

## 16 МУФТИ

### 16.1 Призначення. Класифікація

Муфти – пристрої (вузли і механізми), які служать для з'єднання хвостовиків валів при передаванні обертового моменту, наприклад, вали двигуна і редуктора, редуктора і виконавчого механізму (рис. 16.1). При цьому параметри руху, як правило, не змінюються, оскільки передаточне число муфти  $u = 1$ .

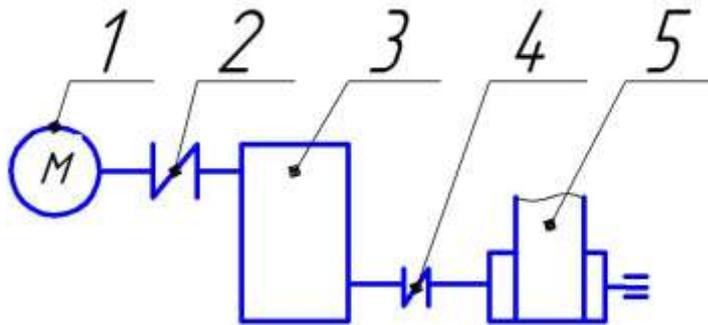


Рисунок 16.1 – Схема привода стрічкового конвеєра

У зображеному приводі використано дві муфти: швидкохідна муфта 2 з'єднує вали електродвигуна 1 та редуктора 3; тихохідна муфта 4 з'єднує вихідний вал редуктора з валом барабана 5.

Муфти можуть виконувати також інші функції:

- компенсувати неспіввісність валів;
- знижувати рівень динамічного навантаження в приводі;
- з'єднувати та роз'єднувати вали в процесі роботи без зупинки двигуна;
- охороняти машини від поломок при перевантаженнях та зміні режиму роботи.

Практично будь-яка муфта складається з ведучої та веденої півмуфт, посаджених на ведучий і ведений вали, причому з'єднання півмуфт із валами, як правило, глухе (у деяких випадках одна з півмуфт має лише кутову фіксацію). Півмуфти з'єднані між собою за допомогою або додаткових деталей, або конструктивних елементів, виконаних як одне ціле з півмуфтами.

Основні вимоги до муфт:

- простота конструкції та мінімальні габарити;
- високі надійність і точність передавання руху;
- мінімально можлива вартість;
- високий ККД.

## 16.2 Класифікація муфт

За принципом дії муфти поділяють на класи: механічні, гідравлічні, електричні та ін.

За ознакою керованості розрізняють такі групи механічних муфт:

1 Некеровані (нерозчіплювані), призначені для сталого з'єднання валів.

2 Керовані (зчіпні), які служать для з'єднання та роз'єднання валів під час роботи.

3 Самокеровані (автоматичні), які автоматично з'єднують або роз'єднують вали в разі зміни заданого режиму роботи.

Класифікація механічних муфт за ознакою керованості у вигляді схеми розподілу на групи та підгрупи виконана на рис. 16.2.

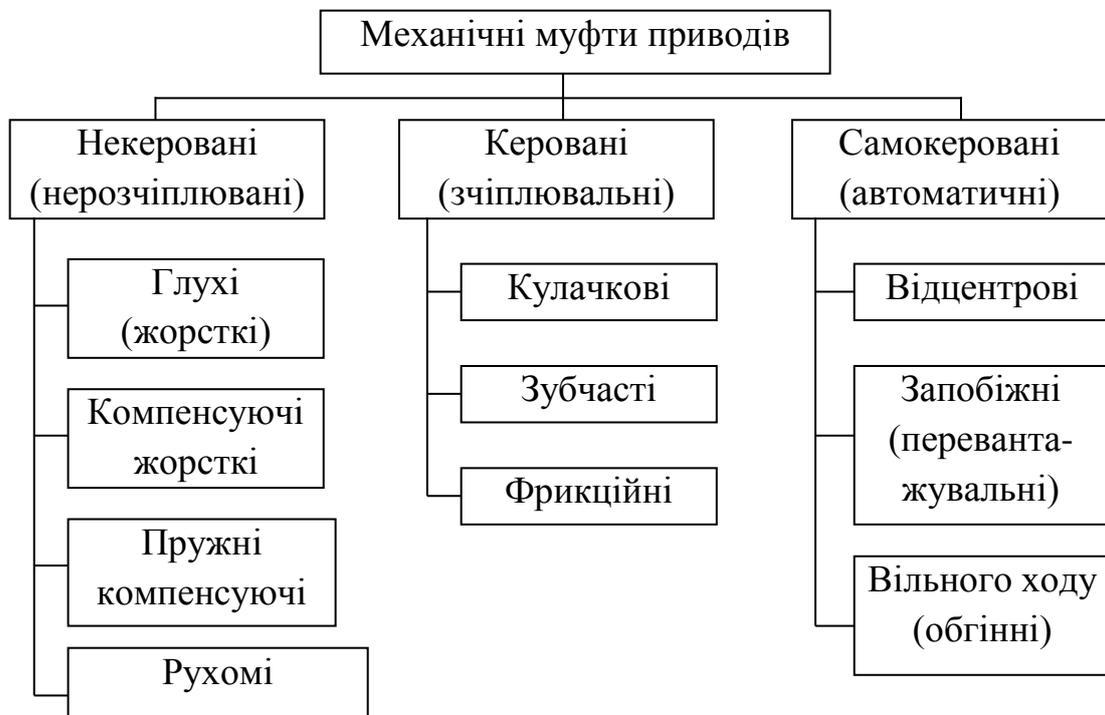


Рисунок 16.2 – Класифікація муфт

## 16.3 Основні параметри муфт. Методика добору муфт

Муфти приводів характеризуються такими параметрами.

бертальним моментом  $T$  або потужністю, яка передається за певної частоти обертання.

параметрами з'єднуваних валів  $d_1$  і  $d_2$  (доцільно, щоб  $d_2 > d_1$ ) у крайньому разі  $(0,8...1,2) \cdot d_1$ .

3 Габаритними розмірами.

4 Масою та моментом інерції (ці величини потрібні в процесі динамічного дослідження привода).

5 Граничною частотою обертання  $n_{гран}$ , яка визначається міцністю обертових деталей, зносостійкістю, нагріванням робочих елементів або іншими критеріями.

Більшість муфт стандартизовані. У зв'язку з цим завдання добору зводиться до добору типорозміру муфти серед наявних у стандартах. Тип муфти повинен відповідати умовам роботи вузла, монтажу та іншим вимогам, які висуваються до муфт у конкретному приводі. Розмір муфти добирають за більшим діаметром з'єднаних валів згідно з такими умовами:

$$T_p = T \cdot K_{пер} \leq [T], \quad n \leq n_{гран}, \quad (16.1)$$

де  $T_p, T$  – обертальний момент відповідно розрахунковий і номінальний;

$K_{пер}$  – коефіцієнт перевантаження, який вибирається або розраховується з урахуванням кінематичної схеми приводу і рекомендацій.

$[T]$  – допустимий обертальний момент для визначеного типорозміру муфти;

$n, n_{гран}$  – частота обертання муфти номінальна та гранично допустима відповідно.

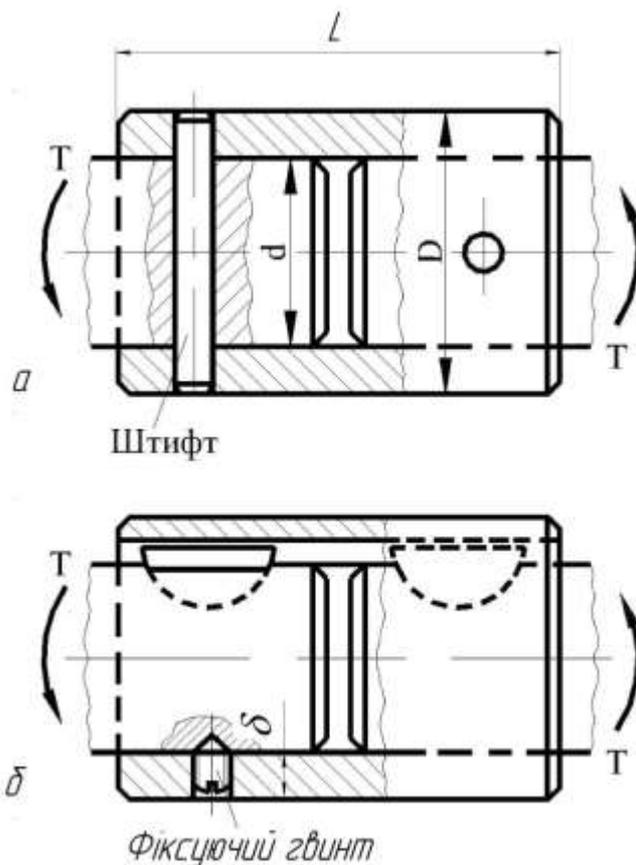
Після добору муфти потрібно перевірити її слабкий елемент, який визначає надійність муфти, за відповідним критерієм працездатності.

## 16.4 Некеровані муфти

### 16.4.1 Глухі муфти

Найбільш поширеними конструкціями глухих муфт є втулкові і фланцеві муфти. Їх використовують у тих випадках, коли потрібно з'єднати співвісні вали і передати крутний момент та осьове навантаження.

**Втулкові муфти** (рис. 16.3) застосовують у випадках, коли складений вал повинен працювати як одне ціле. Такі муфти вимагають точної співвісності валів, що з'єднуються. Втулкову муфту закріплюють на валу шпонками або штифтами. Втулки виготовляють зі сталі або чавуну. При використанні Сталі 45 для діаметра вала  $d = (20 \dots 70) \text{ мм}$  зовнішній діаметр втулки  $D = (1,5 \dots 1,7) \cdot d$ ; довжина  $L \cong 3 \cdot d$ . Товщина стінки втулки  $\delta \cong d$ . Розрахунками перевіряють на міцність шпонки (на зминання) (рис. або штифти (на зріз) (рис. 16.3,а). Втулку перевіряють на кручення.



*а – із штифтами; б – із сегментними шпонками*  
 Рисунок 16.3 – Конструкція втулькової муфти

**Фланцеві муфти** (рис. 16.4) складаються із двох фланцевих напівмуфт 1 і 2, встановлених на кінцях валів і закріплених шпонками. Ці муфти надійно з'єднують співвісні вали й здатні передавати великі крутні моменти. Матеріал напівмуфт – чавун СЧ 20, а при колових швидкостях на зовнішніх поверхнях фланців  $V > 30$  м/с – Сталь 40 або сталеве лиття.

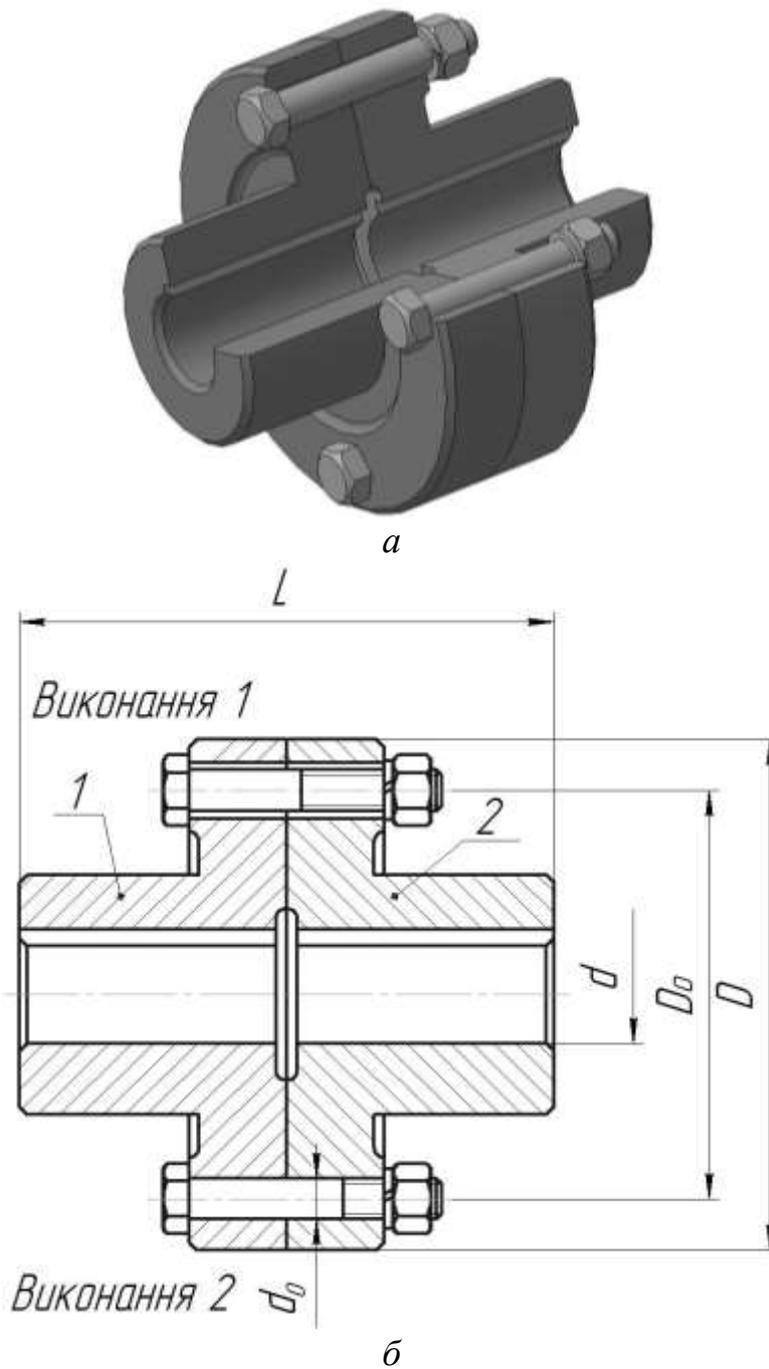
Муфти підбирають за стандартом з урахуванням форми й розмірів посадкових поверхонь на валах, а також розрахункового переданого обертаючого моменту  $T_p$

$$T_p = T \cdot K_{пер}, \quad (16.2)$$

де  $T$  – номінальний обертаючий момент, відповідний до сталого режиму роботи при постійній потужності й кутової швидкості;

$K_{пер}$  – коефіцієнт перевантаження.

Розрізняють два типи виконання фланцевої муфти. Виконання 1 – болти встановлені із зазором, виконання 2 – болти встановлені без зазору.



*а – загальний вигляд муфти; б – розрахункова схема  
Рисунок 16.4 – Фланцева муфта*

**Алгоритм розрахунків фланцевої муфти.**

1 Болти встановлені із зазором (виконання 1). Умова роботи муфти:

$$T_p \leq T_{mp}, \quad (16.3)$$

де  $T_{mp}$  – момент тертя на робочих поверхнях напівмуфт.

$$T_{mp} = F_{mp} \cdot \frac{D_0}{2000} = f \cdot F_a \cdot \frac{D_0}{2000} \cdot z, \quad (16.4)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя;

$F_a$  – сила затягування одного болта;

$D_0$  – діаметр центрів болтів;

$z$  – число болтів.

Болти перевіряють за напруженнями розтягу:

$$\sigma_p = \frac{F_a}{A} = \frac{4 \cdot K \cdot F_a}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p, \quad (16.5)$$

де  $K \cong 1,35$  – коефіцієнт затягування, що враховує скручування тіла болта;

$d_1$  – внутрішній діаметр різьби болта;

$[\sigma]_p$  – допустимі напруження розтягання для матеріалу болта.

Мінімальний діаметр внутрішньої різьби болта:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{8000 \cdot T_p \cdot K}{\pi \cdot f \cdot z \cdot D_0 \cdot [\sigma]_p}} \quad (16.6)$$

Болти встановлені без зазору (виконання 2).

Умова роботи муфти:

$$T_p \leq T_{zp}, \quad (16.7)$$

де  $T_{zp}$  – момент зрізу болтів.

$$T_{zp} = \frac{F_t \cdot D_0 \cdot z}{2000}, \quad (16.8)$$

де  $F_t$  – колова сила, що зрізує болт;

$D_0$  – діаметр центрів болтів;

$z$  – число болтів;

Болти перевіряють за напруженнями зрізу:

$$\tau_{zp} = \frac{F_t}{A} = \frac{F}{\pi \cdot} \leq [\tau]_{zp}, \quad (16.9)$$

де  $d_0$  – зовнішній діаметр стрижня болта;

$[\tau]_{зр}$  – допустимі напруження зрізу;

Мінімальний зовнішній діаметр болта

$$d_0 \geq \sqrt{\frac{8000 \cdot T_p}{\pi \cdot z \cdot D_0 \cdot [\tau]_{зр}}}. \quad (16.10)$$

Установка болтів без зазору дозволяє значно зменшити розміри муфт, але в цьому випадку слід вибирати болти з міцної сталі, наприклад Ст 5 (допустимі напруження зрізу  $[\tau]_{зр} = 40 \text{ МПа}$ ).

Співвідношення між розмірами муфт: зовнішній діаметр  $D = (3,0 \dots 5,5)d$ ; загальна довжина  $L = (2,5 \dots 4,0)d$ , де  $d$  – діаметр вала. Число болтів  $z = 4 \dots 8$ .

Фланцеві муфти стандартизовані в діапазоні діаметрів вала 12...250 мм і моментів, що передаються 8...45000 Н·м.

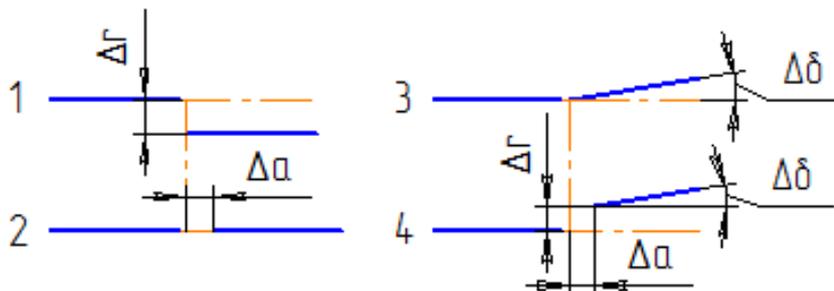
### 16.4.2 Компенсуючі муфти

Компенсуючі муфти, застосовують для зменшення шкідливих навантажень на вали й опори за рахунок компенсації невеликих радіальних, осьових, кутових і комбінованих (осьових і кутових) зміщень валів, обумовлених неточністю виготовлення й монтажу вузлів машин.

Компенсуючі муфти служать для з'єднання неспіввісних валів (осі не лежать на одній прямій, вони мають певні зміщення). Неспіввісність зумовлюється неточністю виготовлення, монтажу і пружними деформаціями.

Розрізняють такі види відхилень від правильного взаємного розміщення осей валів (рис. 16.5):

- поперечне або радіальне зміщення  $\Delta r$ ;
- поздовжнє або осьове  $\Delta a$ ;
- кутове  $\Delta \delta$ ;
- комбіноване.



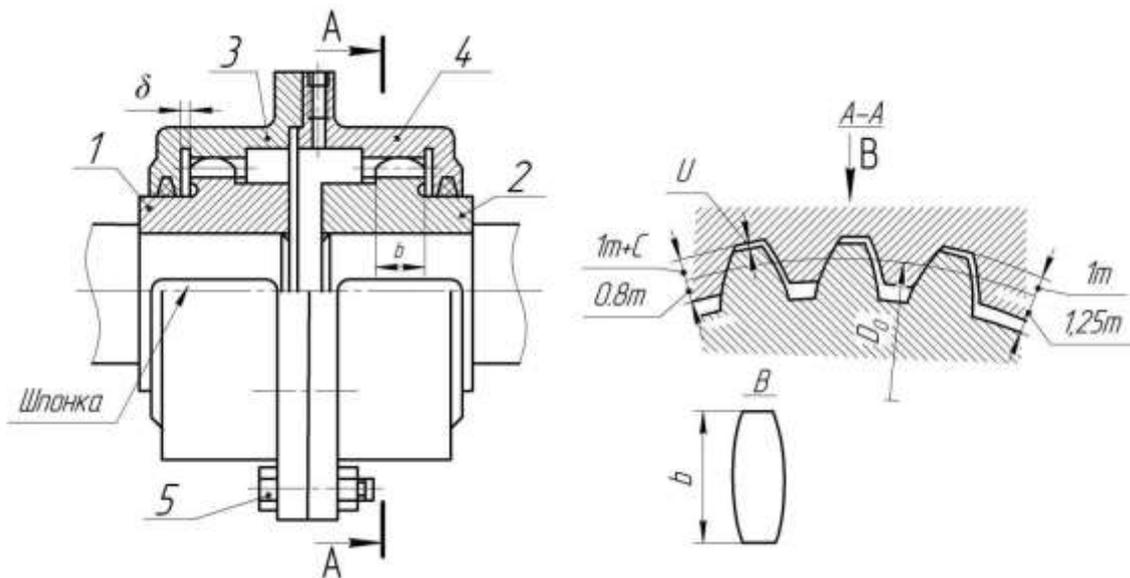
## Рисунок 16.5 – Види неспіввісностей

### 16.4.2.1 Компенсуючі жорсткі муфти

**Зубчасті муфти** компенсують поздовжнє і радіальне зміщення валів у межах 1...8 мм і кутове – до  $1^\circ$ . Зубчаста муфта складається з двох обойм 1 з внутрішніми зубцями, що знаходяться в зачепленні відповідно з двома зубчастими втулками 2 з зовнішніми зубцями (рис. 16.6). Зубчасті сполучення муфт працюють в масляній ванні. У муфтах передбачені отвори для зливу і заливки в них мастила, ущільнення для герметизації. Для компенсації неспіввісності зубці зачеплення виконують із бічним зазором; зубцям напівмуфт надають бочкообразну форму, зовнішню поверхню обробляють по сфері. Профіль зубця евольвентний з кутом  $\alpha = 20^\circ$ . Деталі муфти виготовляють зі сталей 45, 45Х.



а



б

*а – зовнішній вигляд муфти; б – розрахункова схема муфти*  
*Рисунок 16.6 – Зубчаста муфта*

Зношування є основним критерієм працездатності зубчастих муфт.  
 Знос зубців муфти протягом ресурсу слід вважати допустимим, якщо на робочих поверхнях напруження змінання

$$\sigma_{з.м} = \frac{F}{A} = \frac{2000 \cdot T_p \cdot k_H}{b \cdot h \cdot D_0 \cdot z} \leq [\sigma]_{з.м}, \quad (16.11)$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;

$k_H$  – коефіцієнт концентрації навантаження,  $k_H = 1,1 \dots 1,3$ ;

$b$  – довжина зубця;

$h$  – робоча висота зубця, мм,  $h = 1,8 \cdot m$ ;

$D_0$  – діаметр ділильної окружності напівмуфти,  $D_0 = m \cdot z$ ;

$m$  – модуль зачеплення, мм;

$z$  – число зубців напівмуфти;

$[\sigma]_{з.м}$  – допустимі напруження змінання,  $[\sigma]_{з.м} = (12 \dots 15) \text{ МПа}$ .

Сила, що діє на вали при наявності зубчастої муфти

$$F_{.м} = \frac{(400 \dots 800) \cdot T_p}{D_0}. \quad (16.12)$$

**Ланцюгова муфта** (рис. 16.7) складається з двох напівмуфт-зірочок (з однаковим числом зубців), їх охоплює ланцюг і кожух.

В якості з'єднувального елемента застосовують ланцюги роликові однорядні, дворядні, а також зубчасті.

Для утримання мастильного матеріалу муфту закривають кожухом, роз'ємним в осьовій площині. Щоб запобігти витоку масла, в кожух вбудовують ущільнення. Кожух зазвичай виконують литим з легких сплавів. При складанні між площинами роз'єму ставлять ущільнюючу прокладку. Так як внаслідок відхилень від співвісності валів зірочки-напівмуфти мають радіальні і кутові зміщення, кожух надягають на маточини зірочок з деяким зазором. Щоб кожух обертався разом із зірочками, його фіксують на маточині за допомогою регульовального гвинта або штифтом, який одночасно утримує кожух від зсуву в осьовому напрямку.

Матеріал зірочок – Сталь 45; твердість зубців 40..45HRC.

Переваги ланцюгових муфт: простота конструкції і обслуговування, надійність в роботі, технологічність виготовлення і порівняно малі габарити і вага, зручний монтаж і демонтаж, здатність компенсувати радіальні та кутові зміщення за рахунок відносної податливості деталей ланцюга і їх деформації.

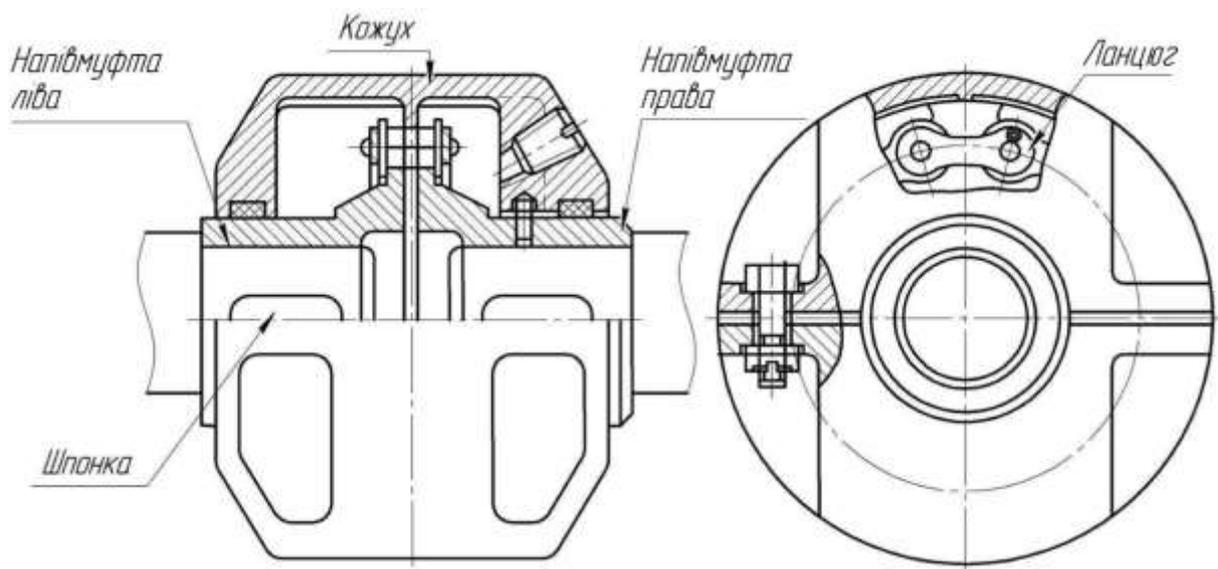


Рисунок 16.7 – Ланцюгова муфта

Недоліком муфти є наявність зазорів в шарнірах ланцюга і в сполученні його із зірочками, внаслідок чого ланцюгові муфти не можуть застосовуватися в реверсивних передачах, а також при наявності великих динамічних навантажень.

Допустимі зміщення валів: радіальні – 0,5...1,2мм і кутове – до 1°.

#### 16.4.2.2 Компенсуючі муфти із пружним елементом

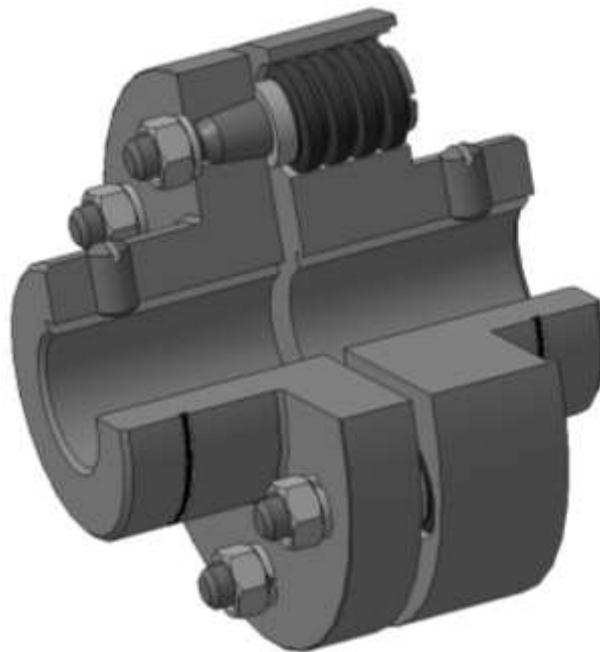
Пружні муфти не тільки компенсують неспіввісність валів, але й зм'якшують поштовхи й удари за рахунок деформації пружного елемента. Пружні елементи муфт виготовляють із пружинної сталі, гуми, пластмаси.

**Пружні втулково-пальцеві муфти (МПВП)** набули широкого поширення завдяки відносній простоті конструкції і зручності заміни пружних елементів. Однак їх характеризує невисока компенсуюча здатність, а при з'єднанні неспіввісних валів – досить великий силовий вплив на вали і опори, при цьому гумові втулки швидко руйнуються. МПВП також здатна амортизувати поштовхи і удари, демпфірувати невеликі коливання і попереджати резонанс.

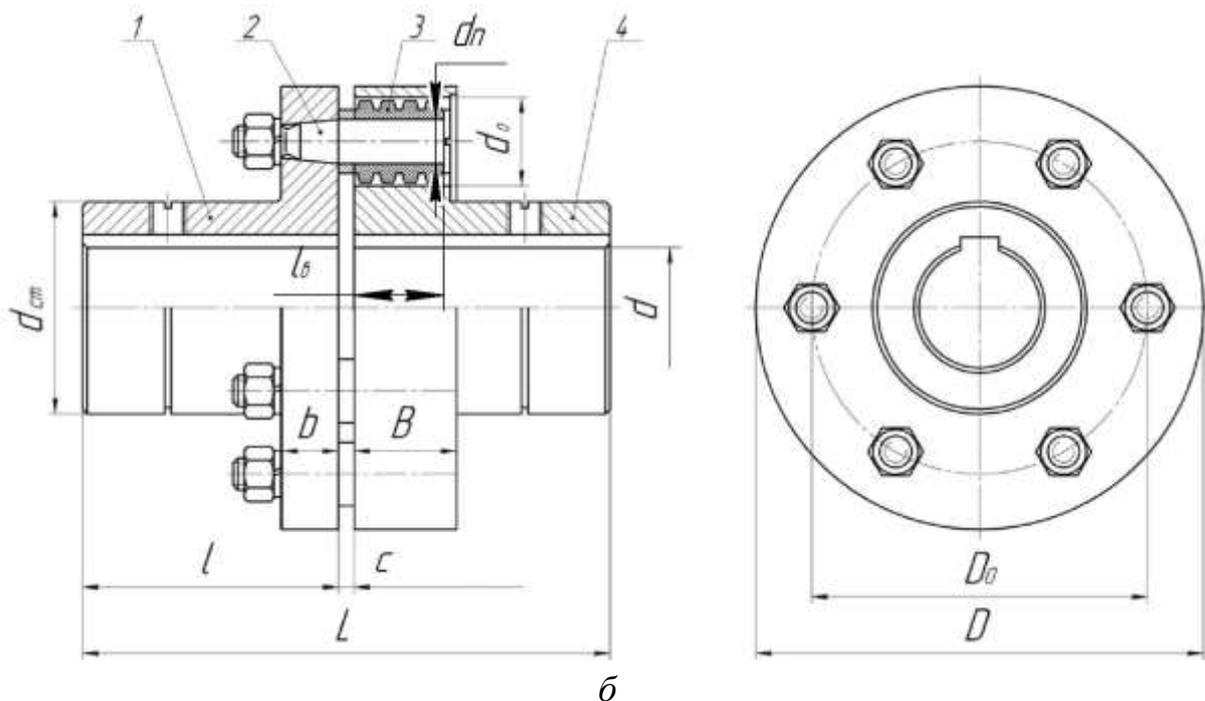
Пружні властивості муфти забезпечуються за рахунок втулок, здатних деформуватися під дією переданого крутного моменту  $T$ .

Так як муфти даного типу мають велику радіальну і кутову жорсткість, їх застосування доцільно при установці вузлів, що з'єднуються, на плитах (рамах) великої жорсткості. Крім того, складання вузлів необхідно проводити з підвищеною точністю і з застосуванням підкладок.

Муфта представлена на рис. 16.8. У фланці напівмуфти 1 конічними хвостовиками закріплені пальці 2, на які надіті гумові втулки 3. Втулки входять в отвори, розташовані у фланці напівмуфти 4. Отвори під вал в маточинах напівмуфт розточуються циліндричними або конічними (всього передбачено чотири виконання на різні довжини кінців валів).



а



*a – зовнішній вигляд; б – розрахункова схема*  
 Рисунок 16.8 – Муфта пружна втулково-пальцева

Матеріал напівмуфт – сірий чавун СЧ 20, Сталь 30, Сталь 30Л. Матеріал пальців – Сталь 45 з твердістю 241...285НВ, а втулок – гума з межею витривалості не менше 8МПа.

Для перевірки міцності рекомендується розраховувати пальці по напруженнях згину, а втулки – по напруженнях зминання на поверхні зіткнення втулок з пальцями. При цьому вважається, що всі пальці навантажені однаково, а напруження зминання розподілені по довжині втулки.

Зусилля, що приходиться на один палець

$$F_n = \frac{2000 \cdot T_p}{D_0 \cdot z}, \quad (16.13)$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;

$D_0$  – діаметр розташування пальців, мм;

$z$  – кількість пальців.

Умова міцності втулок муфти:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_n}{A} = \frac{F_n}{d_n \cdot l_в} = \frac{2000 \cdot T_p / (D_0 \cdot z)}{d_n \cdot l_в} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (16.14)$$

де  $d_n$  – діаметр пальця, мм;

$l_в$  – довжина втулки, мм;

$[\sigma]_{зм}$  – допустимі напруження зминання, для гуми  
 $[\sigma]_{зм} = (1,8..2,0) МПа$ .

Умова міцності пальців на згин:

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W_0} = \frac{F_n \cdot (0,5 \cdot l_6 + c)}{\pi \cdot d_n^3 / 32} \leq [\sigma]_{зг}, \quad (16.15)$$

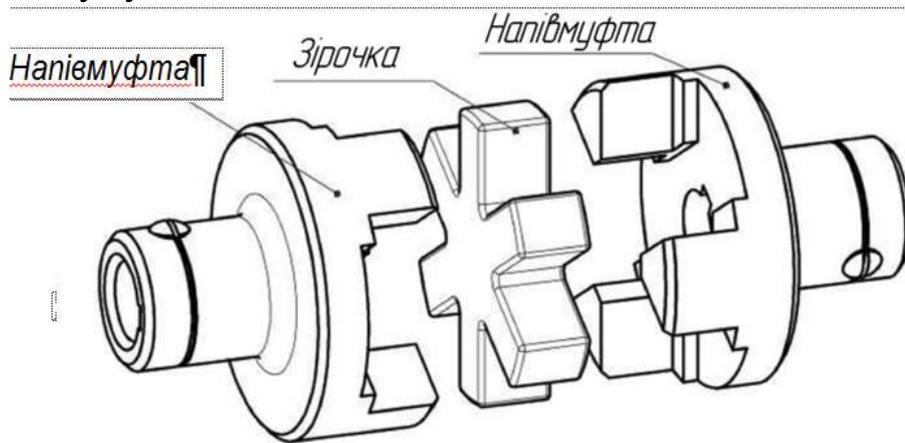
де  $c$  – зазор між напівмуфтами, мм;

$[\sigma]_{зг}$  – допустимі напруження згину для пальців, приймають  
 $[\sigma]_{зг} = (60..70) МПа$ .

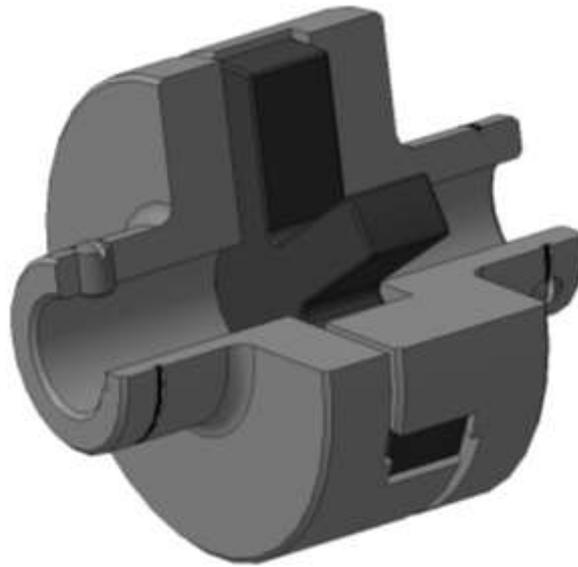
При роботі муфти в умовах радіального зміщення валів виникає додаткове радіальне навантаження. Усереднене значення цього навантаження становить

$$F_m = \frac{(500..600) \cdot T_p}{D_0}. \quad (16.16)$$

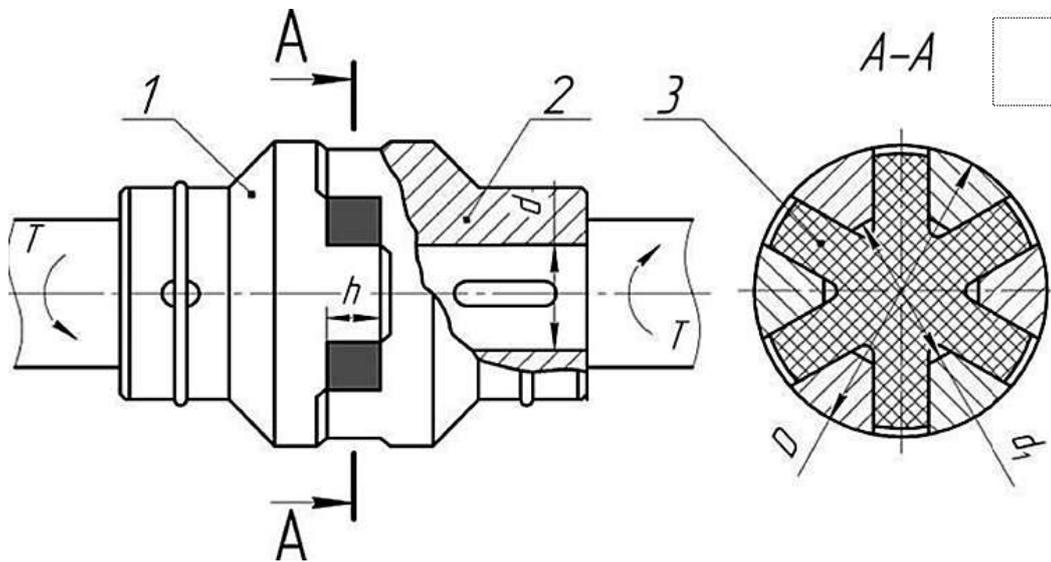
**Муфти пружні із зірочкою.** Компенсуючі здатності муфти (рис. 16.9) невеликі. При з'єднанні неспіввісних валів муфта надає на них значний силовий вплив, хоча і менше, ніж муфта МПВП. Вона вимагає точного монтажу вузлів.



а



б



в

*а – конструкція муфти ; б – зовнішній вигляд ; в – розрахункова схема  
Рисунок 16.9 – Муфта пружна із зірочкою*

Ці муфти мають велику радіальну, кутову і осьову жорсткість. Тому їх застосування так само, як і муфт МПВП, можливо при установці вузлів на плитах (рамах) великої жорсткості. Складання вузлів необхідно виконувати з підвищеною точністю, застосовуючи підкладки і контролюючи стан вузлів.

Муфта з гумовою зірочкою складається з двох однакових напівмуфт 2, які мають на фланцях торцеві кулачки, і пружного елемента 3, виконаного у вигляді зірочки. Виступи зірочки розташовуються між кулачками напівмуфт і працюють на стиск через один при дії крутного моменту.

Матеріал напівмуфт: Сталь 35 (для муфт з  $D = 25..40\text{мм}$ ) або чавун СЧ 21–40 (для муфт з  $D = 50..160\text{мм}$ ). Матеріал зірочки: гума бензооливодостійка марки А – м'яка.

Муфти пружні із зірочкою порівняно прості за конструкцією, мають малі габаритні розміри і матеріалоемність.

По пружних властивостях, ці муфти близькі до МПВП. Муфти цього типу допускають радіальне зміщення валів до  $2\text{мм}$ , кутове до  $1^\circ 30'$ ; їх застосовують для з'єднання швидкохідних валів ( $n = 3000..6000\text{хв}^{-1}$ ).

Працездатність гумової зірочки визначається напруженнями зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A} = \frac{8000 \cdot T_p}{(D^2 - d_1^2) \cdot h \cdot z} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (16.17)$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;

$D$  – зовнішній діаметр зірочки;

$d_1$  – внутрішній діаметр променів зірочки;

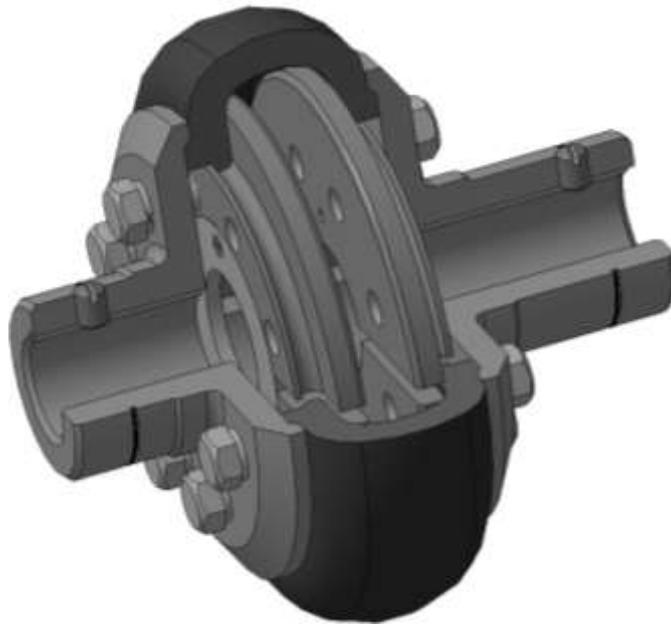
$h$  – ширина зірочки;

$z$  – число зубців зірочки;

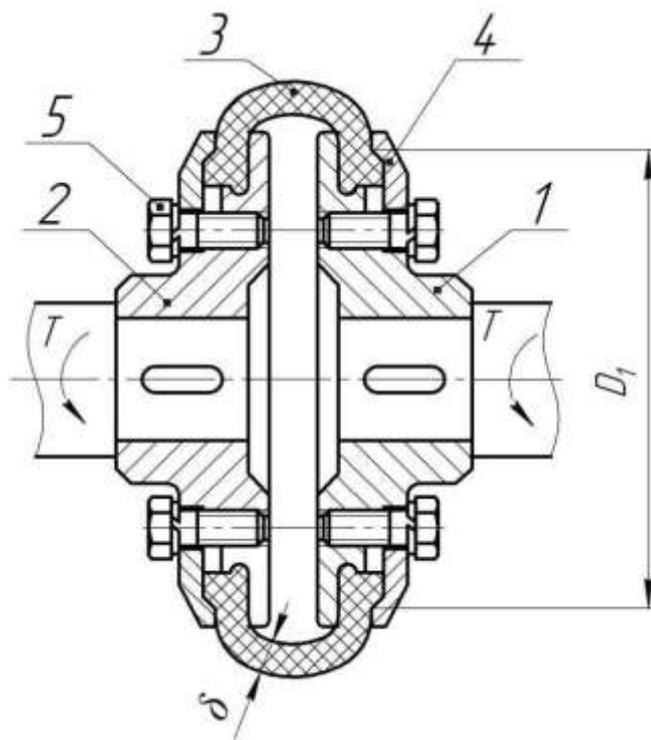
$[\sigma]_{зм}$  – допустимі напруження зминання, для гуми  
 $[\sigma]_{зм} = (1,8..2,0)\text{МПа}$ .

**Муфти з тороподібною пружною оболонкою** прості по конструкції (рис. 16.10), виготовлення їх не викликає утруднень. Пружним елементом муфти є гумова або гумово-кордова оболонка. Гумово-кордний елемент складніше у виготовленні, ніж гумовий, проте його термін служби в кілька разів більше гумового.

Муфта складається з пружного елемента 3 і напівмуфт 1 і 2, до яких гвинтами 5 притягують притискні півкільця 4. Напівмуфти встановлюють як на циліндричні, так і на конічні кінці валів. Крутний момент з напівмуфт на оболонку передається силами тертя, створеними при затягуванні гвинтів 5.



а



б

*а – зовнішній вигляд; б – розрахункова схема*  
 Рисунок 16.10 – Муфта з тороподібною оболонкою

Ці муфти відрізняються високими компенсаційними властивостями, здатні зменшувати динамічні навантаження завдяки малій крутній жорсткості і високій здатності до демпфування. До недоліків відносять їх великі розміри по діаметру і поява значних осьових навантажень на опори валів, викликаних відцентровими силами, що діють на пружний елемент.

При передачі крутного моменту в оболонці діють дотичні напруження зрізу  $\tau$ . Найбільш поширеним для муфти з тороподібною оболонкою є відмова, пов'язана з руйнуванням оболонки в кільцевому перерізі у затиску з діаметром  $D_1$ .

Умова міцності оболонки на зріз

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2000 \cdot T_p}{\pi \cdot D_1^2 \cdot \delta} \leq [\tau], \quad (16.18)$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;

$\delta$  – товщина пружної оболонки;

$[\tau]$  – допустимі дотичні напруження зрізу в оболонці, приймають  $[\tau] = (0,45 \dots 0,5) \text{ МПа}$ .

## 16.5 Керовані (зчіпні) муфти. Класифікація

Зчіпні муфти класифікують:

1 Кулачкові (жорсткі)

2 Фрикційні:

- дискові;
- конусні;
- колодкові.

Керовані муфти дозволяють з'єднувати або роз'єднувати вали без використання механізмів керування.

За принципом роботи муфти цього типу діляться на дві групи: кулачкові й фрикційні. Обов'язкова умова застосування цих муфт – обов'язкова співвісність валів.

### 16.5.1 Кулачкові зчіпні муфти

**Кулачкові муфти** складаються із двох напівмуфт із кулачками на торцевих поверхнях (рис. 16.11). Матеріал напівмуфт – Сталь 20Х або Сталь 20ХН. Для підвищення зносостійкості робочі поверхні кулачків цементують і гартують до твердості 54..60 HRC.

Кулачки можуть мати профіль прямобічний, трапецеїдальний і трикутний відповідно для більших, середніх і малих навантажень. Число кулачків визначається залежно від крутного моменту.

Розміри муфт приймають конструктивно, потім кулачки перевіряють на зносостійкість по середньому тискові (напруженнях зминання) на робочих поверхнях і згин кулачка.

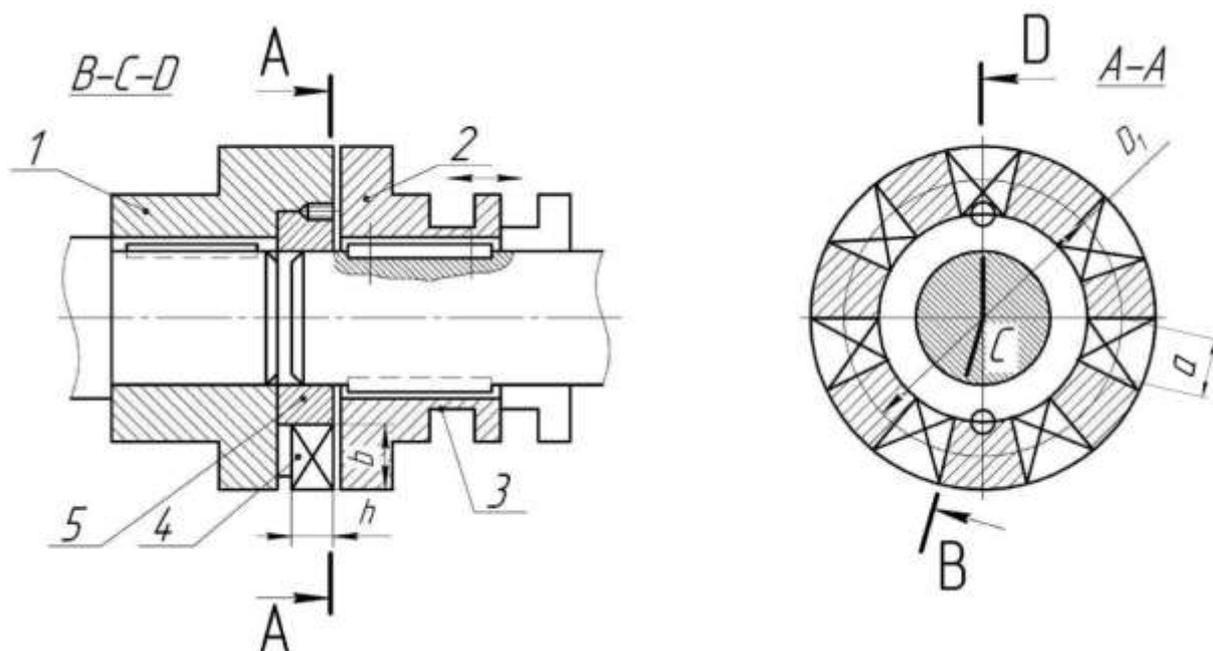


Рисунок 16.11 – Кулачкова зчінна муфта

Перевірка кулачків муфти на згин:

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W_{oc}} = \frac{F_t \cdot 0,5 \cdot h \cdot 6}{z \cdot a^2 \cdot b} \leq [\sigma]_{зг}, \quad (16.19)$$

де  $F_t$  – колова сила, яка визначається по середньому діаметру кулачків муфти;

$z$  – число кулачків;

$a, b, h$  – розміри кулачків;

$[\sigma]_{зг}$  – допустимі напруження на згин:  $[\sigma]_{зг} = 90 \dots 120 \text{ МПа}$  – при включенні в спокої;  $[\sigma]_{зг} = 50 \dots 70 \text{ МПа}$  – при включенні на невеликих швидкостях;  $[\sigma]_{зг} = 35 \dots 45 \text{ МПа}$  – при включенні на підвищених швидкостях.

$$F_t = \frac{2000 \cdot T_p}{Z}, \quad (16.20)$$

де  $Z$  – середній діаметр кулачків.

Зві

$$\sigma_{32} = \frac{6000 \cdot T_p \cdot h}{D_1 \cdot z \cdot a^2 \cdot b} \leq [\sigma]_{32} \quad (16.21)$$

Розрахунок напружень зминання на поверхні кулачків:

$$\sigma_{3M} = \frac{F_t}{z \cdot h \cdot b} \leq [\sigma]_{3M},$$

де  $[\sigma]_{3M} \cong [\sigma]_{32}$  – допустимі напруження зминання

$$\sigma_{3M} = \frac{2000 \cdot T_p}{D_1 \cdot z \cdot h \cdot b} \leq [\sigma]_{3M} \quad (16.22)$$

### 16.5.2 Фрикційні зчінні муфти

**Фрикційні муфти** дозволяють з'єднувати вали під навантаженням і з більшою різницею початкових кутових швидкостей, тому що при включенні муфт обертаючий момент зростає поступово, у міру збільшення сили тиску по поверхні тертя.

За формою поверхонь тертя фрикційні муфти діляться на дискові (рис. 16.12,а, в) і конусні (рис. 16.12,б). Фрикційні муфти застосовують при строгій співвісності валів.

Із усіх видів фрикційних муфт найпоширеніші в машинобудуванні багатодискові муфти (рис. 16.12,в), що обумовлене їхніми малими розмірами (що важливо для високошвидкісних передач). Ці муфти застосовують для передачі малих і середніх крутних моментів.

Багатодискова муфта (див. рис. 16.12,в) складається із ведучої напівмуфти зі стаканом («чашкою») 1, на внутрішній поверхні якої передбачені зубці для з'єднання із ведучими (зовнішніми) дисками 3, і веденої напівмуфти («втулки») 9, що має на зовнішній поверхні зубці для з'єднання з веденими (внутрішніми) дисками 4, що чергуються з ведучими; двох упорних кілець 2 і 5, упорних гайок 6, механізму включення муфти та рухомої втулки 8. У спеціальних пазах веденої напівмуфти встановлено на осях важільці 7, що впираються одним кінцем у кільце 2, а іншим – контактують із внутрішньою конічною поверхнею рухливої повідкової втулки 8. Коли втулка 8 пересунена вліво – муфта включена. При включенні муфти між дисками виникають сили тертя, за рахунок яких передається обертаючий момент від одної напівмуфти до іншої.

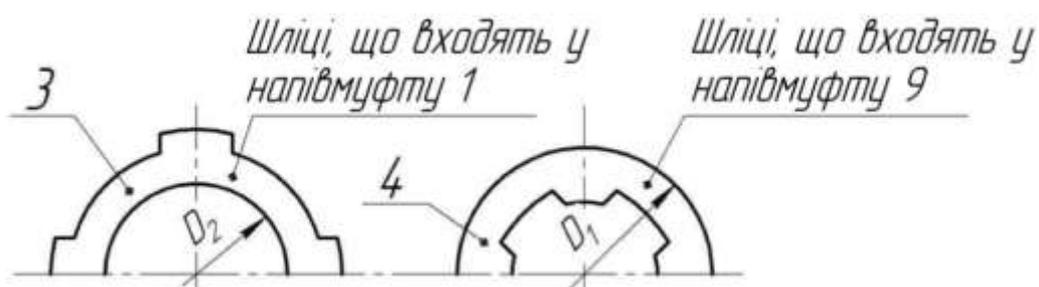
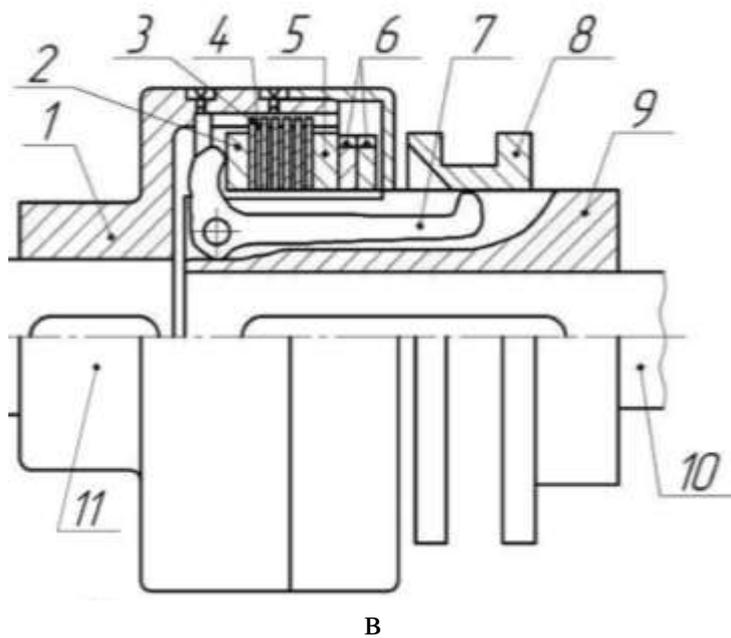
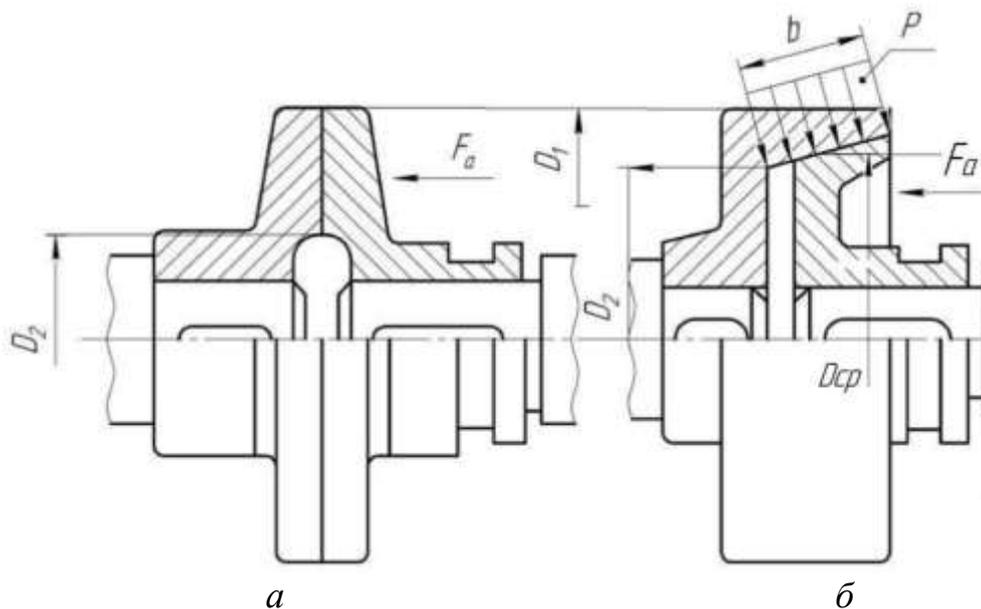
При роботі муфти розрахунковий момент не повинен перевищувати момент тертя на робочих поверхнях дисків

$$T_p \leq T_{mp},$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;  
 $T_{mp}$  – момент тертя на робочих поверхнях дисків.

$$T_p = \beta \cdot T, \quad (16.23)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт запасу зчеплення.



*a* – однодискова муфта; *б* – конусна муфта; *в* – багатодискова; *г* – зовнішні і внутрішні диски багатодискової муфти

Рисунок 16.12 – Муфти фрикційні

$$T_{mp} = f \cdot F_a \cdot Z \cdot \frac{D_{cp}}{2000},$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання (довідкові дані);

$F_a$  – загальна сила натискання на диски муфти;

$Z$  – число пар тертьових поверхонь;

$D_{cp} = (D_1 + D_2)/2$  – середній діаметр поверхні тертя дисків;

$D_1, D_2$  – зовнішній і внутрішній діаметри робочої поверхні дисків;

Поверхні тертя дисків перевіряють на зносостійкість по тискові на поверхні тертя:

$$p \leq [p];$$

$$p = \frac{2000 \cdot T_p}{\pi \cdot f \cdot Z \cdot b \cdot D_{cp}^2} = \frac{4 \cdot F_a}{\pi(D_1^2 - D_2^2)} \leq [p] \quad (16.24)$$

де  $b = (D_1 - D_2)/2$ ;

$[p]$  – припустимий тиск на контактних поверхнях фрикційних пар (довідкові дані).

$$F_a = \frac{2000 \cdot T_p}{f \cdot Z \cdot D_{cp}}. \quad (16.25)$$

Необхідне число пар тертьових поверхонь

$$Z = \frac{2000 \cdot T_p}{\pi \cdot f \cdot \psi \cdot D_{cp}^3 \cdot [p] \cdot K_z} \leq [Z], \quad (16.26)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт, що враховує вплив числа дисків у муфті на силу включення;

$\psi = b/D_{cp}$ ;

$[Z] \leq 16$  – для масляних муфт;  $[Z]$  для сухих муфт.

Кількість зовнішніх дисків

$$Z_{зов} = 0,5 \cdot Z.$$

Кількість внутрішніх дисків

$$Z_{вн} = 0,5 \cdot Z + 1.$$

## 16.6 Самокеровані муфти

Такі муфти призначені для автоматичного з'єднання або роз'єднання валів у тому випадку, коли виникають особливі умови в роботі машини. Залежно від виконуваних функцій муфти поділяють на: запобіжні, обгінні, відцентрові, комбіновані

Самокеровані запобіжні муфти призначені для захисту машини від перевантаження. Класифікація запобіжних муфт:

- муфти граничного моменту, що спрацьовують без руйнування деталей (рис. 16.13);
- муфти граничного моменту зі спеціальним елементом, що руйнується (рис. 16.14).

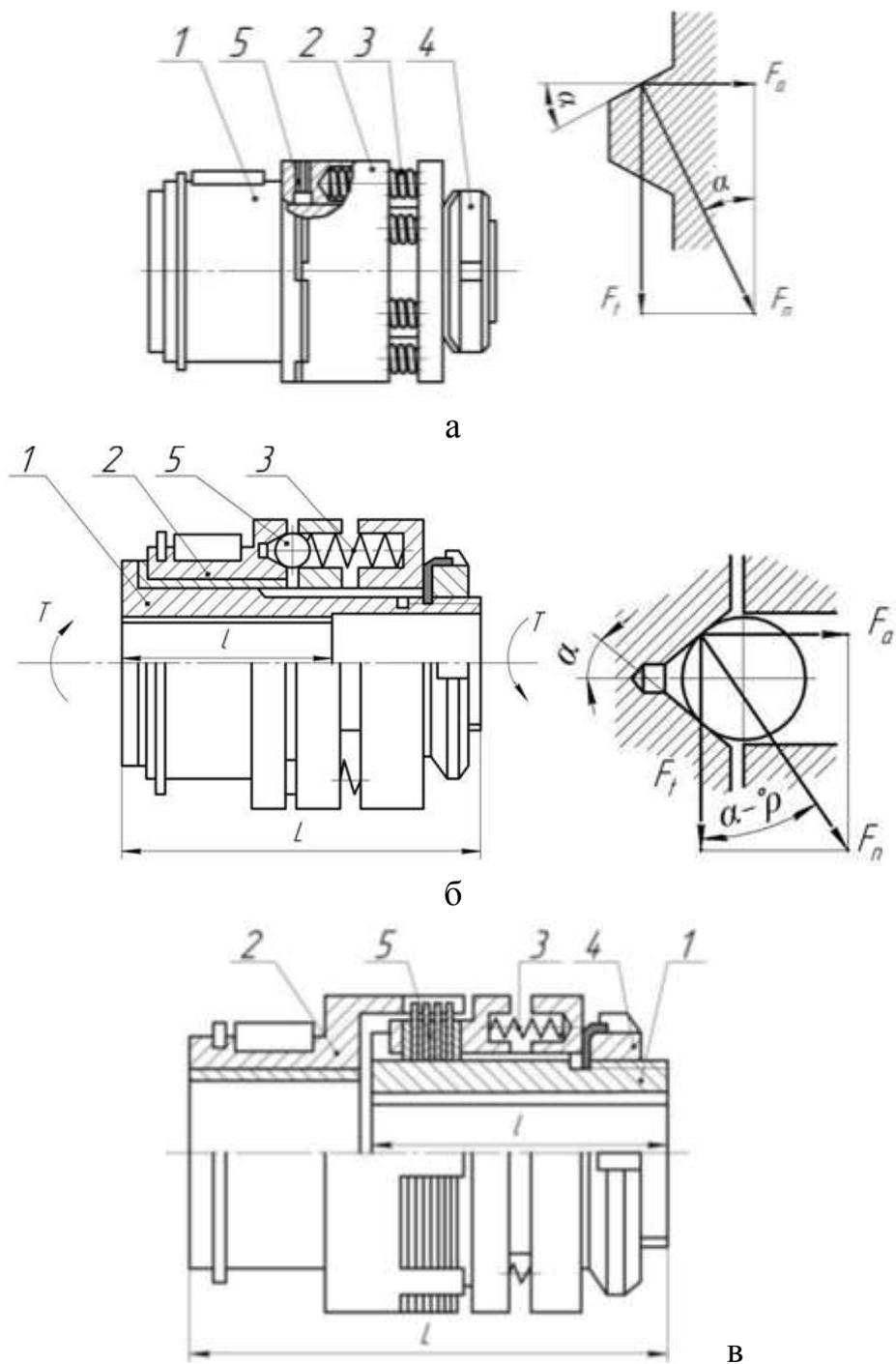
У машинах з випадковими динамічними навантаженнями і особливостями робочих процесів (обмеженим змащуванням деталей, появою перевантаження тощо) запобіжні муфти розмикають кінематичний ланцюг і захищають важливі деталі (вали, зубчаті колеса) від руйнування.

### *16.6.1 Муфти граничного моменту, що спрацьовують без руйнування деталей*

**Кулачкові запобіжні муфти** (див. рис. 16.13,а) (їх називають ще пружинно-кулачковими) конструктивно подібні до кулачкових муфт зчеплення; в них відсутній механізм керування, а півмуфти замикаються пружиною, стисненням якої регулюють крутний момент. З'єднання півмуфт з валами здійснюється за допомогою шпонок або шліців. У разі перевантажень зачеплення кулачків порушується через осьові зміщення рухомої півмуфти.

**Кулькові муфти** (див. рис. 16.13,б) за принципом дії подібні до пружинно-кулачкових. У разі перевантажень під дією осьових сил кульки зміщуються в осьовому напрямі і розмикають муфту.

**Фрикційні запобіжні муфти** (див. рис. 16.13,в) конструктивно аналогічні фрикційним муфтам зчеплення; в них відсутній механізм керування, а стиск фрикційних елементів здійснюється пружинами.



*а – кулачкова; б – кулькова; в – багатодискова  
 Рисунок 16.13 – Муфти граничного моменту, що спрацьовують без руйнування деталей*

### **16.6.2 Муфти зі спеціальним елементом, що руйнується**

При рідкому виникненні перевантажень застосовують запобіжні муфти зі зрізним штифтом зі середньовуглецевої поліпшеної, рідше загарто-

ваної сталі. Штифти виробляють з виточкою у передбачуваному місці руйнування, що підвищує точність спрацьовування (див. рис. 16.14).

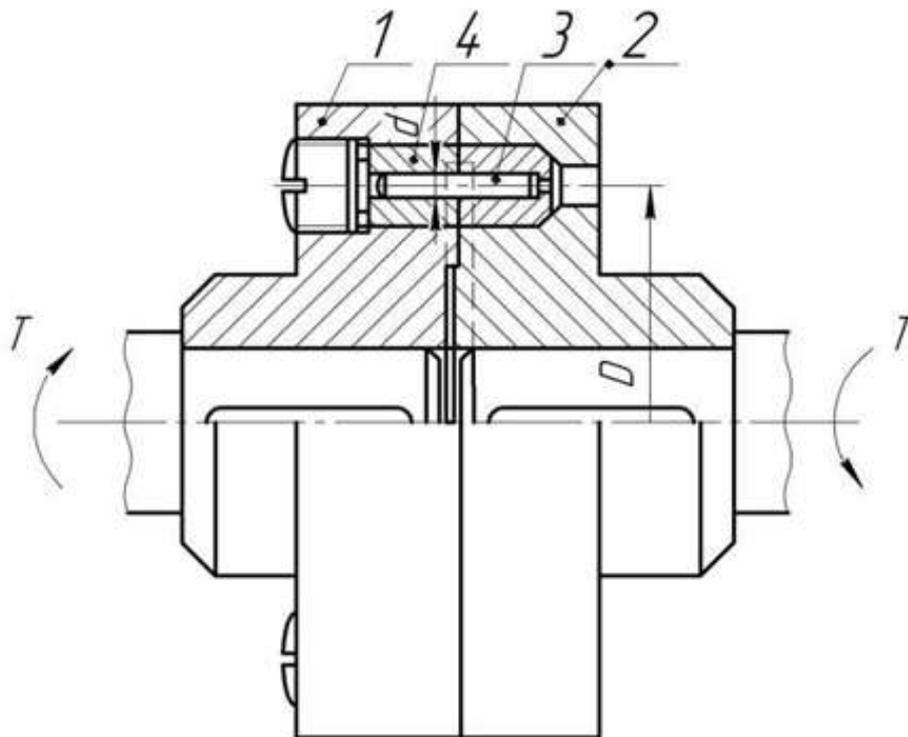


Рисунок 16.14 – Запобіжна муфта зі штифтом, що зрізується

Штифти перевіряють за напруженнями зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{F_t}{A} = \frac{4 \cdot F_t \cdot K_z}{Z \cdot \pi \cdot d^2} \leq [\tau_{зр}] \quad (16.27)$$

де  $F_t$  – колова сила, що зрізує штифт;

$K_z$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між штифтами,  $K_z = 1$  при  $Z=1$ ;  $K_z = 1,2$  при  $Z=2$ ;

$Z$  – число штифтів,  $Z=1$  або  $2$ ;

$d$  – діаметр штифта;

$[\tau]_{зр}$  – допустимі напруження зрізу. Наприклад, для загартованих штифтів зі сталі Ст5  $[\tau]_{зр} = 420 \text{ МПа}$ .

Діаметр штифта в місці руйнування

$$d \geq \sqrt{\frac{8000 T_p \cdot K_z}{\pi \cdot D \cdot Z \cdot [\tau]_{зр}}}, \quad (16.28)$$

де  $T_p$  – розрахунковий обертаючий момент;

$D$  – діаметр розташування перетину зрізу штифтів.