		1200	10,50	228,0	

Примітка:1. Значення розмірів d і d_1 , менші за указаних в Додатку 4, беруться за ДСТ 12080 і ДСТ 12081. Граничні відхилення розмірів d – за Н7, d_1 – за Н9.

2. Допускається виготовляти муфти з втулками або фланцевими напівмуфтами для довгих кінців валів згідно з ДСТ 12080 і ДСТ 12081 за узгодженням між споживачем і виробником з додержанням вимог, встановлених у Додатку 4 для d , d_1 , D , D_1 , D_2 та частоти оберт.

3. Зовнішній діаметр муфт типу 2 повинен відповідати розміру D_1 , а параметри та інші розміри – наведеним у Додатку 4.

4. Радіус зсуву вихідного контуру R_0 не більше 10 мм.

Розміри (мм) і параметри муфти зубчастої фірми „Тейк”

Номинальний обер- таючий момент, $T_{ном},$ $H \cdot m$	Максима- льно до- пустимий момент $T,$ $H \cdot m$	Часто- та обе- рту, об/хв.	Діаметр розточки напівмуфт d		D	D_1	L	l	E	l_1	D_2	l_2	l_3	Радіа- льний зсув валів, мм	Маса масти- ла, що зали- вається, кг	Дина- мічний мо- мент інерції, $кг \cdot м^2$	Маса муфти, кг
			min	max													
245	490	8500	10	32	105	74	104	50	4	80	48	90	7	±0,38	0,03	0,0035	3,0
400	800	7500	12	40	115	88	125	60	5	90	60	101	12	±0,46	0,04	0,006	4,4
710	1420	6900	22	50	145	108	145	70	5	100	77	102	21,5	±0,51	0,10	0,03	9,5
1400	2800	6300	25	63	165	125	166	80	6	110	90	107	29,5	±0,52	0,15	0,06	15,5
2500	5000	5900	28	75	195	145	186	90	6	120	112	112	37	±0,56	0,22	0,10	21,5
4000	8000	5400	30	85	215	168	206	100	6	130	128	119	43,5	±0,61	0,29	0,15	28,0
5600	11200	5000	32	95	230	185	228	110	8	140	145	127	50,5	±0,72	0,44	0,29	41,0
8000	16000	4700	32	105	265	210	285	125	8	150	160	148	55	±0,82	0,55	0,38	50,0
11200	22400	4300	55	115	270	224	288	140	8	170	176	161	63,5	±0,89	0,79	0,68	69,0
14000	28000	4000	65	130	305	245	310	150	10	180	200	175	67,5	±0,96	0,90	1,08	90,0
22400	44800	3700	75	150	330	270	350	170	10	200	224	197	76,5	±1,13	1,23	2,00	132,0
31500	63000	3400	85	170	375	305	392	190	12	230	256	221	85,5	±1,26	1,90	3,80	198,0
45000	90000	3100	120	190	425	348	452	220	12	260	288	250	101	±1,13	1,23	2,00	132,0
63000	126000	2900	140	210	470	392	514	250	14	300	320	272	121	±1,41	2,40	6,50	272,0
90000	180000	2700	160	240	535	437	576	280	16	330	362	315	130, 5	±1,61	3,70	11,70	381,0

Розміри і параметри (мм) муфти зубчастої фірми „Тейк”

Номинальний обертаючий момент, $T_{ном}$, $H \cdot m$	Максимальний обертаючий момент T , $H \cdot m$	n , об/хв.	d	B	G	D	E	F	G	H	K	N	Динамічний момент інерції, $кг \cdot м^2$	Маса, $кг$
700	1400	40000	18-35											
1000	2000	37500	20-40	84	95	45	5	75	50	77	1,5	54	0,0016	1,7
1400	2800	35500	22-45	90	105	50	5	90	56	87	1,5	63	0,0025	2,1
2000	4000	33500	25-50	102	115	55	5	100	63	99	1,5	69	0,0048	3,1
2600	5200	30000	28-55	110	125	60	5	110	70	108	1,5	76	0,0071	4,0
3550	7100	28000	30-60	118	136	65	6	115	77	115	1,5	81	0,010	5,3
5500	11000	25000	32-70	130	146	70	6	120	88	121	1,5	87	0,016	6,7
8000	16000	22400	35-80	146	176	85	6	135	98	145	2,0	105	0,029	9,4
11200	22400	20000	40-90	161	196	95	6	160	112	158	2,0	116	0,049	13,7
16000	32000	18000	50-100	177	228	110	8	175	126	177	2,0	132	0,079	18,0
22500	45000	16000	60-100	192	248	120	8	195	140	196	2,0	148	0,124	23,0
31500	63000	14000	75-125	212	268	130	8	210	155	214	2,5	158	0,200	31,0
45000	90000	12500	90-140	236	310	150	10	240	175	239	2,5	180	0,350	43,0
63000	126000	11200	120-	262	350	170	10	265	196	268	2,5	204	0,600	61,0
90000	180000	10000	160	298	392	190	12	295	225	297	3,0	226	1,140	123,0
125000	250000	9000	140-	330	452	220	12	340	252	342	4,0	260	1,940	123,0
			180	372	494	240	14	370	280	372	4,0	284	3,460	173,0
			160-											
			200											

Розміри і параметри (мм) муфти зубчастої фірми „Тейк”

Номинальний обер- таючий момент, $T_{ном},$ $H \cdot м$	Максима- льний обертаю- чий мо- мент $T_{max},$ $H \cdot м$	$n,$ об/хв.	d	A	B	C	D	E	F	G	Макси- мальний радіаль- ний зсув, мм	Дина- мічний момент інерції, $кг \cdot м^2$	Об'єм мас- тила, л	Маса	Маса
														масти- ла	муфти
														кг	
400	800	750	14-30	125	50	115	50	5	75	45	±1,3	0,008	0,03	0,085	5,1
710	1420	6900	22-40	160	60	135	60	5	90	60	±1,8	0,024	0,05	0,09	9,2
1400	2800	6300	25-50	180	70	155	70	5	110	75	±2,0	0,045	0,08	0,17	13,5
2500	5000	5900	28-60	210	80	178	80	6	120	90	±2,3	0,098	0,12	0,25	21,5
4000	8000	5400	30-70	230	90	198	90	6	130	100	±2,6	0,16	0,15	0,35	29,0
5600	11200	5000	32-80	250	100	218	100	6	150	120	±2,9	0,23	0,20	0,40	36,0
8000	16000	4700	35-90	285	110	244	110	8	170	130	±3,2	0,45	0,30	0,60	53,0
11200	22400	4300	55-100	295	120	264	120	8	180	140	±3,5	0,58	0,35	0,75	62,0
14000	28000	4000	65-110	325	130	284	130	8	190	155	±3,8	0,98	0,50	1,0	82,0
22400	44800	3700	75-125	355	150	330	150	10	215	175	±4,3	1,58	0,65	1,3	114,0
31500	63000	3400	85-140	405	165	360	165	10	230	200	±4,8	2,8	0,85	1,6	160,0
45000	90000	3100	120-160	455	190	416	190	12	270	230	±5,6	5,1	1,4	2,6	232,0
63000	126000	2900	140-180	500	220	476	220	12	300	260	±6,4	8,7	1,8	3,3	325,0
90000	180000	2700	160-200	565	245	532	245	14	340	290	±7,2	16,3	2,5	4,8	478,0
125000	250000	2400	160-240	580	270	556	270	16	360	355	±8,0	20,0	2,5	5,0	530,0
160000	320000	2200	180-260	645	290	598	290	18	380	390	±8,5	30,5	3,5	7,0	685,0
200000	400000	2100	200-280	680	310	640	310	20	400	415	±9,0	43,0	4,0	8,0	830,0
250000	500000	2000	220-310	745	340	702	340	22	440	460	±9,5	70,0	6,0	10,0	1105,0
315000	630000	1900	240-330	775	360	744	360	24	470	480	±10,0	85,0	8,0	11,0	1250,0
400000	800000	1800	260-350	825	380	786	380	26	500	525	±11,0	122,0	9,0	13,0	1555,0
480000	960000	1700	280-370	915	390	808	390	28	520	560	±11,0	188,0	11,0	20,0	1980,0

Розміри (мм) ущільнення для муфти зубчастої

Номинальний обертаючий момент, $T_{НОМ}$, $H \cdot м$	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	R	R_1	R_2	b	Маса, кг
1000	55	64	80	90^{+06}_{+03}	65	79	82	72	78	2	3	0,5	12±0,3	0,15
1600	75	84	100	110^{+06}_{+03}	85	99	102	92	98					0,20
2500	80	90	110	120^{+06}_{+03}	92	108	112	100	106					0,21
4000	90	105	125	135^{+06}_{+03}	107	123	127	115	121					0,22
6300	100	125	149	160^{+07}_{+03}	127	147	152	137	146	3	4	1,0	15±0,4	0,31
10000	140	151	175	185^{+07}_{+03}	153	173	177	163	172					0,35
16000	170	178	206	215^{+08}_{+04}	181	203	208	192	204					0,40
25000	195	207	243	250^{+09}_{+04}	210	240	245	225	239					4
40000	225	245	292	310^{+09}_{+04}	248	288	294	268	286	6	8	2,0	18±0,6	0,65
63000	280	296	344	360^{+09}_{+04}	300	340	346	320	340					0,80

Параметри та розміри (мм) муфти кулачково-дискової за ДСТ 20720

Помінальний обер- таючий мо- мент, $T_{ном}$, Н·м	d	d_1	d	d_1	D , не більш	L , не більш		l		l_1	Радіальне зміщення осей ва- лів, не більш	Маса, кг, не більш												
	Гран. відхил.					Тип																		
	H7	H9	H7	H9		1; 2		1					2											
	1-й ряд		2-й ряд			Виконання																		
1	2		3		4	5	6	7	8	9	10	11	12											
16	16	-		-	100	-	75	-	28	-	18	0,6	1,38											
	18	-											1,36											
31,5	16	-		-		-	90	-	36	-	24		-	1,0	1,57									
	18	-													1,54									
	-	19													1,52									
	20	-													1,48									
63,0	22	-		-		-	10	5	-	42	-	26	-	1,44										
	-	24												1,30										
	25	-												1,28										
	28	-												1,24										
125	25	-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	1,29										
	28	-												1,22										
	30	-			6,30																			
	32	-			6,20																			
	35	-			6,90																			
250	36	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,40											
	-	38											7,20											
	32	-											-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,10	
		35	-																				10,9	
		36	-																				0	
		-	38																				10,6	
	400	40	-										-	-	-	-	-	-	-	-	-	5		
		-	42																			10,6		
		45	-																			0		
		-	38																			10,4		
400	-	38		-	-	-	-	-	-	-	-	-	5											
	-	38											11,0											
400	-	38		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0											
	-	38											10											
400	-	38		-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,9											
	-	38											0											
400	-	38		-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4											
	-	38											5											
400	-	38		-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,0											
	-	38											0											

	40 - 45 - 50 -	- 42 48 - 53		24 5	19 0	11 0	82	84	56		11,7 0 11,4 5 11,1 0 10,6 5 10,4 5 10,2 0
630	45 - 50 - 55 -	- 48 - 53 - 56	210	24 5	19 0	11 0	82	84	56	2,0	31,0 0 30,5 0 31,7 0 29,6 0 29,0 0 28,8 0
	60 63	- -		30 5	23 5	14 0	10 5	10 7	72		31,2 0 30,5 5

Продовження Додатку 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1000	50 - 55 -	- 53 - 56		24 5	19 0	11 0	82	84	56	2,6	31,70 29,60 29,60 28,80
	60 63 - 70 71	- - 65 - -		30 5	23 5	14 0	10 5	10 7	72		31,20 30,55 30,15 28,90 28,65
1600	60 63 - 70 71 -	- - 65 - - 75	250	36 0	28 0	17 0	13 0	13 2	92	3,0	48,75 47,46 48,35 47,20 47,00 39,90
	80 -	- 85		30 5	23 5	14 0	10 5	10 7	72		42,00 41,25
2500	70 71 -	- - 75	290	30 5	23 5	14 0	10 5	10 7	72	3,6	53,38 52,95 51,95

	80 - 90	- 85 - 95		36 0	28 0	17 0	13 0	13 2	92		56,60 55,76 52,95 51,00		
2500	100	-	290	44 0	35 0	21 0	16 5	16 7	12 2		55,28		
4000	80 - 90 -	- 85 - 95	310	36 0	28 0	17 0	13 0	13 2	92		56,60 55,70 52,95 51,00		
	100 - 110	- 105 -									55,30 53,22 52,88		
6300			350							3,6	125,4 8 123,4 6 121,4 0 115,4 5 122,5 0 112,5 0 114,2 0		
	100 - 110	- 105 -										121,6 0 115,4 5 112,2 0	
	- 125 -	- 120 -										122,5 0 114,2 0	
	125 - 140	- 130 -			44 0	35 0	21 0	16 5	16 7		12 2		203,5 5
													199,9 0 205,5 0 198,1 5
10000	110 - 125	- 120 -											
	- 140	130 -		55 0	45 0	25 0	20 0	20 2	15 2				
16000	125	-	390	44 0	35 0	21 0	16 5	16 7	12 2				
	- 140 -	130 - 150		55 0	45 0	25 0	20 0	20 2	15 2				
Примітка. Перший ряд є переважним.													

Параметри та розміри (мм) муфти кулачково-дискової

Допустимий обертаючий момент T , $H \cdot m$	d	D	L	b	h	Допустима частота обертання n , об/хв
17	16	70	85	40	20	8200
30	18	70	84	40	20	8200
40	20	80	104	50	20	7000
50	22	80	104	50	20	7000
80	25	100	124	60	20	5700
110	28	100	124	60	20	5700
130	30	120	149	70	25	4700
160	32	120	149	70	25	4700
210	35	120	149	70	30	4700
320	40	150	184	80	30	3800
450	45	150	184	80	40	3800
500	50	180	224	100	40	3200
665	55	180	224	100	50	3200
865	60	220	254	120	50	2600
1100	65	220	254	120	50	2600
1370	70	250	274	140	50	2200
1690	75	250	274	140	50	2200
2040	80	290	304	160	60	1800
2450	85	290	304	160	60	1800
2910	90	330	344	160	60	1700

Розміри (мм) та параметри муфти ланцюгової однорядної

Номінальний обертаючий момент, $T_{ном}$, $H \cdot m$	d	d_1	D , не більш	L , не більш				l , не більш					Радіальне зміщення осей валів, не більш	Частота обертання, об/хв	Ланцюг за ДОСТ 13568	Кількість зубців напівмуфти	h	Маса, кг, не більш		
	Гран. відхил.			Тип																
	H7	H9		1		2		3, 4	1		2								3, 4	
				Виконання					Виконання											
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II											
63	20,22,24		110	-	102	108	80	102	-	36	39	25	36	0,15	1620	ПР-19, 50-3180	12	1,3	3,30	
	25,28			-	122	128	92	122	-	42	45	27	42							
125	25,28, 30 32 35,36		125	-					-					0,20	1380	ПР-25, 4-6000	10	1,8	3,85	
																			4,10	
250	32,35,36, (38)		140	206	162	168	124	162	80	58	61	39	58	0,20	1200		12		4,20	
	40,(42),45																			4,85
500	40, (42) 45,(48),50 (53),55,(56)		200	278	222	228	172	222	100	82	85	57	82	0,40	1020	ПР-31, 75-8850	14	2,0	5,05	
																				12,85
1000	50 (53),55,(56)		210	280	224	230	174	224	140	82	85	57	82	0,40	780	ПР-38, 1-12700 ПР-50, 8-22680	12	3,5	13,40	
	60 63,(65),70 71																			
				354	284	290	220	284		105	108	73	105						19,85	
																			19,50	
																			18,85	

Продовження Додатку 11

Номинальний обертаючий момент, $T_{ном}, Н\cdot м$	d	d_1	D , не більш	L , не більш				l , не більш				Радіальне зміщення осей валів, не більш	Частота обертання, об/хв	Ланцюг за ДОСТ 13568	Кількість зубців напі- вмуфти	h	Маса, кг, не більш			
	Гран. відхил.			Тип																
	H7	H9		1		2		3, 4	1		2							3, 4		
				Виконання					Виконання											
	I	II		I	II	I	II	I	II	I	II									
2000	63,(65),70,71 (75) 80, 85 90	280	354	284	290	220	284	140	105	108	73	105	0,6	720	ПР- 50, 8- 22680	12	3,085			
																		28,60		
4000	80,(85) 90 (95) 100 (105),110	310	424	344	352	272	344	170	130	134	94	130	0,6	720	ПР- 50, 8- 22680	14	38,95			
																		45,00		
8000	100,(105),110 (120) 125 (130) 140	350	514	424	432	342	424	210	165	169	124	165	0,7	540	16	54,05				
			604	504	512	408	504	250	200	204	154	200				55,00				

Примітка. 1. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу.

2. Кутове зміщення осей валів 1° .

Розміри (мм) та основні параметри муфти дискової напівжорсткої

Номінальний обертаючий момент, $T_{ном},$ $H \cdot м$	d (гран. відхил. за Н7, Н9)	D , не більш	l (гран. відх. за h14)		L , не більш		L_1 , не більш		Частота обертання, об/хв, не більш	Допустиме зміщення осей валів для типу 1, не більш		Маса, кг, не більш					
			I	II	I	II	I	II		осьове		кутове					
										I	II	I	II				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
40	11 12,14	80	23	20	56	50	196	190	12000	0,5	0°45'	0,9	0,8	1,7	1,5		
	16,18,(19) 20,22,(24)		40	28	90	66	230	206						2,1	1,8		
63	18,(19) 20	95	40	28	90	66	230	206	10800	0,5	0°45'	1,4	1,3	2,8	2,0		
	22,(24) 25,28		50	36	110	82	250	222						1,6	1,4	3,2	3,0
100	20,22,(24) 25,28 (30),32 (35),63	105	50	36	110	82	250	222	9900	0,5	0°45'	1,8	1,7	3,5	3,1		
	(24)		60	42	130	94	270	234						2,0	1,8	4,0	3,7
160	(30),32 (35),63	125	80	58	170	126	310	266	8700	1,0	0°45'	2,3	2,2	4,5	4,1		
	25 28		50	36	112	84	294	266						2,3	2,2	4,8	4,5
	(30),32		60	42	132	96	314	278						3,0	2,5	5,8	5,3
	(35),36,(38)		80	58	172	128	354	310						3,3	2,8	6,7	6,1
250	28	135	60	42	132	96	314	278	10800	1,0	1°	3,1	3,2	6,8	6,6		

	(30),32 (35),36,(38)		80	58	172	128	345	310				3,5 4,2 6,7	3,3 3,7 5,7	7,4 8,5 12,5	7,5 8,4 12,0
	40,(42),45		110	82	323	176	414	358							

Продовження Додатку 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
400	32 (35),36,(38)	145	80	58	174	130	358	314	7200	1,5	1°	4,0	3,7	8,1	7,8
	40,(42) 45,(48),52)		110	82	234	178	418	362				4,6	4,2	9,3	8,7
630	38	170	80	58	174	130	418	374	6000			5,7	4,9	10,6	9,7
	(40),42 45,(48) 50,(52) 55,(56)		110	82	234	178	478	422				6,9	5,8	13,6	12,8
	60,(63)		140	105	294	224	538	468				7,7	6,0	15,5	13,2
1000	45,(48),50 (52),55,(56)	180	110	82	235	179	480	424	5580			8,4	7,2	17,0	1536
	67,(63),(65) 70,(71)		104	105	295	225	540	470				9,0	7,9	18,2	17,0
1600	(52),55,(56)	200	110	82	235	179	480	424	5280			11,9	9,9	22,5	20,2
	60,(63),(65) 70,(71),(75)		140	105	295	225	540	470				8,5	7,5	17,3	15,5
	80,85		170	130	335	275	600	520				8,9	7,9	17,8	16,2
2500	60,(63),(65) 70,(71),(75)	260	140	105	300	230	550	480	4500			12,2	10,3	22,5	20,0
	80,(85) 90,(95)		170	130	360	280	610	530				13,1	10,8	24,1	21,0
4000	70,(71),(75)	300	140	105	303	233	556	486	3720	10,6	10,3	22,8	22,0		
	80,(85) 90,(95)		170	130	363	283	616	536		14,9	12,8	28,3	26,3		
	100,110		210	165	443	353	696	606		17,3	14,5	32,5	29,5		
6300	(85)	300	170	130	367	287	624	544	22,5	18,6	39,7	35,7			
												16,2	14,2	30,9	28,9
												17,7	14,7	32,2	30,3
												24,2	20,2	42,8	38,9
												28,0	23,0	49,1	44,2
												24,7	24,0	48,8	45,1
												32,4	28,2	58,6	52,9
												37,7	31,2	66,3	59,5
												45,5	39,0	77,1	70,2
												39,3	35,8	73,8	70,8

	90,(95) 100		210	165	447	357	704	614				42,1	42,9	84,5	74,0
	110,(120),125 (130)		250	200	527	427	784	684				5,05	46,3	86,3	83,0
												69,6	58,1	109,5	100,0

Додаток 13

Розміри (мм) пакети гнучких дисків

T , $H \cdot m$	D , не більш	D_1	D_2 , не більш	H	h	d	Число отворів n
				не більш			
40	80	60	40	4	0,30	12	4
63	95	75	50				
100	105	80	55				
160	125	100	70	5	0,35	14	6
250	135	105	75				
400	145	112	80	6	0,35	16	
630	170	135	95			18	
1000	180	145	100			20	
1600	200	160	105	9	0,40	24	
2500	235	175	125	10	0,45	27	
4000	260	205	135	12	0,55	31	
6300	300	240	160	14		37	

Додаток 14

Параметри та розміри (мм) напівжорсткої муфти

Оберта- ючий момент T , $H \cdot m$	Діаметр роз- точок напів- муфти d		D	L	M	N	G	O	Число гвинтів z_1 і діаметр різі	Ма- са, кг
	min	max								

300	14	32	95	220	63	78,5	60	39	4×M10	4
480	19	48	135	232	80	76	70	6	4×M12	10
1500	22	60	170	274	100	87	80	80	8×M12	14
2400	27	65	190	302	110	96	90	90	8×M12	25
3000	29	70	210	332	130	101	95	100	8×M12	32
3750	34	75	230	350	140	105	100	105	8×M16	41
4800	39	85	245	380	160	110	105	115	8×M16	52
6000	44	95	270	404	170	117	110	135	12×M16	65
10000	49	105	300	436	108	128	120	150	12×M16	79
12500	54	120	325	466	190	138	130	160	12×M16	97
16000	59	130	350	496	200	148	140	180	12×M20	118
20000	64	140	370	518	210	154	145	190	12×M20	145
25000	69	150	395	553	225	164	155	200	12×M24	180
32000	75	16	415	578	240	169	160	220	12×M24	205
40000	79	180	450	622	254	184	175	230	12×M30	240
50000	84	190	470	652	268	192	185	240	12×M24	280
64000	89	200	500	690	280	205	195	260	12×M24	337
80000	94	210	550	740	300	220	210	290	12×M30	390
100000	99	230	590	790	310	240	230	320	12×M30	460
125000	109	250	650	860	330	265	250	360	12×M30	545
160000	119	270	690	930	360	285	270	400	12×M36	640
200000	129	290	750	1000	420	290	275	430	12×M36	750
250000	139	330	800	1050	400	325	310	500	12×M36	930
320000	159	350	880	1150	440	355	340	550	12×M36	1065
400000	199	380	940	1210	460	375	360	580	12×M40	1900
500000	210	450	1050	1430	500	465	450	600	12×M40	2960
			0							

Розміри (мм) та параметри муфти шарнірної

Номінальний момент, $T_{ном},$ $H \cdot m$	d	D	L						I	A (довідковий)	Динамічний момент інерції $J \cdot 10^{-6}, kg \cdot m^2$				Маса, кг, не більш					
			Тип								Тип				Тип					
			1			2					1				2					
			Виконання												Виконання					
			I	II	I	II	I	II			I	II	I	II	I	II	I	II		
11,2	8	16	56	-	76	-	20	-	20	0,223	-	32	-	0,057	-	0,080	-			
	9		62	56	82	76	0,051	-						0,074	-					
22,4	10	20	66	60	92	86	23	20	24	0,630	0,560	0,92	0,87	0,100	0,092	0,147	0,139			
	11		80	70	106	96	0,094	0,080						0,141	0,127					
	12		86	76	118	108	30	25						0,102	0,096	0,149	0,148			
45,0	14	25	86	76	118	108	30	25	32	1,440	1,290	2,09	1,94	0,170	0,152	0,242	0,224			
	16		112	88	105	126	40	28						0,150	0,135	0,222	0,207			
71,0	18	32	112	88	105	126	40	28	38	5,900	4,840	8,53	7,46	0,390	0,321	0,558	0,489			
140,0	(19)	40	140	112	188	160	50	39	48	16,300	12,900	24	20,60	0,367	0,299	0,535	0,467			
	20		148	120	206	178	50	-						0,653	0,480	0,973	0,800			
	22		168	132	326	190	60	-						0,720	0,590	1,040	0,910			
280,0	(24)	50	148	120	206	178	50	-	58	45,6	36,6	68,8	59,6	0,667	0,550	0,987	0,870			
	25		168	132	326	190	60	-						1,17	0,96	1,78	1,57			
	28		222	178	292	248	80	58						1,28	1,03	1,89	1,64			
560,0	30	60	222	178	292	248	80	58	70	148,0	117,0	207,0	176,7	1,16	0,90	1,77	1,51			
	32		236	192	238	284	-	-						2,83	2,31	3,90	3,38			
	35		296	240	388	332	110	82						2,71	2,21	3,78	3,28			
1120,0	(38)	75	236	192	238	284	-	-	92	396,0	338,0	585,0	525,0	2,51	1,78	3,58	2,94			
	40		296	240	388	332	110	82						4,31	3,63	6,53	5,85			
	(42)		296	240	388	332	110	82						5,03	4,41	7,25	6,63			
														4,81	4,05	7,03	6,27			

Примітка. 1. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу.
2. При суміщеннях валів допустимий обертаючий момент муфт: $T_d = T \cos \gamma$, де T – табличне значення моменту; γ – кут перекосу між осями валів, які з'єднуються муфтою.

Додаток 16

Розміри (мм) та параметри муфти з радіальними пакетами пружин

$T, Нм$	$n_{max},$ об/хв	d	D	L	B	l_1	l_2
75	4200	25	120	83	25	48	32
300	3500	40	160	113	25	60	50
800	2100	55	200	143	30	80	60
2500	1650	80	280	203	45	120	80
8500	1250	120	360	283	55	160	120
17000	1000	150	440	353	60	200	150
40000	850	200	570	473	60	260	210
75000	800	250	640	543	65	300	240

Додаток 17

Розміри (мм) та параметри муфти з пакетами плоских пружин,
розташованих паралельно осі вала

$T, Нм$	$n_{max},$ об/хв	D	d_{max}	l	l_1	Δ	D_1	d_1	Маса, кг
47	4000	89	25,4	41	29,0	89	38	16	3,17
72	4000	102	31,7	44	29,0	95	51	16	4,53
108	4000	114	41,3	48	29,0	102	62	16	5,90
180	3600	127	50,8	51	29,0	108	76	16	8,16
390	3600	146	57,0	57	36,5	121	86	19	11,30
570	3600	152	63,0	65	36,5	137	95	19	13,60
790	2550	178	76,0	71	36,5	149	117	19	18,10
1700	2100	216	98,0	90	44,5	187	140	24	31,70
2500	2100	216	98,0	90	44,5	187	149	24	31,70
3900	1900	241	114,0	96	44,5	200	171	24	45,30
5600	1800	254	108,0	110	60,0	206	165	32	52,20
7800	1500	304	140,0	112	60,0	232	209	32	80,60
12400	1200	381	152,0	134	60,0	276	279	32	158,00
18000	1000	457	197,0	169	60,0	346	349	32	226,00
25700	820	559	254,0	207	60,0	422	450	32	363,00
43000	780	584	266,0	215	89,0	425	457	52	476,00
64500	750	609	216,0	228	121,0	463	381	52	589,00
86000	670	686	254,0	279	121,0	565	431	55	747,00
132000	560	813	311,0	304	121,0	616	533	55	1200,00
214000	550	838	298,0	330	146,0	667	508	65	1360,00
275000	490	939	336,6	355	146,0	718	584	65	1814,00

Розміри (мм) та параметри муфти з пакетами плоских пружин

$T, Нм$	$n_{max}, об/хв$	d	D	D_1	L	l
180	4030	24,5	126,4	82,5	103,7	50,8
415	3360	31,6	152,0	101,5	116,8	57,2
820	2880	44,5	176,7	120,1	141,3	69,7
1700	2400	57,2	210,2	149,5	155,6	77,1
2300	2130	73,0	240,1	171,5	185,2	91,5
4000	1830	88,6	280,0	196,5	213,9	105,2
6000	1610	101,5	315,7	225,2	243,0	120,1
8900	1480	114,0	345,2	257,1	271,5	134,4
16500	1310	126,4	390,0	284,3	307,1	153,0
28600	1140	152,0	450,2	336,1	367,5	162,6
32000	1100	176,7	465,5	372,0	379,1	176,7
46500	960	200,3	530,2	430,8	407,3	200,3
65000	875	228,0	582,3	476,0	460,0	228,0
92000	770	245,0	660,0	547,5	510,0	254,0
122000	700	278,0	710,1	585,0	558,7	278,0

Розміри (мм) та параметри муфти із змієподібними пружинами

$T, Нм$	$n_{max}, об/хв$	D	L	d_{max}	a	Маса, кг
18	4800	86	80	25	1,0-3,0	1,6
26	3600	120	90	30	1,0-3,0	3,5
72	3600	120	90	40	1,0-3,0	3,8
215	2500	155	110	50	1,0-5,0	7,5
570	2300	195	141	65	1,0-5,0	15,0
1070	1700	280	160	75	1,0-5,0	35,0
1800	1650	280	182	85	1,5-6,5	37,0
3600	1400	350	201	100	1,5-6,5	68,0
7200	1000	430	262	125	1,5-6,5	130,0
11500	860	420	282	140	1,5-6,5	140,0
14300	800	476	302	150	2,0-8,0	200,0
28600	650	595	362	180	2,0-8,0	330,0
43000	550	700	402	220	2,0-8,0	410,0
72000	470	775	502	200	2,0-10,0	630,0
107000	400	925	542	320	5,0-15,0	870,0

Розміри (мм) та параметри муфти «Карделіс»

T , Н·м	n_{max} , об/хв	B	D_A	Муфти з малими отворами (Тип А)				Муфти з великими отворами (Тип Б)				GD^2 Н·м	Крутильна жорсткість Н·м/град	Маса, кг
				D_N	d_{max}	l	B_1	D_N	d_{max}	l	B_2			
46,5	4200	75	100	45	25	45	98	50	28	45	120	0,082	6,82	3,2
70,0	3800	85	112	50	28	50	108	60	32	50	133	0,160	10,50	4,5
100,0	3500	95	125	60	32	55	118	65	35	55	146	0,280	15,30	6,5
135,0	3200	105	140	65	35	60	128	70	40	60	160	0,480	20,10	9,0
180,0	2900	116	160	70	40	70	50	80	45	70	186	0,810	27,00	13,0
260,0	2600	130	180	80	45	75	160	90	50	75	200	1,600	39,00	17,5
375,0	2300	140	200	90	50	85	180	100	55	85	224	2,800	55,00	25,0
550,0	2100	155	225	100	55	95	200	115	65	95	250	4,800	83,00	35,0
790,0	1950	170	250	115	65	105	220	135	75	105	276	11,600	121,00	48,0
1090,0	1800	184	280	135	75	115	240	150	90	115	302	14,800	163,00	64,0
1430,0	16500	202	315	150	85	125	260	170	100	125	328	26,700	210,00	91,0
2120,0	1500	220	355	170	95	140	290	190	110	140	366	46,100	320,00	128,0
3000,0	1350	244	400	190	105	160	330	215	125	160	414	83,800	450,00	178,0
4350,0	1200	270	450	215	120	180	370	240	140	180	466	142,700	642,00	250,0
6200,0	1080	300	500	240	135	200	410	270	160	200	516	237,000	930,00	344,0
8950,0	950	340	560	270	150	225	465	300	180	225	578	445,700	1780,00	440,0
12750,0	840	380	630	300	170	250	515	350	200	250	642	892,000	1870,00	610,0
17900,0	750	425	710	350	200	280	575	400	225	280	718	1603,800	2610,00	850,0

Розміри (мм) і параметри муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів

T , Нм	n_{max} , об/хв	L	F	N	D	d	D_1	B	GD^2 Нм	Маса, кг
43	4600	50	1-3	48	88	18-28	160	50	0,6	5
86	3800	50	1-3	48	88	20-28	160	50	0,6	5
143	3100	60	1-3	50	94	24-32	180	60	1,0	8
215	3100	60	1-3	68	116	28-45	200	65	1,6	11
286	2600	60	1-3	78	126	30-50	225	70	2,6	13
430	2600	70	1-4	80	139	35-55	250	80	4,4	18
573	2300	70	1-4	90	156	38-60	250	80	4,4	21
860	2300	75	1-4	105	163	45-70	280	90	8,2	26
1150	1500	90	1-4	110	188	50-70	320	100	15,2	39
1720	1300	100	2-5	130	218	55-90	400	125	41,7	64
2150	1500	100	2-5	170	218	55-90	450	140	50,0	78
2860	1500	105	2-5	145	218	65-100	450	140	50,0	80
4300	1200	115	2-5	170	260	75-105	500	160	110,5	118
5730	1200	130	2-6	180	280	90-115	640	180	284,0	155
7160	1000	140	2-6	190	295	100-125	640	200	340,0	197
10750	1000	140	2-6	200	325	110-125	640	200	365,0	214
14320	900	150	2-6	220	346	115-130	650	200	385,0	238
19700	900	170	2-6	230	365	125-140	650	200	413,0	280

Розміри (мм) і параметри муфти з пружними елементами у вигляді стрижнів

T , Нм	n_{max} об/хв	L	A	N	D	D_0	d	GD^2 Нм	Об'єм за- правки мас- тилом, л	Ма- са, кг
							28-32			
							30-40			
							35-50			
86	5400	55	1-4	60	126	79	38-50	0,43	0,100	6,2
143	4300	60	1-4	78	155	106	42-52	1,00	0,125	11,2
215	4300	60	1-4	78	155	106	45-60	1,08	0,125	11,4
286	3800	70	1-5	90	170	121	50-70	1,72	0,160	14,5
430	3800	70	1-5	90	170	121	55-80	1,79	0,160	15,0
537	3300	75	1-5	100	196	134	65-90	3,06	0,200	19,0
860	3300	75	1-5	110	196	134	75-90	3,23	0,200	20,0
1150	2250	90	1-6	135	280	201	80-105	17,0	0,500	50,0
1650	2250	90	1-6	160	280	201	85-105	17,9	0,500	53,0
2150	2250	100	1-6	160	280	200	90-115	19,0	0,600	59,0
3220	2250	100	1-6	170	280	200	100-	19,6	0,600	64,0
4300	1900	125	1-6	190	350	257	125	54,5	1,000	108,0
5730	1900	125	1-6	190	350	257	100-	54,5	1,000	108,0
7160	1900	140	2-9	220	425	331	125	107,6	1,500	160,0
10750	1500	150	2-9	220	425	331	115-	109,0	1,500	163,0
14320	1300	160	2-9	260	470	357	140	200,0	1,700	323,0
19700	1300	170	2-9	270	470	355	125-	216,0	1,700	242,0
25000	1200	180	2-7	290	515	389	150	320,0	2,000	300,0
30450	1200	190	2-7	320	535	409	135-	390,0	2,000	346,0
35800	900	200	2-7	360	590	496	160	614,0	2,200	443,0
							145-			
							180			
							160-			
							210			

Розміри (мм) і основні параметри муфти із зірочкою

Номинальний обертаючий момент $T_{ном}$, $H\cdot m$	d	D	L		l		c (гран. відх. за J_S17)	Частота обертання, c^{-1} , не більш	Зміщення осей валів, не більше		Маховий момент GD^2 $H\cdot m$		Маса, кг, не більше	
			Виконання						радіаль не Δ	кутове γ , град	Виконання			
			I	II	I	II					I	II	I	II
2,5	6 7	35	45,5	-	16	-	1,5	92	0,1	1°30'	0,05	-	0,17	-
6,3	10 11 12 14	45	59,9	53,5	23	20		83			0,12	0,10	0,25	0,23
	73,5		63,5	30	25	63	0,2	,035	,030	0,27	0,25	0,31	0,27	
16,0	12 14 16 18	53	81,0							71,0	40	28	63	0,59
	101,0		77,0	3,0	58	0,2	0,76	0,54	0,72	0,62	0,80	0,66	0,78	0,64
25,0	14 16 18 (19) 20	63	81,0						71,0	30	25	58	0,2	0,76
	101,0		77,0	40	28	121,0	93	50	36	0,69	0,76			
31,5	16	71	101,0	77,0	40	28	3,0	37	0,3	1°30'	0,96	0,76	0,98	0,68
31,5	18 (19) 20 22	71	101,0	77,0	40	28					50	0,94	0,70	1,14
	121,0		93,0	50	36	3,0	37	0,3	3,0	2,8	1,81	1,67		

	22 (24) 25 28		148,0	112,0	60	42							1,75 1,67 2,00 1,90	1,65 1,57 1,61 1,51
--	------------------------	--	-------	-------	----	----	--	--	--	--	--	--	------------------------------	------------------------------

Продовження Додатку 23

Номинальний обертаючий момент $T_{ном}$, $H\cdot m$	d	D	L		I		с (гран. відх. за J_{S17})	Частота обертання, c^{-1} , не більш	Зміщення осей валів, не більш		Маховий момент GD^2 $H\cdot m$		Маса, кг, не більш	
			Виконання						радіальне Δ	кутове γ , град	Виконання			
			I	II	I	II					I	II	I	II
125,0	25	105	188,0	144,0	80	58	3,0	33			9,0	8,4	3,32	3,06
	28												3,18	2,84
	30												3,34	3,04
	32												3,32	3,16
	35												3,39	3,23
36	3,72	3,30												
250,0	32	135	191,0	147,0							14,1	12,8	7,05	6,05
250,0	35	135	191,0	147,0	110,0	82	3,0	30	0,4	1°00'	14,4	12,8	7,10	6,62
	36												7,06	6,56
	(38)												6,90	6,40
	40												7,60	6,88
	(42)												8,08	7,50
45	8,49	7,90												
400,0	(38)	166	196,0	152,0	80	58	3,0	25			38,6	37,8	11,34	10,82
	40												12,04	11,46
	(42)												12,90	11,78
	45												12,12	11,00
(48)	256,0	200,0	11,0	82									13,10	11,98

Примітка. 1. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу..
2. Допускаються інші з'єднання муфт з валами.
3. При використанні зірочок, виготовлених з марок гум, що мають границю міцності при розриві $[\sigma_p]$ вище значення $1 \cdot 10^{-7} \text{ Н/м}^2$, допустима частота обертання муфт збільшується в $\sqrt{[\sigma_p]/1,0 \cdot 10^7}$ разів.

Додаток 24

Розміри (мм) зірочок для муфт за ДОСТ 14084

Номинальний обертаючий момент T , $H\text{м}$	D	B (гран. відх. +0,2)	r (див. і рис. 3.17, б)	Маса, $кг$
2,5	30	8,5	1,25	0,009
6,3	42	10,5	1,6	0,012

Примітка. Товщина зірочки $H = 10$ мм

Додаток 25

Розміри (мм) зірочок для муфт за ДОСТ 14084

Номинальний обертаючий момент T , $H\text{м}$	D	d_1	B (гран. відх. +0,2)	Товщина зірочки H	r	Маса, $кг$
16,0	50	26	10,5	15	1,6	0,32
25,0 31,5	60 67	30	12,5			0,040 0,430
63,0 125,0	80 100	36 45	14,5 16,5	22	2,0	0,090 0,135
250,0 400,0	130 160	56 67	18,5 20,5	25 30	3,0	0,264 0,485

Розміри (мм) і основні параметри муфти МУВП

$T, Нм$	d	D	L		l		D_1	Число пальців	$n, об/хв$	B	B_1	l_1	d_1	d_2	l_2	Допустиме зміщення валів	
			довгі кінці валів	короткі кінці валів	довгі кінці валів	короткі кінці валів										радіальне, мм	кутове, град
6,3	10 11	67	51	43	24	20	45	3	880 0	3	20	9	22	17	12	0,2	1,5
	12 14		63	51	30	24							25				
16	16 18	71	84	59	40	28	50	4	760 0	4	28	16	30 32	20	20	0,2	1,5
	16 18												104				
31,5	16 18	90	124	76	50	36	71	6	570 0	4	28	16	36 40	20	20	0,2	1,5
	20 22												125				
63	20 22	100	165	89	60	42	90	4	460 0	5	42	18	45 50	28	32	0,3	1,5
	20 22												125				
125	25 28	125	165	125	80	60	90	4	460 0	5	42	18	45 50	28	32	0,3	1,5
	25 28												125				

Продовження Додатку 26

$T, Нм$	d	D	L		I		D_1	Число пальців	$n, об/хв$	B	B_1	l_1	d_1	d_2	l_2	Допустиме зміщення валів	
			довгі кінці валів	короткі кінці валів	довгі кінці валів	короткі кінці валів										радіальне, мм	кутове, град
250,0	32	140	165	125	110	85	105	6	3800	5	42	18	56	28	32	0,3	1,0
	36												63				
500,0	40	170	225	175	110	85	130	8	3600	5	56	18	71	28	32	0,3	1,0
	45												75				
1000,0	50	210	226	176	140	105	160	10	2860	6	24	24	90	36	40	0,4	1,0
	56												100				
2000,0	63	260	288	218	173	130	200	10	2300	8	71	30	110	48	48	0,4	1,0
	71												125				
4000,0	80	320	350	270	210	170	240	10	1800	10	85	38	140	60	60	0,4	1,0
	90												160				
8000,0	100	420	432	352	250	200	320	10	1450	12	110	48	180	75	75	0,4	1,0
	110												200				
	125												220				
	140		512	412	250	200							240				

16000,0	160	530	434	354	210	170	400		1150	14	130	56	220	90	95		
	180		514	414	250	200							250				
	160		614	494	300	240							280				
	180																

Розміри (мм) пальців і втулок муфти МУВП

$T, H\text{м}$	d	d_1	d_2	d_3	l	l_1	l_2	l_3	l_4	b	h	l_5	l_6	t	S	D	d_4	d_5
6,3 16,0	8	M6	4,5	12	21	12	6	1,5	3	1,5	1,0	10	2,5	5	3	16	12	12
31,5 63,0	10	M8	6,8	15	45	19	9	2,0	4	2,0	1,5	15			4	19	14	15
125,0 250,0 500,0	14	M10	7,8	20	66	33	12					3,0	5	3,0	2,0	18	3,5	7
1000,0	18	M12	9,5	25	85	42	17	6	8	5,0	3,0					36	4,5	9
2000,0	24	M16	13,0	32	106	52	24					5	44	6,0	11	8	45	32
4000,0	30	M24	19,5	38	140	66	30	4,0	8	5,0	3,0	56	7,5	14	10	56	40	48
8000,0	38	M30	25,0	48	170	84	36					71	9,5	18	12	71	50	48
16000,0	45	M36	30,0	56	210	103	45	5,0	8	8,0	4,0	88	11,5	22	14	85	60	56

Розміри (мм) і параметри муфт з тороподібною оболонкою опуклого профілю

Номинальний обертаючий момент $T_{НОМ}, Нм$	d		D не більш	L , не більш		l (гран. відх. за h14)		Максимальний обертаючий момент при коротко-часовому перевантаженні, $Нм$	Допустима частота обертання, c^{-1}	Кут закручування при номінальному обертаючому моменті, не менш	Допустиме зміщення напівмуфт		Динамічний момент інерції, $кгм^2$	Маса, $кг$, не більш	
	гран. відх.			Виконання							осьове	радіальне			
	за Н7	за Н9		I	II	I	II								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
20	14 16,18,(19)		100	105 110	- 95	28 30	- 20	63	50	5°30'	1,0	1,0	0,002	1,4	
40	18,(19) 20,22,(24) 25		125	115 130 140	100 120 130	38 44 44	26 28 28	125					0,004	2,5	
80	22,(24) 25 28 30		160	140 150 185	140 140 170	38 44 60	26 28 40	250			2,0	1,6	0,014	4,5 5,1	
125	25,28 30,32,35,36		180	155 190	145 175	44 60	28 40	400					0,025	6,1 6,9	
200	30,32,35,36, (38) 40		200	200 250	185 235	60 84	40 60	630			41	2,5	2,0	0,042	8,4 9,5
250	32,35,36, (38) 40,(42) 45		200	205 255	185 240	60 84	40 60	800			33	3,0	2,5	0,074	10,8 12,0 14,0
315	35,36,(38) 40,(42) 45,(48)		250	215 270	195 250	60 84	40 60	1000			33	5°30'	3,0	2,5	0,12

500	40,(42) 45,(48),50, (53),55, (56)	280					1600	26		3,6	3,0	0,21	21,5 23,3 24,2
-----	---	-----	--	--	--	--	------	----	--	-----	-----	------	----------------------

Продовження Додатку 28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
800	(48),50 (53),55,(56)	320	280	270			2500					0,39	30,0 31,0			
	60,63		330	310	108	75							34,5			
1250	55,(56)	360	280	230	84	60	3150		4°30'	4,0	3,6	0,66	38,0 41,5 46,5			
	60,63,(65) 70,71,(75)		330	260		108							75	56,5 61,5		
2000	63,(65) 70,71,(75)	400	350	270			5000			4,5	4,0	1,2	68,0			
	80,(85) 90		400	320	132	96							296,5 336,0			
16000	160 (170),180	720	670	550	244	188	31500	15	3°30'	6,7	5,0	16	296,5 336,0			
20000	140,(150)	800	600	500	204	158	40000	13		7,5			33	388,0 411,5 482,0		
	160 (170),180		680	560	244	188					50000			9	48	466,0 535,0
	190		760	620	284	218										63000
25000	160, (170) 130	900	690	570	244	188	50000		2°30'		5,0	48	466,0 535,0			
	(190),200		770	630	284	218							63000	10	88	596,5 666,5 716,0
31500	160,(170)	1000	710	580	244	188	63000	12				120				815,0
	(190),200 (210),220		790	640	284	218							815,0 921,0			
40000	180 (190),200, 210,220	1120	720	590	244	188	80000						815,0			
	240		900	-	344	-							921,0			

Примітка. 1. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу.
2. Допускається граничне відхилення розміру d за Н8.
3. Допустиме кутове зміщення напівмуфт $1^{\circ}30'$

Розміри (мм) і основні параметри муфт з тороподібною оболонкою увігнутого профілю

Номинальний обертаючий момент $T_{ном}, НМ$	d	d	D не більш	L , не більш		l (гран. відх. за h14)		Допустима частота обертання, c^{-1}	Кут закручування при номінальному обертаючому моменті, не більш	Допустиме зміщення напівмуфт			Динамічний момент інерції, $кгм^2$, не більш	Маса, $кг$, не більш
	Гран. відх.			Виконання						радіальне	кутове	осьове		
	за Н7	за Н9		I	II	I	II							
25	14 16,18,(19)		110	95 100	- 80	28 30	- 20	93,0	16°	0,5	2°	1,6	0,004	2,107
40	18,(19),20, 22,(24) 25		130 135	120 135	100 100	38 44	26 28	86,0		1,0				0,007
63	22,(24) 25,28 30		150	130 140 175	105 110 135	38 44 60	26 28 40	80,0	14°30'	2,0	2°30'	2,5	0,012	3,600
100	25,28 30,32,35,36		170	145 180	115 140	44	28	70,0						
160	30,32,35,36,(38)		190	190	150	60	40	61,6	15°30'	2,5	3°	3,0	0,030	6,670
250	32,35,36,(38) 40,(42),45		220	200 245	155 200	84	60	53,0						
400	36,(38) 40,(42),45 (48),50		260	210 260	170 210	60	40	47,3			3°30'	3,6	0,143	17,80
630	45,(48),50, (53),55,(56)		300	275	225	84	60	42,0	3,2	4°	4,0	0,238	22,6	
1000	55,(56)		340	290	240			37,7						

Продовження Додатку 29

Номинальний обертаючий момент $T_{ном}, Нм$	d	d	D не більш	L , не більш		l (гран. відх. за h14)		Допустима частота обертання, c^{-1}	Кут закручування при номінальному обертаючому моменті, не більш	Допустиме зміщення напівмуфт			Динамічний момент інерції, $кг м^2$, не більш	Маса, $кг$, не більш	
	Гран. відх.			Виконання						радіальне	кутове	осьове			
	за Н7	за Н9		I	II	I	II								
1000	60,63 (65),70,71		340	330	270	108	75	31,7	15°30'	3,2	4°	4,0	0,320	32,40	
1600	(65),70,71,(75) 80,(85)		350	325 375	260 300	132	95	34,8		3,5	5°	5,0	0,640	42,35	
2500	(75) (80),(85),90,(95))		410	345 395	280 320	108 132	75 95	31,5		4,0		6,0	1,350	68,00	
4000	(85),90,(95) 100,(105) 110,(120)		460	415 485	340 400	168	125	25,0			5°30'		7,0	2,380	110,6
6300	100,(105), 110,(120),125 (130)		540	510 585	420 485			204						155	22,0
10000	110,(120),125 (130),140,(150)		620	535 610	450 510	168 204	125 155	19,2		13°	6,0	8,0	12,50	220,2	
16000	125 (130),140,(150) 160,(170),(180)		710	510 645 720	485 545 605	168 204 244	125 155 185	18,0					6,0	6°	9,0

Примітка: Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу.

Розміри (мм) пружного елемента муфти за ДСТ 20884

Номинальний обертаючий момент $T_{ном}$, $Нм$	D_0	D_1	D_2	b_0	B	b	h	r	s	d , o/m
25	108	85	97	36	32	11	7	2,0	6	7/6
40	125	100	113	41	37	12	8	2,0	6	7/6
63	145	120	133	48	44	13	9	2,0	6	7/6
100	165	140	153	54	50	15	11	2,0	6	7/6
160	185	160	173	63	58	17	12,5	2,5	6	7/6
250	215	186	200	73	68	20	14,5	2,5	8	9/6
400	250	218	234	85	80	22	17	2,5	10	11/6
630	290	255	273	99	93	26	20	3,0	12	13/8
1000	335	300	318	116	110	29	23	3,0	12	13/8
1600	345	305	325	118	112	30	23,5	3,0	12	13/8
2500	405	360	382	141	132	37	28	4,5	12	13/8
4000	450	405	428	159	150	41	32	4,5	12	13/10
6300	530	480	505	184	175	46	37	4,5	14	15/10
10000	610	5600	585	215	205	53	43	5	14	15/12
16000	700	650	675	250	240	60	50	5	17	17/12

Розміри (мм) і параметри муфти пружної з проміжним диском

Номинальний обертаючий момент $T, Нм$	d	d_1	D не більш	L , не більш				L , не більш				Максимальний обертаючий момент при часовому навантаженні, $Нм$	Частота обертання, $с^{-1}$ не більш	Допустиме зміщення осей валів, не більше		Ма-са, кг, не більш
	Гран. відх.			Тип										куто-ве γ , град	раді аль-не Δ	
	за Н7	за Н9		1		2		1		2						
	Виконання										1,0°			0,75°		
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II							
4,0	8, 9		56	65	-	45	-	22	-	15	-	10	100	1,0°	0,40	0,4
	10, 11			70	65	55	-	35	22	18	-					
8,0	12, 14		63	90	80	65	-	32	28	22	-	20	83		0,50	0,6
16,0	16, 18		80	110	90	85	63	42	30	32	20	40			0,75	0,8
31,5	16, 18, (19)		100	135	105	105	80	52	38	40	26	80	67	0,75°	1,00	1,4
	20, 22			160	125	125	90	63	44	46	28					
63,0	20, 22, (24)		125	205	160	165	125	82	60	63	40	160	50		1,25	3,5
	25, 28			265	210	230	175	112	84	88	60					
125,0	30, 32, 35, 36		160									320	50	1,5	6,2	
200,0	30, 32, 35 36, (38)		180									500				

Примітка. Розміри в круглих дужках бажано використовувати в другу чергу.

Розміри (мм) і параметри муфти з гумометалевим пружним елементом

T, H, M	D	D_1	D_2	d	r	$d_{\text{винт}}$	$\alpha, \text{град}$	L	H	Число гвинтів в напів-	Допустиме зміщення валів	
											кутове	радіальне, мм
63	110	95	65	38	4,0	M6	17	120	38	6	1°12'	1,0
100	125	110	75	40	4,0	M8	17	135	45	6	1°20'	1,1
160	150	130	90	50	5,0	M8	17	155	50	8		1,5
250	170	150	100	60	6,0	M8	17	180	60	8		1,7
400	205	180	120	70	7,0	M10	17	220	72	8		1,9
630	240	210	140	85	8,5	M12	17	250	85	8		2,3
800	250	220	145	90	9,0	M12	17	270	90	8		2,5
1000	275	240	160	95	9,5	M16	17	290	95	8		2,6
1600	320	280	186	115	11,5	M16	17	350	115	8		3,2
2500	390	340	225	140	14,0	M20	17	240	140	8		3,9
4000	435	380	255	150	15,0	M20	17	450	152	12		4,2
6300	515	450	300	180	18,0	M24	17	540	180	12	5,0	
10000	595	520	345	210	21,0	M24	17	630	210	12	5,8	

Примітка. 1. Розміри кулачків $l = 0,25D_1, b = 0,15D_1, s = 0,5D_1$.

2. Допустиме зміщення валів відповідає тривалій границі витривалості.

Розміри кулачкових муфт (мм) з несиметричною трапецеїдальною формою кулачків

d	D	l_1	l_2	l_3	l_4	b	h	h_1
25	76	146	95	45	10	18	19	16
30	90	172	105	60	12	18	20	18
35	102	184	115	62	12	18	22	20
45	114	204	128	66	12	18	25	22
50	128	222	140	72	12	18	25	22
55	140	235	150	76	12	18	25	22
60	152	242	160	82	20	18	30	25
70	165	274	175	88	20	18	32	30
75	178	286	188	92	20	24	35	32

Розміри кулачкових муфт (мм) з прямокутною формою кулачків

d	D	L	a	b	c	h	Маса, кг
35-40	100	200	70	95	5	30	8
55-60	150	275	90	139	6	40	20
8	200	350	110	182	8	50	45
100	250	435	140	225	10	60	89
125	300	500	160	260	10	70	142

Основні параметри (мм) зчпної муфти ($m=2,0$) за ОСТ 90-0991-75

$T, Нм$	D	L	Число зубців z	D_1	D_2	D_3	b	b_1	d
400	25	51	26	32	45	36	8	18	9
500	26	55	28	35	50	42	9	18	
630	32	59	30	40	54	45	9	18	
800	34	62	32	42	56	50	10	18	
1250	38	68	34	48	62	54	12	18	
2000	42	78	38	52	70	62	15	22	10
3150	48	87	42	60	78	68	18	22	
4000	54	91	46	68	86	76	18	22	
5000	60	98	50	75	94	82	20	27	

Орієнтовні значення допустимого тиску, коефіцієнта тертя і температури фрикційних пар

Фрикційна пара	Коефіцієнт тертя			Допустимий тиск [ρ], МПа	Допустима температура, °С
	без мастила	з мастилом	з попаданням мастила		
Металокераміка – загартована сталь	0,18-0,40	0,08-0,15	-	Без мастила 0,3-0,5, з мастилом 0,8-1,0	-
Ретинакс марки ФК-24А (ГОСТ 10851-73) – загартована сталь	0,25-0,35	0,08-0,10	-	Без мастила 1,0-1,5	600-800
Пресований азбест- загартована сталь	0,3-0,4	0,1-0,2	-	Без мастила 0,2-0,4, з мастилом 0,5-1,0	150-250
Композиційний матеріал марки НСФ-6 (ГОСТ 1786-74) на основі каучука с металевим наповнювачем – загартована сталь	0,40-0,53	-	-	-	100-150
Гальмівна стрічка ВІАМ-12 - сталь	0,28-0,33	0,08-0,10	-	Без мастила 0,6-0,8, з мастилом 0,9-1,0	-
Порошкові металеві обкладки – загартована сталь	0,35-0,55	0,05-0,10	-	Без мастила 0,8-1,0, з мастилом 1-1,5	-
Бронза - сталь	0,10-0,15	0,05-0,10	0,10	Без мастила 0,4-0,5, з мастилом 0,6-0,8	150
Чавун - сталь	0,15-0,18	0,06-0,08	0,12	Без мастила 0,25-0,4, з мастилом 0,6-0,8	150
Чавун - чавун	0,15-0,20	0,05-0,08	0,15	Без мастила 0,4-0,6, з мастилом 0,6-1,0	300
<p>Примітка: 1. Менші значення тиску – при більшому числі поверхонь тертя, більші – при малому. 2. При $u > 25$ м/с тиск рекомендується знижувати: на 15% при $u = 5$ м/с; на 30% при $u = 10$ м/с; на 35% при $u = 15$ м/с (швидкість можна визначити за середнім радіусом поверхні тертя): $v = \pi \cdot r_{\text{сеп}} \frac{n}{30}$.</p>					

Основні характеристики деяких пар тертя

Пара тертя	Статичний коефіцієнт тертя $f_{сп}$	Динамічний коефіцієнт тертя f_p	Співвідношення коефіцієнтів тертя $f_{сп} / f_p$	Максимальна швидкість ковзання, м/с	Максимальна температура на поверхні тертя, °С	Максимальне теплове навантаження, Вт/см ²	Питомий знос, см ² /(кВт·м)	Деякі типові приклади застосування
Сталь-спечена бронза: у маслі	0,08-0,12	0,06-0,09	1,3-1,5	30-50	Максимально допустима температура масла	0,6-2,3	0,017-0,069	Електромагнітні муфти з магнітним потоком, що не проходить через диски
насухо	0,21-0,40	0,18-0,30	1,2-1,3	15-40	300-350	0,35-1,60	0,086-0,344	Багатодискові муфти з механічним вмиканням гідро- і пневмоприладами
Сталь-сталь (в маслі)	0,11-0,18	0,06-0,09	1,8-2,0	15-20	200-250	0,25-0,60	0,034	Електромагнітні муфти з магнітним потоком, що проходить через диски
Сталь-органічний матеріал (насухо)	0,31-0,52	0,28-0,40	1,1-1,3	20	250-300	0,25-0,35	0,172-0,258	Багатодискові запобіжні фрикційні муфти

Примітка. Тут індекси: сп – спокою; р – руху.

Розміри (мм) і параметри фрикційної муфти

Позна- чення	Виконання								D_1	D	D_3	D_4	Число пазів на зо- внішніх дисках n	L	L_1
	МТМ-1 і МТМ-2				МТМ-1А і МТМ-2А									Виконання	
	Шліцьові з'єднання				Шпонков. отвір		$d_1 + i_1$							МТМ-1 і МТМ-1А	МТМ-2 і МТМ-2А
	z	d	D	b	d_1	b_1	номін.	гран. відхл.							
06	6	21	25	5	22	6	24,3	+0,120; +0,023	84	80	70	80	6	72	115
07		26	30	6	25		27,6		94	90	78	90		82	130
08		28	34	7	30		32,6		104	100	86	100		85	135
09		36	40		35		10		37,9	+0,120	118	110		95	110
10	8	42	46	8	40	12	42,9	+0,027	133	125	105	125	8	95	150
11		46	54	9	50	16	53,6	+0,160; +0,027	148	140	115	140		110	175
12		56	65	10	60	18	64,0	+0,160; +0,130	168	160	130	160		130	210
13		62	72	12	70	20	74,3		188	180	140	170		150	250
14	72	82	80		24	85,2	+0,0160; +0,035	213	200	165	200	175	280		
15	82	92	90	95,2		235		220	185	220	200	325			
16	10	92	102	14	100	28	105,9		265	250	210	250	10	225	370

Продовження Додатку 38

Позначення	l	l_2	l_3	l_3	f	Осьове зусилля на кільці F, H	Номінальний обертаючий момент $T_{ном}, H \cdot m$	Максимальна частота обертання, об/хв	Маховий момент $GD^2, H \cdot m$			Маса, кг		
			Виконання						GD^2_1	GD^2_2	GD^2_3	Виконання		
			МТМ-1, МТМ-1А МТМ-2, МТМ-2А									МТМ-1	МТМ-2	
06	25	57,5	18		10	80	25	3000	2,9	4,4	0,8	1,84	2,85	
07	29	65,0	20	3	12	90	40		5,8	8,7	1,2	2,45	3,85	
08	34	67,5	25		10	120	63		9,4	13,9	3,5	3,32	5,17	
09		75,0	26		4	13	170	100	2500	15,5	23,4	4,3	4,37	7,09
10	42	87,5	30			14	230	160	2200	26,5	39,8	9,4	6,46	9,83
11	43			5	13	360	250	2000	41,9	62,7	14,3	8,05	12,5	
12	53	105,0	38			14	490	400	1800	81,9	12,3	3,18	11,9	18,8
13	61	125,0	45		20	620	630	1600	156	235	637	14,5	24,0	
14	68	140,0	50	6	23	660	1000	1400	300	450	113	24,7	38,6	
15	80	162,0	55			25	810	1600	1100	504	765	190	34,7	64,2
16	90	185,0	65			29	1250	2500	900	912	137	385	51,6	82,4

Примітка. GD^2_1 - сумарний маховий момент деталей виконання МТМ-1 і МТМ-1А без зовнішніх дисків; GD^2_2 – сумарний маховий момент деталей виконання МТМ-2 і МТМ-2А; GD^2_3 - сумарний маховий момент зовнішніх дисків муфт виконання МТМ-1 і МТМ-1А (для муфт виконання МТМ-2 сумарний маховий момент треба подвоювати).

Розміри (мм) вузьких дисків

D_1 (гран. відхл. за $h11$)	D_1	D_1 (гран. відхл. за $h11$)	$D \times m \times s$	b	h	Число пазів n	S для дисків			s_1	s_2
							ДУВ-1	ДУВ-2	ДУВ-3		
45	33	48	32×1,5×20	8	2,5	4	1,4	1,4	1,1	0,8	0,96
50	36	54	35×1,5×22	8	2,5	4	1	1,4	1,1	0,8	0,98
55	41	59	40×1,5×26	10	2,5	4	1,4	1,4	1,1	1,0	0,99
60	47	64	45×2,5×16	10	2,5	4	1,6	1,6	1,3	1,0	1,20
70	52	74	50×2,5×18	10	2,5	4	1,8	1,8	1,4	1,0	1,13
80	62	84	60×2,5×22	12	2,5	6	1,8	1,8	1,4	1,2	1,26
90	67	94	65×2,5×24	12	2,5	6	2,0	2,4	1,7	1,2	1,46
100	77	104	75×2,5×28	12	2,5	6	2,0	2,4	1,7	1,2	1,49
110	82	118	80×1,2×30	16	4,5	6	2,0	2,8	1,7	1,6	1,53
125	92	133	90×2,5×34	16	4,5	6	2,4	3,2	2,1	1,6	1,92
140	102	148	100×2,5×38	16	4,5	8	2,6	3,6	2,1	1,6	1,95
160	112	168	110×2,5×42	20	4,5	8	2,6	3,6	2,1	1,6	2,00
180	122	188	120×2,5×46	20	4,5	8	3,0	4,4	2,6	2,0	2,40
200	143	213	140×5×26	20	7,0	8	3,3	4,4	2,6	2,0	2,45
220	163	235	160×5×30	25	7,0	8	3,3	5,0	2,6	2,0	2,50
250	183	265	180×5×34	25	8,0	10	4,5	5,5	3,5	2,5	3,00
280	203	295	200×5×38	25	8,0	10	4,5	6,5	3,5	2,5	3,05
320	223	335	200×5×42	32	8,0	10	4,5	6,5	3,5	2,5	3,12
360	243	375	240×5×46	32	8,0	12	6,2	9,2	4,8	3,2	3,82
400	245	425	240×5×50	32	13,0	12	6,2	9,2	4,8	3,2	3,90

Примітка. Фрикційні покриття для дисків ДУВ-1 і ДУВ-2 мають коефіцієнти тертя спокою $f \geq 0,35$, руху $f \geq 0,3$; для дисків ДУВ-3 $f > 0,22$

Розміри (мм) і параметри муфти конусної

$T, Нм$	L	L_1	L_2	D	D_1	Q	S	T	L	k	D_2	z
100	120	90	29	40	120	22	1	80	25	12	145	110
200	135	101	33	45	125	27	1	90	29	15	155	115
300	183	136	45	50	160	45	2	111	48	30	195	145
500	216	153	60	60	200	50	3	140	50	33	235	185
800	254	176	75	70	250	60	3	170	58	39	290	235
1600	309	216	90	90	315	64	3	200	70	43	365	295
2500	390	265	120	110	355	80	5	250	85	55	410	335
5000	470	315	150	130	400	90	5	300	100	61	460	375
10000	565	389	170	150	500	114	6	360	125	70	580	470
14320	688	470	210	180	600	100	8	420	125	65	700	570

Розміри (мм) і параметри муфти шинно-пневматичної

Позначення	Обід								Колодка			Ніпель				Балон			
	D	D ₁ (дод. відх. за h11)	D ₂	D ₃	A	Отвір		a	B	m	Число z ₂	d ₂	b	c	d ₃	B	d ₄	Число	
						d ₁	Число z ₁											Планок z ₃	ніпельів z ₄
МП 300x100	297	450	400 ⁺²	430	11 5	13Н1 2	12	5	98	5	12	M20x1,5	17	14	12	115±2	100±1	6	2
МП 500x125	497	720	658 ⁺²	690	15 4	17Н1 2	12	5	123	6	12	M20x1,5	17	17	12	152±2	125±1	6	1
МП 700x200	695	100 0	900 ⁺²	950	24 0	27Н7	16	15	198	7, 5	18	M33x1,5	20	17	25	246±3	200±1	8	2
МП 1070x200	106 5	140 0	1295 ⁺ 5	135 0	24 0	27Н7	16	15	198	7, 5	26	M33x1,5	20	16	25	246±2	205±2	14	2

Позначення	Номінальний обертаючий момент, Н·м	n _{max} , об/хв	Частота вмикань, цикл/год., не більше, за частоти обертання, об/хв			Динамічний момент інерції, кг·м ²	Маса, кг		Об'єм повітряної порожнини балона, дм ³	Ресурс балона, год., не менше
			0-500	500-1000	1000-1500		балона	муфти		
МП 300x100	1960	1500	40	20	10	0,157	6±0,5	16,2	1,9	8500
МП 500x125	2650	1500	40	20	10	1,265	16±1	35	7,5	1000
МП 700x200	19400	1000	60	20	-	6,766	44±2	117	23,1	900
МП 10070x200	50500	500	60	-	-	21,094	65±3	176	46,0	900

- Примітка:** 1. Температурний діапазон працездатності балона від -50°С до +50°С.
2. Робочий тиск в балоні 0,588-0,981 МПа.

Додаток 42

Розміри (мм) і параметри муфти шинно-пневматичної фірми „Біндер” виконання СВ

Позначення	D	D ₁	G	K	L		M	N	O, дю йм	Q	R	S	T	U	V	W	
					Число отворів	Діаметр отворів										Число ко- лодок	Ширина колодок
4CB200	66,7	-	184,1	169,9	8	6,4	34,9	6,4	1/ 8	22°30 '	104,8	2, 4	84,9	148	9,5	6	50,8
6CB200	74,6	-	273,1	254	8	9,5	39,7	9,5	3/ 8	22°30 '	156,4	2, 4	127,0	230	14,3	6	50,8
8CB250	87,3	-	327,03	308	8	9,5	48,4	9,5	3/ 8	22°30 '	207,2	2, 4	154,0	284	14,3	8	63,5
10CB300	104,8	-	390,47	371,5	12	9,5	50,8	9,5	3/ 8	15°00 '	257,2	4, 8	185,8	346	17,5	10	76,2
12CB350	123,8	257,2	447,7	428,6	14	9,5	50,8	9,5	3/ 8	12°50 '	308	4, 8	214,3	403	17,5	12	89,0
14CB400	136,5	282,6	498,5	479,5	16	9,5	50,8	9,5	3/ 8	11°15 '	358,8	4, 8	239,7	454	17,5	14	101, 6
16CB500	168,3	346,1	596,9	571,5	8	12,7	63,5	12,7	3/ 8	22°30 '	411,2	4, 8	282,6	527	20,6	10	127, 0
18CB500	168,3	346,1	647,7	619,1	12	12,7	63,5	12,7	3/ 8	15°00 '	462	4, 8	309,6	578	20,6	11	127, 0
20CB500	168,3	346,1	698,5	669,9	12	12,7	63,5	12,7	3/ 8	15°00 '	512,8	4, 8	335,0	628,5	20,6	12	127, 0
22CB500	168,3	346,1	749,3	720,7	12	12,7	63,5	12,7	3/ 8	15°00 '	563,6	4, 8	360,4	679,5	20,6	13	127, 0
24CB500	168,3	346,1	800,1	771,5	16	12,7	63,5	12,7	3/ 8	11°15 '	614,4	4, 8	385,8	730	20,6	14	127, 0

26CB525	176,2	362,0	863,6	831,9	10	15,9	63,5	15,9	1/2	11°15'	665,2	6,4	412,8	787,8	21,4	16	133,3
28CB525	176,2	366,7	914,4	882,6	16	15,9	63,5	15,9	1/2	11°15'	716	6,4	438,2	838	21,4	17	133,3
30CB525	176,2	366,7	965,2	933,2	16	15,9	63,5	15,9	1/2	11°15'	766,8	6,4	463,6	889	21,4	18	133,3
32CB525	176,2	366,7	1016,0	984,3	18	15,9	63,5	15,9	1/2	10°00'	817,6	6,4	489,0	940	21,4	19	133,3
36CB525	176,2	366,7	1133,48	1095,4	18	19,0	70	19,0	3/4	10°00'	919,2	6,4	549,3	1055,5	21,4	22	133,3
40CB525	176,2	366,7	1235,1	1197	20	19,0	70	19,0	3/4	9°00'	1020,8	6,4	600,0	1157,5	21,4	24	133,3
45CB525	176,2	366,7	1362,1	1324	24	19,0	70	19,0	3/4	7°30'	1147,8	7	663,6	1287,5	21,4	27	133,3

Продовження Додатку 42

Позначення	Номинальний момент, $H \cdot m$, за тиску $p=5,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$	Динамічний момент інерції, $кг \cdot м^2$	Частота обертання, $об/хв$		Об'єм балону, $дм^3$		Маса, $кг$
			при вмиканні n_1	максимальна n_{max}	за нормально-го тиску	при зіткненні з барабаном і при зношених обкладках	
4CB200	113	0,0084	1800	1800	0,066	0,15	1,2
6CB200	230	0,042	1800	1800	0,197	0,33	3,2
8CB250	485	0,084	1340	1800	0,295	0,47	4,1
10CB300	920	0,263	1070	1800	0,440	0,85	8,6
12CB350	1500	0,506	900	1800	0,700	1,26	1,8
14CB400	2225	0,885	765	1800	0,440	1,18	15,9
16CB500	3980	2,190	670	1540	0,720	2,30	33,5
18CB500	4970	2,950	600	1400	0,800	2,54	36,7
20CB500	6060	3,800	535	1310	0,870	2,80	40,0
22CB500	7040	4,800	490	1220	0,950	3,05	43,0
24CB500	8475	6,000	445	1200	1,030	3,31	46,2
26CB525	10400	8,850	415	1050	1,130	4,20	60,3
28CB525	11975	10,600	380	1000	1,200	4,51	63,5
30CB525	13670	12,800	355	950	1,300	4,80	67,1
32CB525	15480	15,150	335	900	1,380	5,10	71,2
36CB525	19435	21,150	300	810	1,490	5,70	80,7
40CB525	23884	30,800	270	740	1,650	6,30	90,1
45CB525	29380	47,000	240	670	1,880	7,05	119,0

Розміри (мм) і параметри муфти шинно-пневматичної фірми „Біндер” виконання VC

Позначення	D	D ₁	D ₂	G	K	L		M	N	Q	R	S	T	V	W	
						Число отворів	Діаметр отворів								Число колодок	Ширина колодок
11,5VC500	155,6	162,0	323,9	498,48	479,4	16	9,5	60,3	9,5	11°15'	295,3	14,3	239,7	14,3	8	127,0
14VC500	155,6	163,5	322,3	596,90	571,5	8	12,7	73,0	12,7	22°30'	361,2	14,3	282,6	14,3	8	127,0
16VC600	187,3	196,0	385,8	647,70	619,1	12	12,7	73,0	12,7	15°	412,0	14,3	309,6	17,5	8	152,4
20VC600	187,3	196,0	385,8	749,30	720,7	12	12,7	73,0	12,7	15°	513,6	14,3	360,4	17,5	10	152,4
24VC650	195,3	206,0	404,8	863,60	831,8	16	15,9	73,0	15,9	11°15'	615,2	16,0	412,8	15,0	12	165,1
28VC650	195,3	206,0	404,8	965,20	933,5	16	15,9	73,0	15,9	11°15'	716,8	16,0	463,6	15,0	14	165,1
33VC650	195,3	208,0	404,8	1133,48	1095,4	18	19,0	79,4	19,0	15°	843,8	16,0	549,3	15,0	16	165,1
37VC650	195,3	208,0	404,8	1235,08	1197,0	20	19,0	79,4	19,0	9°	945,4	16,0	600,1	15,0	18	939,8
42VC650	195,3	208,0	404,8	1362,08	1324,0	24	19,0	79,4	19,0	7°30'	1072,4	16,0	663,6	15,0	20	1066,8
16VC1000	293,7	301,6	601,7	647,70	619,1	12	12,7	73,0	12,7	15°	412,0	16,0	309,6	20,0	8	254,0
20VC1000	293,7	301,6	601,7	749,30	720,7	12	12,7	73,0	12,7	15°	513,6	16,0	360,4	20,0	8	254,0
24VC1000	293,7	303,6	601,7	863,60	831,8	16	15,9	73,0	15,9	11°15'	615,2	16,0	412,8	20,0	10	254,0
28VC1000	293,7	303,6	601,7	965,20	933,4	16	15,9	73,0	15,9	11°15'	716,8	16,0	463,6	20,0	10	254,0
32VC1000	293,7	305,3	604,8	1114,43	1082,7	24	15,9	73,0	15,9	7°30'	818,4	16,0	535,0	20,6	12	254,0
38VC1000	349,3	361,2	712,8	1254,13	1216,0	20	19,0	79,4	19,0	9°	970,8	16,7	609,6	22,2	12	305,0
42VC1200	349,3	361,2	712,8	1362,08	1324,0	24	19,0	79,4	19,0	7°30'	1072,4	16,7	663,6	22,2	14	305,0
46VC1200	349,3	363,2	712,8	1530,35	1486,0	24	22,2	124	19,0	7°30'	1174,8	19,0	730,3	22,2	16	305,0

52VC1200	362,0	376,0	738,8	1701,80	1663,7	32	22,2	181	25,4	5°37,5′	1327,2	28,5	825,5	28,6	18	305,0
51VC1600	463,6	477,5	941,4	1701,80	1663,7	32	22,2	232	25,4	5°37,55′	1301,8	28,5	825,5	28,6	18	406,0

Продовження Додатку 43

Позначення	Номинальний момент, $H \cdot m$, за тиску $p=5,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$	Динамічний момент інерції, $кг \cdot m^2$	Частота обертання, $об/хв$		Об'єм балону, $дм^3$		Маса, $кг$
			при вмиканні n_1	максимальна n_{max}	за нормально-го тиску	при зіткненні з барабаном і при зношених обкладках	
11,5VC500	3050	1,81	1330	1800	0,44	1,13	43,5
14VC500	4430	3,30	1100	1500	0,62	1,56	58,0
16VC600	7345	4,85	955	1400	0,80	1,95	68,5
20VC600	10510	8,15	765	1200	0,95	2,29	81,2
24VC650	15255	15,55	635	1050	1,12	3,28	111,5
78VC650	20565	22,65	545	1000	1,30	1,38	127,0
33VC650	28815	45,70	485	900	1,49	5,88	178,0
37VC650	31160	59,00	412	800	1,72	6,55	196,0
42VC650	42940	83,90	365	800	1,88	7,14	220,0
14VC1000	9605	5,36	1100	1800	0,61	3,02	96,5
16VC1000	12880	8,94	955	1400	1,61	4,18	109,0
20VC1000	18190	13,03	765	1300	1,85	5,05	128,0
24VC1000	24745	23,27	635	1250	2,18	7,62	171,5
28VC1000	33445	34,83	545	1100	2,46	8,70	195,5
32VC1000	46890	66,20	475	1050	3,64	9,80	283,0
38VC1000	76835	98,23	400	740	5,44	12,40	310,0
42VC1200	92545	154,72	365	670	6,40	13,90	406,0
46VC1200	107350	203,63	332	600	10,90	19,70	444,0
52VC1200	137295	307,13	294	550	12,30	24,70	540,0
51VC1600	181930	446,04	300	550	16,40	32,80	876,0

Розміри (мм) і параметри муфти шинно-пневматичної фірми „Біндер” виконання ER

Позначення муфти	D	J	K	L		M	N	Q	R	V	W
				Число отворів	Діаметр отворів						
6ER200	77,8	85,7	63,5	4	9,5	25,4	7,9	45°	150,0	13,5	50,8
8ER250	90,5	136,5	111,1	4	9,5	31,8	7,9	22°30′	200,8	13,5	63,5
10ER300	108,0	178,0	133,3	8	12,7	47,6	9,5	22°30′	251,6	16,0	76,2
12ER350	120,7	228,5	184,1	12	12,7	47,6	9,5	15°00′	302,4	16,0	88,9
14ER400	133,4	279,5	235,0	12	12,7	47,6	9,5	15°00′	353,2	16,0	101,0
16ER475	169,3	289,0	244,5	8	12,7	63,5	12,7	22°30′	401,6	24,0	120,0
19ER475	169,3	365,0	279,4	6	19,0	63,5	12,7	30°	477,8	24,0	120,0
21,5ER475	168,3	428,5	342,9	8	19,0	63,5	12,7	22°30′	541,3	24,0	120,0
24ER475	168,3	492,0	406,4	8	19,0	63,5	12,7	22°30′	604,8	24,0	120,0
Позначення	Номінальний момент, Н·м, за тиску $p=5,3 \cdot 10^4$ Па	Динамічний момент інерції, кг·м ²	Об'єм балону, дм ³		Маса, кг						
			за нормального тиску	при зіткненні з барабаном і при зношених обкладках							
6ER200	175	0,004	0,30	0,330	3,2						
8ER250	400	0,020	0,52	0,557	8,2						
10ER300	745	0,030	1,08	1,200	3,6						
12ER350	1390	0,085	1,18	1,260	5,9						
14ER400	2550	0,170	1,57	1,700	7,7						
16ER475	2680	0,300	2,00	2,160	14,0						
19ER475	5380	0,630	5,00	5,360	17,7						
21,5ER475	7120	1,140	5,00	5,430	23,6						
24ER475	9435	1,730	5,62	6,130	27,6						

Розміри (мм) і параметри шинно-пневматичної фірми „Біндер” виконання EB

Позначення	<i>d</i>		<i>h</i>	<i>D</i> ₁	<i>J</i>	<i>K</i>	Діаметр отворів	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>	<i>D</i>	<i>V</i>	Число колодок	Ширина колодок
	min	max												
4EB125	22,2	38,0	70,0	38,1	70,0	54,0	7,25	19,0	7,9	45°00	100,0	6,4	10	31,8
6EB200	22,2	44,5	44,5	50,8	85,7	63,5	9	25,4	7,9	45°00	150,0	9,5	6	50,8
8EB250	31,7	89,0	83,0	63,5	136,5	111,1	9	31,7	7,9	22°30	199,2	9,5	8	63,5
Позначення	Номінальний момент, <i>H·m</i> , за тиску $p=5,3 \cdot 10^6$ МПа		Динамічний момент інерції, $кг \cdot м^2$	Максимальна частота обертання, об/хв	Об'єм балону, $дм^3$		Маса, <i>кг</i>							
					за нормального тиску	при зіткненні з барабаном і при зношених обкладках								
4EB125	45		0,0004	3500	0,03	0,07	1,0							
6EB200	105		0,0100	3200	0,07	0,13	3,2							
8EB250	250		0,0400	2400	0,10	0,25	8,6							

Розміри (мм) параметри шинно-пневматичної фірми „Біндер” виконання Е

Позначення	Δ	D_1	D_2	G	K	Число отворів z	Діаметр отворів	M	Q	D	S	D_3	V	Число колдодок	Ширина колдодок
6E475	140	70	298,4	152,4	177,8	10	9,5	32,0	18°00	302,4	6,8	204,3	9,5	8	120,6
14E475	140	70	298,3	193,68	222,3	12	9,5	32,0	15°00	353,2	6,8	204,3	9,5	10	120,6
16E475	140	70	295,3	244,48	273,0	8	12,7	32,0	22°30	404	6,8	298	9,5	12	120,6
19E475	140	70	295,3	307,98	349,3	10	19,0	32,0	18°00	480,2	6,8	374,2	9,5	12	120,6
21E475	140	70	295,3	361,95	400,0	8	19,0	32,0	22°30	543,7	6,8	437,7	9,5	14	120,6
24E475	140	70	295,3	425,45	463,6	10	19,0	32,0	18°00	607,2	6,8	501,2	9,5	16	120,6
27E475	140	70	295,3	501,65	539,6	12	19,0	32,0	15°00	683,4	6,8	577,4	9,5	18	120,6
30E600	178	89	376,2	533,40	584,2	14	19,0	41,5	12°51	759,6	8,0	633,4	12,7	14	152,4
34E600	178	89	376,2	635,00	685,8	16	19,0	41,5	11°15	861,2	8,0	735	12,7	16	152,4
40E700	206	103	431,8	762,00	812,8	18	19,0	41,5	10°00	1013,6	8,0	879,5	14,3	18	177,8
Позначення	Номінальний момент, $H \cdot m$, за тиску $p=5,3 \cdot 10^4 \text{ Па}$	Динамічний момент інерції, $kg \cdot m^2$	Максимальна частота обертання, об/хв.	Об'єм балону, dm^3		Маса, kg									
				при нормальних колдодках	при зіткненні з барабаном і при зношених колдодках										
12E475	1275	0,210	975	0,300	0,80	11,5									

12E475	1810	0,337	900	0,300	0,90	14,5
16E475	2430	0,600	850	0,380	1,08	19,0
19E475	3560	1,100	680	0,475	1,33	24,0
21E475	4575	1,650	650	0,640	1,64	27,2
24E475	5875	2,360	580	0,690	1,80	30,5
27E472	7570	3,330	575	0,740	2,00	34,0
30E600	11975	6,750	380	0,800	2,84	56,7
34E600	15480	11,000	375	0,900	5,05	71,0
40E600	25425	22,000	200	2,150	5,13	235,6

Додаток 47

Розміри (мм) і параметри муфти колодкової розтискної

Позначення	Тиск p , МПа			$D_{ш}$	D	D_1	d	Число отворів	Накладки		Камера				Маса, кг
	0,4	0,6	0,8						B	Число	D_2	B_0	h	Величина ходу δ_{max}	
	Допустима колова швидкість v , м/с, на поверхні тертя при кількості вмикань 400-500 за 1 год.														
	4,5	3	2,25												
	T , Н·м														
250x80	500	700	1000	250	85	110	11	4	80		145	70	13	3,5	7
300x90	800	1250	1600	300	105	130			90		173*	80			10
360x100	1250	2000	2000	360	155	185	13	6	100		233*	90	16	4,5	15
420x110	2000	3150	4000	420	195	225			110		278*	100			20
475x128	3150	5000	5300	475	230	260			128	10	313*	115			30
600x118	5000	8000	10000	600	365	345	17	10	118	12	450	105	15	5,5	35
710x125	8000	12500	16000	710	445	485			8	125	16	544*			110
850x135	12500	20000	25000	850	615	650	17	10	135	16	710	120	15	5,5	60
1000x160	20000	31500	45500	1000	690	750			160			850			140

1800x205	35500	56000	80000	1180	840	900		12	205	24	1000	180		7,5	220
1400x245	63000	100000	140000	1400	980	1040	22	20	245	32	1180	220	20	8,5	350
1700x275	112000	170000	250000	1700	1280	1350	26		275		1500	250		9,5	500

* Виготовлення камер засвоєно промисловістю.

Додаток 48

Розміри (мм) і параметри муфти „Пневмафлекс”

Позначення	$T_{ном}$	T_{max}	$n_{max},$ об/хв	Кут закручування, град		Жорсткість			D_0	P	P_1
				при $T_{ном}$	при T_{max}	крутильна $C, Н\cdot м/рад$	радіальна $C_{рад}$	аксіальна C_a			
	$Н\cdot м$										
КА120	4680	14000	30000	11,4	38	2700	6600	1820	470	425	290
КА140	6000	18000	25000	11,4	38	3600	7200	1980	515	460	315
КА160	7900	23700	25000	11,4	38	4600	7800	2200	555	500	340
КА180	10300	30900	25000	11,4	38	6000	8400	2400	600	540	370
КА200	13200	39600	20000	11,4	38	7800	9200	2600	650	585	400
КА220	17200	51600	20000	11,4	38	10000	10000	2800	710	640	445
КА240	22300	66900	20000	11,4	38	13200	11000	3100	765	680	480
КА260	28640	86400	20000	11,4	38	17200	12000	3300	320	720	530
КА280	38000	114000	15000	11,4	38	22000	13200	3600	900	800	580
КА300	60000	150000	15000	11,4	38	30000	14400	4000	990	870	620
КА320	63600	190000	15000	11,4	38	38000	15000	4400	1090	980	680
КА340	79000	237000	10000	11,0	37	47200	16500	4640	1180	1030	750
КА360	104000	312000	10000	11,0	37	62000	18200	5100	1300	1170	840
КА380	135000	405000	10000	11,0	37	80600	19800	5530	1400	1260	900
КА400	156000	468000	10000	11,0	37	93000	27300	7650	1400	1170	840
КА420	202500	507500	10000	11,0	37	120000	29700	8370	1500	1260	900

Продовження Додатку 48

Позначення	L	L	t_1	t_2	K	K_1	C	J	M	M_1	d	d_1	z	z_1	Витрата повітря на вмикання, л	Маса, кг
KA120	415	465	230	127	400	260	385	75	28	24	9	11	12	12	1,5	205
KA140	430	480	235	133	435	285	410	73	28	26	9	13	12	12	1,8	235
KA160	445	500	240	140	475	310	445	73	30	28	11	15	12	12	2,1	290
KA180	480	540	250	150	510	340	480	73	30	30	13	15	12	12	2,5	360
KA200	520	585	278	160	555	370	525	83	32	32	13	15	12	16	3,0	475
KA220	545	615	285	190	605	410	570	82	32	34	15	18	12	12	3,7	575
KA240	575	650	300	180	650	440	620	82	36	36	15	18	16	16	4,3	740
KA260	605	680	315	195	690	490	660	82	36	38	15	18	16	16	5,0	880
KA280	650	735	325	215	760	530	730	90	40	42	18	22	16	16	6,0	1150
KA300	720	810	367,5	240	830	570	800	105	44	46	18	22	16	16	7,2	1590
KA320	810	910	420	270	945	620	910	120	48	50	18	28	24	16	9,0	2150
KA340	805	975	440	290	880	680	940	120	52	55	22	28	18	16	13,0	2800
KA360	945	1065	480	320	1110	760	1050	130	56	60	28	28	16	16	16,0	3700
KA380	1030	1160	520	350	1200	820	1130	150	60	65	28	34	16	16	19,0	4620
KA400	1320	1460	660	470	1110	760	1050	210	80	90	28	28	24	24	23,0	5400
KA420	1450	1600	720	530	1200	820	1140	245	90	100	28	34	24	24	27,0	7000

Параметри електромагнітних муфт серії E1M і E2M

Позначення	$T_{НОМ}$	T_{ϵ}	i^*_{H}, A , при $20^{\circ} C$		$P^*_{H}, Вт$, при $20^{\circ} C$		$T_{ов}, H\cdot M$	$t_{0,1}, c$	$\omega^*_{max}, рад/с$		$\Delta P, Вт$		$t_{0,9}, c$	
	$H\cdot M$		Виконання											
	II, IV, VI		II, VI	IV	II, VI	IV	II, IV, VI		II	IV, VI	II, VI	IV	II, IV	
04	16	10	0,340	0,30	8,16	7,2	0,10	0,03	600	800	50	75	-	
05	25	16	0,467	0,51	11,2	12,2	0,15	0,04	500	700	80	120	0,17	
06	40	25	0,50	0,65	12,0	15,5	0,25	0,06	450	600	100	150	0,20	
07	63	40	0,872	0,86	20,9	20,6	0,40	0,07	400	500	140	210	0,24	
08	100	63	0,71	0,91	17,0	21,9	0,70	0,08	350	450	180	270	0,28	
09	160	100	0,98	1,39	23,5	33,4	1,0	0,10	300	400	210	315	0,32	
10	250	160	1,34	1,55	32,2	37,2	1,2	0,12	280	360	250	375	0,34	
11	400	250	1,65	2,37	39,7	57,0	2,0	0,14	250	330	300	450	0,36	
12	360	400	1,50	3,25	36,0	78,0	2,5	0,20	220	300	350	525	0,38	
13	1000	630	2,83	3,70	68,0	88,8	4,0	0,28	200	290	470	705	0,40	
14	1600	1000	3,57	5,06	86,0	121,0	6,5	0,36	180	270	600	900	0,45	
15	2500	1600	4,60	7,28	110,0	175,0	10,0	0,60	160	250	750	1125	-	
16	4000	2500	5,42	6,55	130,0	157,0	8,0	0,90	140	214	1000	1500	-	

Примітка: 1. Номінальна напруга живлення постійним (випрямленим) струмом для муфт усіх габаритних розмірів 24 В.

2. Для муфт 04, 15 і 16 приведені дані – попередні.

3. Зірочкою позначені довідкові дані.

Розміри (мм) муфт контактного виконання E1M...2

Поз- на чен- ня	D (гран · відх. за H9)	D_1 (гран. відх. за h11)	D_0	D_2	B	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5		d_1	b (гран. відх. за H12)	Число пазів n	Число* дисків
04	72	72	28	67	30 _{-0,17}	10,7	1,5	13	4,9	10	7	1,0	3	10	4	3/4
05	80	78	32	70	32 _{-0,17}	11	1,5	14	4,9	10	7	1,1	3	10	8	3/4
06	90	88	35	80	35 _{-0,17}	12,5	1,5	16	5,6	12	10	1,2	3	12	6	3/4
07	100	98	42	90	38 _{-0,17}	15	1,5	16	7,2	12	10	1,6	3	12	6	4/5
08	110	110	50	100	42 _{-0,17}	16	1,5	18	7,2	14	10	2,1	4	12	6	4/5
09	120	120	55	110	45 _{-0,17}	18,5	1,5	20	9,0	16	10	2,3	4	16	6	4/5
10	135	135	60	125	52 _{-0,2}	22	1,5	22	11,0	18	12	3,2	4	16	6	5/6
11	150	150	70	140	60 _{-0,2}	23,5	2,0	25	10,8	20	12	3,3	4	16	8	5/6
12	170	170	80	160	68 _{-0,2}	27	2,0	28	13,2	22	13	4,1	4	20	8	6/7
13	190	190	100	180	78 _{-0,5}	32,5	2,0	31	17,6	25	18	3,6	5	20	8	6/7
14	215	215	110	200	90 _{-0,28}	37,5	2,0	34	20,8	28	18	4,0	5	20	8	6/7
15	240	240	130	220	100 _{-0,25}	43	2,0	38	24,0	32	20	5,5	6	25	8	7/8
16	270	270	140	250	110 _{-0,28}	49	2,0	42	27,2	35	20	7,3	6	25	10	8/9

* У чисельнику умовного дробу приведено число зовнішніх дисків, у знаменнику – внутрішніх.

Розміри (мм) муфт безконтактного виконання Е1М...

Позначення	D (гран. відх. за $h6$)	D_1 (гран. відх. за $h11$)	D_2	D_3	D_4 (гран. відх. за $h8$)	D_5 (гран. відх. за $h6$)	D_6	B	l	l_1	l_2	
04	72	72	28	67	37,8	65	50	36 _{-0,17}	10,7	2	15	
05	80	78	32	70	41,0	75	60	38 _{-0,17}	11	2	15	
06	90	88	35	80	46,5	85	70	42,5 _{-0,17}	12,5	2	18	
07	100	98	42	90	54,0	95	80	45 _{-0,17}	15	3	20	
08	110	110	50	100	61,4	100	90	48 _{-0,17}	16	3	24	
09	120	120	55	110	69,0	110	100	55 _{-0,2}	18,5	3	26	
10	135	135	60	125	78,2	125	110	60 _{-0,2}	22	3	26	
11	150	150	70	140	90,0	140	120	68 _{-0,2}	23,5	4	32	
12	170	170	80	160	104,2	160	140	68 _{-0,2}	27	4	39,5	
13	190	190	100	180	123,2	180	165	74 _{-0,2}	32,5	5	32	
14	215	215	110	200	132,2	200	180	86 _{-0,23}	37,5	5	42,5	
15	240	240	130	220	152,0	220	200	100 _{-0,23}	43	5	58	
16	270	270	140	250	168,0	250	230	120 _{-0,23}	49	5	55	
Позначення	l_3	l_4	l_5	$0,25^{+0,05}$	*	d	d_1	n , не більше	b	h	Число дисків**	
04	4,9	3	7	$0,25^{+0,05}$	$0,25^{+0,07}$	1,2	M5	3	4	10	4	3/4
05	4,9	3,3	7	$0,25^{+0,05}$	$0,3^{+0,06}$	1,1	M5	3	4,5	10	6	3/4
06	5,6	3,3	10	$0,25^{+0,05}$	$0,3^{+0,06}$	1,2	M5	3	5	12	6	3/4
07	7,2	3,8	10	$0,3^{+0,06}$	$0,35^{+0,07}$	1,6	M5	3	5	12	6	4/5
08	7,2	4,5	10	$0,3^{+0,06}$	$0,35^{+0,07}$	2,1	M5	4	7	12	6	4/5
09	9	4	10	$0,3^{+0,06}$	$0,35^{+0,07}$	2,3	M5	4	6	16	6	4/5
10	11	4	12	$0,4^{+0,06}$	$0,4^{+0,08}$	3,2	M6	4	6,5	16	6	5/6
11	10,8	5,5	12	$0,4^{+0,06}$	$0,4^{+0,08}$	3,3	M6	4	9	16	8	5/6
12	13,2	5,5	13	$0,4^{+0,07}$	$0,45^{+0,09}$	4,1	M6	4	9	20	8	6/7
13	17,6	5,5	18	$0,4^{+0,08}$	$0,45^{+0,09}$	3,6	M8	5	11	20	8	6/7
14	20,8	5,5	18	$0,4^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	4	M8	5	14	20	8	6/7
15	24	5,5	20	$0,5^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	5,5	M8	6	14	25	8	7/8
16	27,2	5,5	20	$0,5^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	7,0	M10	6	18	25	10	8/9

Примітка: * Розмір дійсний при суміщенні торців T_1 (котушкоутримувача) і T_2 (корпуса) в одній площині, T допустиме сумарне – монтажний та експлуатаційний зсув торця T_1 відносно торця $T_2 \pm 0,5$ мм незалежно від габаритних розмірів.

** У чисельнику умовного дробу приведено число зовнішніх дисків, у знаменнику – внутрішніх.

Додаток 52

Розміри (мм) гальмівних муфт виконання ЕІМ...6

Позначення	D (до-пуск -0,5)	D_1 (гран. відх. за	D_2 (гран. відх. за	D_3 (гран. відх. за	D_4	D_5 (гран. відх. за	D_6 (до-пуск $\pm 0,2$)	Δ	B	l_1 (гран. відх. за Н12)	l_2 (до-пуск -0,2)	d (до-пуск +0,2)	f	Число дисків *
04	105	75	28	29	25	70	90	$30_{-0,14}$	80	3	15,5	9	1,0	4/3
05	115	85	32	33	29	80	100	$32_{-0,17}$	90	3	16	9	1,1	4/3
06	125	95	35	36	32	90	110	$35_{-0,17}$	100	3	16	9	1,2	4/3
07	140	105	42	43	37	100	123	$38_{-0,17}$	110	3	16	11	1,8	5/4
08	150	115	50	51	44	110	133	$42_{-0,17}$	120	4	16	11	2,3	5/4
09	170	130	55	57	50	120	150	$45_{-0,17}$	135	4	16	13	2,5	5/4
10	185	145	60	62	56	135	165	$52_{-0,2}$	150	4	20	13	3,5	6/5
11	215	165	70	72	65	150	190	$60_{-0,2}$	170	5	20	17	3,2	6/5
12	235	185	80	82	76	170	210	$68_{-0,2}$	190	5	20	17	4,3	7/6
13	255	205	100	103	97	190	230	$78_{-0,2}$	210	5	25	17	4,0	7/6
14	290	225	110	112	106	210	256	$90_{-0,23}$	230	5	25	21	4,2	7/6
15	310	245	130	134	126	230	276	$100_{-0,23}$	250	5	25	21	5,5	8/7
16	355	280	140	144	136	265	312	$110_{-0,23}$	285	5	25	21	7,3	9/8

* У чисельнику умовного дробу приведено число зовнішніх дисків, у знаменнику – внутрішніх.

Розміри (мм) муфти виконання E2M...4

Позначення	D (гран. відх. за h6)	D_1 (гран. відх. за h9)	D_{2min} (гран. відх. за H7)	$D_3 \pm 0,2$	D_4_{max}	Δ	L_1	S
054	80	80	40	60	25	48,5	42	2,5
064	90	90	45	70	30	55,5	48	2,5
074	100	100	55	80	35	57,5	50	2,5
084	110	110	65	90	45	63,0	55	3
094	120	120	70	100	50	70,0	60	3,5
104	135	135	75	110	55	79,0	69	4
114	150	150	95	120	65	85,0	74	4
124	170	174	105	140	75	97,0	85	4
134	190	192	125	165	90	112,0	98	5
144	215	215	135	180	100	121,0	107	5
Позначення	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	d	h_{max}	δ
054	4	3,0	18	7,0	3,0	M5	$5^{+0,9}$	0,8
064	4	4,0	23	7,0	4,2	M5	$5^{+0,8}$	1,0
074	5	4,0	26	8,5	5,0	M5	$5^{+0,8}$	1,5
084	6	4,0	27	8,4	2x3,3	M5	$6^{+0,8}$	1,5
094	6	4,0	28	9,0	2x3,7	M5	$6^{+0,8}$	1,5
104	8	4,0	30	10,0	2x4,0	M6	$6,5^{+1,0}$	2,0
114	8	6,0	33	11,5	2x4,7	M6	$9^{+1,0}$	2,5
124	8	6,0	41	12,0	3x4,0	M6	$9^{+1,0}$	5,0
134	10	7,0	44	14,0	3x5,0	M8	$11^{+1,0}$	3,0
144	10	7,0	47	15,0	3x6,0	M8	$14^{+1,0}$	4,5

Експлуатаційні характеристики запобіжних муфт

Запобіжний засіб	$\gamma_ч$	δ	$\gamma_{тч}$	$\gamma_{кр}$	$\gamma_{д.с.}$	$T_{д(с)}$
Муфти зі зрізним штифтом	0,70÷0,85	0,10÷0,15	1,22÷1,35	0,40÷0,45	0	В залежності від швидкості зростання навантаження
Кулачкові запобіжні муфти	0,85÷0,90	0,09÷0,10	1,21	0,20÷0,24	> 1	$\frac{19htg\alpha}{D_n}$
Кулькові запобіжні муфти	1	0,08÷0,15	1,25	0,08÷0,15	> 1	$\frac{1,5d_{кул}}{D_n}$
Конусні фрикційні запобіжні муфти з металевими робочими поверхнями	1	0,40÷0,60	2,5÷3,9	0,40÷0,60	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004÷0,014
Те ж, з одним конусом з текстоліту (по сталі або чавуну)	1	0,07	1,15	0,07	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004÷0,014
Дискові запобіжні муфти зі сталевими дисками	1	0,13÷0,18	1,35	0,13÷0,18	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004÷0,014
Те ж, з дисками з пресованого азбесту по сталі	1	0,10	1,22	0,1	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004÷0,014

Додаток 55

Розміри (мм) та параметри пружинно-кулачкової запобіжної муфти

Шліцьовий отвір $z \times d \times D$	D_1	d_1	d_2	d_3	L	l	Пружина $d \times D \times H$	Розміри підшипника за ДСТ 6874	Крок гвинтової лінії	$T_{кр}$, Н·м
6×21×25	70	25	25	45	110	25	4×50×100	35×53×12	125,6	5,88 9,81 12,74
6×26×30	80	30	30	50	120	30	5×55×100	45×65×14	157,0	15,68 19,6 24,5
8×36×40	100	40	40	65	130	-	7×65×70	55×78×16	196,2	31,36 39,2 49

Додаток 56

Технічні характеристики пружинно-кулькових муфт

$T_{ном}$, Н·м	d	d_1	D	L	l	l_1	$[n]$, об/хв, не вище
16	16	36	50	90	40	18	1000
25	16-19	65	71	100	40	21	800
40	20-22	65	71	120	50	24	800
63	20-24	70	80	120	50	28	630
	25	70	80	120	60	28	630
100	25; 28; 30	85	95	150	60 80	32	500
160	30; 32	85	100	190	60	36	500
250	36; 38	100	125	220	80	42	400
400	40-48	100	155	260	110	48	315

Значення коефіцієнта тертя f і допустимого тиску $[p]$ для фрикційних запобіжних муфт

Матеріали поверхонь, що труться	f	$[p]$, МПа, для муфт	
		конусних	дискових
Без змащення			
Чавун по чавуну або сталі	0,15	0,3÷0,4	0,2÷0,4
Сталь або чавун по азбестовій обкладинці	0,3	0,2÷0,3	0,2÷0,3
Сталь або чавун по ретинаксу	0,3	-	1,0÷1,5
Сталь або чавун по дисках з порошкових матеріалів	0,1÷0,2	0,8÷1,0	0,8÷1,0
Зі змащенням			
Сталь по сталі (загартовані)	0,08÷0,10	-	0,3÷0,6
Чавун по чавуну або сталі	0,10÷0,15	1,0÷1,2	0,3÷0,6
Сталь або чавун по бронзі	0,05÷0,08	0,2÷0,5	0,2÷0,5
Сталь по дисках з порошкових матеріалів	0,05÷0,08	0,8÷1,0	0,5÷0,8

Примітка 1. Менші значення f і $[p]$ відносяться до муфт приводів, які мають значні коливання навантаження (при $\beta > 1,3$); більші значення f і $[p]$ приймають для муфт, які рідко спрацьовують (при $\beta \leq 1,3$).

Примітка 2. Для зчпних фрикційних муфт належить брати $[p]$ за меншим значенням, коли колова швидкість $V \leq 2,5$ м/с; при більшій швидкості вводять поправочний коефіцієнт $k_v = 3 \sqrt{\frac{2,5}{V}}$, де V – розрахункова колова швидкість на зведеному радіусі, м/с, $V = R_{zg} \omega$

Розміри муфт запобіжних фрикційних дискових загального призначення (за ДСТ 15622)

$T_{ном},$ Н·м	d	d_1	D	L	l	l_1	$[n]$, об/хв, не вище
16	12; 14	38	50	83	30	18	2500
	16				40		
25	16; 18; 19	45	60	90	40	21	1500
40	18; 19	45	60	95	40	24	1500
	20; 22				50		
63	20; 22; 24	55	85	120	50	28	1000
	25				60		
100	25; 28; 30	65	105	125	60	32	1000
					80		
160	28	70	115	150	60	36	800
	30; 32				80		
250	36; 38	70	135	160	80	42	600
	40				110		
400	40; 42; 45; 48	90	152	180	110	48	400

Примітка. Таблиця надана із скороченнями – для муфт 1-го виконання (з циліндричним посадковим отвором та шпонковим пазом), які передають $T_{НОМ} \geq 16 \text{ Н}\cdot\text{м}$ (у стандарті $T_{НОМ}$ від $4 \text{ Н}\cdot\text{м}$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам.-Л.: Политехника, 1991.-384 с.: ил.
2. Решетов Д.Н. Детали машин.-М.: Машиностроение, 1990.-655 с.
3. Детали машин: Атлас конструкций /Под ред. Д.Н. Решетова.-М.: Машиностроение, 1979.-367 с.
4. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Курсовое проектирование.-М.: Высш. шк., 1984.-334 с.
5. Гузенков П.Г. Детали машин.-М.: Высш. шк., 1982.-352 с.
6. Заблонский К.И. Детали машин.-Киев: Высш. шк., 1985.-518 с.
7. Айрапетов Э.Л., Косарев О.И. Зубчатые муфты.-М.: Наука, 1982.-128 с.
8. Иванов М.Н. Детали машин.-М.: Высш. шк., 1984.-336 с.
9. Иосилевич Г.Б. Детали машин.-М.: Машиностроение, 1988.-368 с.
10. Кудрявцев В.Н. Детали машин.-Л.: Машиностроение, 1980.-464 с.
11. Леликов О.П., Варламова Л.П. Методика определения нагруженности упругих элементов муфт, вызванной смещениями валов//Сб. научно-методич. статей по деталям машин.-М.: Высш. шк., 1981.-Вып. 4.-С. 17-32.
12. Михайлов Ю.К., Иванов Б.С. Муфты с неметаллическими упругими элементами.-Л.: Машиностроение, 1987.-145 с.
13. Муфты упругие с торообразной резиновой оболочкой/Под ред. И.Н. Френкеля.-М.: ВНИИНмаш, 1976.-48 с.
14. Крайцберг М.И., Милач М.Б. Электромагнитные муфты скольжения в промышленном приводе.-М.: Информэлектро, 1970.-76 с.
15. Поляков В.С., Барбаш Н.Д. Муфты.-Л.: Машиностроение, 1973.-336 с.
16. Поляков В.С., Барбаш Н.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам.-Л.: Машиностроение, 1974.-343 с.
17. Демпфирование колебаний в компенсирующих муфтах/Д.Н. Решетов, С.В. Палочкин//Изв. вузов. Машиностроение.-1981.-№12.-С. 13-18
18. Исследование компенсирующих свойств муфты/Д.Н. Решетов, О.А. Ряховский, А.Р. Нестеров//Изв. вузов. Машиностроение.-1970.-№1.-С. 28-31.
19. К вопросу расчета муфты с торообразным резиновым упругим элементом/Д.Н. Решетов, О.А. Ряховский, С.С. Иванов//Изв. вузов. Машиностроение.-1970.-№3.-С. 22-26.

20. Компенсирующая способность муфты с торообразным упругим элементом/Д.Н. Решетов, О.А. Ряховский, С.С. Иванов//Вестн. машиностроения.-1974.-№2.-С. 16-18.
21. Упругие муфты с резиновой торообразной оболочкой/О.А. Ряховский, В.П. Варламов, С.С. Иванов и др.//Вестн. машиностроения.-1988.-№1.-С. 31-33.
22. Ряховский О.А., Лукин А.Б. Расчет упруго-компенсирующей муфты с изогнутыми металлическими серьгами//Труды МВТУ им. Н.Э. Баумана.-1988.-Вып. 514.-С. 86-99.
23. Исследование муфты с резино-кордным упругим элементом/О.А. Ряховский, Д.Н. Решетов, А.Р. Нестеров//Изв. вузов. Машиностроение.-1970.-№1.-С. 28-31.
24. Тарабасов Н.О., Учаев П.Н. Цепные муфты.-М.: Машиностроение, 1987.-225 с.
25. Щетинин Т.А. Электромагнитные муфты скольжения.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-271 с.
26. Электромагнитные муфты серий Э1М и Е2М с магнитопроводящими дисками/ЭНИМС. Методические рекомендации.-М.: ОНТИ ЭНИМС, 1987.-38 с

