

Міністерство освіти і науки України

Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

**ДЕТАЛІ МАШИН, ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ
І ОСНОВИ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ**

Сполучні муфти:

довідковий посібник

для студентів спеціальностей: 131, 133

Краматорськ

ДДМА

2021

УДК 621.81

Деталі машин, теорія механізмів і основи взаємозамінності : Сполучні муфти: довідковий посібник / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 35 с.

Приведені рекомендації по вибору пружних, жорстких компенсуючих і шарнірних муфт. Наведено методики перевірочних розрахунків муфт. Містяться необхідні довідкові дані щодо пружних втулково-пальцевих муфт, муфт з тороподібною пружною оболонкою, муфт з гумовою зірочкою, а також зубчастих, ланцюгових і малогабаритних шарнірних муфт.

Укладачі:

С. Г. Карнаух, доц.;
М. Г. Таровик, асист.,

Відп. за випуск

С. Г. Карнаух, доц.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ПРУЖНІ МУФТИ.....	6
1.1 Муфта пружна втулково-пальцева (МПВП)	7
1.1.1 Конструкція і характеристики МПВП	7
1.1.2 Вибір МПВП	8
1.1.3 Перевірочні розрахунки МПВП.....	11
1.2 Муфта пружна із зірочкою	12
1.2.1 Конструкція і характеристики муфти із зірочкою	12
1.2.2. Вибір муфти пружної із зірочкою	13
1.2.3 Перевірочні розрахунки муфти із зірочкою	15
1.3 Муфта пружна з тороподібною оболонкою	16
1.3.1 Конструкція і характеристики муфти з тороподібною оболонкою	16
1.3.2. Вибір муфти пружної з тороподібною оболонкою	17
1.3.3. Перевірочний розрахунок муфти з тороподібною оболонкою	19
2 ЖОРСТКІ КОМПЕСУЮЧІ МУФТИ.....	20
2.1 Зубчаста муфта.....	20
2.1.1 Конструкція і характеристики зубчастої муфти.....	20
2.1.2 Вибір зубчастої муфти	22
2.1.3 Перевірочний розрахунок зубчастої муфти	24
2.2 Ланцюгова муфта.....	24
2.2.1 Конструкція і характеристики ланцюгової муфти	24
2.2.2 Вибір ланцюгової муфти	25
2.2.3 Перевірочний розрахунок ланцюгової муфти	28
2.3 Шарнірна муфта	28
2.3.1 Конструкція і характеристики шарнірної муфти	28
2.3.2 Вибір шарнірної муфти.....	30
2.3.3 Перевірочний розрахунок шарнірної муфти	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	34

ВСТУП

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

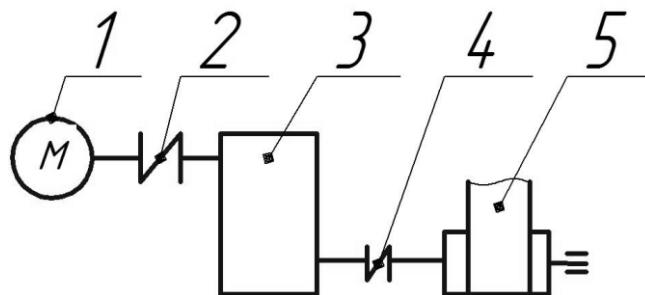


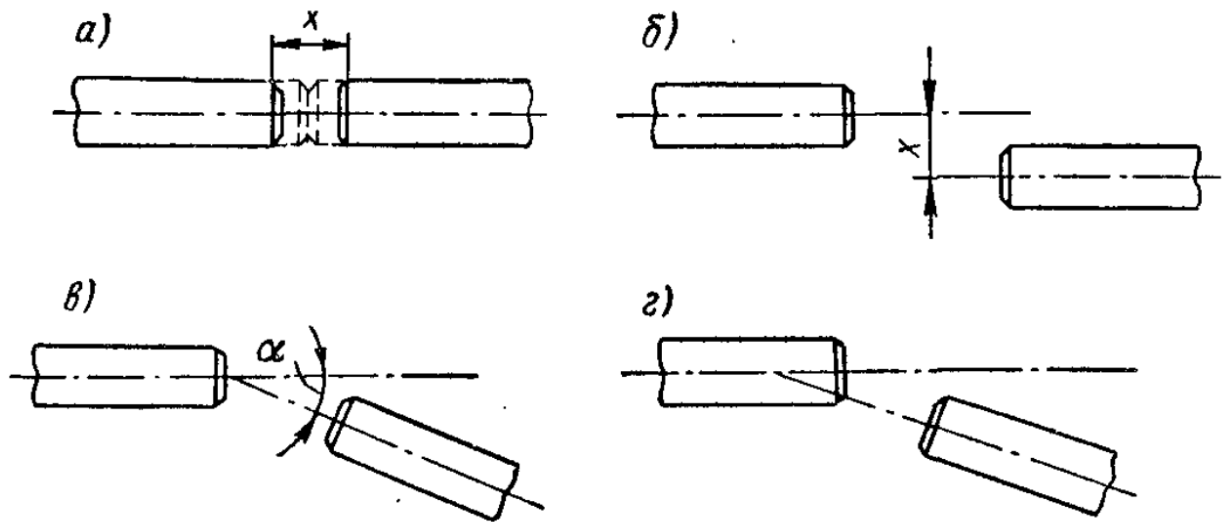
Рисунок 1 – Схема привода стрічкового конвеєра

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.

Компенсуючі муфти утворюють окрему групу і використовуються для з'єднання валів, що мають незначні осьові, радіальні і кутові зміщення. Компенсуючі жорсткі муфти не пом'якшують поштовхів, а пружні пом'якшують удари і крутильні коливання за рахунок деформації пружних елементів, що передають крутний момент.

Досягнення строгої співвісності валів пов'язане зі значною трудомісткістю і не завжди виправдане, а в окремих випадках і важко здійсненне. Неспівпадання осей валів обумовлюється відхиленнями на виготовлення деталей та збирання вузлів машин і призначаються залежно від характеру роботи. Далі будь-яка точність, досягнута при збиранні, в процесі роботи може бути порушена внаслідок вібрацій і деформацій валів під навантаженням, осадки фундаменту, зміни температури і інших причин. З'єднання таких валів глухими муфтами неминуче призводить до виникнення значних додаткових навантажень на вали і опори, погіршенню роботи з'єднання, аж до виходу його з ладу.

На рис. 2 показано з'єднання зміщених валів компенсуючою муфтою. Компенсуючі муфти значно зменшують додаткові навантаження на вали і опори. Чим менше додаткові навантаження, тим надійніша робота муфти і вузлів, що сполучаються. За цією ознакою повинна оцінюватися перевага тієї або іншої конструкції муфти. Застосування компенсуючих муфт не звільняє від необхідності точного виготовлення деталей і ретельного збирання вузлів.



*а) осьове; б) радіальне; в) кутове - перекіс осей валів;
г) різні комбінації цих зміщень*

Рисунок 2 – Можливі зміщення осей валів, що з'єднуються

Муфти, що мають широке поширення стандартизовані. Основними характеристиками муфти є момент, на передачу якого муфта розрахована, і діаметри валів, що сполучаються.

Напівмуфти виготовляються з циліндричними розточуваннями (тип 1) і конічними розточуваннями (тип 2) двох виконань: на довгі та короткі кінці валів. Допускається з'єднання напівмуфт різних типів в різних виконаннях з різними діаметрами посадочних отворів для одного значення крутного моменту.

При постійному напрямі обертання і помірно навантажених валах ($\tau \leq 15 \text{ МПа}$) напівмуфти саджають на гладкі циліндричні кінці валів по перехідних посадках типу H7/k6, H7/m6. При реверсивній роботі, а також при сильно навантажених валах ($\tau > 15 \text{ МПа}$) застосовують посадку H7/n6.

Установку напівмуфт на циліндричні шліцьові кінці валів застосовують, якщо при розрахунку шпонкового з'єднання довжина посадочного отвору більше $1,5d$ (d – діаметр валу). Посадку по центруючому зовнішньому діаметру D приймають – H7/js6.

Установка напівмуфт на циліндричні кінці валів з натягом і їх зняття викликають затруднення, які не виникають на конусних кінцях. Затягуванням напівмуфт на конусні кінці валів можна створити значний натяг в з'єднанні і забезпечити точне радіальне і кутове положення напівмуфти відносно валу. Тому при великих навантаженнях, роботі з поштовхами, ударами і при реверсивній роботі бажано напівмуфти встановлювати на конусні кінці валів, незважаючи на більшу складність їх виготовлення.

1 ПРУЖНІ МУФТИ

Пружні муфти характеризуються наявністю пружного елемента (одного або декількох), за рахунок деформації якого здійснюється взаємне переміщення деталей муфти, необхідних для компенсації зміщення осей ведучого і веденого валів.

Пружні муфти мають наступні переваги:

1. Допускають порівняно великі зміщення осей валів, що сполучаються. При цьому, завдяки деформації пружного елемента, вали і опори навантажуються порівняно малими силами і моментами.

2. Можуть служити засобом захисту від резонансних крутильних коливань, що виникають в механізмі внаслідок нерівномірності обертання.

3. Мають здатність пом'якшувати поштовхи і удари. Кінетична енергія удару при цьому частково поглинається і переходить в тепло, частково акумулюється пружними елементами, перетворюючись на потенційну енергію деформації.

Основною характеристикою пружних муфт, у зв'язку з їх призначенням – передавати обертальний рух, є крутний момент. Основними показниками конструкцій муфт є габарити, маса і момент інерції відносно осі обертання. Крім того, пружні муфти характеризуються податливістю і демпфуючою здатністю.

Пружні муфти бувають постійної і змінної жорсткості, тобто мають лінійну і нелінійну характеристику, яка залежить від величини моменту та кута закручування.

Під демпфуючою здатністю муфти розуміють її здатність розсіювати (перетворювати на тепло) енергію при деформації.

Існує велика кількість пружних муфт різних конструкцій. Залежно від матеріалу пружних елементів муфти ділять на дві групи:

- муфти з неметалевими пружними елементами;
- муфти з металевими пружними елементами.

Основним матеріалом неметалевих пружних елементів служить гума, оскільки вона має високу еластичність, демпфуючу здатність і діелектричні властивості. Через низьку міцність гум і пластмас, у порівнянні з металами, ці муфти застосовують переважно для передачі малих і середніх крутних моментів. Довговічність гумових елементів нижча, ніж сталевих. Гума поступово втрачає свої пружні властивості – старіє.

Металеві пружні елементи виготовляють у вигляді гвинтових і плоских пружин, сталевих пружних стрижнів, пакетів пластин.

Найширше застосовуються пружні втулково-пальцьові муфти, муфти з пружним елементом у вигляді зірочки, муфти з тороподібною оболонкою, муфти з гумометалевим пружним елементом.

1.1 Муфта пружна втулково-пальцева (МПВП)

1.1.1 Конструкція і характеристики МПВП

Муфти пружні втулково-пальцеві (МПВП) отримали широке поширення завдяки відносній простоті конструкції і зручності заміни пружних елементів. Проте їх характеризує невисока компенсуюча здатність, а при з'єднанні неспівісних валів – досить велика силова дія на вали і опори. При цьому гумові втулки швидко руйнуються. МПВП також здатна амортизувати поштовхи і удари, демпфувати невеликі коливання і попереджати резонанс.

МПВП стандартизовані для валів діаметром від 10 до 160 мм і крутних моментів до 16000 Н·м

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

Оскільки муфти цього типу мають велику радіальну і кутову жорсткість, їх застосування доцільне при установці вузлів, що сполучаються, на плитах (рамах) підвищеної жорсткості. Крім того, збирання вузлів необхідно робити з підвищеною точністю і з застосуванням спеціальних підкладок.

Муфта представлена на рис. 3...5. У фланці напівмуфти 1 конічними хвостовиками закріплено пальці 2, на яких розміщено 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).

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

Втрати енергії при роботі МПВП оцінюються ККД, який дорівнює 0,96..0,98.

Якщо необхідно зменшити розміри муфти в порівнянні з розмірами за стандартом, проектують спеціальну муфту, в якій розміщують більше число пружних елементів.

При цьому пальці і кільця залишають стандартними, розміщуючи їх так, щоб було виконано умову

$$z \cdot d_o \leq 2,8D_o,$$

де z – число пальців;

d_o – діаметр отвору під пружний елемент;

D_o – діаметр кола розташування пальців (рис. 4).

Зовнішній діаметр муфти

$$D = D_o + (1,5...1,6)d_o.$$

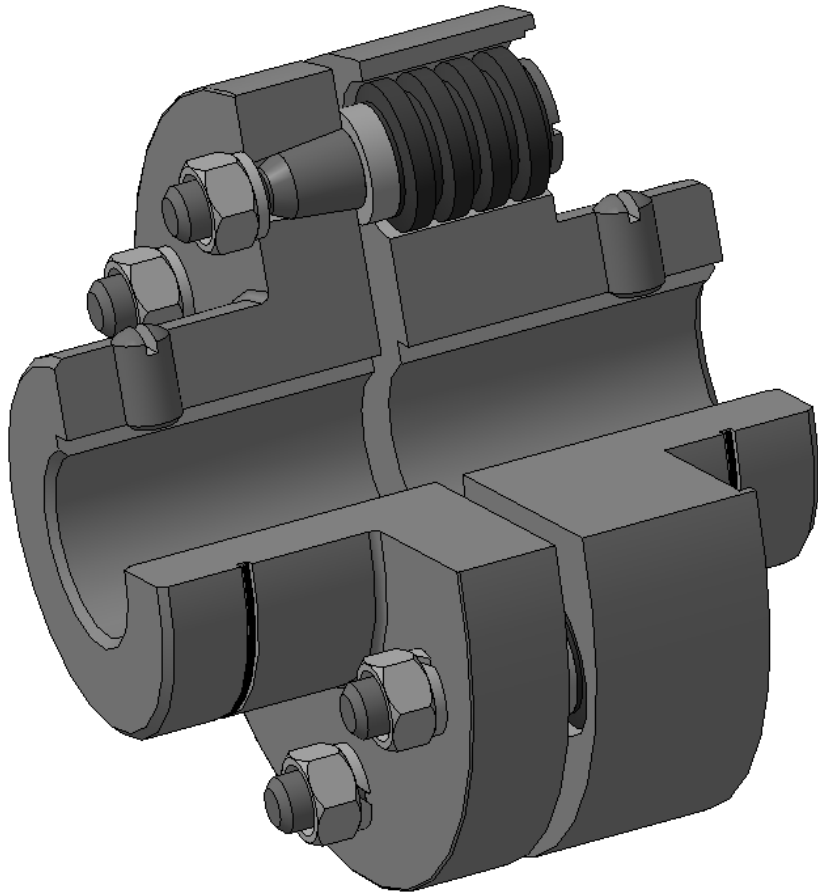


Рисунок 3 – Муфта пружна втулково-пальцева в розрізі

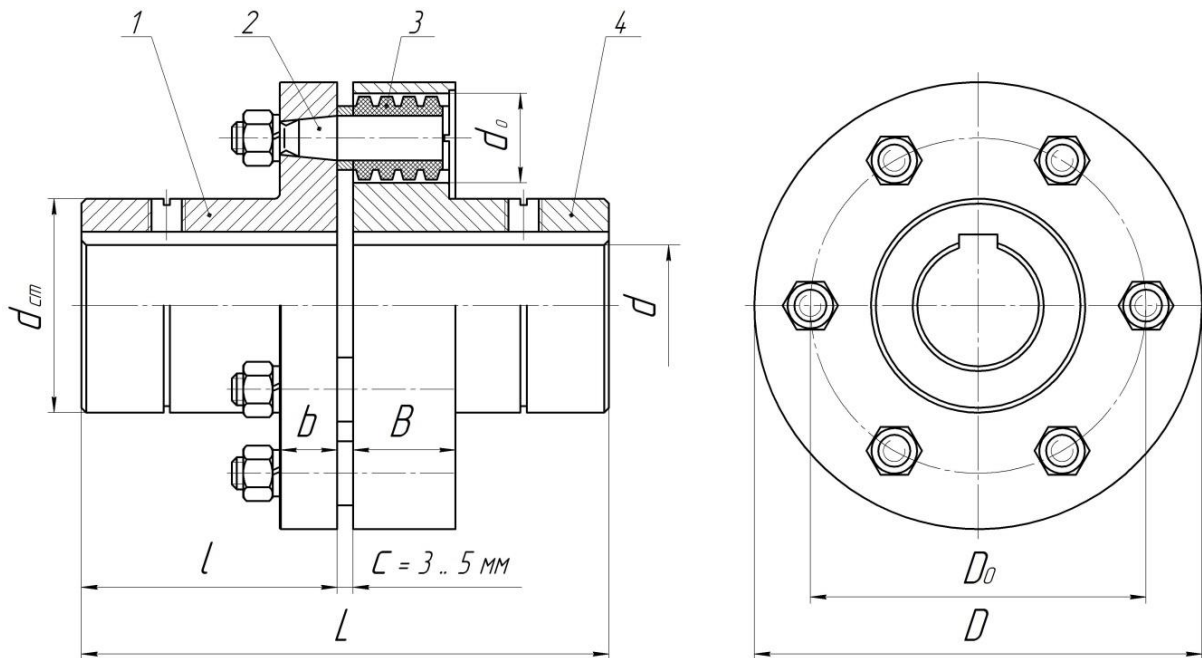


Рисунок 4 – Креслення муфти пружної втулково-пальцевої

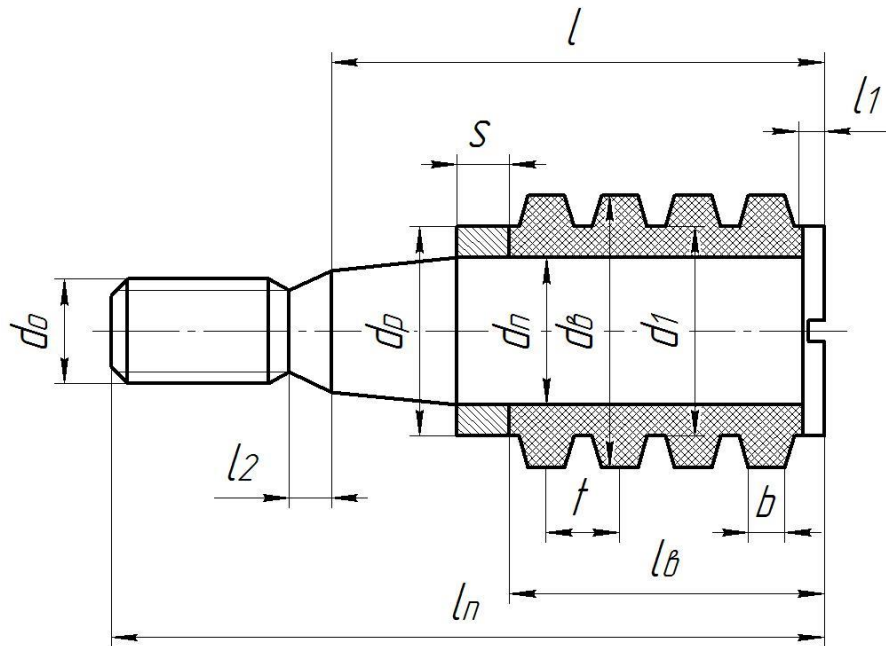


Рисунок 5 – Палець з втулками муфти МПВП

1.1.2 Вибір МУВП

На роботу муфти істотний вплив чинять величина, інтенсивність і характер динамічних навантажень (ударів, вібрацій), обумовлених характером машини, що приводиться в рух. Тому вибір і розрахунки муфти ведуть не по номінальному значенню обертового моменту T , а по розрахунковому T_p .

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

де T_p, T – розрахунковий і номінальний обертові моменти;

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

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

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

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_g на який одягається муфта ($d \geq d_g$).

Розміри муфт МПВП та їх конструктивних елементів представлено у табл. 1, 2.

Таблиця 1 – Розміри і параметри муфти МПВП

Момент [Т], Нм	Отвір, мм		Габаритні розміри, мм		D ₀ , мм	d ₀ , мм	b, мм	B, мм	d _{ст} , мм	Число пальців z	Зміщення осей валів, не більше	
	d	l	L	D							радіал ьне, мм	кутов е
31,5	16; 18; 19	28	60	90	62	20	12	20	32	4	0,2	1°30'
63	20; 22; 24	36	76	100	72	20	12	20	40	6		
125	25; 28	42	89	120	84	28	18	32	50	4	0,3	1°
	30	58	121						56			
250	32; 35; 36; 38	58	121	140	105	28	18	32	67	6	0,3	1°
	40; 42; 45	82	169						72			
500	40; 42; 45	82	169	170	130	28	18	32	80	8	0,4	1°
710	45; 48; 50; 55; 56	82	170	190	140	36	24	40	95	8		
1000	50; 55; 56	82	170	220	170	36	24	40	100	10	0,4	1°
	60; 63; 65; 70	105	216						120			

Таблиця 2 – Розміри пальців і втулок муфти МПВП

Момент [Т], Нм	Пальці, мм						Втулка пружна, мм					Втулка розпірна, мм	
	d _п	d _о	l _п	l	l ₁	l ₂	d _в	l _в	d ₁	t	b	d _р	s
31,5	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
63	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
125	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
250	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
500	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
710	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6
1000	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6

Приклад умовного позначення пружної втулково-пальцевої муфти, навантаженої обертальним моментом $T=250$ Н·м, з діаметром посадочного отвору $d=32$ мм, виконання 1, кліматичного виконання У і категорії розміщення 3:

Муфта пружна втулково-пальцева 250-32-1 У3.

1.1.3 Перевірочні розрахунки МПВП

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:

$$F_n = \frac{2000 \cdot T_p}{D_0 \cdot z},$$

де T_p – розрахунковий обертаючий момент;

D_0 – діаметр розташування пальців;

z – кількість пальців.

Умова міцності втулок муфти:

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

де d_n – діаметр пальця;

$l_в$ – довжина втулки;

$[\sigma]_{зм}$ – допустимі напруження зминання, для гуми

$$[\sigma]_{зм} = (1,8..2,0) \text{ МПа}.$$

Умова міцності пальців на згин:

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

де c – зазор між напівмуфтами;

$[\sigma]_{зг}$ – допустимі напруження згину для пальців, приймають

$$[\sigma]_{зг} = (60..70) \text{ МПа}.$$

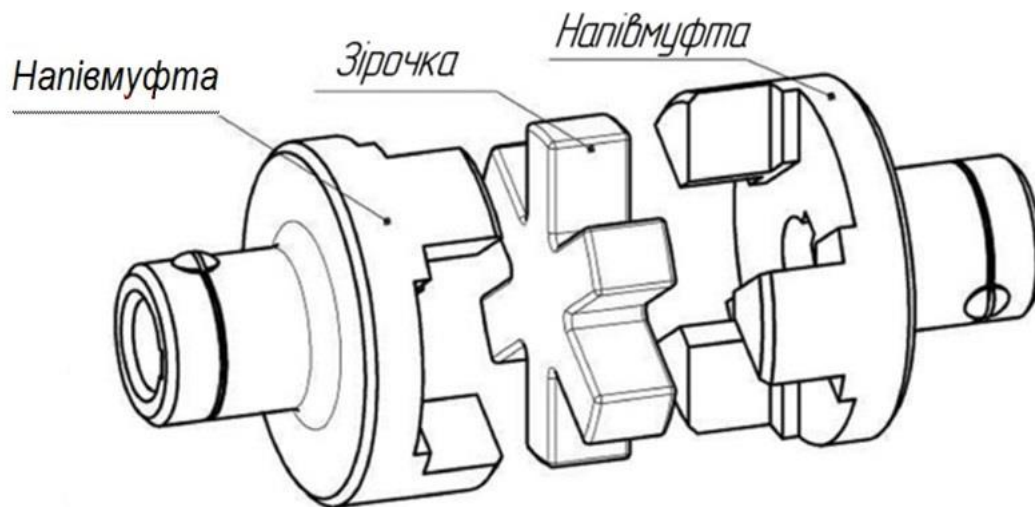
При роботі муфти в умовах радіального зміщення валів виникає додаткове радіальне навантаження. Усереднене значення цього навантаження становить

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

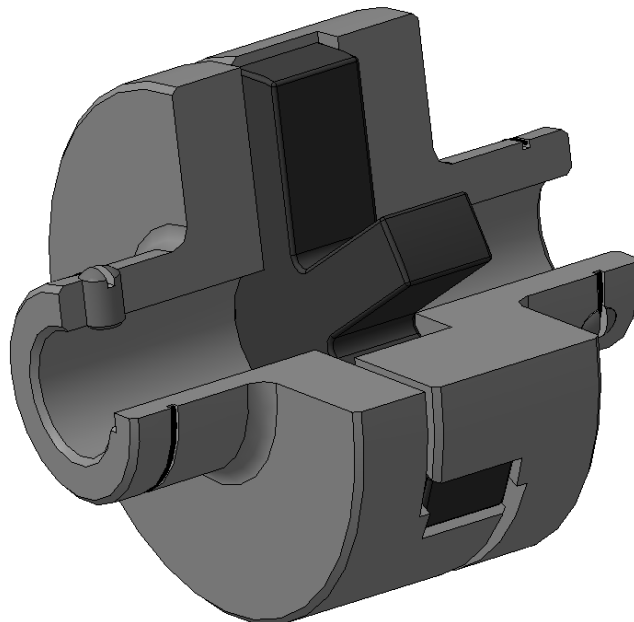
1.2 Муфта пружна із зіркою

1.2.1 Конструкція і характеристики муфти із зіркою

Здатність муфти (рис. б) до компенсації неспіввісностей валів невелика. При з'єднанні неспівісних валів муфта чинить на них значну силову дію, хоча і меншу, ніж муфта МПВП. Вона вимагає точного монтажу вузлів. Ці муфти мають велику радіальну, кутову і осьову жорсткість. Тому їх застосування так само, як і муфт МПВП, можливе при установці вузлів на плитах (рамах) великої жорсткості. Збирання вузлів необхідно виконувати з підвищеною точністю, застосовуючи підкладки і контролюючи положення вузлів.



а



б

а – конструкція муфти ; б – зовнішній вигляд

Рисунок б – Муфта пружна із зіркою

Муфти пружні із зірочкою порівняно прості по конструкції, мають малі габаритні розміри і матеріалоемність. Муфта складається з двох однакових напівмуфт, що мають на фланцях торцеві кулачки, і пружного елемента, виконаного у вигляді зірочки. Виступи зірочки розташовуються між кулачками напівмуфт і працюють через один на зминання при дії обертального моменту.

Матеріал напівмуфт: Сталь 35 (для муфт з $D = 25..40$ мм) або чавун СЧ 21-40 (для муфт з $D = 50..160$ мм). Матеріал зірочки: гума бензомаслостійка марки А м'яка.

1.2.2. Вибір муфти пружної із зірочкою

На роботу муфти істотний вплив чинять величина, інтенсивність і характер динамічних навантажень (ударів, вібрацій), обумовлених характером машини, що приводиться в рух. Тому вибір і розрахунки муфти ведуть не по номінальному значенню обертального моменту T , а по розрахунковому T_p .

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

де T_p, T – розрахунковий і номінальний обертальні моменти;

$K_{пер}$ – 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.

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_g на який одягається муфта ($d \geq d_g$).

Креслення муфти пружної із зірочкою представлено на рис. 7,8.

Основні розміри муфти та її конструктивних елементів надано у табл. 3, 4.

Приклад умовного позначення муфти пружної із зірочкою з номінальним обертаючим моментом $T=250$ Н·м, діаметром посадочного отвору $d=32$ мм, виконання 1, кліматичного виконання У і категорії розміщення 3:

Муфта пружна із зірочкою 250-32-1 УЗ .

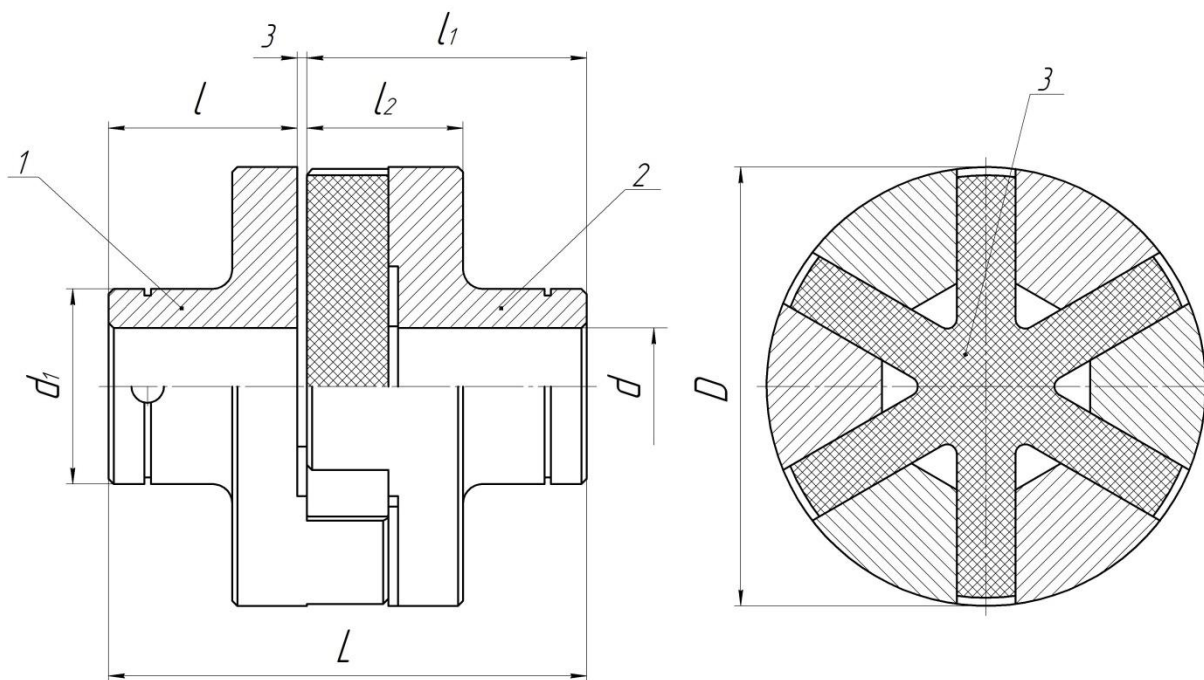


Рисунок 7 – Муфта пружна із зірочкою

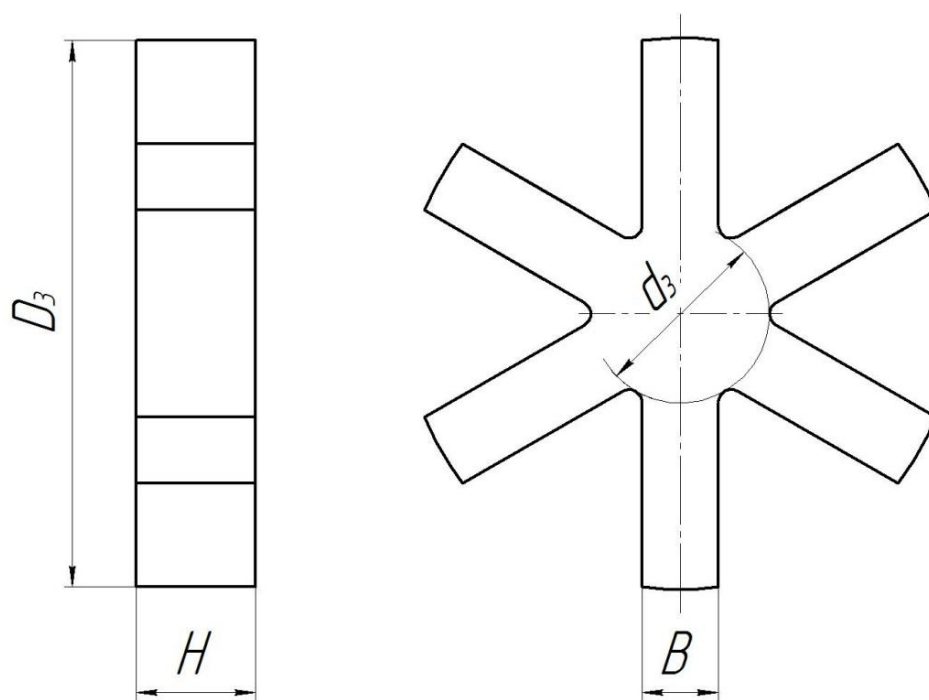


Рисунок 8 – Зірочка пружної муфти

Таблиця 3 – Розміри і параметри муфти пружної із зірочкою

Момент [Т], Нм	Отвір, мм		Габаритні розміри, мм		d ₁ , мм	l ₁ , мм	l ₂ , мм	Зміщення осей валів, не більше		
	d	l	L	D				радіаль- не, мм	кутове	
31,5	16; 18; 19	28	77	71	30	46	28	0,2	1°30'	
	20; 22	36	93		34	54				
63	20; 22; 24	36	100	85	36	61	40			
	25; 28	42	112		42	67				
125	25; 28	42	112	105	45	67	40			0,3
	30; 32	58	144		45; 48	83				
	35; 36				52; 55					
250	32	58		147	135	55	86	48	0,4	1°
	35; 36; 38		66							
	40; 42; 45	82	195	60; 65; 70		110				
400	38	58	152	166	63	91	56			
	40; 42	82	200		70	115				
	45; 48				75					

Таблиця 4 – Розміри зірочки пружної муфти

Момент [Т], Нм	D ₃ , мм	d ₃ , мм	B, мм	H, мм
31,5	67	30	12,5	15
63	80	36	14,5	22
125	100	45	16,5	22
250	130	56	18,6	25
400	160	67	20,5	30

1.2.3. Перевірочний розрахунок муфти із зірочкою

Працездатність муфти оцінюється міцністю гумової зірочки на зминання

$$\sigma_{зм} = \frac{8000 \cdot T_p}{(D_3^2 - d_3^2) \cdot H \cdot z} \leq [\sigma]_{зм},$$

де z – число кулачків однієї напівмуфти;
 $[\sigma]_{зм}$ – допустимі напруження зминання, для гуми
 $[\sigma]_{зм} = (1,8..2,0) \text{ МПа}$.

D_3, d_3, H – геометричні розміри зірочки (див. табл. 4).

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

$$F_m = (0,1..0,3)F'_m,$$

де F'_m – зусилля на середньому діаметрі пружної зірочки

$$F'_m = \frac{2000 \cdot T_p}{0,5(D_3 + d_3)}.$$

1.3 Муфта пружна з тороподібною оболонкою

1.3.1 Конструкція і характеристики муфти з тороподібною оболонкою

Пружним елементом муфти є гума або гумо-кордова оболонка. Гумо-кордовий елемент складніше у виготовленні, ніж гумовий, проте його термін служби у декілька разів більший за гумовий.

Муфти з оболонкою опуклого профілю застосовують в двох виконаннях: з розрізною і нерозрізною оболонкою.

Муфта (рис. 9, 10) складається з упругого елемента 1 і напівмуфт 2, до яких гвинтами 3 через центруючі кільця 4 притягують притискні півкільця 5. При збиранні муфти півкільця 5 сполучають з кільцем 4 гвинтами 6, розташованими між гвинтами 3. Напівмуфти розміщують як на циліндричних, так і на конічних кінцях валів.

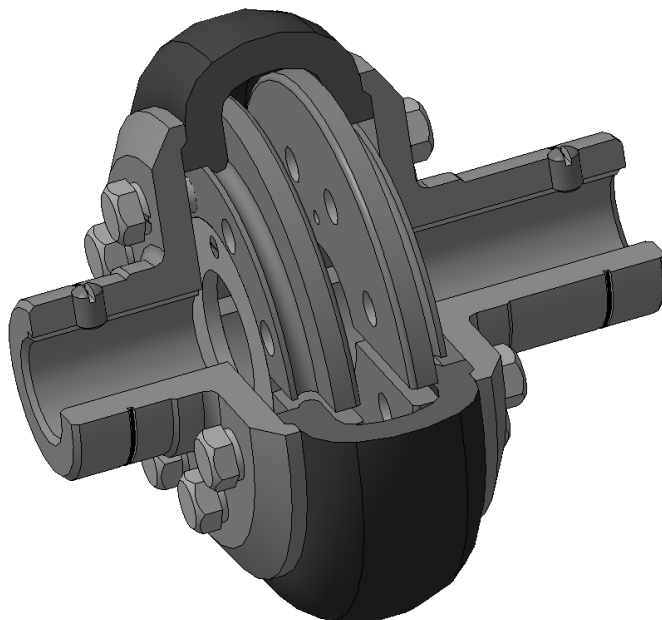


Рисунок 9 – Муфта з нерозрізною тороподібною оболонкою

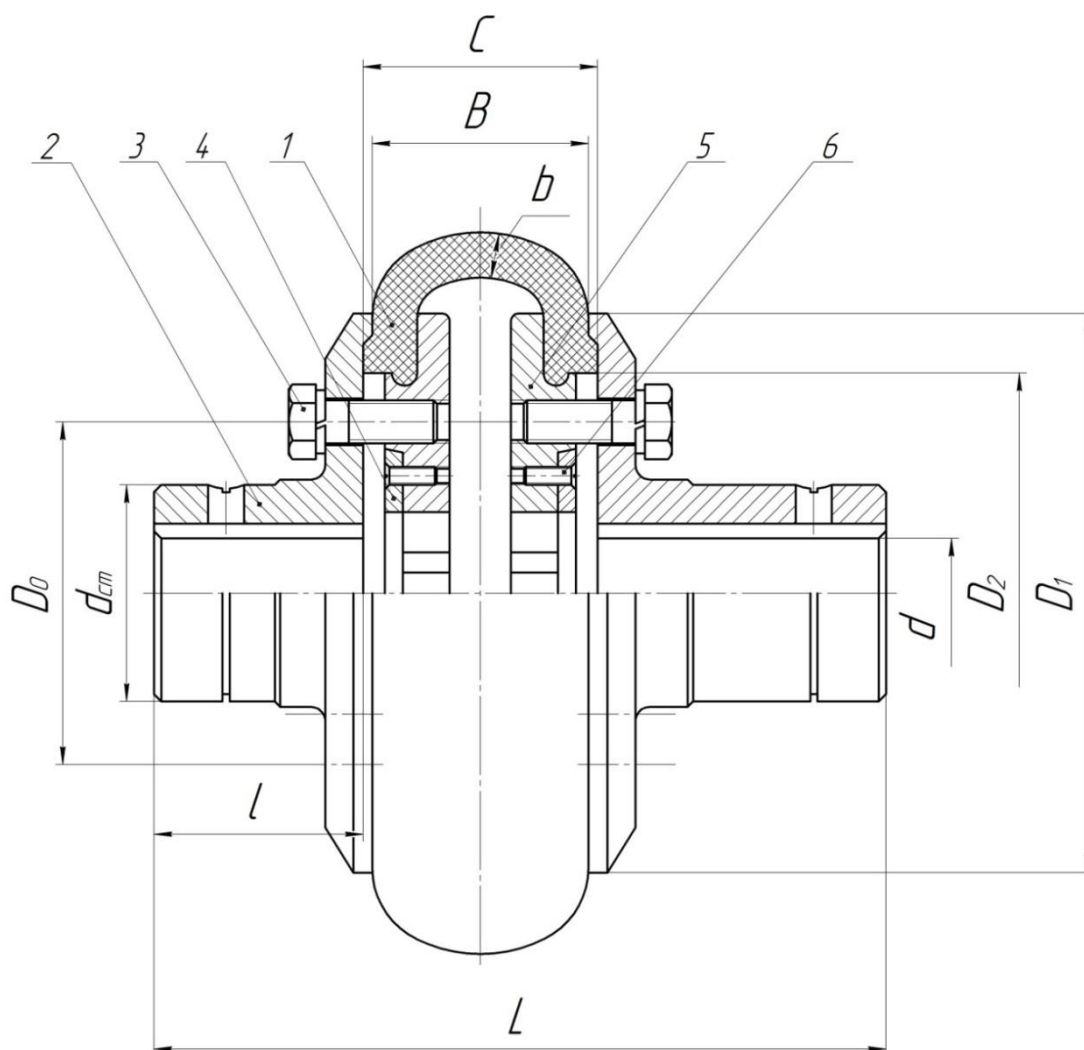


Рисунок 10 – Креслення муфти з нерозрізною тороподібною оболонкою

Обертальний момент з напівмуфт на оболонку передається силами тертя, створеними при затягуванні гвинтів 3.

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

1.3.2. Вибір муфти пружної з тороподібною оболонкою

На роботу муфти істотний вплив чинять величина, інтенсивність і характер динамічних навантажень (ударів, вібрацій), обумовлених характером машини, що приводиться в рух. Тому вибір і розрахунки муфти ведуть не по номінальному значенню обертального моменту T , а по розрахунковому T_p .

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

де T_p, T – розрахунковий і номінальний обертальні моменти;

$K_{пер}$ – 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.

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_g на який одягається муфта ($d \geq d_g$).

Орієнтовні співвідношення деяких розмірів муфти :

$$B = 0,25D ;$$

$$b = 0,05D ;$$

$$C = 1,06B ;$$

$$D_0 = (0,5...0,52)D ;$$

$$D_1 = 0,75D ;$$

$$D_2 = 0,6D ;$$

$$d_{cm} = 1,6d .$$

Основні розміри муфти та її конструктивних елементів наведено у табл. 5.

Таблиця 5 – Розміри і параметри муфти з тороподібною оболонкою

Момент [Т], Н·м	Отвір, мм		Габаритні розміри, мм		Зміщення осей валів, не більше		
	d	l	L	D	радіальне , мм	кутове	осьове, мм
40	18; 19	30	115	125	1	1°	1
	20; 22; 24	38	130				
	25	44	140				
80	22; 24	38	140	160	1,6	1°	2
	25; 28	44	150				
	30	60	185				
125	25; 28	44	155	180	2	1°30'	2,5
	30; 32; 35; 36	60	190				
200	30; 32; 35; 36; 38	60	200	200	2,5	1°30'	3
	40	84	250				
250	32; 35; 36; 38	60	205	220	3	1°30'	3,6
	40; 42; 45	84	255				
315	35; 36; 38	60	215	250	3	1°30'	3,6
	40; 42; 45; 48	84	270				
500	40; 42; 45; 48; 50; 53; 55; 56	84	270	280	3	1°30'	3,6
800	48; 50; 53; 55; 56	84	280	320			
	60; 63	108	330				

Приклад умовного позначення муфти з тороподібною оболонкою з номінальним обертальним моментом $T=250$ Н·м, типу 1, діаметром посадочного отвору $d=32$ мм, виконання 1, кліматичного виконання У і категорії розміщення 3:

Муфта 250-1-32-1 У3 .

1.3.3. Перевірочний розрахунок муфти з тороподібною оболонкою

При передачі крутного моменту в оболонці діють дотичні напруження зрізу τ . Найбільш поширеним для муфти з тороподібною оболонкою є відмова, пов'язана з руйнуванням оболонки в кільцевому перерізі у затиску з діаметром D_1 (див. рис. 10).

Умова міцності оболонки на зріз

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2000 \cdot T_p}{\pi \cdot D_1^2 \cdot b} \leq [\tau],$$

де T_p – розрахунковий обертаючий момент;

b – товщина пружної оболонки;

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

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

$$F_m = (0,1 \dots 0,3) \cdot F'_m,$$

де F'_m – окружне зусилля на оболонці муфти

$$F'_m = \frac{2000 T_p}{D}.$$

2 ЖОРСТКІ КОМПЕСУЮЧІ МУФТИ

2.1 Зубчаста муфта

2.1.1 Конструкція і характеристики зубчастої муфти

Зубчасті муфти (рис. 11) – найбільш поширений вид жорстких компенсуючих муфт. Їх широко застосовують для з'єднання валів, особливо у важкому машинобудуванні, де передають великі моменти і ускладнена точна установка вузлів.

Зубчаста муфта складається з двох обойм 1 з внутрішніми зубцями, що знаходяться в зачепленні відповідно з двома зубчастими втулками 2 із зовнішніми зубцями (рис. 11). Зубчасті сполучення муфт працюють в масляній ванні. У муфтах передбачені отвори для заливання і зливу з них мастила, а також ущільнення для герметизації. Деталі муфти виготовляють зі сталей 45, 45Х.

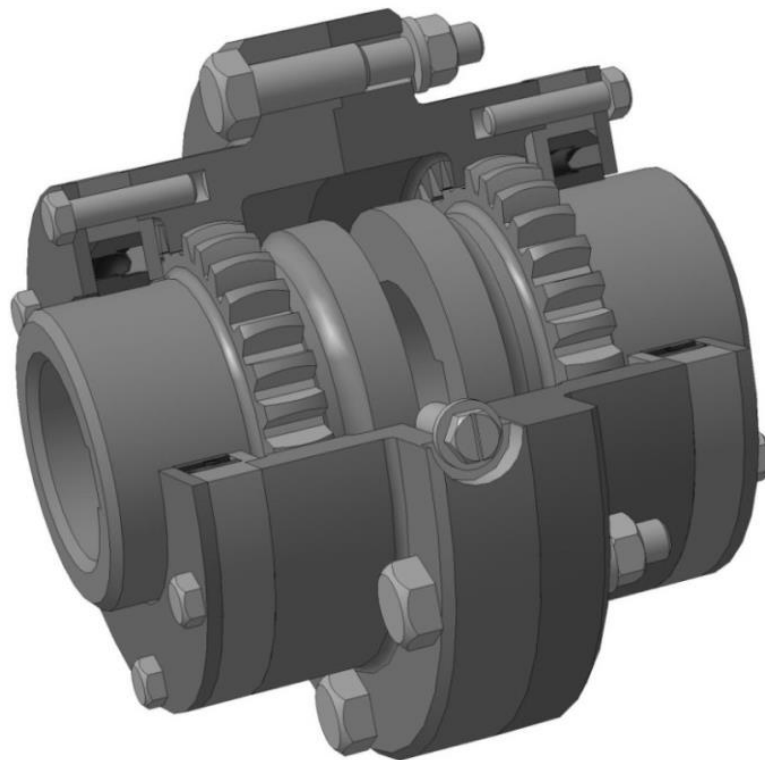


Рисунок 11 – Зубчаста муфта в розрізі

Поверхні зовнішніх зубів обточені на колі виступів по сфері радіусом R , по цій поверхні центруються обойми. За технічними умовами зуби виготовляються з евольвентним профілем з кутом зачеплення $\alpha = 20^\circ$.

Компенсуючу здатність муфти забезпечують створенням зазорів між зубцями обойми і втулок, а також наданням бочкоподібної форми зубцям зубчастих венців втулок (рис. 12).

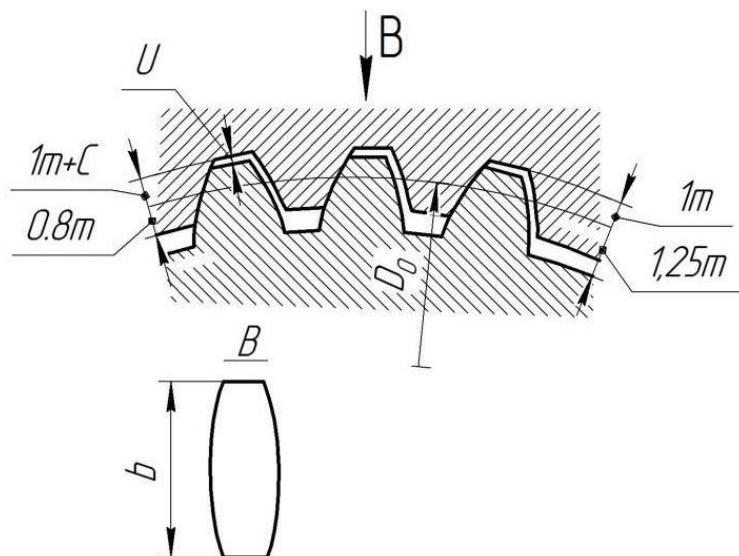


Рисунок 12 – Бочкоподібний зубець

Радіальне зміщення і кутовий перекис осей валів викликають поворот обойми муфти відносно втулок.

Перевагами зубчастих муфт є: висока здатність навантаження при порівняно невеликих габаритах, хороша компенсуюча здатність зміщень осей валів, технологічність виготовлення – використання для нарізки зубців нормального зубонарезного інструменту.

До недоліків можна віднести: порівняно низьку стійкість із-за швидкого зносу і руйнування зубців; відсутність пружно-демпфуючих властивостей.

2.1.2 Вибір зубчастої муфти

Вибір і розрахунки муфти ведуть по розрахунковому значенню обертального моменту T_p .

$$T_p = T \cdot K_{пер} \leq [T],$$

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;

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_e на який одягається муфта ($d \geq d_e$). Креслення муфти представлено на рис. 13.

Основні розміри муфти наведено у табл. 6.

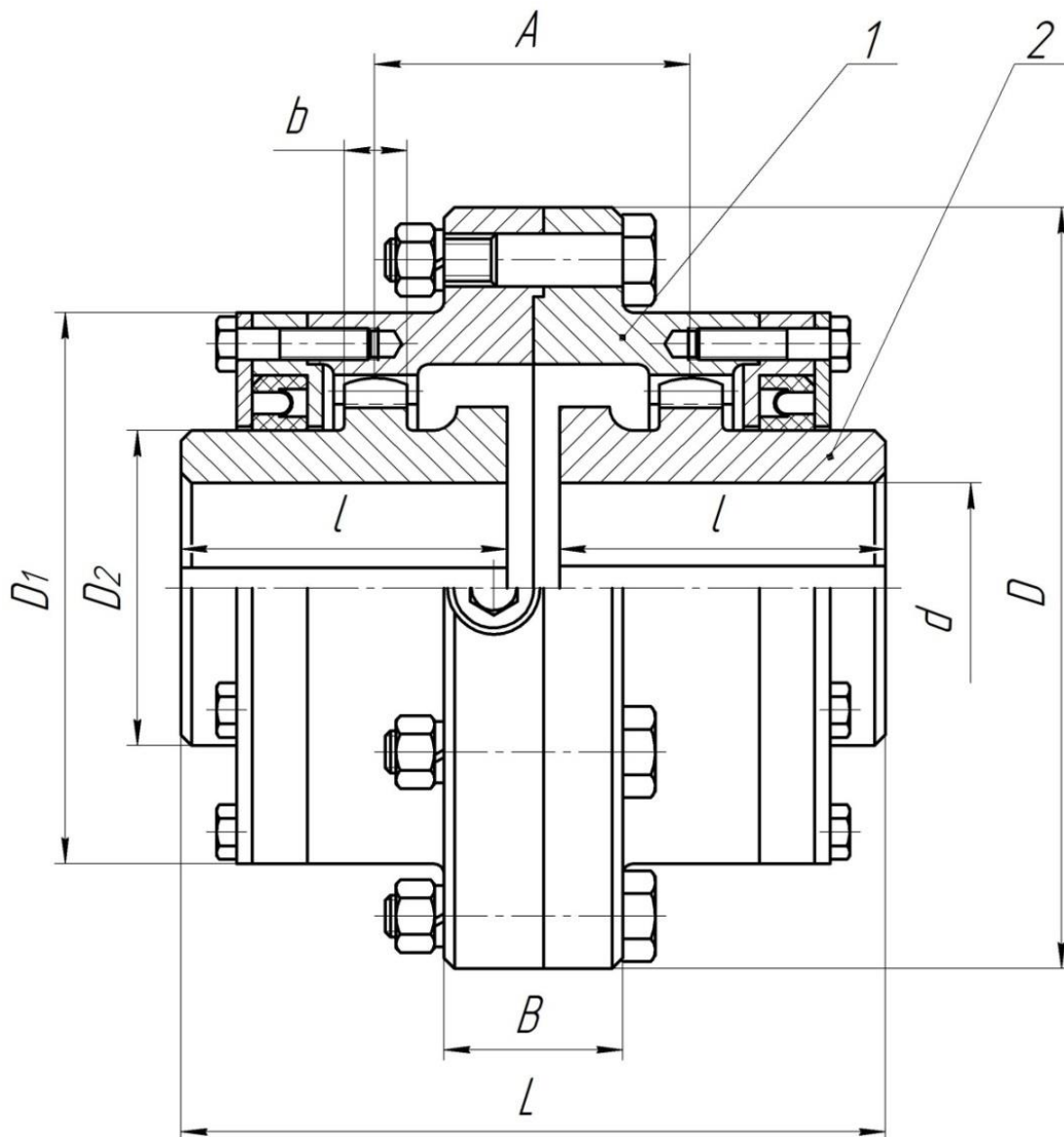


Рисунок 13 – Креслення зубчастої муфти

Приклад умовного позначення зубчастої муфти з обертальним моментом $T=1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$, типу 1, діаметром посадочного отвору у втулках $d=40 \text{ мм}$, з втулками виконання 1, кліматичного виконання У і категорії 2:

Муфта 1000-40-1 У2

Таблиця 6 – Розміри і параметри зубчастої муфти МЗ

Допустимий обертальний момент [Т], Н м	d, мм	D, мм	D ₁ , мм	D ₂ , мм	l, мм	L, мм	B, мм	Параметри зубчастого зачеплення, мм				n _{max} , хв ⁻¹
								m	z	b	A	
1000	40	145	100	60	82	174	34	2,5	30	12	60	90
1600	55	170	125	80					38	15	75	80
2500	60	185	135	85	105	220	40	3	36	20		85
4000	65	200	150	95					48		125	62
6300	80	230	175	115	130	270	50	4	56	25	145	47
10000	100	270	200	145	165	340			48	30	180	40
16000	120	300	230	175		200	345	56	35	210	35	
25000	140	330	260	200	415		6	46		35	210	29
40000	160	410	330	230								

2.1.3 Перевірочний розрахунок зубчастої муфти

Зношування є основним критерієм працездатності зубчастих муфт.

Знос зубців муфти протягом ресурсу слід вважати допустимим, якщо на робочих поверхнях напруження змінання

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A} = \frac{2000 \cdot T_p \cdot k_H}{b \cdot h \cdot D_0 \cdot z} \leq [\sigma]_{зм},$$

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, $h = 1,8 \cdot m$;

D_0 – діаметр ділильного кола напівмуфти, $D_0 = m \cdot z$;

m – модуль зачеплення;

z – число зубців напівмуфти;

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

Сила, що діє на вали при наявності зубчастої муфти

$$F_m = \frac{(400 \dots 800) \cdot T_p}{D_0}.$$

2.2 Ланцюгова муфта

2.2.1 Конструкція і характеристики ланцюгової муфти

Ланцюгова муфта (рис. 14) 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 витoku 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 гвинта або штифтом, який одночасно утримує кожух від зсуву в осьовому напрямку.

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

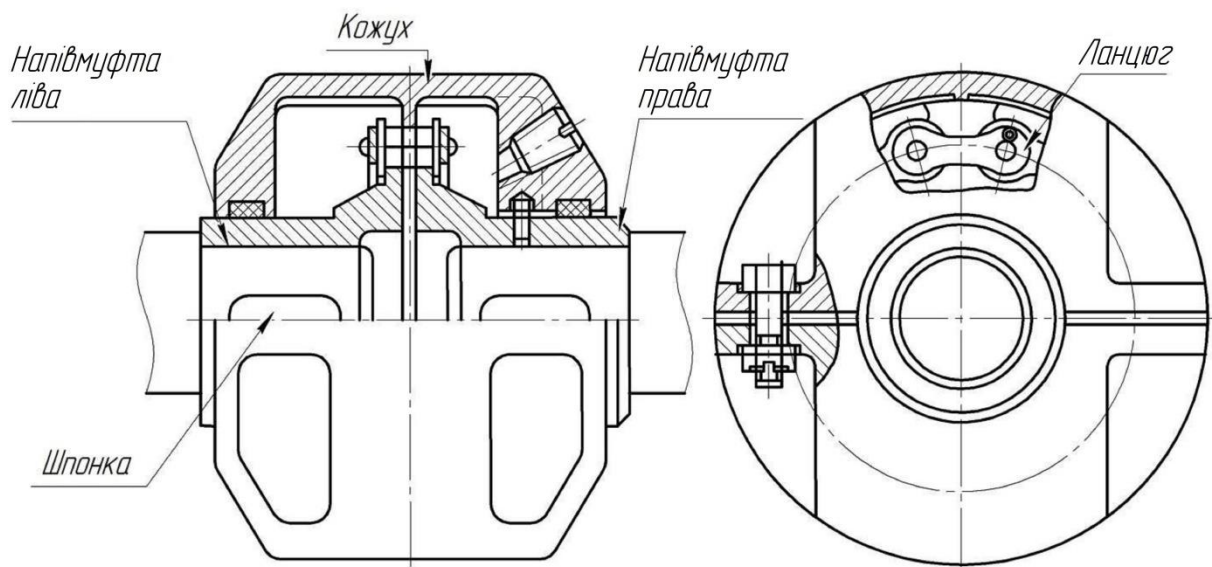


Рисунок 14 – Ланцюгова муфта

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.

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 кутові – до 1°.

2.2.2 Вибір ланцюгової муфти

Вибір і розрахунки муфти ведуть по розрахунковому значенню обертового моменту T_p .

$$T_p = T \cdot K_{пер} \leq [T],$$

де T_p, T – обертовий момент відповідно розрахунковий і номінальний;

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

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

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_g на який одягається муфта ($d \geq d_g$). Креслення муфти представлено на рис. 15, а основні розміри у табл. 7

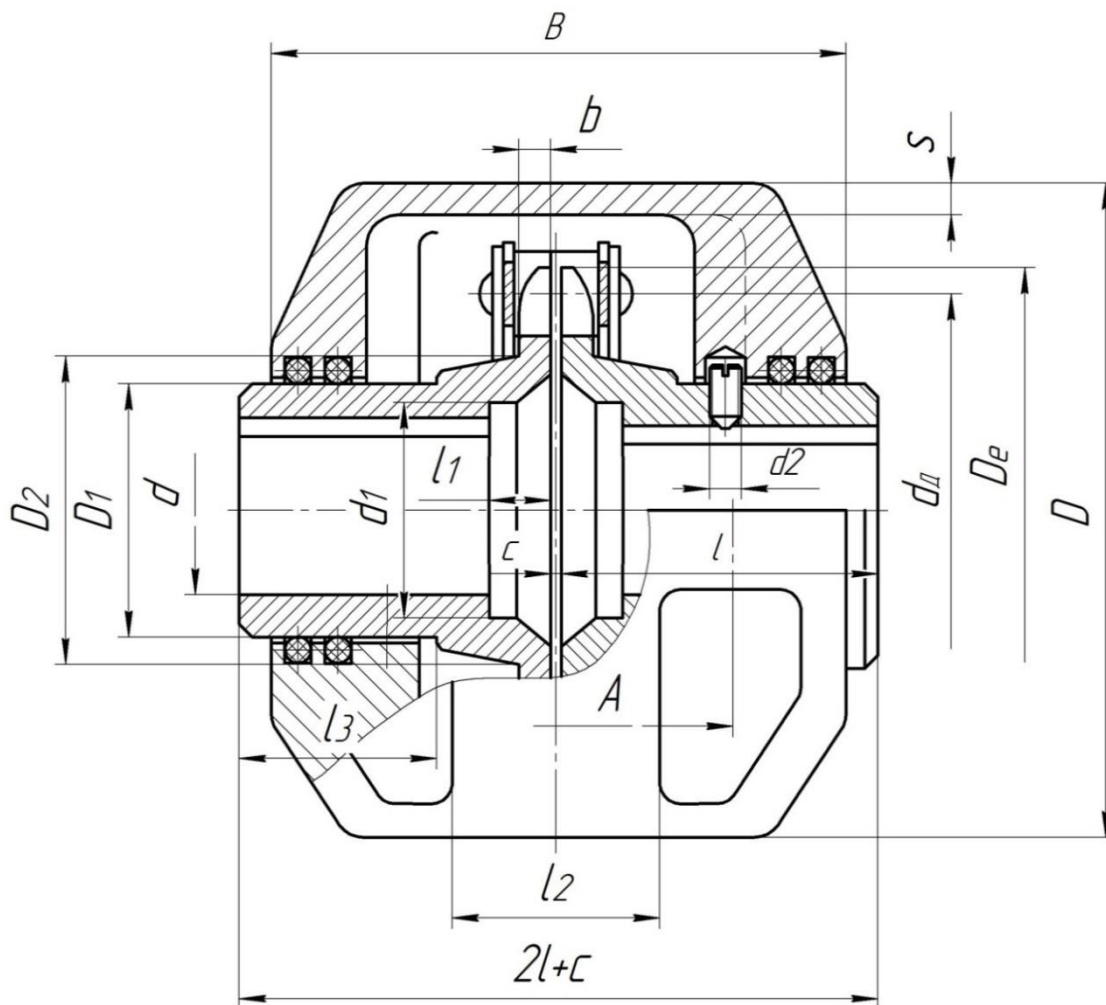


Рисунок 15 – Креслення ланцюгової муфти

Таблиця 7 – Розміри і параметри ланцюгової муфти

Момент [Т], Н м	d , мм	D , мм	l , мм	l_1 , мм	c , мм	D_1 , мм	D_2 , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	l_2 , мм	l_3 , мм	B , мм	A , мм	s , мм	Ланцюг	Число зубів z	d_d , мм	D_e , мм	b , мм
63	18; 20; 22	110	45	11	1	35	50	32	M6	42	30	90	58	3	ПР – 19,05	12	73,61	81,76	5
	25; 28		55	12	1,4	45	50	38		57	39	105	78						
125	25; 28	125	55	12	1,4	45	55	38		61	44	115	81	3	ПР – 19,05	10	82,2	92,91	6
	30; 32; 35; 36		60	12	1,4	55	65	45											
250	32; 35; 36; 38	140	60	12	1,4	55	70	45		83	55	145	105	3	ПР – 19,05	12	98,14	109,02	6
	40; 42; 45		75	14	1,8	70	75	55											
500	40; 42; 45; 48; 50; 55	180	75	14	1,8	75	85	60	M8	83	55	145	105	4	ПР – 19,05	10	123,3	139,37	9
1000	50; 55; 56	210	85	15	1,8	90	110	72		65	65	150	106	4	ПР – 19,05	12	147,21	163,53	9
	60; 63; 65; 70		105	16	2	100	115	85		112	80	200	144						
2000	71; 75; 80; 85; 90	280	120	16	2	120	140	100	M10	112	95	200	144	6	ПР – 19,05	12	196,29	218,03	12

Приклад умовного позначення ланцюгової муфти з обертальним моментом $T=1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$, типу 1, діаметром посадочного отвору напівмуфт $d=56 \text{ мм}$, з напівмуфтами виконання 1, кліматичного виконання У і категорії 3:

Муфта 1000-1-56-1 У3.

2.2.3 Перевірочний розрахунок ланцюгової муфти

Розрахунок ланцюга, зважаючи на складний закон розподілу зусиль між зубцями зірочок, складний і ненадійний. Ланцюг вибирається на основі даних з досвіду.

Силу, з якою муфта діє на вал, приймають рівною

$$F_m = \frac{600 \cdot T_p}{d_d},$$

d_d – ділительний діаметр зірочки (див. табл. 7).

2.3 Шарнірна муфта

2.3.1 Конструкція і характеристики шарнірної муфти

У шарнірних муфтах використаний принцип роботи просторового шарніра Гуку. Вони служать для передачі обертаючого моменту між валами, що мають велике кутове зміщення осей (до $40..50^\circ$), яке може змінюватися в процесі обертання муфти. Ці муфти застосовують в широкому діапазоні навантажень – від $12,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ до $30000 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Шарнірні муфти застосовують:

- для компенсації неточності розташування валів, що виникає при збиранні, при деформації рами і ресор (транспортні і інші машини);
- для передачі обертання переставним валам (шпинделі багатошпіндельних свердлувальних верстатів, валки прокатних станів і т.п.);
- для передачі обертання валам, що змінюють положення під час роботи (консолі фрезерних верстатів і т.п.).

Часто використовують конструкцію, в якій дві шарнірні муфти сполучають проміжним валом. Такий пристрій називають карданним валом.

Шарнірні муфти виготовляють двох типів:

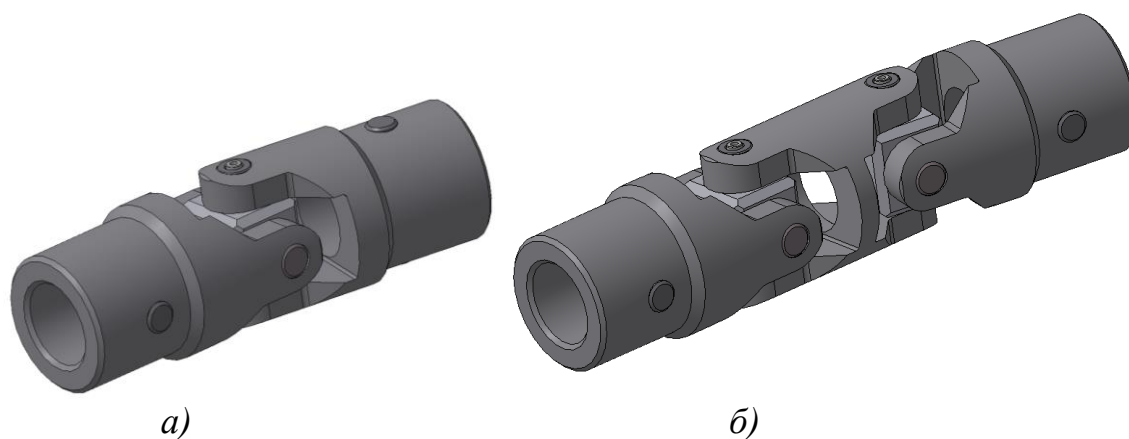
1 – одинарна (рис. 16, а);

2 – здвоєна з проміжною спареною вилкою (рис. 16, б).

Напівмуфти для кожного типу муфт можуть виготовлятися у виді двох виконань:

- 1 – на довгі кінці валів;
- 2 – на короткі кінці валів.

Матеріал напівмуфт – Сталь 20Х. Допускається виготовлення напівмуфт з інших матеріалів з механічними властивостями не нижче ніж у сталі 20Х після термообробки. Хрестовина виконується зі сталей: 40Х, ШХ12 або ШХ15. Штифти і втулки виготовляються із Сталі 40Х з твердістю – 35..40 HRCэ.



а) одинарна муфта; б) здвоєна з проміжною спареною вилкою
Рисунок 16 – Шарнірна муфта

У одинарної муфти (рис. 17) маточини муфт, які насаджуються на кінці валів, що сполучаються, закінчуються вилками 1. Вилки з'єднуються між собою за допомогою хрестовини 6, пальця 3, втулок 5 і стрижня 4. Напівмуфти з'єднуються з валом штифтами 2.

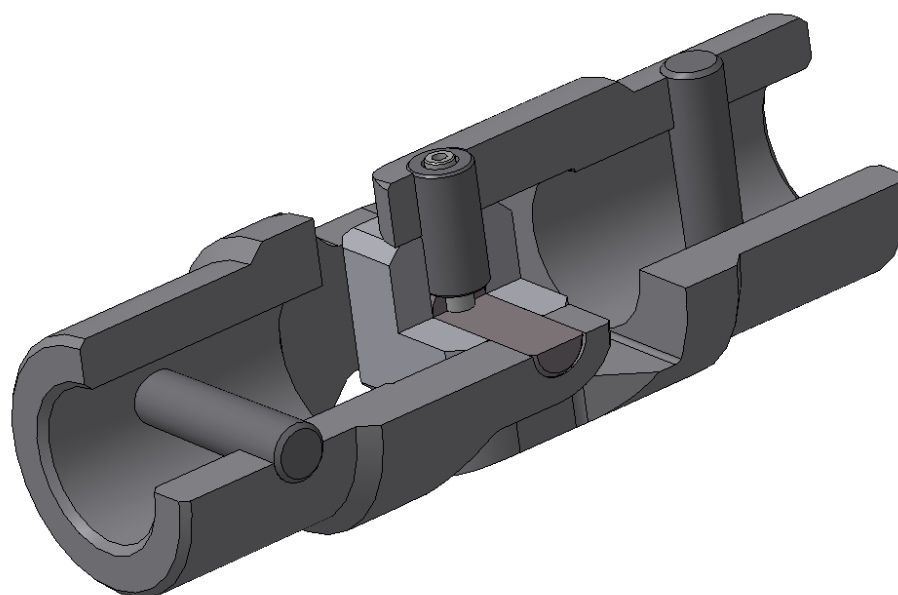


Рисунок 17 – Шарнірна одинарна муфта в розрізі

2.3.2 Вибір шарнірної муфти

Вибір і розрахунки муфти ведуть по розрахунковому значенню обертального моменту T_p .

$$T_p = T \cdot K_{пер} \leq [T],$$

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;

Також необхідно, щоб діаметр отвору в маточині напівмуфти d був не менше діаметру валу d_e , на який одягається муфта ($d \geq d_e$).

Креслення муфти та її елементів представлено на рис. 18, 19, 20.

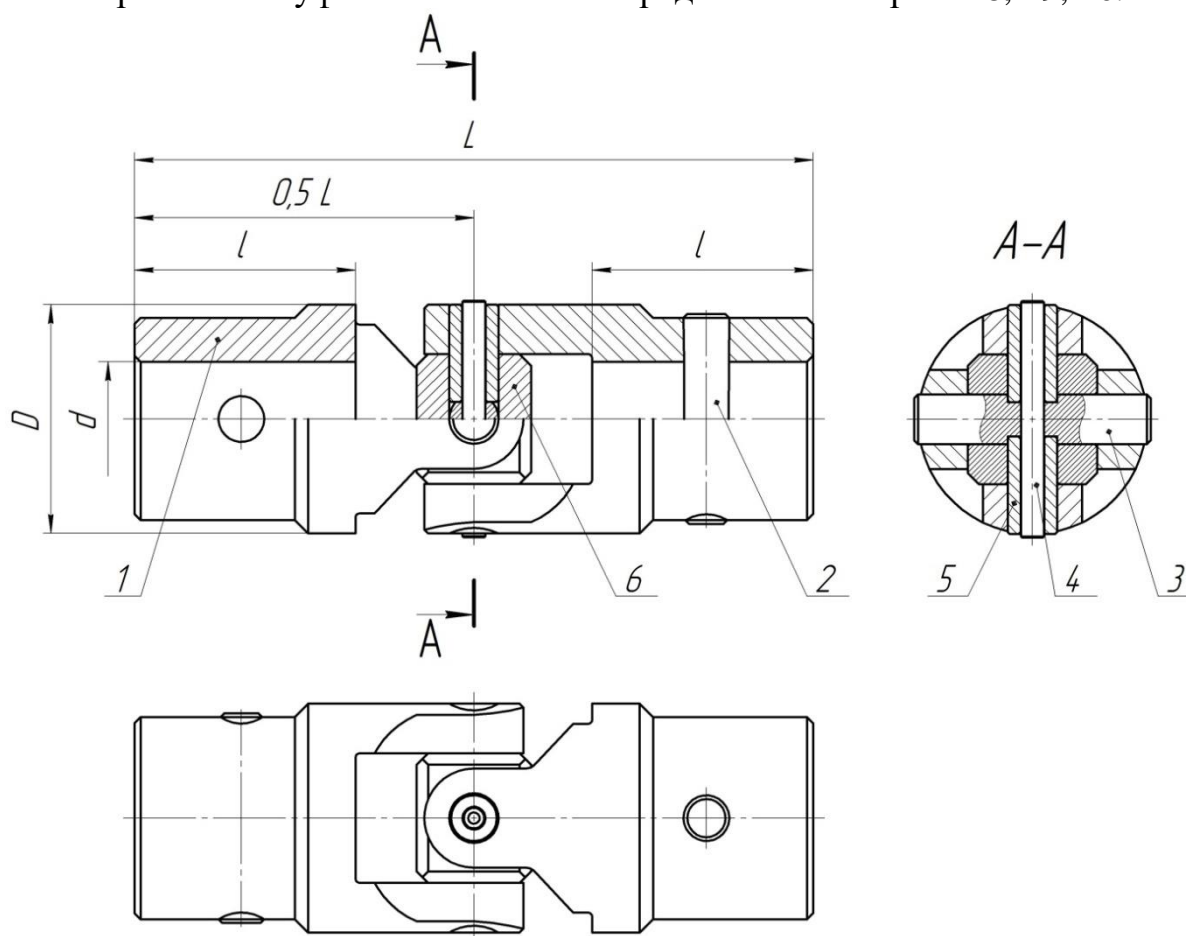


Рисунок 18 – Шарнірна одинарна муфта (тип 1)

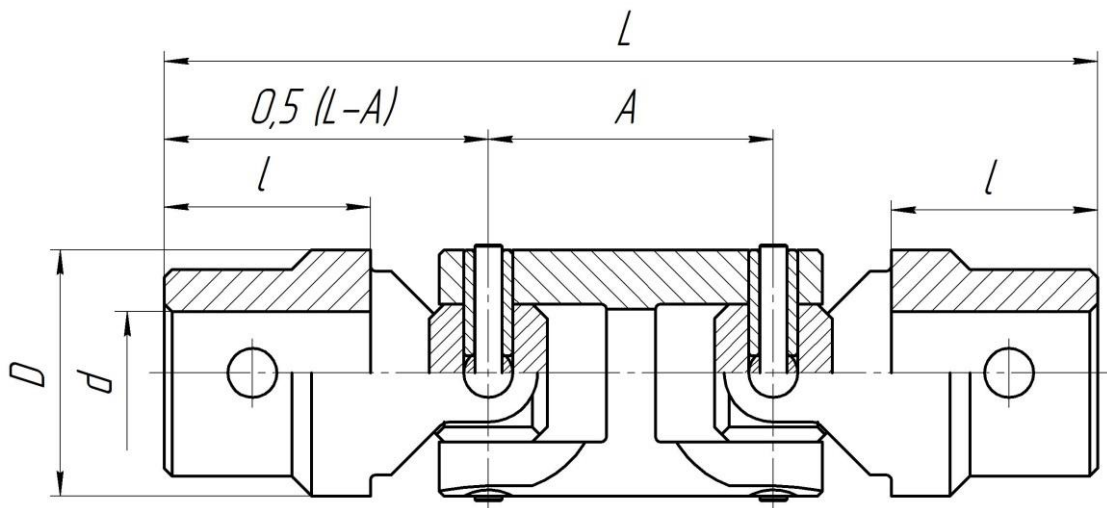


Рисунок 19 – Шарнірна здвоєна муфта (тип 2)

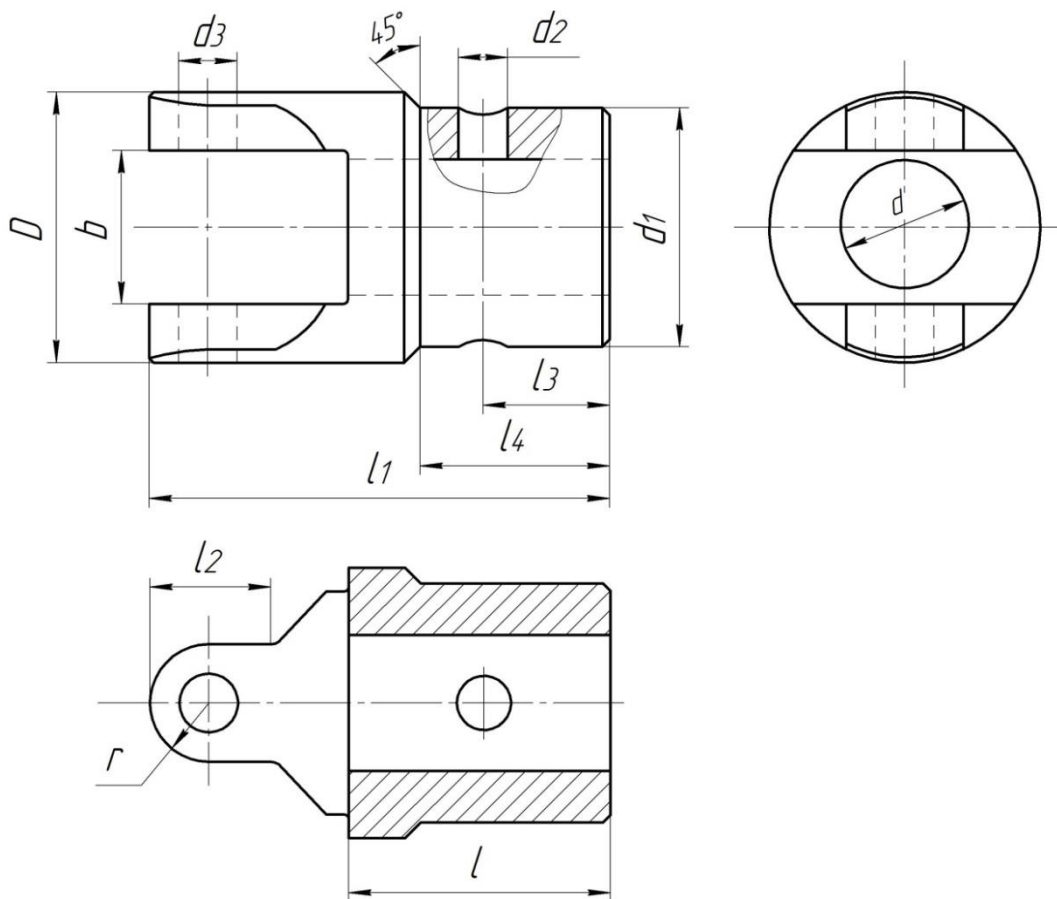


Рисунок 20 – Напівмуфта

Основні розміри муфти та її елементів представлено у табл. 8, 9.

Таблиця 8 – Розміри і параметри шарнірної муфти

Момент [Т], Н м	d, мм	D, мм	L, мм для типів		l, мм	A, мм
			1	2		
11,2	8;9;10	16	56	76	20	20
22,4	10;11	20	60	86		25
	12		70	96		
45	12;14	25	76	108	28	32
71	16;18	32	88	126		36
140	19	40	112	160	42	
	20;22					
280	24	50	120	178	58	58
	25;28		132	190		
560	30;32;35	60	178	248	82	70
1120	38	75	192	284		92
	40;42		240	332		

Таблиця 9 – Розміри напівмуфти

Момент [Т], Н м	d, мм	D, мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d ₃ , мм	b, мм	l, мм	l ₁ , мм	l ₂ , мм	l ₃ , мм	l ₄ , мм	r, мм
11,2	8;9;10	16	15	3	4	10	20	32	8	15	12	4
22,4	10;11	20	18	4	5	12		35	10		20	16
	12						40	12	17			
45	12;14	25	21	5	6	14	25	44	12	13	6	
71	16;18	32	28	6	7	18	28	51		14	18	12
140	19	40	34	8	8	22		56	16	19	16	10
	20;22						64	24			18	
280	24	50	42	10	10	28	36	70	19	20	12	10
	25;28						42			76	26	
560	30;32; 35	60	53	12	13	31	58	102	28	42	28	13
1120	38	75	63	16	16	42	82	112	35	38	23	16
	40;42						136	62		46		

Приклад умовного позначення шарнірної муфти з обертальним моментом $140 \text{ Н}\cdot\text{м}$, типу 1, з діаметром посадочного отвору напівмуфт $d=20 \text{ мм}$ для виконання напівмуфт – 1, кліматичного виконання – У, категорії 3:

Муфта шарнірна 140-1-20-1-У3 ГОСТ 5147-80.

2.3.3 Перевірочний розрахунок шарнірної муфти

Шарнірні муфти розраховують по тиску в шарнірах на міцність вилок і хрестовин по силі, що сприймається шарніром.

$$p = \frac{F_{ш}}{d_3 \cdot l_{ц}} \leq [p],$$

де $[p]$ – допустимий тиск в шарнірах (при загартованих поверхнях $[p]=40 \text{ МПа}$);

d_3 – діаметр цапфи;

$l_{ц}$ – довжина цапфи.

$$l_{ц} = \frac{D-b}{2}.$$

$$F_{ш} = \frac{500 \cdot T_p}{R \cos \gamma},$$

де R – половина відстані між серединами цапф, що мають загальну вісь повороту;

γ – кут перекосу осей валів

$$R = \frac{D+b}{2}.$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дунаев, П. Ф. Детали машин. Курсовое проектирование : Учебное пособие для машиностроительных специальностей / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2002. – 536 с.

2. Заблонський, К. І. Деталі машин / К. І. Заблонський. – Одеса : АстроПринт, 1999. – 404 с.

3. Иванов, М. Н. Детали машин / М. Н. Иванов , В. А. Финогенов — М. : Высш. шк., 2002. – 408 с.

4. Карнаух, С. Г. Деталі машин : курс лекцій для студентів технічних спеціальностей / С. Г. Карнаух, М. Г. Таровик. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – 252 с.

5. Кудрявцев, В. Н. Детали машин / В. Н. Кудрявцев. – М. : Высшая школа, 1980. – 446 с.

6. Кудрявцев, В. Н. Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / В. Н. Кудрявцев [и др.]; Под общ. ред. В. Н. Кудрявцева – М. : Машиностроение, 1984. – 400 с.

7. Павлице, В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник / В. Т. Павлице. – К. : Вища школа, 1993. – 556 с.

8. Поляков, В. С. Справочник по муфтам / В. С. Поляков, И. Д. Барабаш, О. А. Ряхновский. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, 1979. – 344 с.

9. Решетов, Д. Н. Детали машин / Д. Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.

10. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин : учеб.пособие / А. Е. Шейнблит. – Калининград : Янтар. сказ, 2002. – 454 с.

Навчальне видання

**ДЕТАЛІ МАШИН, ТЕОРІЯ МЕХАНІЗМІВ
І ОСНОВИ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ**

Сполучні муфти:

довідковий посібник

для студентів спеціальностей: 131,133

Укладачі:

**КАРНАУХ Сергій Григорович
ТАРОВИК Микола Георгійович**

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання

О. С. Орда

107/2012. Формат 60 x 84/8. Ум. друк. арк. 7,44.
Обл.-вид. арк. 8,99. Тираж 100 пр. Зам. № 121.

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №1633 від 24.12.2003