

Министерство образования и науки Украины

Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

ДЕТАЛИ МАШИН

Соединительные муфты:

справочное пособие

для студентов технических специальностей

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № от

Краматорск

ДГМА

2013

Детали машин : Соединительные муфты: справочное пособие / сост. :
Н. Г. Таровик, Т. А. Кулик, Е. С. Котушенко. – Краматорск : ДГМА,
2013. – 35 с.

Приведены рекомендации по выбору упругих, жестких компенсирующих и шарнирных муфт. Дана методика проверочных расчетов муфт. Содержатся необходимые справочные данные по упругим втулочно-пальцевым муфтам, муфтам с торообразной упругой оболочкой, муфтам с резиновой звездочкой, а также зубчатым, цепным и малогабаритным шарнирным муфтам.

Составители: Н. Г. Таровик, ассист.,
Т. А. Кулик, ст. преп.,
Е. С. Котушенко, ассист.

Отв. за выпуск С. Г. Карнаух, доц.

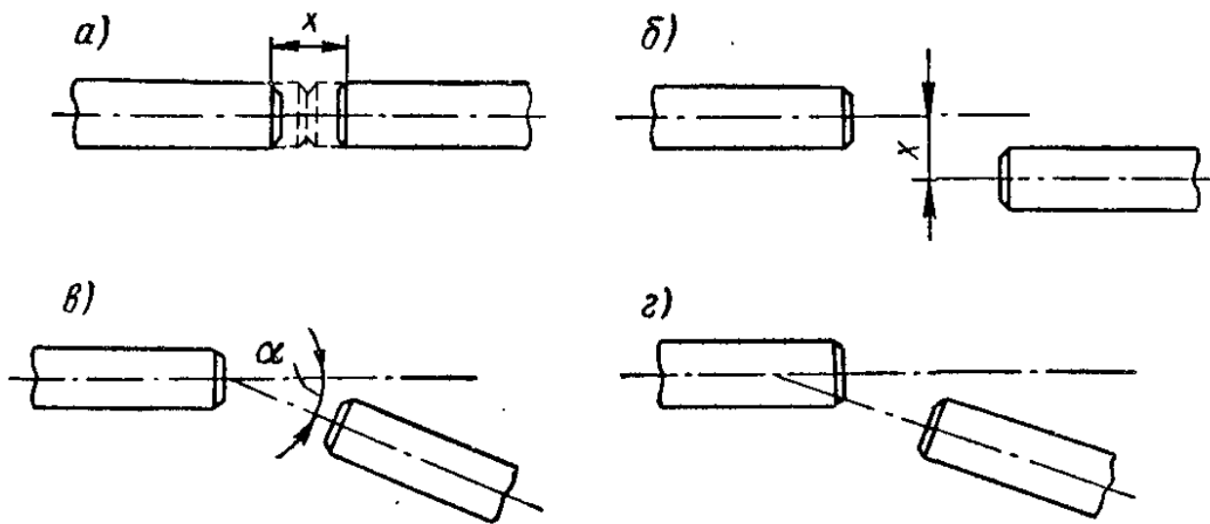
СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 УПРУГИЕ МУФТЫ.....	5
1.1 Муфта упругая втулично-пальцевая (МУВП).....	7
1.1.1 Конструкция и характеристики МУВП.....	7
1.1.2 Выбор МУВП.....	8
1.1.3 Проверочные расчеты МУВП	11
1.2 Муфта упругая со звездочкой	12
1.2.1 Конструкция и характеристики муфты со звездочкой	12
1.2.2. Выбор муфты упругой со звездочкой	13
1.1.3 Проверочные расчеты МУВП	15
1.3 Муфта упругая с торообразной оболочкой.....	16
1.3.1 Конструкция и характеристики муфты с торообразной оболочкой	16
1.3.2. Выбор муфты упругой с торообразной оболочкой.....	17
1.3.3. Проверочный расчет муфты с торообразной оболочкой	20
2 ЖЕСТКИЕ КОМПЕСИРУЮЩИЕ МУФТЫ	20
2.1 Зубчатая муфта.....	20
2.1.1 Конструкция и характеристики зубчатой муфты.....	20
2.1.2 Выбор зубчатой муфты	22
2.1.3 Проверочный расчет зубчатой муфты.....	24
2.2 Цепная муфта	24
2.2.1 Конструкция и характеристики цепной муфты.....	24
2.2.2 Выбор цепной муфты.....	25
2.2.3 Проверочный расчет цепной муфты.....	28
2.3 Шарнирная муфта.....	28
2.3.1 Конструкция и характеристики шарнирной муфты	28
2.3.2 Выбор шарнирной муфты.....	30
2.3.3 Проверочный расчет шарнирной муфты	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34

ВВЕДЕНИЕ

Муфты служат для соединения между собой валов с находящимися на них деталями с целью передачи вращающего момента.

Компенсирующие муфты образуют отдельную группу и используются для соединения валов, имеющих незначительные осевые, радиальные и угловые смещения. Компенсирующие жесткие муфты не смягчают толчков, а упругие смягчают удары и крутильные колебания за счет деформации упругих элементов, передающих крутящий момент.



а) осевое; б) радиальное; в) угловое – перекос осей валов; г) различные комбинации этих смещений

Рисунок 1 – Смещения осей соединяемых валов

Достижение строгой соосности валов связано со значительной трудоемкостью и не всегда оправдано, а в отдельных случаях и трудно осуществимо. Несовпадение осей валов обуславливается в каждом отдельном случае назначаемыми в зависимости от характера работы машин отклонениями на изготовление деталей и сборку узлов. Далее любая точность, достигнутая при сборке, в процессе работы может быть нарушена вследствие вибраций и деформаций валов и основания под нагрузкой, осадки фундамента, изменения температуры и других причин. Соединение таких валов глухими муфтами неизбежно приводит к возникновению значительных дополнительных нагрузок на валы и опоры, ухудшению работы соединения, вплоть до выхода его из строя.

На рис.1 утрированно показано соединение смещенных валов компенсирующей муфтой. Компенсирующие муфты значительно уменьшают дополнительные нагрузки на валы и опоры. Чем меньше дополнительные нагрузки, тем надежнее работа муфты и соединяемых узлов. По этому признаку должно сравнительно оцениваться преимущество той или иной кон-

струкции муфты. Применение компенсирующих муфт не освобождает от точного изготовления деталей и тщательной сборки узлов.

Муфты, имеющие широкое распространение стандартизированы. Основными характеристиками муфты являются момент, на передачу которого муфта рассчитана, и диаметры соединяемых валов.

Полумуфты изготавливаются с цилиндрическими расточками (тип 1) и коническими расточками (тип 2) двух исполнений: на длинные концы валов, на короткие концы валов. Допускается соединение полумуфт разных типов в разных исполнениях с различными диаметрами посадочных отверстий для данного вращающего момента.

При постоянном направлении вращения и умеренно нагруженных валах ($\tau \leq 15 \text{ МПа}$) полумуфты сажают на гладкие цилиндрические концы валов по переходным посадкам типа H7/k6, H7/m6. При реверсивной работе, а также при сильно нагруженных валах ($\tau > 15 \text{ МПа}$) применяют посадку H7/n6.

Установку полумуфт на цилиндрические шлицевые концы валов применяют, если при расчете шпоночного соединения длина посадочного отверстия более $1,5d$ (d – диаметр вала). Посадку по центрирующему наружному диаметру D принимают H7/js6.

Установка полумуфт на цилиндрические концы валов с натягом и их снятие вызывают затруднения, которые не возникают на конусных концах. Затяжкой полумуфт на конусные концы можно создать значительный натяг в соединении и обеспечить точно радиальное и угловое положение полумуфты относительно вала. Поэтому при больших нагрузках, работе с толчками, ударами и при реверсивной работе предпочтительно полумуфты устанавливать на конусные концы валов, несмотря на большую сложность их изготовления.

1 УПРУГИЕ МУФТЫ

Упругие муфты характеризуются наличием упругого элемента (одного или нескольких), за счет деформации которого осуществляется взаимное перемещение деталей муфты, необходимых для компенсации смещения осей ведущего и ведомого валов.

Упругие муфты имеют следующие свойства:

1. Упругие муфты допускают сравнительно большие смещения осей соединяемых валов. При этом, благодаря деформации упругого элемента, валы и опоры нагружаются сравнительно малыми силами и моментами.

2. Упругие муфты могут служить средством защиты от резонансных крутильных колебаний, возникающих в механизме вследствие неравномерности вращения.

3. Способность смягчать толчки и удары. Кинетическая энергия удара при этом частично поглощается и переходит в тепло, частично аккумулируется упругими элементами, превращаясь в потенциальную энергию деформации.

Основной характеристикой упругих муфт, в связи с их назначением – передавать вращательное движение, является вращающий момент. Существенными показателями конструкций муфт являются габариты, масса и момент инерции относительно оси вращения. Кроме того, упругие муфты характеризуются податливостью и демпфирующей способностью.

Упругие муфты бывают постоянной и переменной жесткости, то есть имеют линейную и нелинейную характеристику – зависимость величины момента от угла закручивания.

Под демпфирующей способностью муфты понимают ее способность рассеивать (превращать в тепло) энергию при деформировании.

Существует большое количество упругих муфт различных конструкций. В зависимости от материала упругих элементов муфты делят на две группы:

- муфты с неметаллическими упругими элементами;
- муфты с металлическими упругими элементами.

Основным материалом неметаллических упругих элементов служит резина, поскольку она обладает высокой эластичностью, демпфирующей способностью и диэлектрическими свойствами. Из-за низкой прочности резин и пластмасс по сравнению с металлами эти муфты применяют преимущественно для передачи малых и средних крутящих моментов. Долговечность резиновых элементов ниже, чем стальных. Резина постепенно теряет свои упругие свойства – стареет.

Металлические упругие элементы изготавливают в виде винтовых и плоских пружин, стальных пружинных стержней, пакетов пластин.

Наиболее широко применяются упругие втулочно-пальцевые муфты, муфты с упругим элементом в виде звездочки, муфты с торообразной оболочкой, муфты с резинометаллическим упругим элементом.

1.1 Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП)

1.1.1 Конструкция и характеристики МУВП

Муфты упругие втулочно-пальцевые (МУВП) получили широкое распространение благодаря относительной простоте конструкции и удобству замены упругих элементов. Однако их характеризует невысокая компенсирующая способность, а при соединении несоосных валов – достаточно большое силовое воздействие на валы и опоры, при этом резиновые втулки быстро разрушаются. МУВП также способна амортизировать толчки и удары, демпфировать небольшие колебания и предупреждать резонанс.

МУВП стандартизированы по ГОСТ 21425 –93 для валов диаметром от 10 до 160 мм и вращающих моментов до 16000 Н·м.

Упругие свойства муфты обеспечиваются за счет втулок, способных деформироваться под действием передаваемого вращающего момента T .

Так как муфты данного типа обладают большой радиальной и угловой жесткостью, их применение целесообразно при установке соединяемых узлов на плитах (рамах) большой жесткости. Кроме того, сборку узлов необходимо производить с повышенной точностью и с применением подкладок.

Муфта представлена на рис. 1.1, 1.2. Во фланце полумуфты 1 коническими хвостовиками закреплены пальцы 2, на которые надеты резиновые втулки 3. Втулки входят в отверстия, расположенные во фланце полумуфты 4. Отверстия под вал в ступицах полумуфт растачиваются цилиндрическими или коническими (всего предусмотрено четыре исполнения на разные длины концов валов).

Материал полумуфт – серый чугун СЧ-20 по ГОСТ 1412–79, сталь 30, сталь 30Л. Материал пальцев – сталь 45 по ГОСТ 1050–74 с твердостью 241...285 НВ, а втулок – резина с пределом выносливости не менее 8 МПа.

Потери энергии при работе МУВП оцениваются КПД 0,96..0,98%.

Если необходимо уменьшить размеры муфты по сравнению с размерами по стандарту, проектируют специальную муфту, в которой размещают большее число упругих элементов.

При этом пальцы и кольца оставляют стандартными, размещая их так, чтобы было выполнено условие

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

где z – число пальцев;

d_o – диаметр отверстия под упругий элемент;

D_o – диаметр окружности расположения пальцев (рис. 1.2), мм.

Наружный диаметр муфты

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

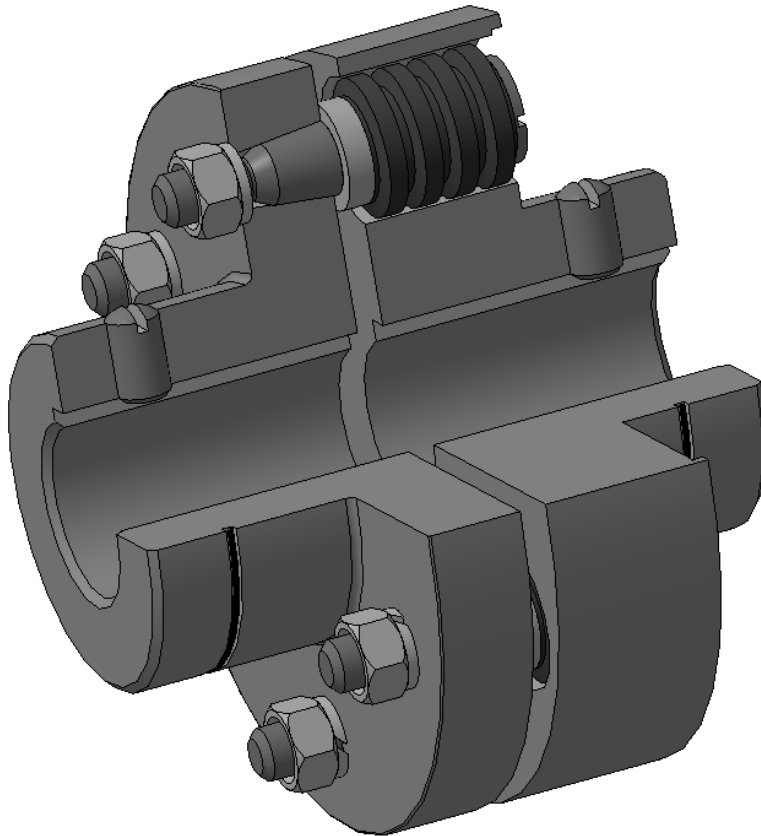


Рисунок 1.1 – Муфта упругая втулочно-пальцевая в разрезе

1.1.2 Выбор МУВП

На работу муфты существенное влияние оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (ударов, вибраций), обусловленных характером приводимой в движение машины. Поэтому выбор и расчеты муфты ведут не по номинальному значению вращающего момента $T_{ном}$, а по расчетному T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 1.1) был не меньше диаметра вала d_B на который одевается муфта ($d \geq d_B$).

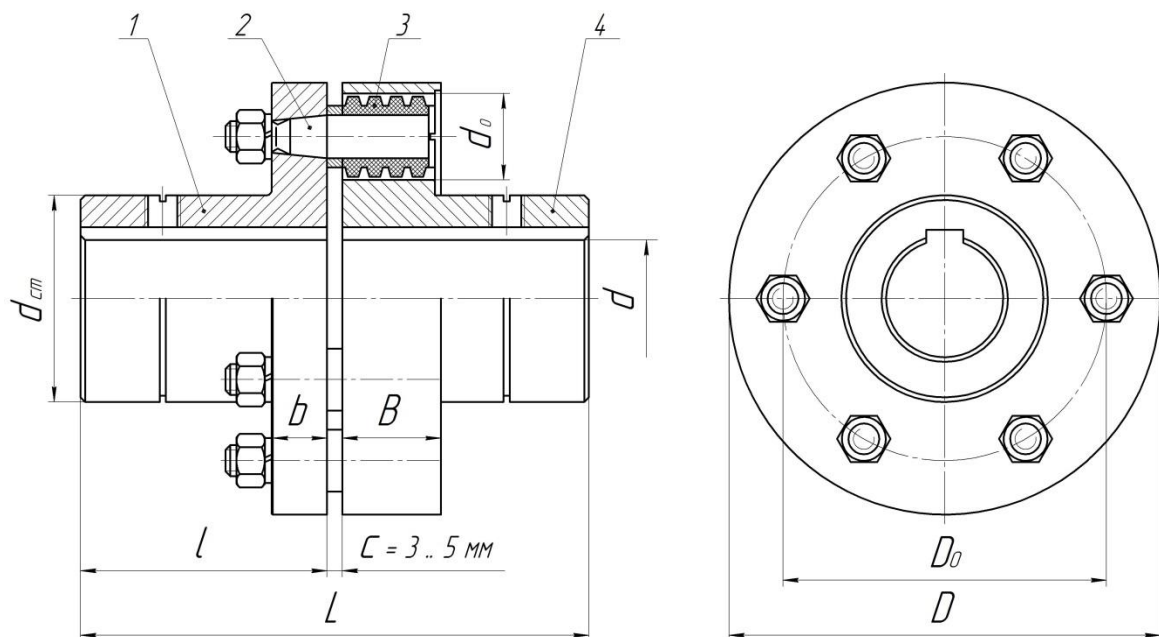


Рисунок 1.2 – Муфта упругая втулочно-пальцевая

Таблица 1.1 – Размеры и параметры муфты МУВП

Момент Т, Нм	Отверстие		Габаритные размеры		D ₀	d ₀	b	B	d _{ст}	Число пальцев z	Смещение осей валов, не более	
	d	l	L	D							радиальное	угловое
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		
	40; 42; 45	82	169					72				
500	40; 42; 45	82	169	170	130	28	18	32	80	8		
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		
	60; 63; 65; 70	105	216					120				
2000	63; 65; 71; 75	105	218	250	190	46	30	48	130	10		
	80; 85; 90	130	268					160				

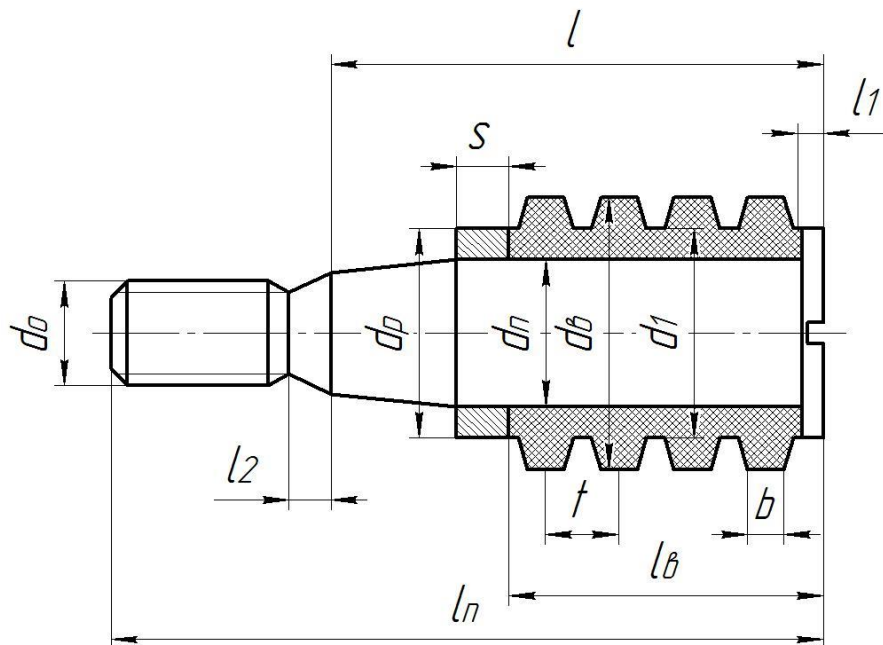


Рисунок 1.3 – Палец с втулками муфты МУВП

Таблица 1.2 – Размеры пальцев и втулок муфты МУВП

Момент Т, Нм	Пальцы						Втулка упругая					Втулка распорная	
	$d_{п}$	d_0	$l_{п}$	l	l_1	l_2	$d_{в}$	$l_{в}$	d_1	t	b	d_p	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
2000	24	M16	102	75	3	3,5	45	44	32	11	6	32	8

Пример условного обозначения упругой втулочно-пальцевой муфты с номинальным крутящим моментом $T=250$ Н·м, диаметром посадочного отверстия $d=32$ мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта упругая втулочно-пальцевая 250–32–1 У3 ГОСТ 21424–93.

1.1.3 Проверочные расчеты МУВП

Работоспособность муфты определяется способностью пальцев и резиновых втулок. Проверочный расчет резиновых втулок выполняется по условию их прочности на смятие, а самих пальцев – по условию прочности на изгиб.

Усилие, приходящееся на один палец

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

где D_0 – диаметра расположения пальцев, мм;

z – количество пальцев.

Условие прочности втулок муфты

$$\sigma_{см} = \frac{F_n}{d_n l_в} \leq [\sigma]_{см},$$

где d_n – диаметр пальца, мм;

$l_в$ – длина втулки, мм;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемые напряжения смятия, для резин

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

Условие прочности пальцев на изгиб

$$\sigma_u = \frac{32 F_n (0,5 l_в + c)}{\pi \cdot d_n^3} \leq [\sigma]_u,$$

где c – зазор между полумуфтами, мм;

$[\sigma]_u$ – допускаемые напряжения изгиба для пальцев, принимают

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

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет

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

1.2 Муфта упругая со звездочкой

1.2.1 Конструкция и характеристики муфты со звездочкой

Компенсирующие способности муфты (рис. 1.4) невелики. При соединении несоосных валов муфта оказывает на них значительное силовое воздействие, хотя и меньшее, чем муфта МУВП. Она требует точного монтажа узлов. Эти муфты обладают большой радиальной, угловой и осевой жесткостью. Поэтому их применение так же, как и муфт МУВП, возможно при установке узлов на плитах (рамах) большой жесткости. Сборку узлов необходимо выполнять с повышенной точностью, применяя подкладки и контролируя положение узлов.

Муфта с резиновой звездочкой по ГОСТ 14084–93 состоит из двух одинаковых полумуфт 1 и 2, имеющих на фланцах торцевые кулачки, и упругого элемента 3, выполненного в виде звездочки. Выступы звездочки располагаются между кулачками полумуфт и работают на сжатие через один при действии крутящего момента.

Материал полумуфт: сталь 35 (для муфт с $D = 25–40$ мм) или чугун СЧ 21–40 (для муфт с $D = 50–160$ мм). Материал звездочки: резина бензостойкая марки А мягкая по ГОСТ 7338–65.

Муфты упругие со звездочкой сравнительно просты по конструкции, обладают малыми габаритными размерами и материалоемкостью.

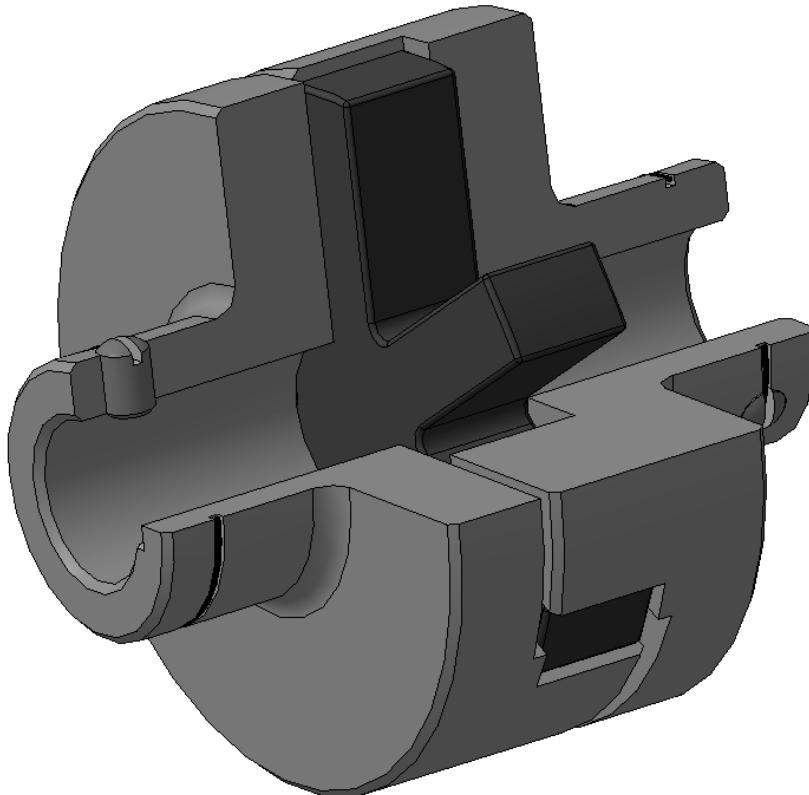


Рисунок 1.4 – Муфта упругая со звездочкой в разрезе

1.2.2. Выбор муфты упругой со звездочкой

На работу муфты существенное влияние оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (ударов, вибраций), обусловленных характером приводимой в движение машины. Поэтому выбор и расчеты муфты ведут не по номинальному значению вращающего момента $T_{ном}$, а по расчетному T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 1.3) был не меньше диаметра вала d_v на который одевается муфта ($d \geq d_v$).

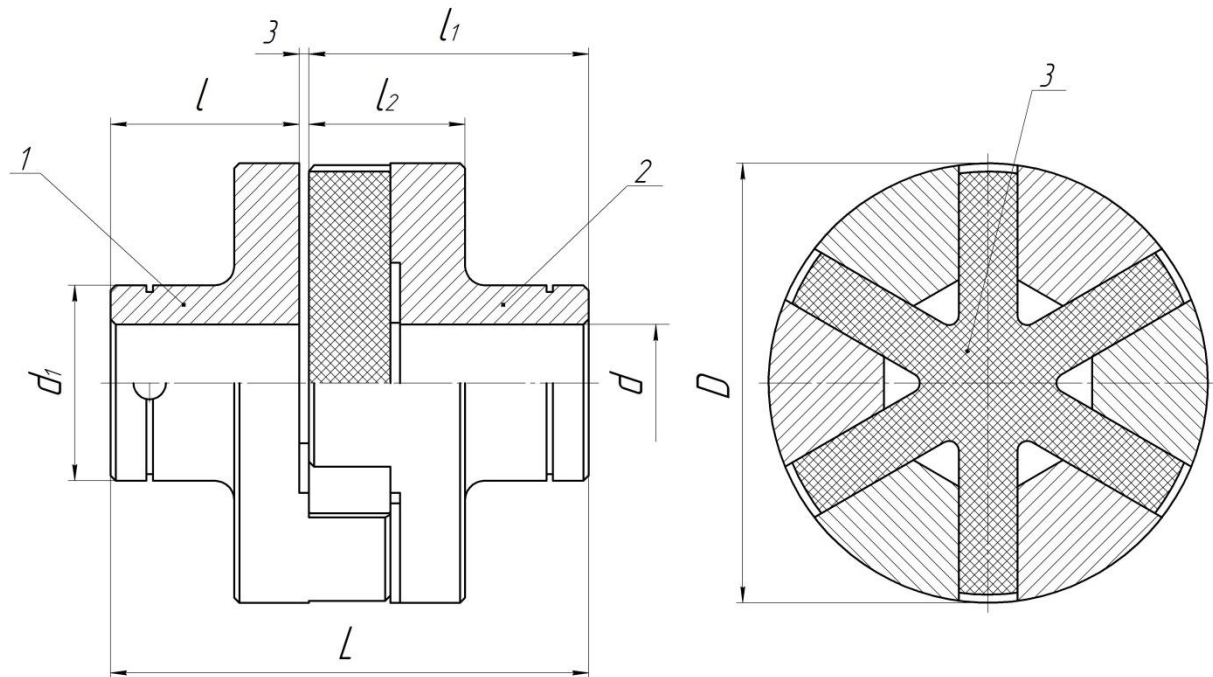


Рисунок 1.5 – Муфта упругая со звездочкой

Таблица 1.3 – Размеры и параметры муфты упругой со звездочкой

Момент Т, Нм	Отверстие		Габаритные размеры		d ₁	l ₁	l ₂	Смещение осей валов, не более	
	d	l	L	D				ради- альное	угло- вое
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
	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				

Пример условного обозначения муфты упругой со звездочкой с номинальным крутящим моментом Т=250 Н·м, диаметром посадочного отверстия d=32 мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта упругая со звездочкой 250–32–1 У3 ГОСТ 14084–93.

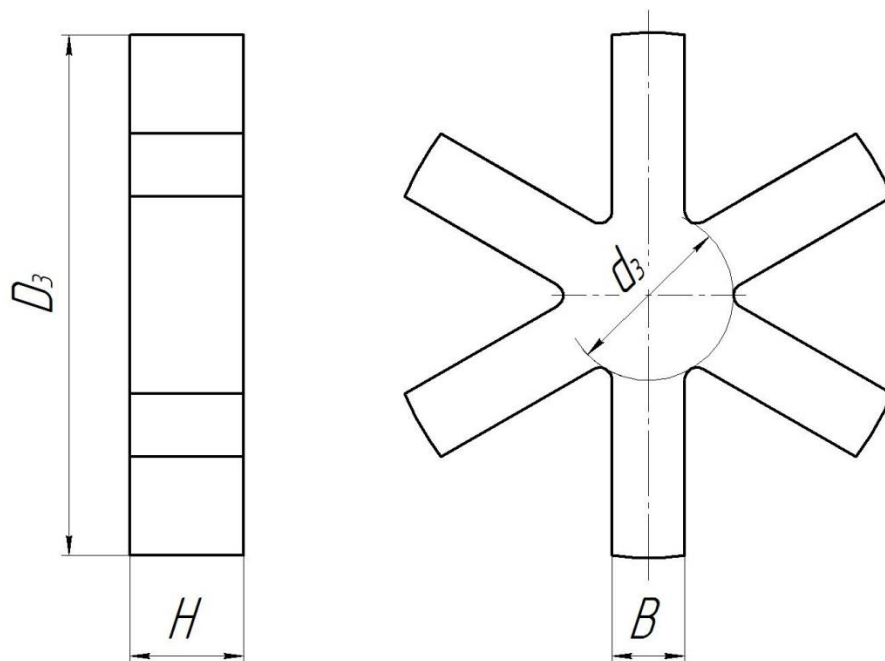


Рисунок 1.6 – Звездочка упругой муфты

Таблица 1.4 – Размеры звездочки упругой муфты

Момент T, Нм	D ₃	d ₃	B	H
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. Проверочный расчет муфты со звездочкой

Работоспособность муфты оценивается прочностью резиновой звездочки на смятие

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

где z – число кулачков одной полумуфты;

$[\sigma]_{см}$ – допускаемые напряжения смятия, $[\sigma]_{см} = (3..5) МПа$.

D_3, d_3, H – геометрические размеры звездочки, табл.1.3.

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет

$$F_M = (0,1..0,3)F'_M,$$

где F'_M – усилие на среднем диаметре упругой звездочки

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

1.3 Муфта упругая с торообразной оболочкой

1.3.1 Конструкция и характеристики муфты с торообразной оболочкой

Упругим элементом муфты является резиновая или резино-кордная оболочка. Резино-кордный элемент сложнее в изготовлении, чем резиновый, однако его срок службы в несколько раз больше резинового.

Муфты с оболочкой выпуклого профиля применяют в двух исполнениях: разрезной и неразрезной по ГОСТ 20884–93 оболочкой (рис. 1.7, 1.8).

Муфта по рис. 1.8 состоит из упругого элемента 1 и полумуфт 2, к которым винтами 3 через центрирующие кольца 4 притягивают прижимные полукольца 5. При сборке муфты полукольца 5 соединяют с кольцом 4 винтами 6, расположенными между винтами 3. Полумуфты устанавливают как на цилиндрические, так и на конические концы валов. Вращающий момент с полумуфт на оболочку передают силами трения, созданными при затяжке винтов 3.

Эти муфты отличаются высокими компенсационными свойствами, способны уменьшать динамические нагрузки благодаря малой крутильной жесткости и высокой демпфирующей способности. К недостаткам относят их большие размеры по диаметру и появление значительных осевых нагрузок на опоры валов, вызываемых центробежными силами, действующими на упругий элемент.

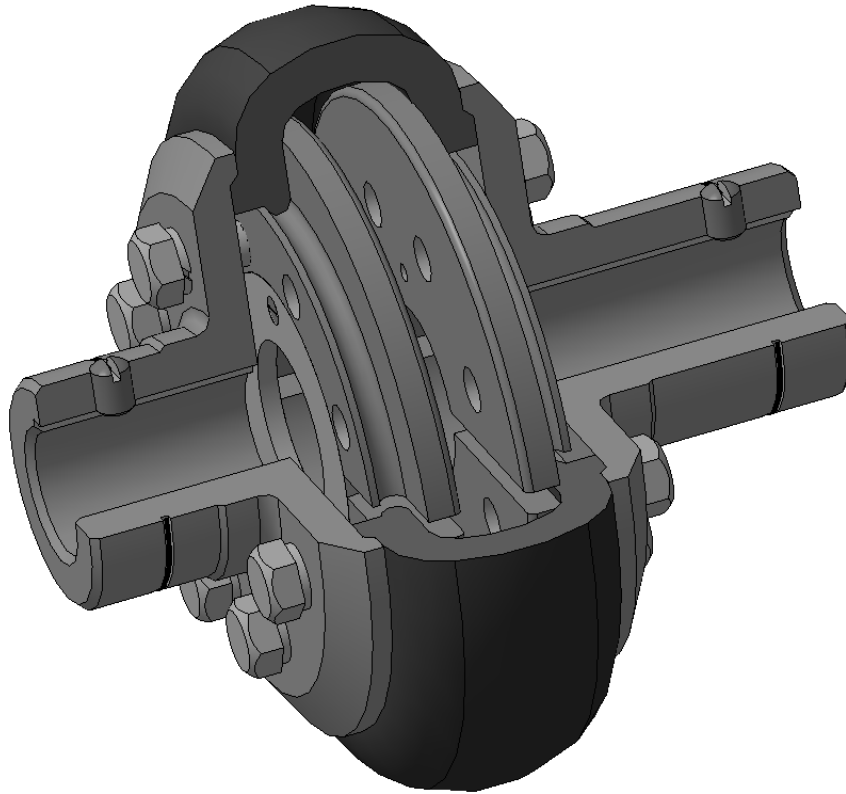


Рисунок 1.7 – Муфта с неразрезной торообразной оболочкой в разрезе

1.3.2. Выбор муфты упругой с торообразной оболочкой

На работу муфты существенное влияние оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (ударов, вибраций), обусловленных характером приводимой в движение машины. Поэтому выбор и расчеты муфты ведут не по номинальному значению вращающего момента $T_{ном}$, а по расчетному T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 1.5) был не меньше диаметра вала d_v на который одевается муфта ($d \geq d_v$).

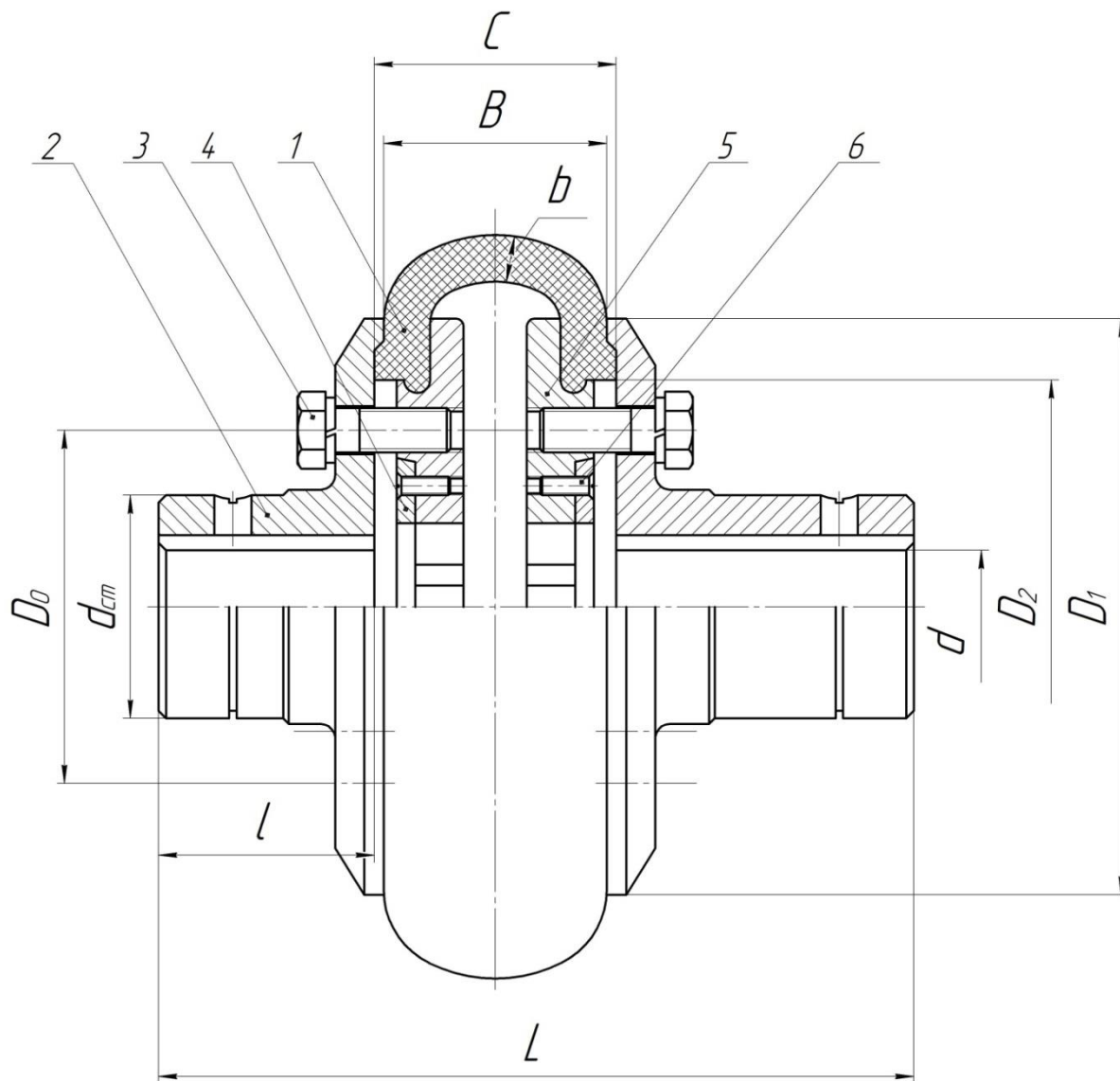


Рисунок 1.8 – Муфта с неразрезной торообразной оболочкой

Ориентировочные соотношения некоторых размеров муфты:

$$B = 0,25 D ;$$

$$\delta = 0,05 D ;$$

$$C = 1,06 B ;$$

$$D_0 = (0,5 \dots 0,52) D ;$$

$$D_1 = 0,75 D ;$$

$$D_2 = 0,6 D ;$$

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

Таблица 1.5 – Размеры и параметры муфты с торообразной оболочкой

Момент Т, Нм	Отверстие		Габаритные размеры		Смещение осей валов, не более		
	d	l	L	D	радиаль- ное, мм	угловое	осевое, 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°	2,5
	30; 32; 35; 36	60	190				
200	30; 32; 35; 36; 38	60	200	200	2	1°	2,5
	40	84	250				
250	32; 35; 36; 38	60	205	220	2,5	1°30'	3
	40; 42; 45	84	255				
315	35; 36; 38	60	215	250	2,5	1°30'	3
	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				

Пример условного обозначения муфты упругой со звездочкой с номинальным крутящим моментом Т=250 Н·м, типа 1, диаметром посадочного отверстия d=32 мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта 250–1–32–1 У3 ГОСТ 20884–93.

1.3.3. Проверочный расчет муфты с торообразной оболочкой

При передаче крутящего момента в оболочке действуют касательные напряжения крутильного сдвига τ_k . Наиболее распространенным для муфты с торообразной оболочкой является отказ, связанный с разрушением оболочки в кольцевом сечении у зажима с диаметром D_1 .

Условие прочности оболочки на сдвиг

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

где $[\tau]$ – допускаемые касательные напряжения крутильного сдвига в оболочке, МПа

$$[\tau] = (0,45 \dots 0,5) \text{ МПа} .$$

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет

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

где F'_m – окружное усилие на оболочке муфты

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

2 ЖЕСТКИЕ КОМПЕСИРУЮЩИЕ МУФТЫ

2.1 Зубчатая муфта

2.1.1 Конструкция и характеристики зубчатой муфты

Зубчатые муфты (рис. 2.1) – наиболее распространенный вид жестких компенсирующих муфт. Их широко применяют для соединения валов, особенно в тяжелом машиностроении, где передают большие моменты и затруднена точная установка узлов.

Зубчатая муфта состоит из двух обойм 1 с внутренними зубьями, находящихся в зацеплении соответственно с двумя зубчатыми втулками 2 с наружными зубьями (рис 2.1, 2.4). Зубчатые сопряжения муфт работают в масляной ванне. В муфтах предусмотрены отверстия для слива и залива в них масла, уплотнения для герметизации.

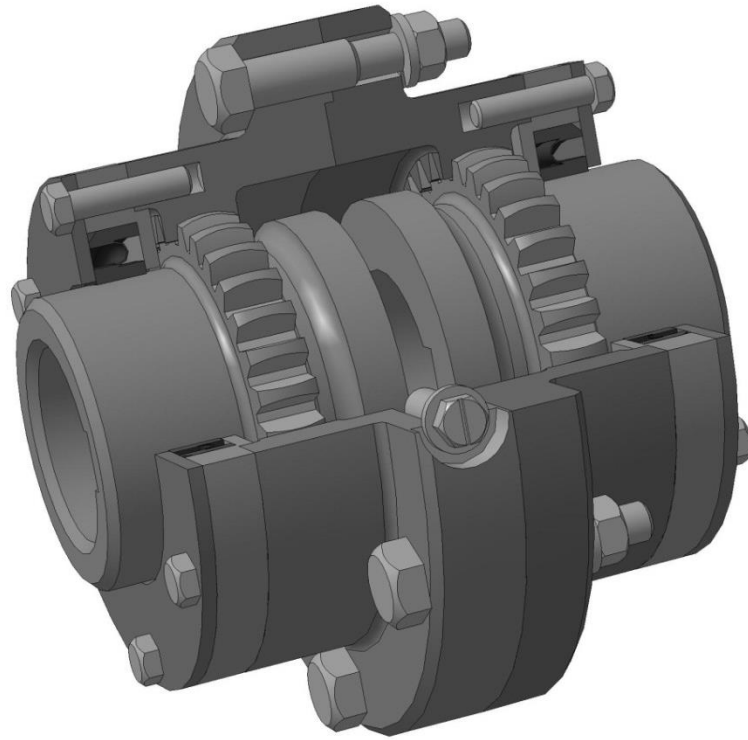


Рисунок 2.1 – Зубчатая муфта в разрезе

Поверхности наружных зубьев обточены на окружности выступов по сфере радиусом R , по этой поверхности центрируются обоймы. По техническим условиям зубья изготавливаются с эвольвентным профилем с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$.

Компенсирующую способность муфты обеспечивают созданием зазоров между сопряженными зубьями и приданием бочкообразной формы зубьям зубчатых венцов втулок (рис. 2.2).

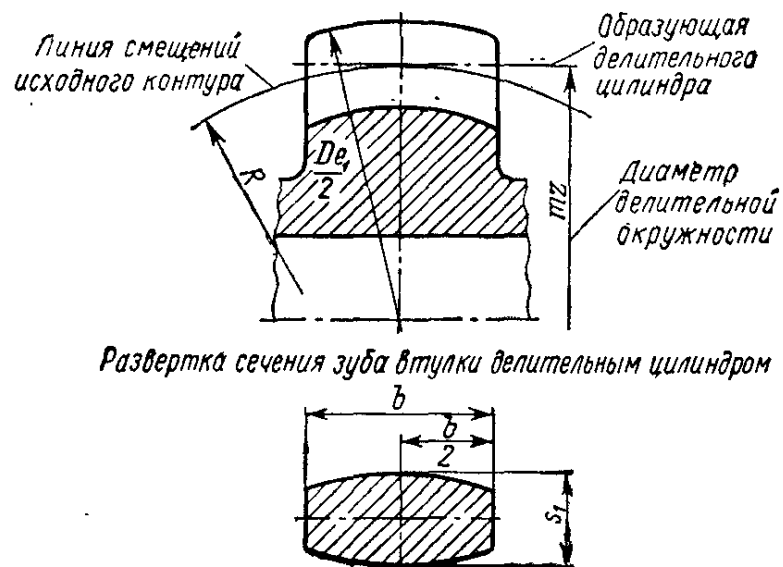


Рисунок 2.2 – Бочкообразный зуб

Радиальное смещение и угловой перекося осей валов вызывают поворот обоймы муфты относительно втулок (рис 2.3).

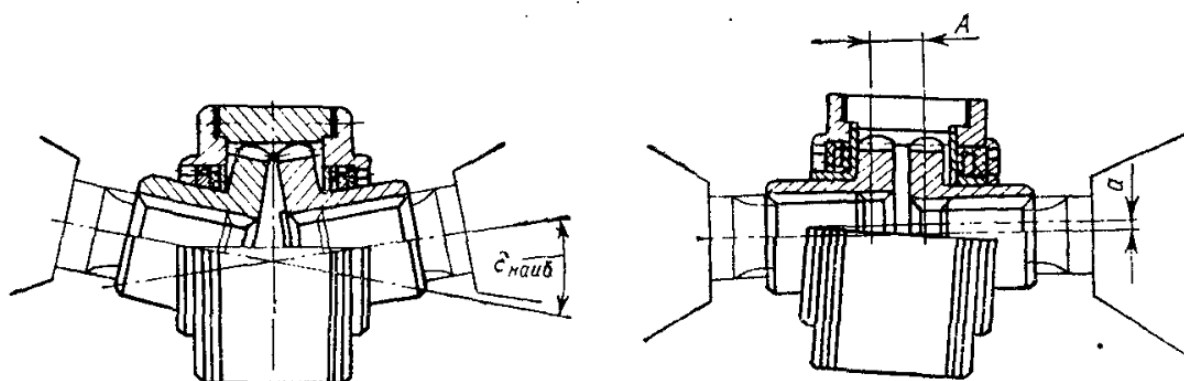


Рисунок 2.3 – Угловой перекося и радиальное смещение осей валов

Достоинствами зубчатых муфт являются: высокая нагрузочная способность при сравнительно небольших габаритах, хорошая компенсирующая способность смещений осей валов, технологичность изготовления – использование для нарезки зубьев нормального зубонарезного инструмента.

К недостаткам можно отнести: сравнительно низкую стойкость из-за быстрого износа и разрушения зубьев; отсутствие упруго-демпфирующих свойств.

2.1.2 Выбор зубчатой муфты

Выбор и расчеты муфты ведут по расчетному значению вращающего момента T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 2.1) был не меньше диаметра вала d_v на который одевается муфта ($d \geq d_v$).

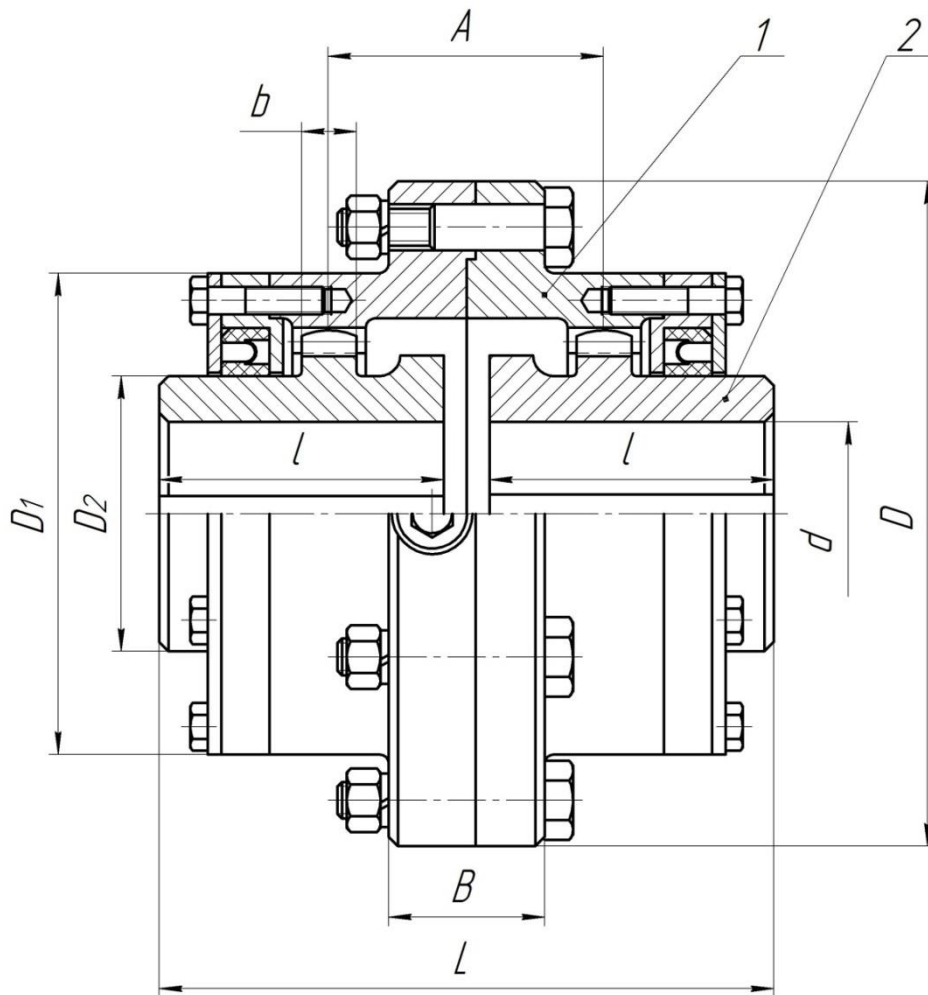


Рисунок 2.4 – Зубчатая муфта

Таблица 2.1 – Размеры и параметры зубчатой муфты МЗ

Номинальный крутящий момент $T_{кр}$, Нм	d	D	D ₁	D ₂	l	L	B	Параметры зубчатого зацепления, мм				n_{max} , мин ⁻¹ , не более
								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	75
4000	65	200	150	95					40		125	55
6300	80	230	175	115	165	340	50	3	56	25	145	47
10000	100	270	200	145		345			48	30	180	40
16000	120	300	230	175	200	415	50	4	56	35	210	35
25000	140	330	260	200					46		29	
40000	160	410	330	230	240	500	60	6	46	35	210	29
63000	200	470	390	290					56	40	250	20

Пример условного обозначения зубчатой муфты с номинальным крутящим моментом $T=1000$ Н·м, типа 1, диаметром посадочного отверстия во втулках $d=40$ мм, с втулками исполнения 1, климатического исполнения У и категории 2:

Муфта 1000–40–1 У2 ГОСТ 50895–96.

2.1.3 Проверочный расчет зубчатой муфты

Износ зубьев муфты в течение ресурса следует считать допустимым, если на рабочих поверхностях средние контактные давления

$$p = \frac{2000 T_p \cdot k_H}{b \cdot h \cdot D_D \cdot z} \leq [p],$$

где k_H – коэффициент концентрации нагрузки, $k_H = 1,1 \dots 1,3$;

b – длина зуба, мм;

h – рабочая высота зуба, мм, $h = 1,8m$;

$[p]$ – допускаемое давление, $[p] = (12 \dots 15) \text{МПа}$;

z – число зубьев полумуфты;

D_D – диаметр делительной окружности полумуфты, $D_D = mz$, мм;

m – модуль зацепления, мм.

При работе в условиях смещения соединяемых валов возникают дополнительная радиальная сила F_M , Н, и изгибающий момент M_u , Н·м, нагружающие вал

$$F_M = \frac{(400 \dots 800) T_p}{D_D};$$

$$M_u = (0,1 \dots 0,15) T_p.$$

2.2 Цепная муфта

2.2.1 Конструкция и характеристики цепной муфты

Цепная муфта (рис. 2.5) состоит из двух полумуфт-звездочек (с одинаковым числом зубьев) и охватывающей их общей цепи и кожуха.

В качестве соединительного элемента применяют цепи роликовые однорядные, двухрядные, а также зубчатые.

Для удержания смазочного материала муфту закрывают кожухом, разъемным в осевой плоскости. Чтобы предотвратить утечку масла, в ко-

жух встраивают уплотнения. Кожух обычно выполняют литым из легких сплавов. При сборке между плоскостями разъема ставят уплотняющую прокладку. Так как вследствие отклонений от соосности валов звездочки-полумуфты имеют радиальные и угловые смещения, кожух надевают на ступицы звездочек с некоторым зазором. Чтобы кожух вращался вместе со звездочками, его фиксируют на ступице установочным винтом или штифтом, который одновременно удерживает кожух от смещения в осевом направлении.

Материал звездочек – сталь 45; твердость зубьев 40–45 HRC.

Достоинство цепных муфт: простота конструкции и обслуживания, надежность в работе, технологичность изготовления и сравнительно малые габариты и вес, удобный монтаж и демонтаж, способность компенсировать радиальные и угловые смещения за счет относительной податливости деталей цепи и их деформации.

Недостатком муфты является наличие зазоров в шарнирах самой цепи и в сопряжении ее со звездочками, вследствие чего цепные муфты не могут применяться в реверсивных передачах, а также при наличии больших динамических нагрузок.

Допускаемые смещения валов : радиальные – от 0,5 до 1,2 мм и угловое – до 1°; применение цепей со сферическими роликами увеличивает допустимое угловое смещение до 3–6°.

2.2.2 Выбор цепной муфты

Выбор и расчеты муфты ведут по расчетному значению вращающего момента T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 2.2) был не меньше диаметра вала d_v на который одевается муфта ($d \geq d_v$).

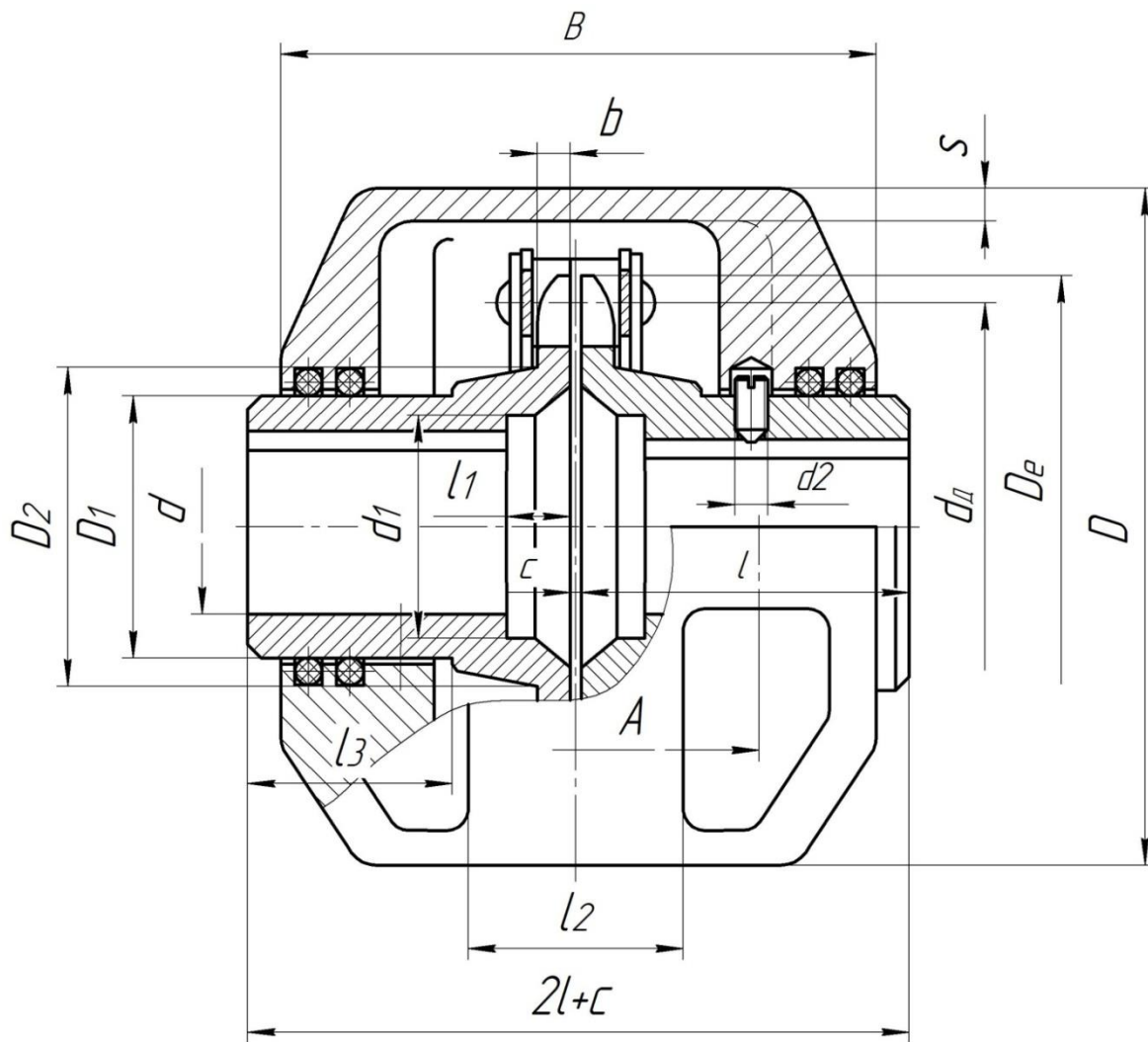


Рисунок 2.5 – Цепная муфта

Таблица 2.2 – Размеры и параметры цепной муфты

Момент Т, Нм	d	D	l	l_1	c	D_1	D_2	d_1	d_2	l_2	l_3	B	A	s	Цепь	Число зубьев z	d_D	$d_{рош-ка}$	D_e	b
63	18; 20; 22	110	45	11	1	35	50	32	M6	42	30	90	58	3	ПР-19,05	12	73,61	12	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		57	39	105	78	3	ПР-25,4	10	82,2	16	92,91	6
	30; 32; 35; 36		60	12	1,4	55	65	45		61	44	115	81							
250	32; 35; 36; 38	140	60	12	1,4	55	70	45		61	44	115	81	3	ПР-25,4	12	98,14	16	109,02	6
	40; 42; 45		75	14	1,8	70	75	55		83	55	145	105							
500	40; 42; 45; 48; 50; 55	180	75	14	1,8	75	85	60	M8	83	55	145	105	4	ПР-38,1	10	123,3	22	139,37	9
1000	50; 55; 56	210	85	15	1,8	90	110	72		65	65	150	106	4	ПР-38,1	12	147,21	22	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-50,8	12	196,29	32	218,03	12

Пример условного обозначения цепной муфты с номинальным крутящим моментом $T=1000$ Н·м, типа 1, диаметром посадочного отверстия полумуфт $d=56$ мм, с полумуфтами исполнения 1, климатического исполнения У и категории 3:

Муфта 1000–1–56–1 У3 ГОСТ 20742–96.

2.2.3 Проверочный расчет цепной муфты

Расчет цепи ввиду сложного закона распределения усилий по зубьям звездочек затруднителен и ненадежен. Цепь выбирается на основе опытных данных.

Силу, с которой муфта воздействует на вал, принимают равной

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

d_d – делительный диаметр звездочки, мм (табл. 2.2).

2.3 Шарнирная муфта

2.3.1 Конструкция и характеристики шарнирной муфты

В шарнирных муфтах использован принцип работы пространственного шарнира Гука. Они служат для передачи вращающего момента между валами, имеющими большое угловое смещение осей (до 40-50°), которое может изменяться в процессе вращения муфты. Эти муфты применяют в широком диапазоне нагрузок – от 12,5 Н·м до 30000 Н·м.

Шарнирные муфты применяют:

- для компенсации неточности расположения валов, возникающей при сборке, при деформации рамы и рессор (транспортные и другие машины);

- для передачи вращения переставным валам (шпиндели многошпиндельных сверлильных станков, валки прокатных станов и т.п.)

- для передачи вращения валам, изменяющим положение во время работы (консоли фрезерных станков и т.п.).

Часто используют конструкцию, в которой две шарнирные муфты соединяют промежуточным валом; такое устройство называют карданным валом.

Шарнирные муфты должны изготавливаться согласно ГОСТ 5147-80 двух типов:

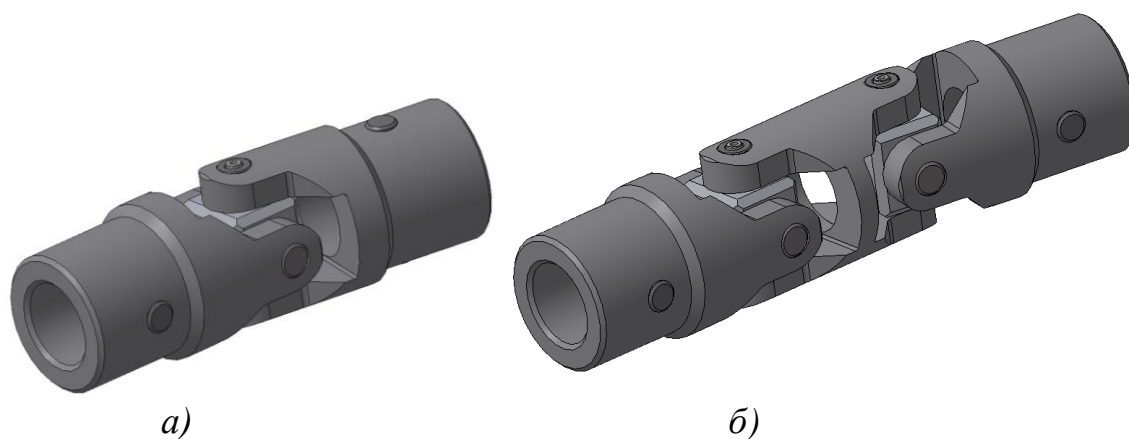
1 – одинарная (рис 2.6, а);

2 – сдвоенная с промежуточной спаренной вилкой (рис 2.6, б).

Полумуфты для каждого типа муфт должны изготавливаться исполнениями:

- 1 – на длинные концы валов;
- 2 – на короткие концы валов.

Материал полумуфт – сталь 20Х по ГОСТ 4543. Допускается изготовление полумуфт из других материалов с механическими свойствами не ниже чем у стали марки 20Х после термообработки. Крестовина выполняется из стали 40Х, ШХ12 или ШХ15. Штифты и втулки изготавливаются из стали 40Х, твердость – 35...40 НРС_э.



а) одинарная муфта; б) двойная с промежуточной спаренной вилкой
Рисунок 2.6 – Шарнирная муфта

У одинарной муфты (рис. 2.7, 2.8) ступицы муфт, насаживаемые на концы соединяемых валов, оканчиваются вилками 1. Вилки соединяются между собой с помощью крестовины 6, пальца 3, втулок 5 и стержня 4. Полумуфты соединяются с валом штифтами 2.

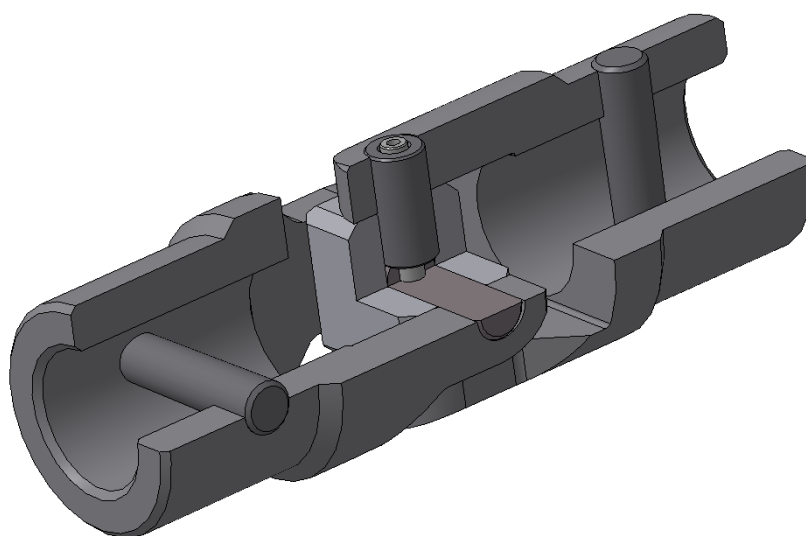


Рисунок 2.7 – Шарнирная одинарная муфта в разрезе

2.3.2 Выбор шарнирной муфты

Выбор и расчеты муфты ведут по расчетному значению вращающего момента T_p .

$$T_p = T_{ном} \cdot K_{пер},$$

где $T_{ном}$ – номинальный момент передаваемый муфтой (при расчете РГР выбирается из результатов кинематического расчета);

$K_{пер}$ – коэффициент перегрузки для привода от электродвигателя.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$).

Также необходимо, чтобы диаметр отверстия в ступице полумуфты d (табл. 2.3) был не меньше диаметра вала d_B на который одевается муфта ($d \geq d_B$).

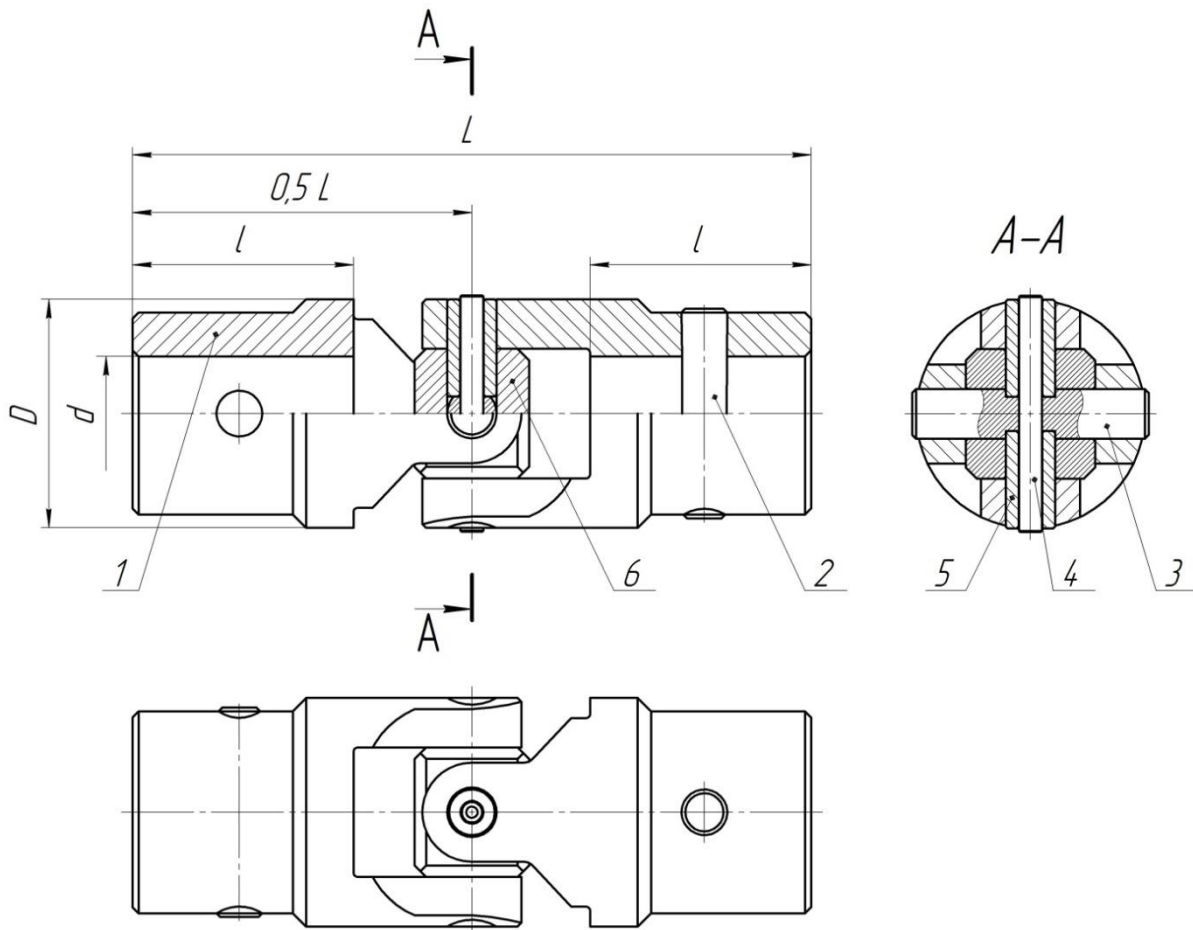


Рисунок 2.8 – Шарнирная одинарная муфта (тип 1)

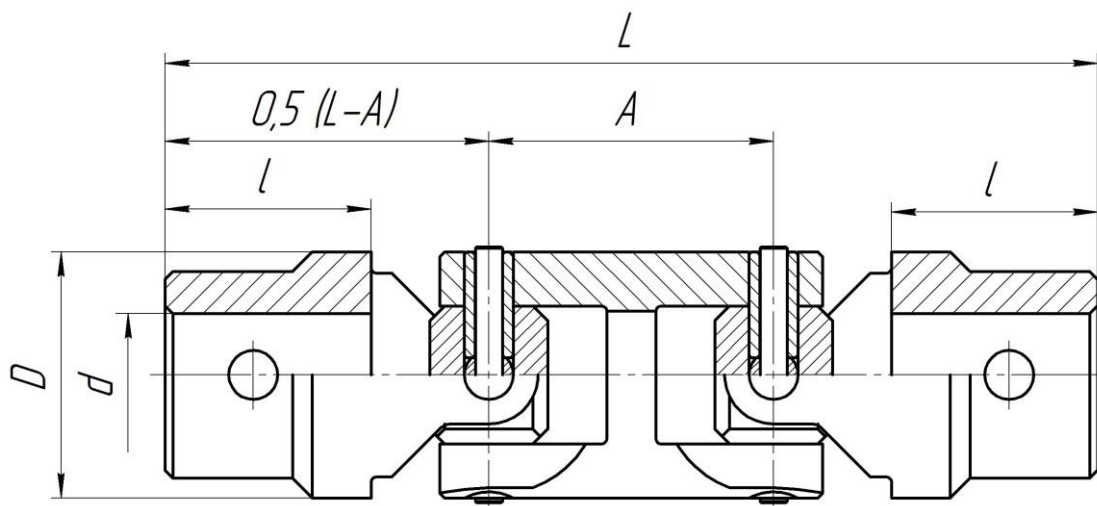


Рисунок 2.9 – Шарнирная сдвоенная муфта (тип 2)

Таблица 2.3 – Размеры и параметры шарнирной муфты

Номинальный крутящий момент $T_{кр}$, Нм	d	D	L для типов		1	A
			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		
140	19	40	112	160	36	48
	20;22					
280	24	50	120	178	42	58
	25;28		132	190		
560	30;32;35	60	178	248	58	70
1120	38	75	192	284		
	40;42		240	332		

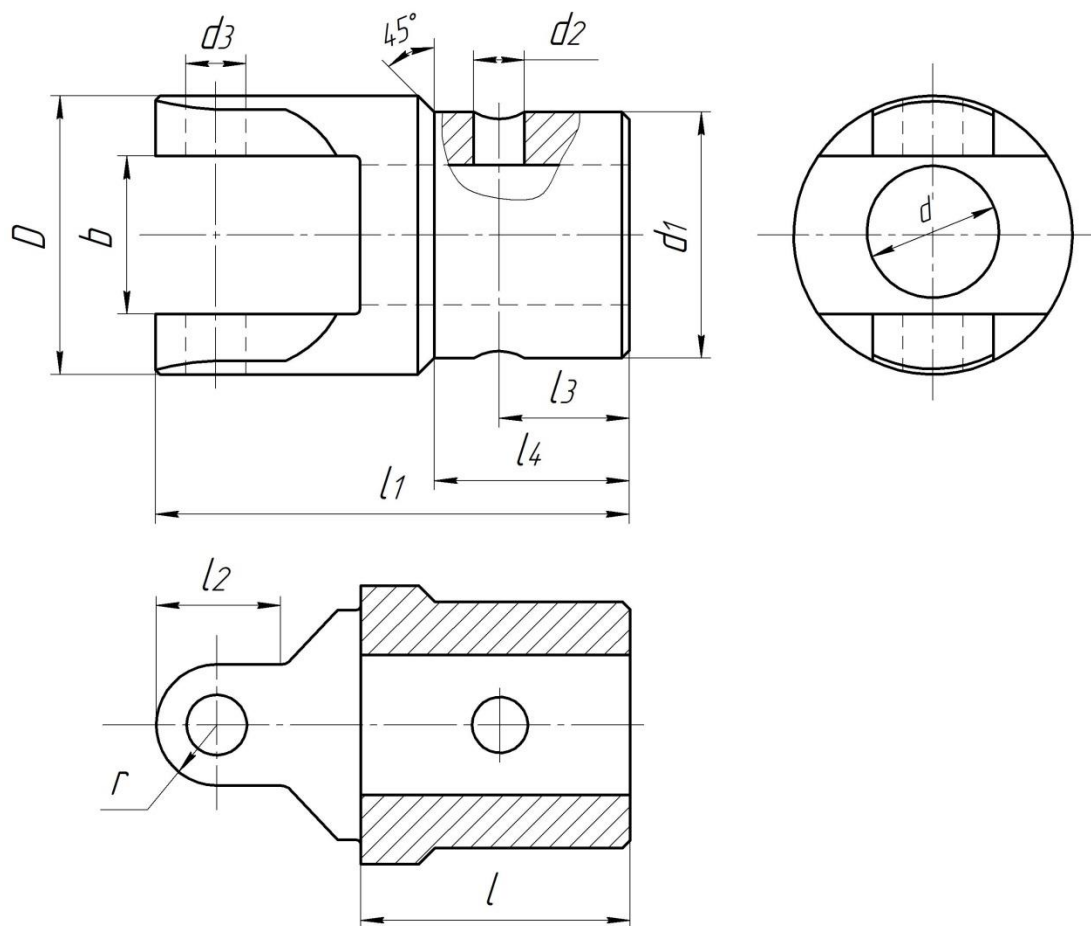


Рисунок 2.9 – Полумуфта

Таблица 2.3 – Размеры полумуфты

$T_{кр}, НМ$	d	D	d_1	d_2	d_3	b	l	l_1	l_2	l_3	l_4	r
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
	12						25	12	20	16	6	
45	12;14	25	21	5	6	14			44	17		13
71	16;18	32	28	6	7	18	28	51	14	18	12	7
140	19	40	34	8	8	22		56				
	20;22						64	24	18			
280	24	50	42	10	10	28	36	70	19	20	12	10
	25;28							76				
560	30;32;35	60	53	12	13	31	58	102	28	42	28	13
1120	38	75	63	16	16	42		112				
	40;42						82	136	62	46		

Пример условного обозначения шарнирной муфты, передающей номинальный крутящий момент 140 Н·м, типа 1, с диаметром посадочного отверстия полумуфт $d=20$ мм для исполнения полумуфт 1, климатического исполнения У, категории 3 по ГОСТ5147-80:

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

2.3.3 Проверочный расчет шарнирной муфты

Шарнирные муфты рассчитывают по давлению в шарнирах на прочность вилок и крестовин по силе, воспринимаемой шарниром, $F_{ш}$.

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

где $[p]$ – допускаемое давление, МПа (при закаленных поверхностях $[p]=40$ МПа);

d_3 – диаметр цапфы, мм (табл. 2.3);

$l_ц$ – длина цапфы, мм

$$l_ц = \frac{D - b}{2}.$$

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

где R – половина расстояния между серединами цапф, имеющих общую ось поворота, мм;

γ – угол перекося осей валов

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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. - ISBN 5-217-03095-X.
- 2 **Заблонський, К. І.** Деталі машин / К. І. Заблонський — Одеса : АстроПринт, 1999.- 404 с. - ISBN 5-7763-2409-2.
- 3 **Иванов, М. Н.** Детали машин / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов — М. : Высш. шк., 2002. — 408 с. - ISBN 5-06-004063-1.
- 4 **Карнаух, С. Г.** Детали машин : конспект лекций / С. Г. Карнаух — Краматорск : ДГМА, 2003. - 212 с.
- 5 **Кудрявцев, В. Н.** Детали машин / В. Н. Кудрявцев — М. : Высшая школа, 1980. — 446 с.
- 6 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 **Павлище, В. Т.** Основи конструювання та розрахунков деталей машин: Підручник / В. Т. Павлище. - К. : Вища школа, 1993. - 556 с. - ISBN 966-8013-58-1.
- 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. - ISBN 5-217-00335-9.
- 10 **Решетов, Д. Н.** Детали машин: Атлас конструкций / Д. Н. Решетов — М. : Машиностроение, 1979. — 367 с.
- 11 **Чернин, И. Н.** Расчеты деталей машин / И. Н. Чернин, А. В. Кузьмин, Г. М. Ицкович. — Минск : Высшая школа, 1978. — 593 с.
- 12 **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. - Калининград : Янтар. сказ, 2002. - 454 с. - ISBN 5-06-001514-9.

Навчальне видання

ДЕТАЛІ МАШИН

З'єднувальні муфти:

довідковий посібник

для студентів технічних спеціальностей

(Російською мовою)

Укладачі:

ТАРОВИК Микола Георгійович,
КУЛІК Тетяна Олександрівна,
КОТУШЕНКО Катерина Сергіївна

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання

О. С. Орда

10/2012. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. 2,09.
Обл.-вид. арк. 1,41. Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник
Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1633 від 24.12.2003