

621.8(031)
P99

нук
лам

ОА Восточный

Справочник

О.А. Ряховский
С.С. Иванов

Справочник по муфтам

Под общей редакцией
д-ра техн. наук
проф. О. А. Ряховского



Ленинград
«Политехника»
1991

ББК 34.445я2
Р99
УДК 621.825 (031)

Рецензент канд. техн. наук Ю. П. Астахов

Ряховский О. А., Иванов С. С.

Р99 Справочник по муфтам. — Л.: Политехника, 1991. — 384 с.: ил.

ISBN 5-7325-0111-8

Справочник содержит сведения по методам расчета и конструкциям механических, пневматических и электромагнитных муфт приводов известных и новых конструкций, широко применяемых в отечественном и зарубежном машиностроении. Даны примеры расчета и подбора муфт.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников заводов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов различных отраслей машиностроения.

2702000000-207
Р 045 (01)-91 207-91

ББК 34.445я2

ISBN 5-7325-0111-8 © О. А. Ряховский, С. С. Иванов, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Создание новых орудий труда, технологических и транспортных машин, материалов, превосходящих по своим технико-экономическим показателям лучшие мировые достижения, во многом зависит от повышения долговечности деталей и узлов машин.

Муфты, применяемые во многих машинах и механизмах, являются ответственными узлами, так как от правильного выбора типа муфты и ее параметров могут зависеть уровень и характер нагруженности деталей машин.

Понятие муфты в машиностроении имеет двоякий смысл. Так, муфтами называют устройства для соединения отдельных участков трубопроводов. Муфтами также называют устройства, соединяющие отдельные сборочные единицы (узлы машин) и передающие энергию от одной части машины к другой. В настоящем справочнике представлены муфты, применяемые в приводах машинных агрегатов.

Разнообразие задач, решаемых с помощью муфт, и требований, предъявляемых к муфтам в соответствии с условиями эксплуатации машин, вызвало к жизни большое число муфт различных видов. Достаточно часто в машинах применяют сложные комбинированные муфты, сочетающие в себе свойства нескольких муфт. Эти обстоятельства, а также разбросанность информации о муфтах по различным источникам ставят инженерно-технических работников, связанных с конструированием, изготовлением и эксплуатацией муфт, в трудное положение.

Предлагаемая книга имеет целью обеспечить указанную категорию работников промышленности краткими справочными материалами, необходимыми для рационального выбора конкретных видов муфт, их расчета и конструирования. Наряду с общеизвестными конструкциями муфт в ней рассмотрено значительное число муфт, еще не освещавшихся в литературе. Вместе с тем ограниченный объем книги и обилие имеющихся материалов по разным видам муфт заставили авторов, сосредоточив внимание на наиболее прогрессивных и широко распространенных в машиностроении конструкциях, отказаться от информации о многих других конструкциях.

В справочнике помещены данные, опубликованные в отечественной и иностранной научно-технической литературе, обобщен

опыт проектирования и эксплуатации муфт, накопленный в конструкторских бюро заводов, в научно-исследовательских институтах, на фирмах. В книге также отражены результаты экспериментальных и теоретических исследований муфт, выполненных на кафедре «Детали машин» МВТУ им. Н. Э. Баумана и других организаций.

Многообразие существующих конструкций муфт затрудняет проведение строгой классификации. В справочнике принята классификация муфт (см. приложение II), удобная для практики, определившая и рубрикацию книги: постоянные муфты (глухие, жесткие, компенсирующие, упругокомпенсирующие); муфты сцепления управляемые (кулачковые, фрикционные); муфты сцепления самоуправляемые (свободного хода, предохранительные, центробежные); комбинированные муфты. Из-за ограниченного объема в книгу не вошли гидродинамические муфты, муфты скольжения и специальные муфты.

При определении размеров муфты исходным обычно является максимальный вращающий момент. В отдельных случаях этот момент может быть определен расчетом с учетом характера нагрузки со стороны двигателя и рабочего органа машины и величин маховых масс. При приближенных расчетах максимальный вращающий момент определяют умножением номинального вращающего момента на коэффициент режима работы k , учитывающий вид двигателя, вид рабочей машины и величину разгоняемых масс. Обычно значения коэффициента режима работы устанавливают на основании опыта эксплуатации машин.

Многие авторы и зарубежные фирмы (см., например, работы [17, 25, 91]) рекомендуют различные коэффициенты режима, однако до настоящего времени нет единой, общепринятой методики его определения. В приложении I приведена таблица их значений, широко и давно используемая в отечественном машиностроении.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность канд. техн. наук доценту М. Г. Лопаткину за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

Все замечания по книге авторы просят присылать по адресу: 191065, Ленинград, ЛО издательства «Машиностроение», ул. Дзержинского, 10.

МУФТЫ ЖЕСТКИЕ НЕПОДВИЖНЫЕ

1.1. Муфты втулочные

Муфты предназначены для жесткого соединения соосных цилиндрических валов.

На рис. 1.1 показаны втулочные муфты по ГОСТ 24246—80*. Стандарт соответствует СТ СЭВ 536—77 в части номинальных вращающих моментов и СТ СЭВ 537—77 в части диаметров расточек под цилиндрические концы валов. Муфты изготавливают в четырех исполнениях: I — с цилиндрическим посадочным отверстием и штифтами по ГОСТ 3129—70* (рис. 1.1, а); II — с цилиндрическим посадочным отверстием и шпоночным пазом по ГОСТ 23360—78* (рис. 1.1, б); III — с цилиндрическим посадочным отверстием и шпоночным пазом по ГОСТ 24071—80* (рис. 1.1, в); IV — с шлицевым посадочным отверстием по ГОСТ 6033—80*. Размеры и параметры муфт представлены в табл. 1.1. Материал втулок — сталь 45 по ГОСТ 1050—74**, для муфт со шлицами применяется сталь 45, улучшенная, твердостью 24—30 HRC₀. Предельные отклонения размеров: отверстий — H14, валов — h14, остальных — $\pm IT14/2$.

Муфты отличаются простотой конструкции и изготовления, они имеют малые габаритные размеры, небольшой маховой момент,

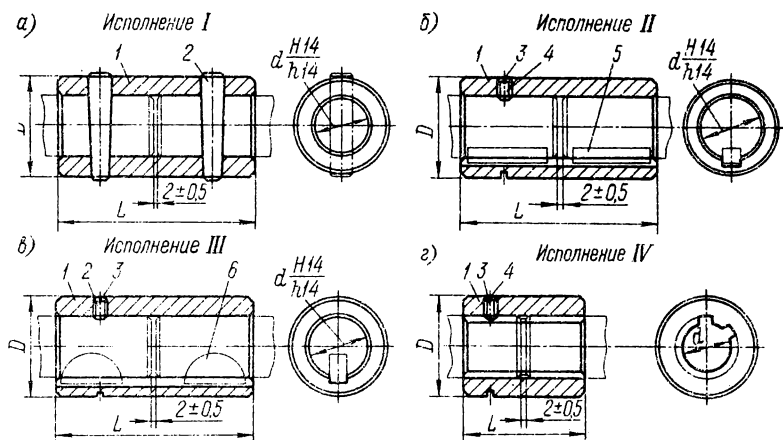


Рис. 1.1. Муфты втулочные по ГОСТ 24246—80:

1 — втулка; 2 — штифт по ГОСТ 3129—70*; 3 — винт по ГОСТ 1476—84*; 4 — кольцо по ГОСТ 2833—77*; 5 — шпонка по ГОСТ 23360—78*

Т а б л и ц а 1.1. Размеры (мм) и параметры муфты втулочной (рис. 1.1)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м, для исполнения				d для исполнения		D	Δ для исполнения		Крепежные	
									I	Штифт по ГОСТ 3129-70*
I	II	III	IV	I, II, III	IV		I, II, III	IV	2	
1,0 2,0	—	—	—	7, 8	—	10 14	25 30	—	1,6×12 2,0×16	
4,0 8,0	—	11,2 22,4	—	9, 10 11, 12	—	16 18	35 40	—	2,5×20 3,0×20	
16,0	—	45,0	—	14 16	—	28	45	—	4,0×30	
31,5		63,0	—	18 (19), 20	—	32	55	—	5,0×36	
50,0	71,0	100,0	140,0	— 22 (24)	16 18	38	65	45	6,0×40	
90,0	125,0	180,0	250,0	25 28	21 23	42	75	50	8,0×45	
125,0	180,0	250,0	355,0	28 30 32	23 — 26	48	90	55	8,0×50	
200	280	400	560	32, 35, 36, (38)	26, 32	55	105	65	10,0×60	
280	400	560	800	(38) 40, (42)	32 36	60	120	80	10,0×65	
400	560	—	1 120	(42) 45, (48)	36 42	70	140	90	12,0×80	
560	800	—	1 600	(48) 50, (53)	42 46	80	150	100	12,0×90	
800	1120	—	2 240	55, (53), (56) 60	46 25	90	170	110	16,0×100	
1120	1600		3 150	60, 63, (65)	56	100	180	120	16,0×110	

изделия для исполнений				Масса, кг, не более, для исполнений			
II	III	II, III, IV		I	II	III	IV
Шпонка по ГОСТ 23360—78*	Шпонка по ГОСТ 24071—80*	Винт по ГОСТ 1476—84*	Кольцо по ГОСТ 2833—77*				
число							
2	2	1	1				
—	—	—	—	0,01 0,03	—	—	—
—	3×5,0 3×6,5	M4×6,66	—	0,04 0,06	—	0,04 0,05	—
—	4×6,5 4×7,5	M6×8,66	26	0,13 0,12	—	0,12 0,11	—
—	5×6,5		32	0,21 0,19	—	0,21 0,19	—
6×6×25	5×7,5		38	0,39 0,36	0,37 0,34	0,37 0,34	0,27 0,24
8×7×25	5×9,0			0,32	0,28	0,28	—
8×7×28	6×9,0		42	0,48 0,42	0,45 0,38	0,45 0,38	0,33 0,30
8×7×36	6×10,0		48	0,73 0,66	0,69 0,63	0,69 0,63	0,46 —
10×8×36	8×11,0			0,60	0,55	0,55	0,41
10×8×45	10×13	M6×13	55	1,22	1,09	1,09	0,83
10×8×50 10×8×50		M6×10,66	60	1,66 1,57	1,55 1,50	1,55 —	1,17 1,02
12×8×63	—	M8×12,66	70	2,80 2,58	2,65 2,42	—	1,88 1,60
14×9×63		M10×16,66	80	3,89 3,44	3,72 3,25	—	2,75 2,41
16×10×63			90	5,74 4,94	5,46 4,62	—	3,78 3,36
16×10×70				—	—	—	—
18×11×70			100	7,32	7,00	—	4,66
18×11×80							

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м, для исполнений				d для исполнений		D	L для исполнений		Крепежные	
									I	
									Штифт по ГОСТ 3129—70*	
									2	
I	II	III	IV	I, II, III	IV		I, II, III	IV		
1600	2240	—	4 500	(65) 70, 71, (75)	56 62	110	200	130	20,0×120	
2240	3150	—	6 300	(75) (80), (85)	— 72	120	220	150		
3150	4500	—	9 000	(85) 90, (95)	— 82	130	240	170	25,0×140	
4500	6300	—	12 500	100, (105)	92	140	280	190		
Примечание. Первый ряд является предпочтительным, значения d второго										

низкую стоимость. Монтаж и демонтаж муфты связан с необходимостью значительных осевых перемещений валов, соединяемых агрегатов относительно муфты, что исключает применение посадок с натягом. Поэтому втулочные муфты не обеспечивают высокой жесткости соединения валов на изгиб, и их применяют для валов диаметром $d \leq 100$ мм.

Соотношение основных размеров: наружный диаметр $D \approx (1,5 \div 1,6) d$ — для исполнений I—IV; длина $L \approx 3d$ — для исполнений I—III и $L \approx 2d$ — для исполнения IV.

Пример условного обозначения втулочной муфты в исполнении I, передающей номинальный вращающий момент $T = 200$ Н·м, с диаметром посадочного отверстия $d = 35$ мм, в климатическом исполнении У и категории размещения 3 по ГОСТ 15150—69*:

Муфта втулочная 1-200-35УЗ ГОСТ 24246—80*.

1.2. Муфты фланцевые (поперечно-разъемные)

Муфты фланцевые являются наиболее распространенными из класса жестких нерасцепаемых муфт из-за удобства монтажа и возможности жесткого соединения валов. На концы соединяемых валов насаживают полумуфты с фланцами, которые стягивают крепежными винтами. Муфты выполняют открытыми (рис. 1.2, 1.3, 1.4), без защитного обода, и закрытыми (рис. 1.5).

изделия для исполнений				Масса, кг, не более, для исполнений			
II	III	II, III, IV					
Шпонка по ГОСТ 23360—78*	Шпонка по ГОСТ 24071—80*	Винт по ГОСТ 1476—84*	Кольцо по ГОСТ 2835—77*				
число				I	II	III	IV
2	2	1	1				
18×11×90 20×12×90	—	M10×20,66	110	10,07 9,26	9,60 8,72	— —	7,72 6,10
20×12×100 20×14×100		M12×20,66	120	12,31 11,29	11,72 10,64	— —	— 7,64
22×14×110 25×14×110			130	15,02 13,77	14,09 12,79	— —	— 9,80
28×16×125			140	17,41	16,22	—	11,93

ряда даны в скобках.

ряда даны в скобках.

Для обеспечения соосности полумуфты центрируются винтами без зазора, поставленными через один, либо выступом на одном фланце и выточкой на другом (рис. 1.3, 1.5), либо промежуточными полукольцами (рис. 1.4). В этом случае при монтаже и демонтаже не требуется осевого смещения валов, но снижается точность центрирования. Для точного сопряжения валов и предотвращения их изгиба должна быть обеспечена строгая перпендикулярность торцевых поверхностей полумуфт к оси вала.

Если фланцы полумуфт жесткие и стянуты винтами, поставленными с зазором, вращающий момент передается силами трения (рис. 1.3) между торцевыми поверхностями полумуфт и расчет

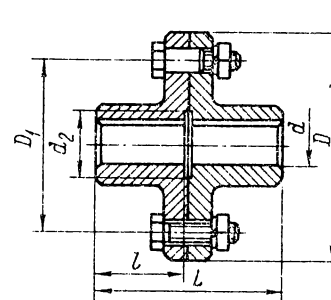


Рис. 1.2. Муфта фланцевая по ГОСТ 20761—80*

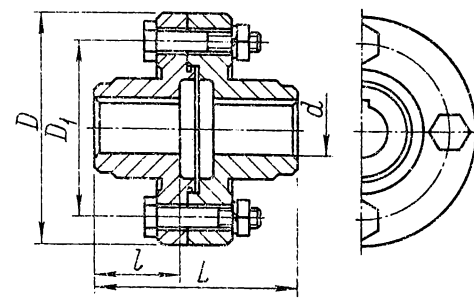


Рис. 1.3. Муфта фланцевая с центрирующим пояском

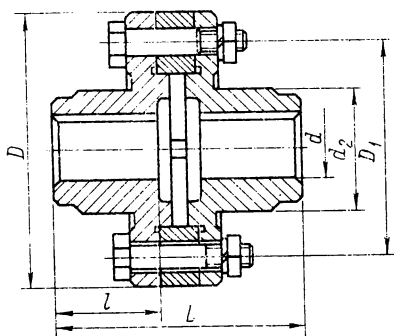


Рис. 1.4. Муфта фланцевая с центрированием промежуточными кольцами

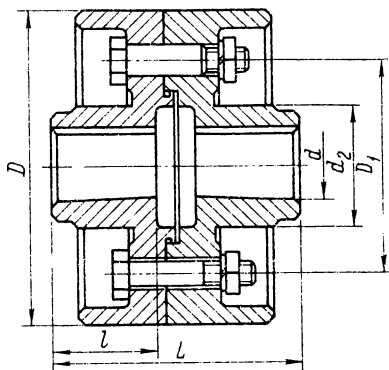


Рис. 1.5. Муфта фланцевая закрытая с центрирующим пояском

сводится к определению диаметра винтов по потребной силе затяжки

$$F = 4 \cdot 10^3 T k / [l(D + d_2) z f], \quad (1.1)$$

где T — вращающий момент, Н·м; k — коэффициент режима (табл. 1.2); D и d — диаметры, мм; z — число крепежных винтов; f — коэффициент трения.

При установке крепежных винтов без зазора вращающий момент передается силами сопротивления на сдвиг крепежных винтов и силами трения. Крепежные винты, вставленные в отверстия без зазора, рассчитывают на срез по силе среза, Н:

$$F_{ср} = 2 \cdot 10^3 T k / (D_1 z), \quad (1.2)$$

Т а б л и ц а 1.2. Значения коэффициента k , учитывающего условия эксплуатации привода [2]

Нагрузка	Группа машин	k
Постоянная с кратковременными перегрузками до 120% от номинальной	Конвейеры ленточные, станки токарные, шлифовальные, фрезерные	1,15—1,2
Переменная, с колебаниями в пределах до 150% от номинальной	Конвейеры цепные, пластинчатые, винтовые; станки деревообделочные, центробежные насосы	1,3—1,5
Со значительными колебаниями до 200% от номинальной	Конвейеры скребковые, ковшовые (элеваторы); станки металлообрабатывающие с возвратно-поступательным движением, реверсивные приводы	1,7—2,0
Ударная, достигающая 300% от номинальной	Поршневые насосы и компрессоры; прессы и молоты, дробилки, шаровые мельницы	2,5—3,0

Таблица 1.3. Размеры (мм) и параметры муфты фланцевой (рис. 1.2)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м, для муфт		d (пред. откл. по Н7)	D , не более	L , не более			
				для исполнения			
стальных	чугунных			I	II	I	II
16,0	8,0	11, 12, 14	60	30	25	63	53
		16, 18		40	28	84	60
31,5	16,0	16; 18, (19)	90	50	36	104	76
		20, 22		60	42	124	83
63,0	31,5	20, 22, (24)	100	80	58	170	120
		25, 28		110	82	230	170
125,0	63,0	25, 28	112	140	105	290	220
		30, 32, 35, 36		170	130	350	270
160,0	80,0	30, 32, 35	130	210	165	430	340
		36, (38)		250	190	480	380
250,0	125,0	32, 35, 36, (38)	140	280	220	560	440
		40, (42), 45		315	250	630	500
400,0	200,0	35, 36, (38)	150	355	280	710	560
		40, (42), 45, (48), 50		400	315	800	630
630,0	315,0	45, (48), 50, (53), 55, (56)	170	450	355	900	710
		60		500	390	980	780
1 000,0	500,0	50, (53), 55, (56)	180	560	440	1120	890
		60, 66, (65), 70, 71		630	500	1260	1000
1 600,0	800,0	60, 63, (65), 70, 71, 75	190	710	560	1420	1120
		80, 85		800	630	1600	1260
2 500,0	1 250,0	70, 71, (75)	224	890	710	1780	1420
		80, 85, 90, (95)		1000	800	2000	1580
		100		1120	900	2240	1780
4 000,0	2 000,0	80; (85), 90; (95)	250	1400	1120	2800	2240
		100, (105), 110		1580	1260	3150	2500

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м, для муфт		d (пред. откл. по Н7)	D , не более	L , не более			
				для исполнений			
стальных	чугунных			I	II	I	II
10 000,0	5 000,0	(95)	320	170	130	350	270
		100, (105), 110, (120), 125		250	200	510	410
		160		300	240	610	490
16 000,0	8 000,0	125	360	210	165	430	340
		(130), 140, (150)		250	200	510	410
		160, (170), 180		300	240	610	490
25 000,0	12 500,0	(150)	400	250	200	510	410
		160, (170), 180		300	240	610	490
		(190), 200, 210		350	280	710	570
40 000,0	20 000,0	180	515	300	240	610	490
		(190), 200, 210, 220		350	280	710	570
		240, 250		410	330	830	670

Примечание. Первый ряд является предпочтительным, значения d второго ряда даны в скобках.

где D_1 — диаметр окружности расположения крепежных винтов, мм; z — число винтов.

Если муфты дополнительно нагружаются изгибающим моментом и осевой силой значительной величины, при расчете винтов следует учитывать увеличение потребной силы затяжки, исключающей раскрытие стыка.

В муфтах, выполненных по ГОСТ 20761—80* (рис. 1.2 и табл. 1.3), центрирование полумуфт и восприятие поперечных сил осуществляются винтами, поставленными без зазора через один.

Допускаемая максимальная окружная скорость: для муфт из стали $v \leq 70$ м/с, для муфт из чугуна $v \leq 35$ м/с. Полумуфты изготавливают литьем из сталей марки 40 по ГОСТ 1050—74** или марки 35Л по ГОСТ 977—75*. Допускается изготовление полумуфт из чугуна марки СЧ20 по ГОСТ 1412—85, в этом случае

вращающий момент и окружная скорость должны быть уменьшены в два раза.

Полумуфты имеют два исполнения: I — с цилиндрическими концами валов по ГОСТ 12080—66* (рис. 1.2); II — с коническими концами валов по ГОСТ 12080—66* (рис. 1.5).

Размеры шпоночных пазов для полумуфт исполнения I выполняются по ГОСТ 23360—78*, для исполнения II с диаметрами $d < 30$ мм — по ГОСТ 23360—78*, с диаметром $d > 30$ мм — по ГОСТ 10748—79*. Предельные отклонения шпоночных пазов выполняют по ГОСТ 23360—78* и по ГОСТ 10748—79*.

Пример условного обозначения муфты: муфта фланцевая с номинальным вращающим моментом $T = 63$ Н·м, диаметром посадочного отверстия $d = 20$ мм, исполнения I, материал 1 — сталь:

Муфта фланцевая 63-20-1-1 ГОСТ 20761—80.*

1.3. Муфты продольно-разъемные

Эти муфты служат для соединения соосных валов в тихоходных передачах. Муфты выполняют из двух полумуфт, разделенных плоскостью, проходящей через ось валов. Вращающий момент передается силами трения на поверхности контакта вала с полумуфтами и шпонками. Для монтажа машины не требуется осевого перемещения валов. Недостатки — трудность балансировки, сложность конструкции и изготовления.

На рис. 1.6 и в табл. 1.4 представлена муфта по ГОСТ 23106—78* для соединения цилиндрических концов валов (ГОСТ 12080—66*). Материал полумуфт — чугун СЧ 21 по ГОСТ 1412—85.

Предельные отклонения размеров: для отверстий — H14, для валов — h14, для остальных размеров $\pm IT 15/2$.

Расчет винтов муфты выполняют из предположения, что вращающий момент полностью передается силами трения (шпонка не

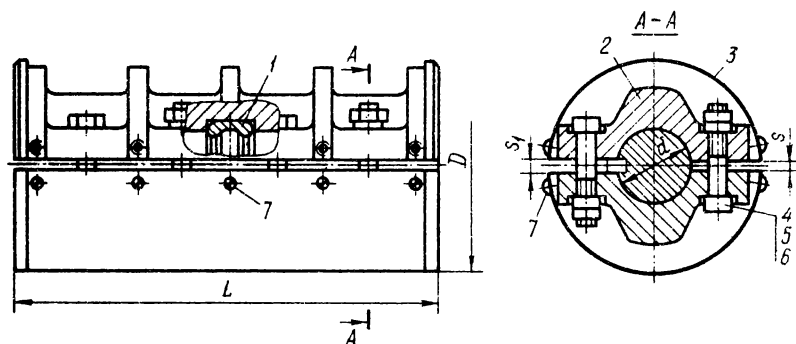


Рис. 1.6. Муфта продольно-свертная по ГОСТ 23106—78*:

1 — фиксирующие полукольца; 2 — полумуфта; 3 — полукожух; 4 — болт по ГОСТ 7796—70*; 5 — гайка по ГОСТ 5916—70*; 6 — шайба по ГОСТ 6402—70*; 7 — винт по ГОСТ 17437—81*Е

Таблица 1.4. Размеры (мм) и параметры муфты продольно-свертной (рис. 1.6)

Номинальный вращающий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d	D	Δ	s	s_1 (пред. откл. по Н9)	Частота враще- ния, об/мин, не более	Динами- ческий момент инерции, кг·м ²	Масса, кг, не более
125	25 28	90	90	2	8	250	0,002	2,37 2,04
200	(30)	105	120		10		0,004	3,79
	32							3,73
	(35)							3,70
315	(36)	110	170		12		0,006	5,31
	36 (38)							5,29 5,18
	40							5,05
500	(42)	120	220		14		0,011	6,21
	45							5,94
								5,76
800	(48) 50	140	3	16	250	0,013	6,76 6,40	
1 250	55 (56)	150		18		0,020	9,32 9,19	
	60						8,54	
							8,28	
2 000	(63)	170		20		0,045	13,15	
	(65) 70 (71)						12,61 12,28 11,51	
3 150	(75) 80	200		270		22	0,116	24,50 23,39 22,20
	(85)							
5 000	90 95	210	340	25	0,145	25,67 24,43 21,30		
8 000	100 (110)	240	410	28	100	0,228	32,55 29,71	
12 500	(120)	280		32		0,646	68,08	
	125						66,60	
	130		66,50					

Примечание. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

учитывается). Расчет сводится к определению силы затяжки одного крепежного винта по формуле

$$F = 2 \cdot 10^3 T k / (dzf), \quad (1.3)$$

где T — вращающий момент, Н·м; k — коэффициент режима (см. табл. 1.2); d — диаметр вала, мм; z — число крепежных винтов; f — коэффициент трения.

Расчет продольно-свертных муфт, учитывающий наличие шпонки, см. в работе [59].

Пример условного обозначения продольно-свертной муфты с номинальным вращающим моментом $T = 125$ Н·м, диаметром посадочных отверстий в полумуфтах под валы $d = 28$ мм, с фиксирующими полукольцами, климатического исполнения УЗ по ГОСТ 15150—69*.

Муфта продольно-свертная 125-28-1-23 ГОСТ 23106-78.*

То же, но без фиксирующих полуколец:

Муфта продольно-свертная 125-28-2-УЗ ГОСТ 23106—78.*

Глава 2

МУФТЫ ЖЕСТКИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ

К подвижным муфтам относят три типа муфт: жесткие компенсирующие, упругие и шарнирные. Подвижные муфты характеризуются относительной подвижностью деталей муфты.

1. Жесткие компенсирующие муфты предназначены для передачи вращающего момента и соединения валов с незначительными смещениями осей, обусловленные особенностями конструкции машин, неточностью изготовления и сборки, деформациями валов от эксплуатационных нагрузок, осадками фундамента и т. д. Компенсация смещений достигается за счет относительного перемещения деталей муфты.

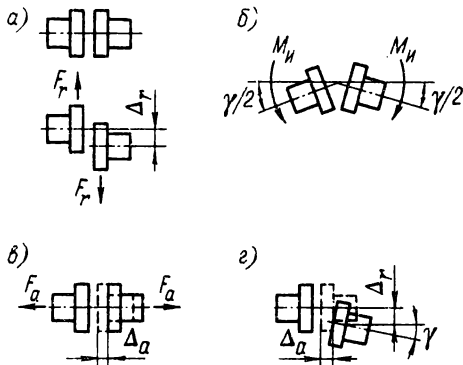


Рис. 2.1. Виды смещения осей соединяемых валов:

F_r — радиальная сила; F_a — осевая сила; M_H — изгибающий момент; Δ_r — радиальное смещение валов; γ — угловое смещение валов

Возможные смещения осей валов показаны на рис. 2.1; радиальное (а), угловое — перекося валов (б), осевое (в), комбинированное (г).

Основными видами жестких компенсирующих муфт являются зубчатые и цепные.

2. Упругие муфты так же, как и жесткие компенсирующие, допускают смещение осей валов, и дополнительно допускают относительный поворот валов на некоторый угол. Кроме компенсаций неточности относительного расположения валов они смягчают удары и гасят крутильные колебания.

3. Шарнирные муфты предназначены для передачи вращающего момента между валами с взаимным наклоном осей до $40\text{--}45^\circ$, причем угол может меняться.

К недостаткам компенсирующих муфт следует отнести обязательное появление дополнительной нагрузки на валы и опоры.

2.1. Зубчатые муфты

Зубчатые муфты обладают высокой несущей способностью и надежностью при малых габаритных размерах вследствие большого числа одновременно работающих зубьев; допускают значительную частоту вращения; окружная скорость на зубьях может составлять 25 м/с.

На рис. 2.2 (табл. 2.1) представлена конструкция муфты, допускающая передачу вращающего момента в соответствии с ГОСТ 5006—83* от 1000 до 63 000 Н·м для диаметров валов от 40 до 200 мм. Муфта состоит из двух втулок 1 с внешними зубьями и надетой на них обоймой 2 с внутренними зубьями. Обоймы стянуты винтами 3.

Муфты изготовляют трех типов: с разъемной обоймой (рис. 2.2), с промежуточным валом (рис. 2.3), с неразъемной обоймой (рис. 2.8, 2.11). Втулки муфт первого и третьего типа изготовляют с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов по ГОСТ 12080—66* (рис. 2.2, а) и с коническими отверстиями для коротких концов валов по ГОСТ 12081—72* (рис. 2.4).

Зубья втулки и обоймы выполняют в эвольвентным профилем (рис. 2.2, б) и углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ по ГОСТ 13755—81 двух норм точности: нормальной и окружной скорости (на начальной окружности зубчатого сопряжения) $v < 15$ м/с и с повышенной при $v > 15$ м/с (табл. 2.2). Зубья зубчатых венцов втулок следует изготовлять бочкообразной формы (рис. 2.2, в). При этом перекося оси каждой втулки относительно оси обоймы, возникающий в процессе эксплуатации, допускается не более $1^\circ 30'$. При угловом смещении оси втулки относительно обоймы до $15'$ можно изготовлять зубчатые венцы втулок с прямыми зубьями (рис. 2.2, г).

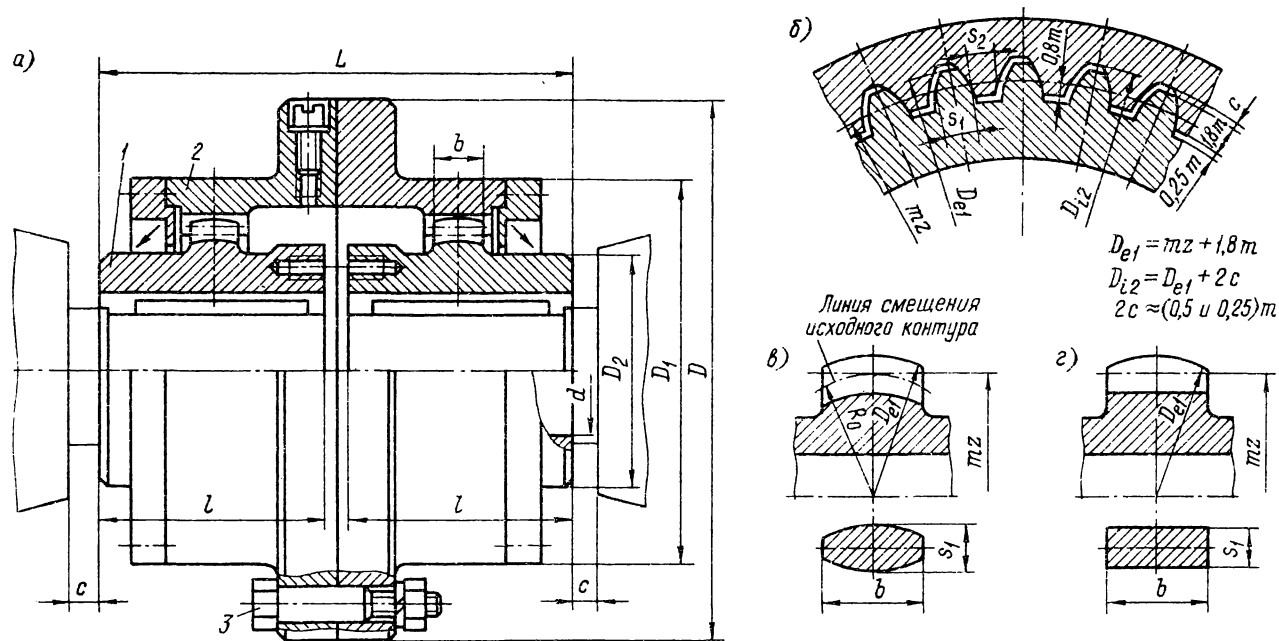


Рис. 2.2. Муфта зубчатая (ГОСТ 5006—83*) типа I, исполнения I

Таблица 2.1. Размеры (мм) и параметры зубчатой муфты по ГОСТ 5006—83* (рис. 2.2)

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d , d_1	D	D_1	D_2	l (пред- откл. по Н14)	L , не более	s , не менее	Частота враще- ния, об/мин, не более	Дина- мический момент инерции для типа 1 кг·м ² , (справ)	Масса для ти- па 1, кг, не более	Модуль	Число зубьев	Ширина зубчато- го венца штулки b , не ме- нее	Расстояние между сере- динами зуб- чатых венцов штулок муфт типов 1, 3, не более
	не более													
1000	40	145	105	60	82	174	12	5400	0,05	6,7	2,5	30	12	60
1600	55	170	125	80				4800	0,06	9,2		38	15	75
2500	60	185	135	85	105	220		4500	0,08	10,2	3,0	36	20	
4000	65	200	150	95			3720	0,15	15,2	40		125		
6300	80	230	175	115	130	270	3300	0,25	22,6	48				
10 000	100	270	200	145	165	340	2820	0,50	36,9	56		25	145	
16 000	120	300	230	175		345	25	2400	1,15	62,5	4,0	48	30	180
25 000	140	330	260	200	200	415	30	2100	2,25	100,0		56		
40 000	160	410	330	230				1740	6,00	164,3	6,0	46	35	210
63 000	200	470	390	290				1200	10,50	228,0		56	40	250

Примечания: 1. Значения размеров d и d_1 , меньшие указанных в табл. 2.1, берутся по ГОСТ 12080—66* и ГОСТ 12081—72. Предельные отклонения размеров d — по Н7, d_1 — по Н9.

2. Допускается изготавливать муфты с втулками или фланцевыми полумуфтами для длинных концов валов в соответствии с ГОСТ 12080—66* и ГОСТ 12081—72* по согласованию между потребителем и изготовителем с соблюдением требований, установленных таблицей для d , d_1 , D , D_1 , D_2 и частоты вращения.

3. Наружный диаметр муфт типа 3 должен соответствовать размеру D_1 , а параметры и другие размеры — приведенным в таблице.

4. Радиус смещения исходного контура R_0 не более 10 мм.

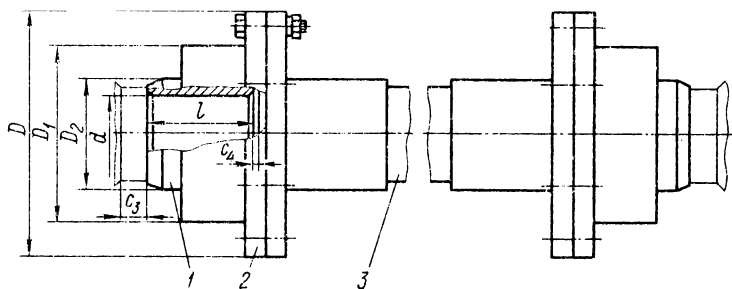


Рис. 2.3. Муфта зубчатая (ГОСТ 5006—83*) тип 2:

1 — втулка; 2 — обойма; 3 — промежуточный вал

Допускаемая комбинация радиальных Δ и угловых γ смещений для различных зубчатых муфт представлена на рис. 2.5.

Заготовки втулок и обоем делают коваными или литыми. Кованые заготовки изготавливают из стали марок: 35ХМ по ГОСТ 4543—71* или 40, 45, 50 по ГОСТ 1050—74**, а литые — из стали марок 40Л, 45Л по ГОСТ 977—75*. Твердость поверхностей зубьев втулок и обоем составляет 42—50 HRC_a. Для муфт, работающих при окружной скорости на делительном диаметре зубчатого соединения до 1 м/с, допускается твердость поверхностей зубьев 248—302 НВ.

Поковки и штамповки должны соответствовать группе II ГОСТ 8479—70* и требованиям ГОСТ 7062—79**, ГОСТ 7829—70 и ГОСТ 7505—74*. Отливки выполняют по II классу точности и требованиям ГОСТ 977—75*.

Параметры зубчатого соединения приведены в табл. 2.3. Шероховатость рабочих поверхностей зубьев посадочных и центрирующих поверхностей отверстий во фланцах обоем и фланцевых полумуфтах, фланцевых разъемов $R_a \leq 5$ мкм, а остальных обработанных поверхностей $R_z \leq 80$ мкм по ГОСТ 2789—73. Предельные отклонения размеров d выполняются по Н7, d_1 по Н9, размеры и предельные отклонения шпоночных пазов по ГОСТ 23360—78* и по ГОСТ 10748—79*. Ширина шпоночных пазов втулок с коническими отверстиями — по ГОСТ 12081—72*.

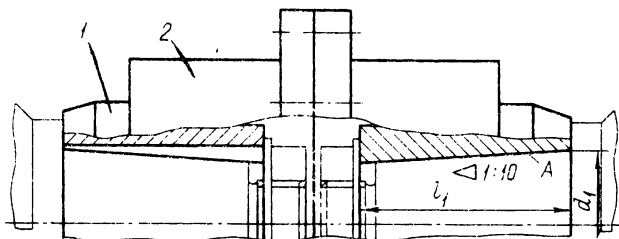


Рис. 2.4. Муфта зубчатая (ГОСТ 5006—83*) тип 1, исполнение II:

1 — втулка; 2 — обойма

Таблица 2.2. Нормы точности зубчатого соединения для муфт зубчатых по ГОСТ 5006—83*

Номинальный вращающий момент, Н·м	Предельная разность соседних окружных шагов	Допуск толщины зуба (в тело зуба)	Предельная разность соседних окружных шагов	Отклонение длины общей нормали	Допуск толщины зуба (в тело зуба)
	Точность изготовления зубчатого соединения при v на делительной окружности				
	до 15 м/с		св. 15 м/с		
1 000 1 600	0,040	0,070	0,020	0,050	—
2 500 4 000 6 300 10 000 16 000	0,045		0,025	0,060	
25 000	0,050		0,030	0,070	0,050
40 000 63 000	0,060		0,035		

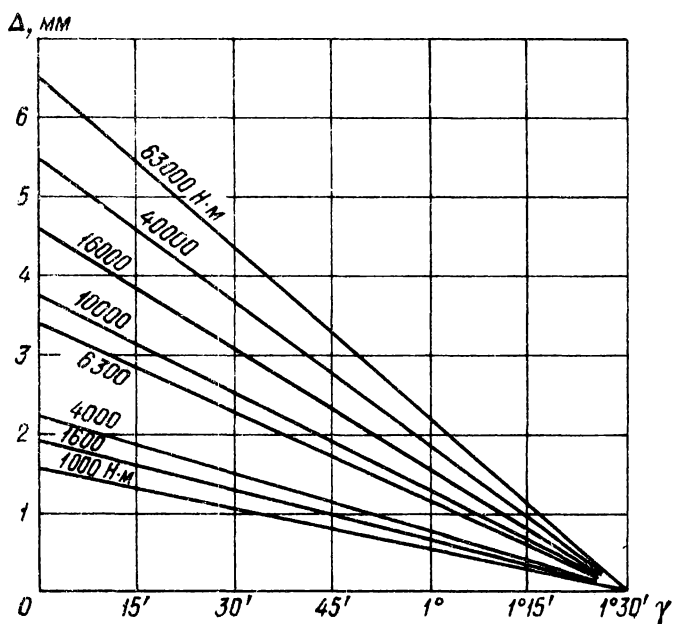


Рис. 2.5. Допускаемая комбинация радиальных и угловых смещений зубчатых муфт по ГОСТ 5006—83* для типов 1 и 3

Таблица 2.3. Параметры (мм) зубчатого соединения

Номинальный вращающий мо- мент, Н·м	Модуль	Число зубьев	Ширина зубча- того венца втул- ки b , не менее	Расстояние A между середина- ми зубчатых втул- ок муфт типов 1, 3, не более
1 000 1 600	2,5	20 38	12 15	60
2 500 4 000 6 300 10 000	3,0	36 40 48	20	75
		56	25	85 125 145
16 000 25 000	4,0	48 56	30	180
40 000 63 000	6,0	46 56	35 40	210 250
Примечание. Радиус смещения исходного контура R_0 не более $10b$.				

Допуск угла конусности поверхности A (рис. 2.3) — $AT_{\alpha} 9$ по ГОСТ 8908—81.

Для снижения потерь на трение и увеличения долговечности зубьев зубчатое соединение смазывают. Вид смазочного материала в зависимости от температурного режима следует выбирать по табл. 2.4.

Размеры и конструкция уплотнений для герметизации муфт представлены на рис. 2.6 и в табл. 2.5. Допускается применение уплотнений по ГОСТ 9833—73* и ГОСТ 8752—79*, а также другие виды уплотнений, обеспечивающие герметичность муфты.

Таблица 2.4. Вид смазочного материала для муфт зубчатых по ГОСТ 5006—83*

Температура, °С	Масло	
	основное	заменяющие
От —15 до —40	ТС-10—ОТП по ГОСТ 23652—79*	—
От —15 до +20 От +20 до +80	МТ-8П ИТП-300, ИГП-38	И-50А по ГОСТ 20799—75* с присадкой ДФ-11 (3— 5%) ИТП-300
От +80 до +120	ИПП-20	

Примечание. Примерные сроки замены масла: в новых муфтах первая замена масла производится через 100—150 ч работы; последующую замену масла производят через 2000—2500 ч работы.

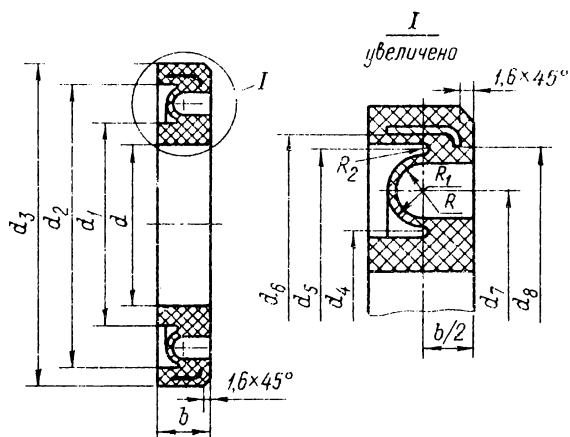


Рис. 2.6. Конструкция и размеры уплотнения, рекомендуемого для муфт зубчатых по ГОСТ 5006—83*

Для соединения фланцев зубчатых муфт следует применять крепежные винты по ГОСТ 7817—80*. Технические требования — по ГОСТ 1759—70*, класс прочности — не ниже 5-, 6-го.

Основным критерием работоспособности зубчатых муфт является износостойкость зубьев. В условиях перекоса контактирующие зубья за каждый оборот проскальзывают в осевом направлении на величину γD_g (где γ — угол перекоса между втулкой и обоймой, D_g — диаметр делительной окружности зубьев), этим объясняется повышенный износ зубьев зубчатых муфт. Вследствие сил трения между зубьями при перекосах валов муфта создает изгибающий момент, составляющий около 0,1 от вращающего.

Муфты подбирают в зависимости от расчетного момента T_p , который определяют по наибольшему действующему моменту T_n , передаваемому муфтой,

$$T_p = k_1 k_2 k_3 T_{\text{ном}} \leq T, \quad (2.1)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий степень ответственности передачи (табл. 2.6); k_2 — коэффициент, учитывающий условия работы (табл. 2.7); k_3 — коэффициент углового смещения (табл. 2.8); $T_{\text{ном}}$ — момент по таблицам ГОСТ 5006—83*.

Коэффициент ответственности передачи k_1 :

При останове машины	1,0
» аварии машины	1,2
» аварии ряда машин	1,5
» человеческих жертвал	1,8

Т а б л и ц а 2.5. Размеры (мм) уплотнений для муфты зубчатой (рис. 2.6)

Номинальный вращающий мо- мент $T_{\text{ном}}$	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6		d_8	R		R_1	b	Масса, кг
1000	55	64	80	$90^{+0,6}_{+0,3}$	65	79	82	72	78	2	3	0,5	$12 \pm 0,3$	0,15
1600	75	84	100	$110^{+0,6}_{+0,3}$	85	99	102	92	98					0,20
2500	80	90	110	$120^{+0,6}_{+0,3}$	92	108	112	100	106			1,0		0,21
4000	90	105	125	$135^{+0,6}_{+0,3}$	107	123	127	115	121					0,22
6300	100	125	149	$160^{+0,7}_{+0,3}$	127	147	152	137	146	3	4	1,0	$15 \pm 0,4$	0,31
10 000	140	151	175	$185^{+0,7}_{+0,3}$	153	173	177	163	172					0,35
16 000	170	178	206	$215^{+0,8}_{+0,4}$	181	203	208	192	204					0,40
25 000	195	207	243	$250^{+0,9}_{+0,4}$	210	240	245	225	239					4
40 000	225	245	292	$310^{+0,9}_{+0,4}$	248	288	294	268	286	6	8	2,0	$18 \pm 0,6$	0,65
63 000	280	296	344	$360^{+0,9}_{+0,4}$	300	340	346	320	340					0,80

12 Таблица 2.6. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 2.7)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	Максимально допустимый момент T , Н·м	Частота вращения, об/мин	Диаметр расточки полушпунта d		D	D_1	B	l	E	l_1	D_2	l_2		Радиальное смещение валов, мм	Масса заливаемого мас- ла, кг	Динамиче- ский момент инерции, кг·м ²	Масса муф- ты, кг
			min	max													
245	490	8500	10	32	105	74	104	50	4	80	48	90	7	±0,38	0,03	0,0035	3,0
400	800	7500	12	40	115	88	125	60	5	90	60	101	12	±0,46	0,04	0,006	4,4
710	1 420	6900	22	50	145	108	145	70	5	100	77	102	21,5	±0,51	0,10	0,03	9,5
1 400	2 800	6300	25	63	165	125	166	80	6	110	90	107	29,5	±0,52	0,15	0,06	15,5
2 500	5 000	5900	28	75	195	145	186	90	6	120	112	112	37	±0,56	0,22	0,10	21,5
4 000	8 000	5400	30	85	215	168	206	100	6	130	128	119	43,5	±0,61	0,29	0,15	28,0
5 600	11 200	5000	32	95	230	185	228	110	8	140	145	127	50,5	±0,72	0,44	0,29	41,0
8 000	16 000	4700	32	105	265	210	285	125	8	150	160	148	55	±0,82	0,55	0,38	50,0
11 200	22 400	4300	55	115	270	224	288	140	8	170	176	161	63,5	±0,89	0,79	0,68	69,0
14 000	28 000	4000	65	130	305	245	310	150	10	180	200	175	67,5	±0,96	0,90	1,08	90,0
22 400	44 800	3700	75	150	330	270	350	170	10	200	224	197	76,5	±1,13	1,23	2,00	132,0
31 500	63 000	3400	85	170	375	305	392	190	12	230	256	221	85,5	±1,26	1,90	3,80	198,0
45 000	90 000	3100	120	190	425	348	452	220	12	260	288	250	101	±1,13	1,23	2,00	132,0
63 000	126 000	2900	140	210	470	392	514	250	14	300	320	272	121	±1,41	2,40	6,50	272,0
90 000	180 000	2700	160	240	535	437	576	280	16	330	362	315	130,5	±1,61	3,70	11,70	381,0

Коэффициент условий работы муфты k_2 :

При спокойной работе равномерно нагруженных механизмов	1,0
При работе неравномерно нагруженных механизмов	1,1—1,3
При тяжелой работе с ударами неравномерно нагруженных и реверсивных механизмов	1,3—1,5

Коэффициент углового смещения k_3 :

Угол перекоса вала	0,25°	0,5°	1,0°	1,5°
Коэффициент k_3	1,0	1,25	1,50	1,75

После этого проверяют условие прочности по наибольшему кратковременно действующему моменту $T_{\max}$:

$$T_{\max} \leq 2T. \quad (2.2)$$

При необходимости более строгого учета влияния на нагрузочную способность и срок службы муфт фактических углов перекоса γ , дополнительных нагрузок на валы и опоры, возникающих вследствие несоосности соединяемых валов, а также других конструктивных факторов, необходимые сведения можно найти в работе [1].

На рис. 2.7 и в табл. 2.6 представлена муфта зубчатая фирмы «Тейк», передающая вращающий момент от 245 до 90 000 Н·м, для соединения валов диаметром от 10 до 160 мм. Центрирование обоем относительно друг друга осуществляется выступом на одной обойме и выточкой на другой. Для улучшения компенсационной способности применен бочкообразный зуб; одинарная муфта допускает угловой перекося соединяемых валов до 0,5 градуса.

Муфта зубчатая с цельной обоймой фирмы «Тейк» представлена на рис. 2.8 и в табл. 2.7. Муфта состоит из двух полумуфт (втулок) с внешними зубьями, обоймы и стопорных колец, удерживающих обойму от осевого перемещения. Муфта работает в условиях обильной смазки, прокачиваемой через муфту, и передает вращающий момент от 700 до 125 000 Н·м. Соединяет валы диаметром от 18 до 160 мм.

На рис. 2.9, а показана муфта зубчатая фирмы «Тейк», передающая вращающие моменты от 400 до 480 000 Н·м и применяемая для валов диаметром от 14 до 370 мм. Муфта состоит из двух втулок конической формы с внешними зубьями бочкообразной формы, составной обоймы с внутренними зубьями, стяжных винтов, торцевых крышек и уплотнений. Обойма центрируется по выступу торцевых крышек, которые, в свою очередь, центрируются относительно втулок, опираясь на их бочкообразную поверхность (рис. 2.9, б).

Зубья зубчатого зацепления работают в масляной ванне. Масло заливается через отверстия во втулках, через эти же отверстия проверяется величина бокового зазора между зубьями (рис. 2.9, в). Основные параметры и размеры муфты приведены в табл. 2.8.

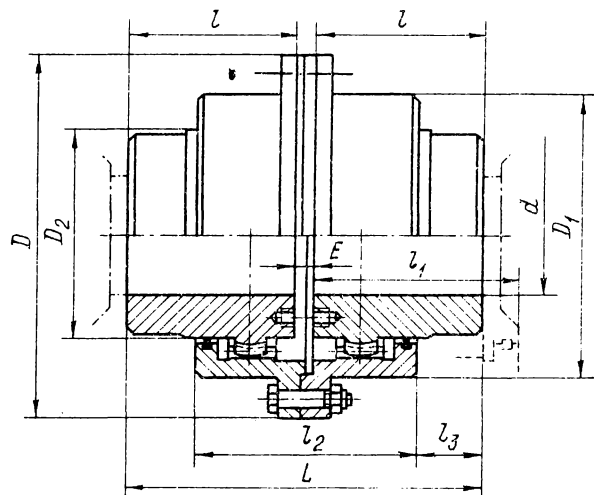


Рис. 2.7. Муфта зубчатая фирмы «Тейк» с разъемной обоймой

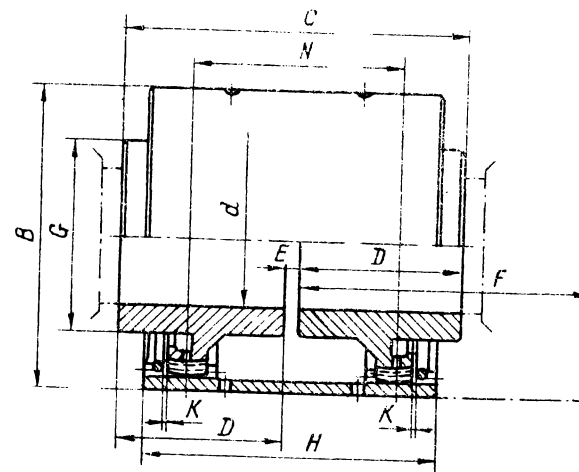


Рис. 2.8. Муфта зубчатая фирмы «Тейк» с цельной обоймой

Таблица 2.7. Размеры и параметры (мм) муфты зубчатой (рис. 2.8)

Номинальный вращающий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	Максимальный вращающий мо- мент T_s , Н·м	n , об/мин	d	E	G	D
700	1 400	40 000	18—35	84	95	45
1 000	2 000	37 500	20—40	90	105	50
1 400	2 800	35 500	22—45	102	115	55
2 000	4 000	33 500	25—50	110	125	60
2 600	5 200	30 000	28—55	118	136	65
3 550	7 100	28 000	30—60	130	146	70
5 500	11 000	25 000	32—70	146	176	85
8 000	16 000	22 400	35—80	161	196	95
11 200	22 400	20 000	40—90	177	228	110
16 000	32 000	18 000	50—100	192	248	120
22 500	45 000	16 000	60—110	212	268	130
31 500	63 000	14 000	75—125	236	310	150
45 000	90 000	12 500	90—140	262	350	170
63 000	126 000	11 200	120—160	298	392	190
90 000	180 000	10 000	140—180	330	452	220
125 000	250 000	9 000	160—200	372	494	240

E	F	G	H	K	N	Динами- ческий момент инерции, кг·м²	Масса, кг
5	75	50	77	1,5	54	0,0016	1,7
5	90	56	87	1,5	63	0,0025	2,1
5	100	63	99	1,5	69	0,0048	3,1
5	110	70	108	1,5	76	0,0071	4,0
6	115	77	115	1,5	81	0,010	5,3
6	120	88	121	1,5	87	0,016	6,7
6	135	98	145	2,0	105	0,029	9,4
6	160	112	158	2,0	116	0,049	13,7
8	175	126	177	2,0	132	0,079	18,0
8	195	140	196	2,0	148	0,124	23,0
8	210	155	214	2,5	158	0,200	31,0
10	240	175	239	2,5	180	0,350	43,0
10	265	196	268	2,5	204	0,600	61,0
12	295	225	297	3,0	226	1,140	123,0
12	340	252	342	4,0	260	1,940	123,0
14	370	280	372	4,0	284	3,460	173,0

28 Таблица 2.8. Размеры и параметры (мм) муфты зубчатой (рис. 2.9)

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	Макси- мальный вращаю- щий мо- мент T_{max} , Н·м	n , об/мин	d	A	B		D	E	F	G	Макси- мальное ради- альное смеще- ние, мм	Динами- ческий момент инерции, кг·м ²	Объем масла, л	Масса масла	Масса муфты
400	800	750	14—30	125	50	115	50	5	75	45	±1,3	0,008	0,03	0,085	5,1
710	1 420	6 900	22—40	160	60	135	60	5	90	60	±1,8	0,024	0,05	0,09	9,2
1 400	2 800	6 300	25—50	180	70	155	70	5	110	75	±2,0	0,045	0,08	0,17	13,5
2 500	5 000	5 900	28—60	210	80	178	80	6	120	90	±2,3	0,098	0,12	0,25	21,5
4 000	8 000	5 400	30—70	230	90	198	90	6	130	100	±2,6	0,16	0,15	0,35	29,0
5 600	11 200	5 000	32—80	250	100	218	100	6	150	120	±2,9	0,23	0,20	0,40	36,0
8 000	16 000	4 700	35—90	285	110	244	110	8	170	130	±3,2	0,45	0,30	0,60	53,0
11 200	22 400	4 300	55—100	295	120	264	120	8	180	140	±3,5	0,58	0,35	0,75	62,0
14 000	28 000	4 000	65—110	325	130	284	130	8	190	155	±3,8	0,98	0,50	1,0	82,0
22 400	44 800	3 700	75—125	355	150	330	150	10	215	175	±4,3	1,58	0,65	1,3	114,0
31 500	63 000	3 400	85—140	405	165	360	165	10	230	200	±4,8	2,8	0,85	1,6	160,0
45 000	90 000	3 100	120—160	455	190	416	190	12	270	230	±5,6	5,1	1,4	2,6	232,0
63 000	126 000	2 900	140—180	500	220	476	220	12	300	260	±6,4	8,7	1,8	3,3	325,0
90 000	180 000	2 700	160—200	565	245	532	245	14	340	290	±7,2	16,3	2,5	4,8	478,0
125 000	250 000	2 400	160—240	580	270	556	270	16	360	355	±8,0	20,0	2,5	5,0	530,0
160 000	320 000	2 200	180—260	645	290	598	290	18	380	390	±8,5	30,5	3,5	7,0	685,0
200 000	400 000	2 100	200—280	680	310	640	310	20	400	415	±9,0	43,0	4,0	8,0	830,0
250 000	500 000	2 000	220—310	745	340	702	340	22	440	460	±9,5	70,0	6,0	10,0	1105,0
315 000	630 000	1 900	240—330	775	360	744	360	24	470	480	±10,0	85,0	8,0	11,0	1250,0
400 000	800 000	1 800	260—350	825	380	786	380	26	500	525	±11,0	122,0	9,0	13,0	1555,0
480 000	960 000	1 700	280—370	915	390	808	390	28	520	560	±11,0	188,0	11,0	20,0	1980,0

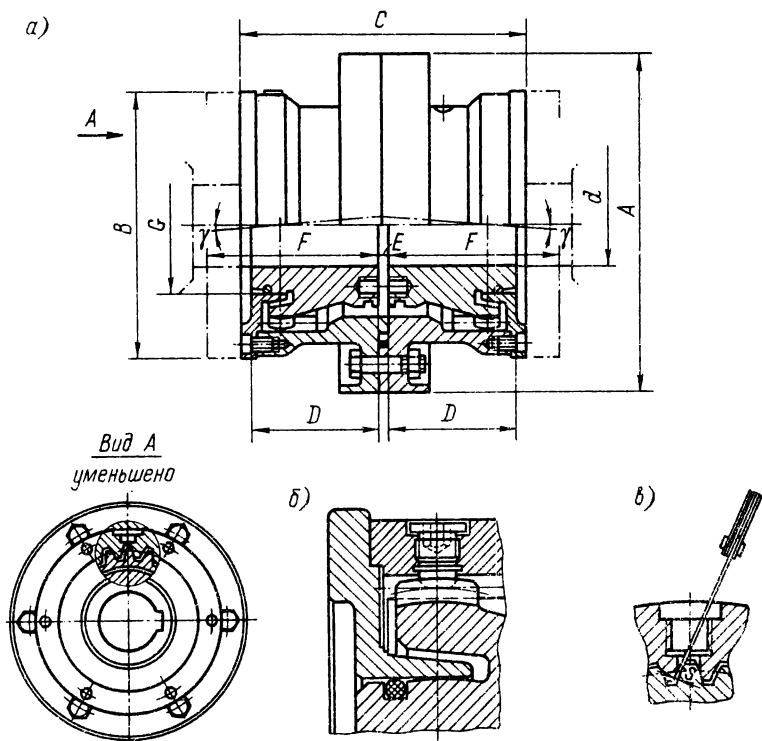


Рис. 2.9. Муфта зубчатая фирмы «Тейк»

На рис. 2.10 и в табл. 2.9 представлена муфта фирмы «Куплунгс-техник», имеющая стальные зубчатые венцы и пластмассовую обойму. Она выпускается в двух исполнениях.

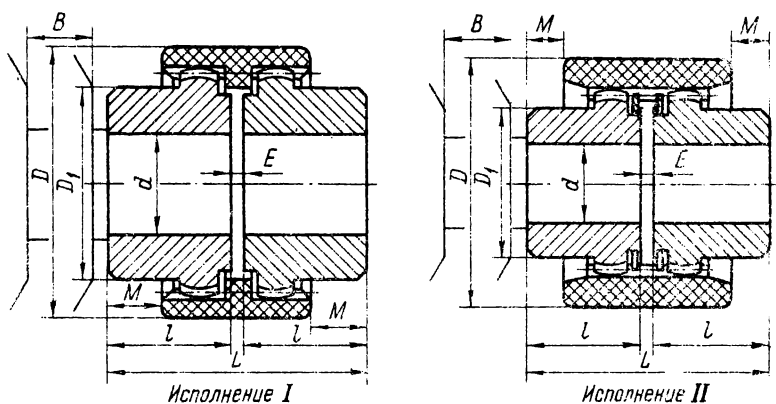


Рис. 2.10. Муфта зубчатая фирмы «Куплунгс-техник»

Испол- ние	Типо- размер	Вращающий момент T Н·м		Частота враще- ния, об/мин	B	I	F	L	M	D_1	D	Диаметр d расточки под вал		Макси- мальное ради- альное смеще- ние, мм	Динами- ческий момент инерции, кг·м ²	Масса, кг	
		min	max									min	max				
I	14	10	20	14 000	15	23	4	50	6,5	25	40	4	14	±0,3	1,0	0,175	
	19	16	32	14 000	16	25	4	54	8,5	32	48	8	19		1,86	0,226	
	24	20	40	10 600	17	26	4	56	7,5	36	52	10	24	±0,4	3,68	0,316	
	28	45	90	8 500	20	40	4	84	19	44	66	10	28		12,39	0,739	
	32	60	120	7 500	20	40	4	84	18	50	76	12	32		21,88	0,950	
	38	80	160	6 700	20	40	4	84	18	58	83	14	38		34,75	1,220	
	42	100	200	6 000	22	42	4	88	19	65	92	20	42		57,12	1,490	
	48	140	280	5 600	22	50	4	104	27	68	100	20	48	73,36	1,810		
	65	380	760	4 000	32	70	4	144	36	96	140	25	65	±0,6	394,20	5,180	
	II	80	700	1400	3 150	45	90	6	186	46,5	124	175	30	80	±0,7	1 482,00	11,500
100		1200	2400	3 000	45	110	8	228	63	152	210	40	100	±0,8	3 844,00	20,500	
125		2500	5000	2 120	55	140	10	290	78	192	270	50	125	±1,1	13 150,00	42,800	
Примечание: Максимальное осевое смещение валов ±1 мм; максимальное угловое смещение валов ±1°																	

Т а б л и ц а 2.10. Размеры (мм) муфты зубчатой эластичной по
ТУ-2-4790010-1—86

Обозначение	Диаметр валов		L	D	Масса, кг
	$d_{\min}$	$d_{\max}$	не более		
МЗЭ 100	20	28	99	96	1,66
МЗЭ 110	20	28	99	96	1,63
МЗЭ 111	30	38	99	96	1,68
МЗЭ 120	20	28	109	96	1,61
МЗЭ 121	30	38	109	96	1,66
МЗЭ 230	20	28	129	106	2,4
МЗЭ 231	30	38	129	106	2,42
МЗЭ 241	30	38	129	106	2,41

Благодаря сочетанию трущихся пар сталь—пластмасса муфта не требует смазки и отличается быстроходностью. Муфта допускает осевое смещение валов ± 1 мм, радиальное смещение от 0,3 до 1,1 мм (большие значения — для больших типоразмеров муфт) и угловое смещение венца относительно обоймы $\pm 1^\circ$.

В табл. 2.10 приведены некоторые параметры муфты (рис. 2.10), разработанной Симферопольским ГСКТПБ ПО «Пневмотока». Муфты предназначены для соединения валов электродвигателей и насосов. Номинальный вращающий момент, передаваемый муфтой, — от 80 до 100 Н·м, частота вращения 1500 об/мин, допустимое угловое смещение соединяемых валов до 2° , радиальное смещение соединяемых валов не более 1 мм.

2.2. Муфты с промежуточным подвижным элементом

На рис. 2.11 и в табл. 2.11 представлена конструкция и размеры муфты кулачково-дисковой по ГОСТ 20720—81*. Муфта состоит из двух полумуфт 1 и 3 с пазами и промежуточного диска 2 с торцевыми кулачками, входящими в пазы на полумуфтах. Перпендикулярное расположение кулачков и наличие зазоров позволяет компенсировать радиальное и угловое смещения валов.

Передача вращающего момента осуществляется кулачками диска, которые при смещенных валах скользят по боковым поверхностям пазов. Скольжение выступов в пазах сопровождается их износом, интенсивность которого возрастает с увеличением несоосности и частоты вращения. Эти муфты не следует использовать при переменном направлении вращения из-за наличия зазоров. Для уменьшения износа применяют смазку. Применяется масло цилиндровое 52 (Вапор) ГОСТ 6411—76* с добавлением 1—2% олеиновой технической кислоты. Для удержания масла в муфте применяют резиновые уплотнения 4 и паронитовые про-

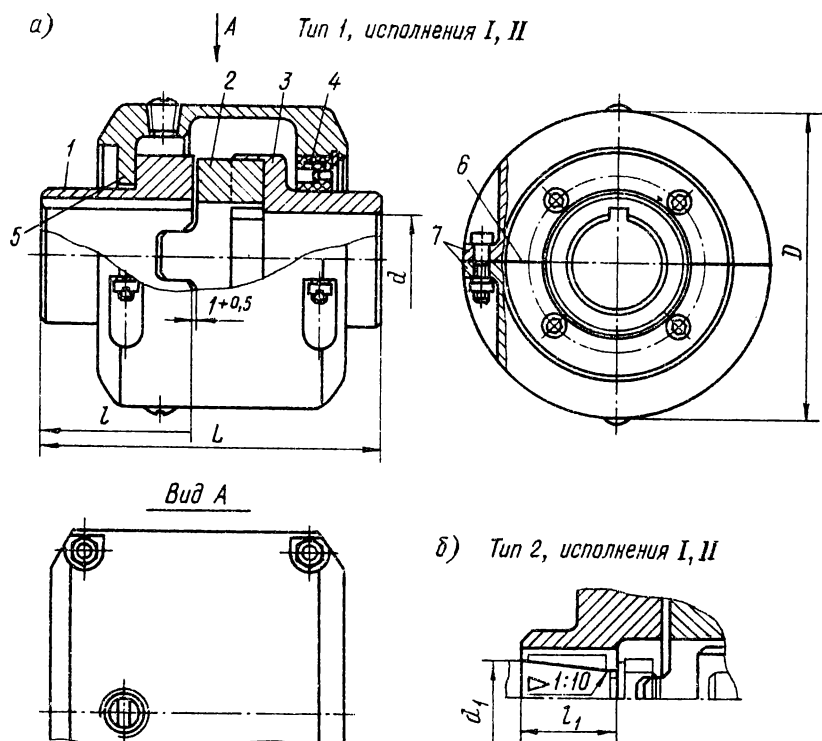


Рис. 2.11. Муфта кулачково-дисковая по ГОСТ 20720—81*

кладки 5 и 6. Муфту закрывают двумя полукожухами 7, которые стягиваются винтами.

Муфты по ГОСТ 20720—81* передают вращающие моменты от 16 до 16 000 Н·м с максимальной частотой вращения 2 с^{-1} при угловом смещении осей валов до $30'$. Предусмотрено два типа полу-муфт: 1 — с цилиндрическим отверстием (ГОСТ 12080—66*), — (рис. 2.11, а); 2 — с коническим отверстием (ГОСТ 12081—72*), — (рис. 2.11, б). Каждый тип полумуфты имеет два исполнения: на длинные концы валов, на короткие концы валов. Полумуфты выполняют из стали 45 (ГОСТ 1050—74**), диск — из стали 40Х (ГОСТ 4543—71*), кожух — из алюминия марки АЛ4 (ГОСТ 2685—75*); для прокладок применяют картон прокладочный марки А (ГОСТ 9347—74*).

Проверка размеров муфты сводится к определению максимального давления p на рабочих поверхностях. Приближенно [59]

$$p = \frac{8T_{\text{н}}}{D_1^2 h} \leq [p], \quad (2.3)$$

где $T_{\text{ном}}$ — номинальный вращающий момент, передаваемый муфтой, Н·мм; D_1 — наружный диаметр муфты, мм; h — рабочая

Т а б л и ц а 2.11. Параметры и размеры (мм) муфты кулачково-дисковой по ГОСТ 20720—81* (рис. 2.11)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$ Н·м	d	d_1	d	d_1	D , не более	L , не более		l		l_1		Радиальное смещение осей валов, не более	Масса, кг, не более
	Пред. откл.					Тип							
	H7	H9	H7	H9		1; 2		1		2			
	1-я ряд		2-я ряд			Исполнение							
	I	II	I	II		I	II	I	II				
16	16 18	— —	100	140	—	75	—	28	—	18	0,6	1,38 1,36	
31,5	16 18	— —			—	75	—	28	—	18		1,57 1,54 1,52	
	20 22	— —			—	90	—	36	—	24		1,48 1,44	
63,0	20 22 —	— — 24			—	90	—	36	—	24	1,0	1,30 1,28 1,24	
	25 28	— —			—	105	—	42	—	26		1,29 1,22	
125	25 28	— —			140	185	140	80	58	60		38	1,6
	30 32 35 36	— — — —	245	190		110	82	84	56	6,90 7,40 7,20 7,10			
	250	32 35 36 —	— — — 38	170		185	140	80	58	60	38	2,0	10,90 10,65 10,60 10,45
		40 — 45	— — —			245	190	110	82	84	56		11,10 10,90 10,45
400	—	38	170		245	190	110	82	84	56	2,0		11,00
	40 — 45 — 50 —	— — — 48 — 53			245	190	110	82	84	56			11,70 11,45 11,10 10,65 10,45 10,20

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	d	d_1	d	d_1	D , не более	L , не более		l		l_1		Радиальное смещение осей валов, не более	Масса, кг, не более
	Пред. откл.					Тип							
	H7	H9	H7	H9		1; 2		1		2			
	Исполнение						I		II				
	1-й ряд					2-й ряд	I	II	I	II	I		
630	45 — 50 — 55 —	— 48 — 53 — 56			210	245	190	110	82	84	56	2,0	31,00 30,50 31,70 29,60 29,00 28,80
	60 63	— —				305	235	140	105	107	72		31,20 30,55
1 000	50 — 55 —	— 53 — 56			210	245	190	110	82	84	56	2,6	31,70 29,60 29,00 28,80
	60 63 — 70 71	— — 65 — —				305	235	140	105	107	72		31,20 30,55 30,15 28,90 28,65
1 600	60 63 — 70 71 —	— — 65 — — 75			250							3,0	48,75 47,46 48,35 47,20 47,00 39,90
	80 —	— 85				360	280	170	130	132	92		42,00 41,25
2 500	70 71 —	— — 75			290	305	235	140	105	107	72	3,6	53,38 52,95 51,95
	80 — 90	— 85 — 95				360	280	170	130	132	92		56,60 55,76 52,95 51,00

Номинальный вращающий момент, $T_{\text{ном}}$, Н·м	d	d_1	d	d_1	D , не более	L , не более		I		I_1		Радиальное смещение осей валов, не более	Масса, кг, не более	
	Пред. откл.					Тип								
	H7	H9	H7	H9		1; 2		1		2				
	Исполнение													
	1-й ряд	2-й ряд	I	II		I	II	I	II					
2 500	100	—			290	440	350	210	165	167	122	3,6	55,28	
4 000	80 — 90 —	— — 85 95	310			360	280	170	130	132	92		56,60 55,70 52,95 51,00	
	100 — 110	— — 105 —											55,30 53,22 52,88	
6 300	100 — 110 — 125 — 140	— — 105 120 130 —	350			440	350	210	165	167	122		125,48 123,46 121,40 115,45 122,50 112,50 114,20	
10 000	110 — 125	— — 120 —	350										121,60 115,45 112,20	
	— — 140	130 —				550	450	250	200	202	152		122,50 114,20	
16 000	125 — 140 —	— — 130 150	390			440	350	210	165	167	122		203,55	
						550	450	250	200	202	152		199,90 205,50 198,15	

Примечание. Первый ряд является предпочтительным.

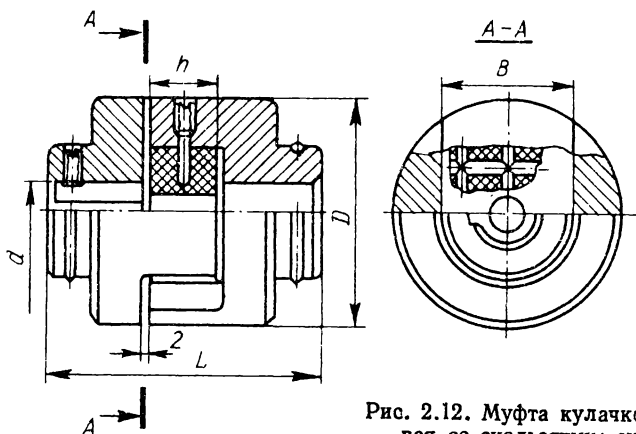


Рис. 2.12. Муфта кулачково-дисковая со скользящим сухарем

высота кулачка, мм; $[p]$ — допускаемое давление на рабочих поверхностях, МПа.

Для незакаленных сталей и чугунных поверхностей $[p] = 10 \div 15$ МПа. Для закаленных рабочих поверхностей $[p] = 15 \div 30$ МПа.

Коэффициент полезного действия при малых радиальных смещениях валов ($e/D \leq 0,04$)

Т а б л и ц а 2.12. Параметры и размеры (мм) муфты кулачково-дисковой (рис. 2.12)

Допустимый вращающий момент T , Н·м	d	D	L	b	Δ	Допустимая частота вра- щения n , об/мин
17	16	70	85	40	20	8200
30	18	70	84	40	20	8200
40	20	80	104	50	20	7000
50	22	80	104	50	20	7000
80	25	100	124	60	20	5700
110	28	100	124	60	20	5700
130	30	120	149	70	25	4700
160	32	120	149	70	25	4700
210	35	120	149	70	30	4700
320	40	150	184	80	30	3800
450	45	150	184	80	40	3800
500	50	180	224	100	40	3200
665	55	180	224	100	50	3200
865	60	220	254	120	50	2600
1100	65	220	254	120	50	2600
1370	70	250	274	140	50	2200
1690	75	250	274	140	50	2200
2040	80	290	304	160	60	1800
2450	85	290	304	160	60	1800
2910	90	330	344	160	60	1700

$$\eta \approx (1 \div 10) f e / D_1, \quad (2.4)$$

где f — коэффициент трения, равный 0,12—0,25; e — эксцентриситет, мм.

На рис. 2.12 и табл. 2.12 представлена конструкция и размеры муфты УЗТМ с промежуточным сухарем в форме параллелепипеда. Материал сухаря — текстолит, что уменьшает массу муфты. Для подвода смазочного материала к трущимся поверхностям в сухаре сделаны отверстия. Вследствие сил трения и отставания сухаря от центрального положения муфты передают на валы значительные радиальные силы до $(0,2 \div 0,4) F_t$ (F_t — окружная сила на среднем диаметре). Максимальное давление p на рабочих поверхностях

$$p \approx 6T/(hb^2) \leq [p], \quad (2.5)$$

где $[p]$ — допустимое давление (для текстолита 8—10 МПа). Размеры сухаря приведены на рис. 2.12.

2.3. Цепные муфты

Эти муфты отличает возможность использования серийно изготавливаемых цепей, небольшие габаритные размеры, простота монтажа без осевых смещений соединяемых валов, способность компенсировать радиальные и угловые смещения валов за счет взаимных перемещений деталей муфты и наличия зазоров. Из-за наличия в цепных муфтах значительных зазоров их не применяют в реверсивных приводах и приводах с большими динамическими нагрузками.

Широко распространены однорядные цепные муфты с однорядной роликовой цепью. Однако муфты с двухрядной роликовой цепью обладают большей компенсирующей способностью. Основной причиной отказа муфт является повышенный люфт при вращении, вызванный изнашиванием зубьев звездочек и деталей цепи.

На рис. 2.13 представлена цепная муфта по ГОСТ 20742—81*, состоящая из двух одинаковых звездочек, соединенных однорядной роликовой цепью по ГОСТ 13568—75* и кожуха. Разъемный кожух ее защищает от загрязнения смазочный материал и обеспечивает удержание последнего.

Муфты передают вращающий момент от 63 до 8000 Н·м. Основные размеры и параметры муфты представлены в табл. 2.13.

Полумуфты изготавливают четырех типов: с цилиндрическим отверстием на концы валов (ГОСТ 12080—72); с коническим отверстием на концы валов (ГОСТ 12081—72*) — рис. 2.14, а; с отверстием на валы с эвольвентными шлицами (ГОСТ 6033—80*) — рис. 2.14, б; с отверстием на валы с прямобочными шлицами (ГОСТ 1139—80) — рис. 2.14, в. Полумуфты первых двух типов

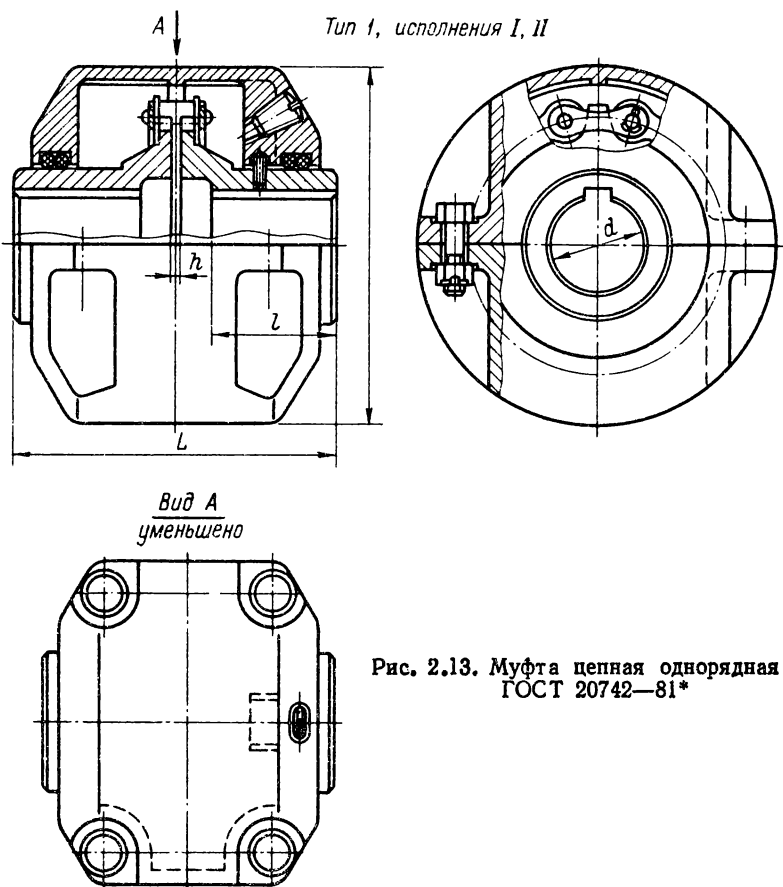


Рис. 2.13. Муфта цепная однорядная по ГОСТ 20742—81*

изготавливают двух исполнений: на длинные концы валов, на короткие концы валов.

Полумуфты изготавливают из сталей марки 45 по ГОСТ 1050—74** или марки 45Л по ГОСТ 977—75* при твердости 40—45 HRC_B. Размеры и предельные отклонения профиля зубьев полумуфт — по ГОСТ 591—69*, точность размеров выдерживают по 2-му классу.

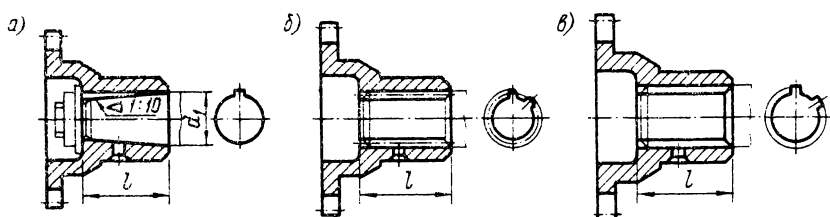


Рис. 2.14. Полумуфты цепной однорядной муфты по ГОСТ 20742—81*

Т а б л и ц а 2.13. Размеры (мм) и параметры муфты цепной однорядной (рис. 2.13)

Номинальный вращающий момент $T_{\text{ном}}$, Н·м	d	d_1	D , не более	L , не более				l , не более				Радикальное смещение осей валов, не более	Частота вращения, об/мин	Цепь по ГОСТ 13568—75*	Число звеньев цепи (число зубьев полумуфты)	b	Масса, кг, не более	
	Пред.			Тип														
				1		2		3, 4	1		2							3, 4
	Исполнение				Исполнение													
	Н7	Н9		I	II	I	II		I	II	I							
63	20, 22, 24	110	—	102	108	80	102	—	36	39	25	36	0,15	1620	ПР-19,50-3180	12	1,3	3,30
	25, 28		—	122	128	92	122	—	42	45	27	42						
125	25, 28	125	—				—						0,20	1380	ПР-25,4-6000	10	1,8	3,85
	30 32 35, 36		206	162	168	124	162	80	58	61	39	58						4,10
250	32, 35, 36, (38)	140											1200			12		4,20
	40, (42), 45																	4,85
500	40, (42) 45, (48), 50 (53), 55, (56)	200	278	222	228	172	222	110	82	85	57	82	0,40	1020	ПР-31,75-8850	14	2,0	12,85
																		13,40
1000	50 (53), 55, (56)	210	280	224	230	174	224	140	82	85	57	82	780	ПР-38,1-12700		12	3,5	13,45
	60 63, (65), 70 71		354	284	290	220	284		105	108	73	105						14,70
														ПР-50,8-22680				19,85
																		19,50
																		18,85

Номинальный вращающий момент <i>T</i> _{ном} , Н·м	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>D</i> , не более	<i>L</i> , не более				<i>L</i> , не более				Радиальное смещение осей валов, не более	Частота вращения, об/мин	Цепь по ГОСТ 13568—75*	Число звеньев цепи (число зубьев полумуфты)	<i>h</i>	Масса, кг, не более	
	Пред. откл.			Тип														
				1		2		3, 4	1		2							3, 4
	Исполнение				Исполнение													
	H7	H9		I	II	I	II		I	II	I							
2000	63, (65), 70, 71 (75) 80, 85 90	280	354	284	290	220	284	140	105	108	73	105	0,6	720	ПР-50,8-22680	12	3,8	30,85 28,60 38,95 44,50
4000	80, (85) 90 (95) 100 (105), 110	310	424	344	352	272	344	170	130	134	94	130						0,7
			514	424	432	342	424	210	165	169	124	165	16	55,00 71,45 78,90 85,60 89,45				
8000	100, (105), 110 (120) 125 (130) 140	350	604	504	512	408	504	250	200	204	154	200						

Примечания. 1. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.
2. Угловое смещение осей валов 1°.

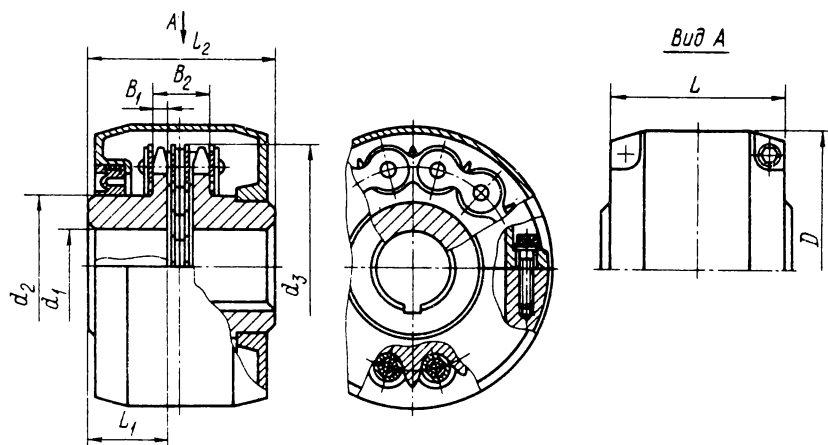


Рис. 2.15. Муфта цепная двухрядная

При номинальном вращающем моменте до 1000 Н·м и частоте вращения до 10 с⁻¹ допускают применение муфт без кожухов; точность размеров зубьев полумуфт устанавливают по 3-му классу (ГОСТ 591—69*), размер d (см. рис. 2.13) — по Н9.

На рис. 2.15 представлена конструкция двухрядной цепной муфты фирмы «Крофтс», допускающей угловое смещение осей соединяемых валов до 2° и радиальное смещение до 1 мм. В табл. 2.14 даны основные размеры муфты, а на рис. 2.16 представлена диаграмма для подбора размера муфты по мощности и частоте вращения.

Т а б л и ц а 2.14. Размеры (мм) и параметры муфты цепной двухрядной (рис. 2.15)

Обозначение	Максимальный вращающий момент T , Н·м	d_{1min}	d_{1max}	d_2	d_3	l_1	l_2	B_1	B_2	D	Δ
2192-10	36	10	16	25	40	25	55	5,2	15,4	52	54
2192-12	48	12	20	32	46	25	55	5,2	15,4	57	54
2192-16	73	12	20	32	58	25	55	5,2	15,4	68	54
1603-12	121	16	25	40	61	32	71	7	20,9	75	70
1603-16	193	16	32	50	77	32	71	7	20,9	90	70
1623-14	272	16	32	50	86	42	92	8,7	25,3	100	91
1642-14	394	20	40	63	102	46	102	10,5	30	120	100
1666-12	810	25	50	80	122	62	140,4	15,4	47,2	140	138
1666-16	1360	25	50	80	154	62	140,4	15,4	47,2	174	138
1666-20	1860	32	63	100	186	63	142,4	15,4	47,2	210	212
1702-14	4080	40	80	125	207	95	215,4	27,9	71,2	210	212
1702-18	6160	40	80	125	255	95	215,4	22,9	71,2	280	212
1702-24	9310	50	100	160	328	100	225,4	22,9	71,2	353	214

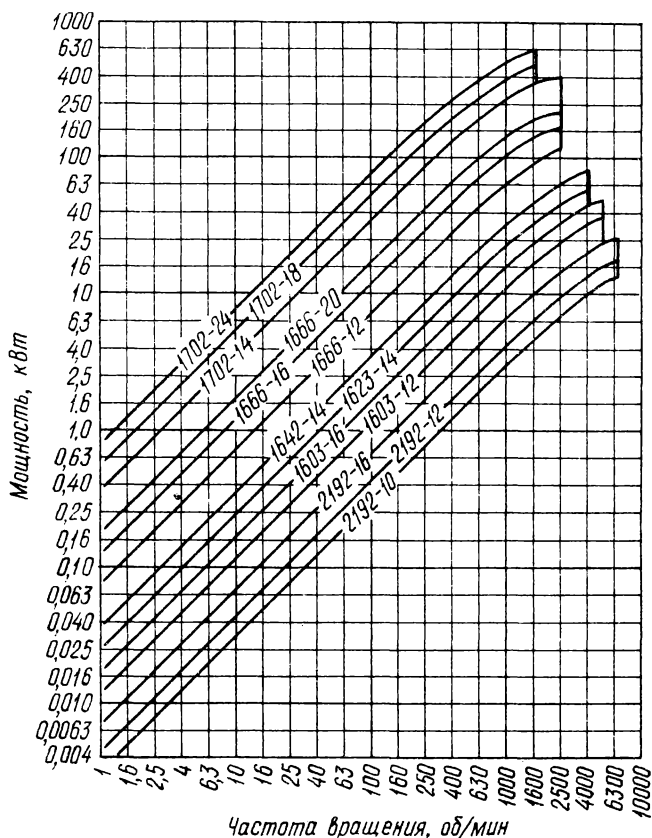


Рис. 2.16. Диаграмма для выбора размера цепной двухрядной муфты

2.4. Дисковые муфты

Муфты пальцевые с металлическими дисками или серьгами (полужесткие муфты) в конструктивном отношении просты и не требуют ухода в процессе эксплуатации. Одна муфта компенсирует только угловое смещение валов.

На рис. 2.17 и табл. 2.15 представлен вариант исполнения полужесткой дисковой муфты по ГОСТ 26455—85. Муфта состоит из одинаковых полумуфт 1 и 5 и пакета плоских металлических дисков 3. Болтами 8 и гайками 6 диски притягиваются через шайбы 7 к полумуфте 1, а болтами 4 и гайками 2 — к полумуфте 5. Болты 8 и 4 расположены через один по окружности диска. Диски 3 термически обработаны. Муфта предназначена для передачи вращающего момента от 40 до 6300 Н·м и компенсации угло-

Т а б л и ц а 2.15. Размеры (мм) и основные параметры муфты дисковой полужесткой (рис. 2.18)

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d (пред. откл. по Н7, Н9)	D , не более	l (пред. откл. по h14)		Δ , не более		Δ_1 , не более		Частота враще- ния, об/мин, не более	Допускаемое смещение осей валов для типа I, не более		Масса, кг, не более, для типа					
										осе- вое	угловое	1		2			
			Исполнение									Исполнение					
			I	II	I	II	I	II				I	II	I	II	I	II
40	11 12, 14	80	23 30	20 25	56 70	50 60	196 210	190 200	12 000	0,5	0° 45'	0,9	0,8	1,7	1,5		
	16, 18, (19) 20, 22, (24)		40 50	28 36	90 110	66 82	230 250	206 222						2,1	1,8		
63	18, (19) 20	95	40	28	90	66	230	206	10 800			1,4	1,3	2,8	2,0		
	22, (24) 25, 28		50	36	110	82	250	222				1,6	1,4	3,2	3,0		
			60	42	130	94	270	234									
100	20, 22, (24) 25, 28 (30), 32 (35), 63	105	50 60	36 42	110 130	82 94	250 270	222 234	9 900			1,8 2,0 2,3 3,0	1,7 1,8 2,1 2,5	3,5 4,0 4,5 5,5	3,1 3,7 4,1 5,0		
	80		58	170	126	310	266										
160	(24)	125	50	36	112	84	294	266	8 700			1,0	2,3	2,2	4,3	4,5	
	25 28		60	42	132	96	314	278					3,0	2,5	5,8	5,3	
	(30), 32		80	58	172	128	354	310					3,3	2,8	6,7	6,1	
	(35), 36, (38)																

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент, $T_{ном}$, Н·м	d (пред. откл. по Н7, Н9)	D , не более	i (пред. откл. по h14)		не более		L_1 , не более		Частота враще- ния, об/мин, не более	Допускаемое смещение осей валов для типа I, не более		Масса, кг, не более, для типа					
											осе- вое	угловое	1		2		
			Исполнение										Исполнение				
			I	II	I	II	I	II				I	II	I	II		
250	28	135	60	42	132	96	314	278	10 800	1,0	1°	3,1	3,2	6,8	6,6		
	(30), 32 (35), 36, (38)		80	58	172	128	354	310				3,5 4,2	3,3 3,7	7,4 8,5	7,5 8,4		
	40, (42), 45		110	82	232	176	414	358				6,7	5,7	12,5	12,0		
400	32 (35), 36, (38)	145	80	58	174	130	358	314	7 200			4,0 4,6	3,7 4,2	8,1 9,3	7,8 8,7		
	40, (42) 45, (48), (52)		110	82	234	178	418	362				5,7 6,9	4,9 5,8	10,6 13,6	9,7 12,8		
630	38	170	80	58	174	130	418	374	6 000			7,7	6,0	15,5	13,2		
	(40), 42 45, (48) 50, (52), 55, (56)		110	82	234	178	478	422				8,4 9,0	7,2 7,9	17,0 18,2	15,6 17,0		
	60, (63)		140	105	294	224	538	468				11,9	9,9	22,5	20,2		
1000	45, (48), 50 (52), 55, (56)	180	110	82	235	179	480	424				8,5 8,9	7,5 7,9	17,3 17,8	15,5 16,2		
	67, (63), (65) 70, (71)		140	105	295	225	540	470				12,2 13,1	10,3 10,8	22,5 24,1	20,0 21,0		

Продолжение табл. 2.15

Номинальный вращающий момент, Т _{ном} , Н·м	d (пред. откл. по Н7, Н9)	D, не более	I (пред. откл. по h14)		L, не более		L ₁ , не более		Частота враще- ния, об/мин не более	Допускаемое смещение осей валов для типа 1, не более		Масса, кг, не более, для типа:			
			Исполнение							осе- вое	угловое	1	2		
												Исполнение			
			I	II	I	II	I	II		I	II	I	II	I	II
1600	(52), 55, (56)	200	110	82	235	179	480	424	5 580	1,5	1°	10,6	10,3	22,8	22,0
	60, (63), (65) 70, (71), (75)		140	105	295	225	540	470				14,9 17,3	12,8 14,5	28,3 32,5	26,3 29,5
	80, (85)		170	130	355	275	600	520				22,5	18,6	39,7	35,7
2500	60, (63), (65) 70, (71), (75)		140	105	300	230	550	480	5 280			16,2 17,7	14,2 14,7	30,9 32,2	28,9 30,3
	80, (85) 90, (95)		170	130	360	280	610	530				24,2 28,0	20,2 23,0	42,8 49,1	38,9 44,2
4000	70, (71), (75)	260	140	105	303	233	556	486	4 500			24,7	24,0	48,8	45,1
	80, (85) 90, (95)		170	130	363	283	616	536				32,4 37,7	28,2 31,2	58,6 66,3	52,9 59,5
	100, 110		210	165	443	353	696	606				45,5	39,0	77,1	70,2
6300	(85)	300	170	130	367	287	624	544	3 720			39,3	35,8	73,8	70,8
	90, (95) 100		210	165	447	357	704	614				42,1	42,9	84,5	74,0
	110, (120), 125		250	200	527	427	784	684				50,5	46,3	86,3	83,0
	(130)		250	200	527	427	784	684				69,6	58,1	109,5	100,0

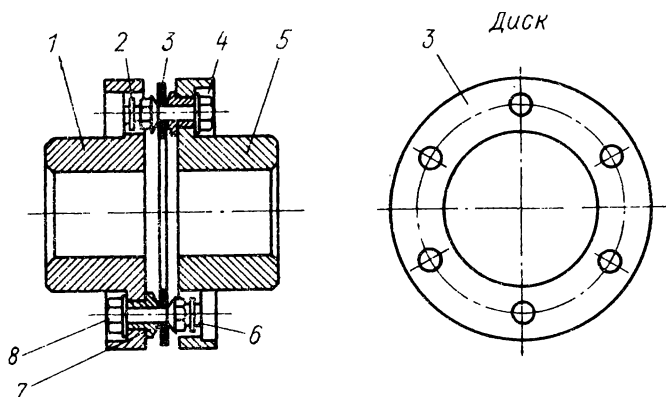


Рис. 2.17 Муфта дисковая полужесткая по ГОСТ 26455—85

вых смещений осей валов. Предусмотрено три исполнения муфты: одинарная (рис. 2.18, а), двоянная с промежуточной втулкой (рис. 2.18, б), двоянная с промежуточным валом (рис. 2.18, в).

Полумуфты имеют исполнение на длинные концы валов по ГОСТ 12080—66. Радиальное смещение валов, соединяемых муфтами (рис. 2.18, б и в) определяют по формуле $\Delta = L_0 \sin \gamma$, где L_0 — расстояние между пакетами дисков; γ — угловое смещение валов одинарной муфты.

На рис. 2.19 и табл. 2.16 представлены конструкция и размеры пакета гибких дисков, изготавливаемых из пружинной и коррозионно-стойкой стали по ГОСТ 2283—79* и ГОСТ 4986—79*.

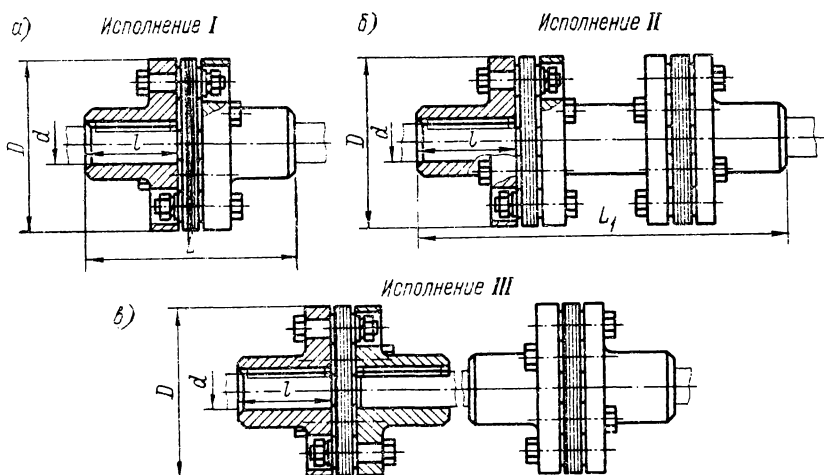


Рис 2.18. Варианты исполнения муфты дисковой полужесткой по ГОСТ 26455—85

Т а б л и ц а 2.16. Размеры (мм) пакета гибких дисков
(рис. 2.19)

Т, Н·м	D, не более	D ₁	D ₂ , не менее	H	b	d	Число отверстий n	
				не более				
40	80	60	40	4	0,30	12	4	
63	95	75	50			14		
100	105	80	55					
160	125	100	70	5	0,35		6	
250	135	105	75			16		
400	145	112	80	6		18		
630	170	135	95			20		
1000	180	145	100	8				
1600	200	160	105	9	0,40	24		
2500	235	175	125	10	0,45	27		
4000	260	205	135	12	0,55	31		
6300	300	240	160	14		37		

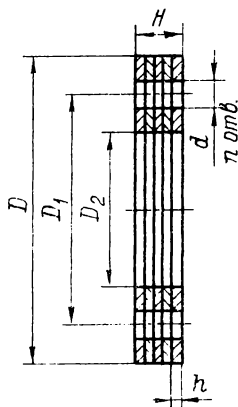


Рис. 2.19. Конструкция гибких дисков муфты по ГОСТ 26455—85

2.5. Полуэсткие дисковые муфты

В двоянной муфте «Ригифлекс» на рис. 2.20 (табл. 2.17) передачу вращающего момента и компенсацию углового смещения полумуфт 1 и 5 относительно промежуточного вала 3 обеспечивают стальные термообработанные серьги 2, установленные на пальцах 6, которые запрессованы в полумуфтах и фланцах промежуточного вала. Серьги помещают между зажимными шайбами 4 для уменьшения давления на поверхности контакта серьги с пальцем в месте ее зажима. Благодаря тому что серьги выполнены из стали, муфта передает значительные вращающие моменты, не чувствительна к изменению температуры среды в широком диапазоне, может работать в агрессивных средах. Сдвоенные муфты применяют в тех случаях, когда необходимо компенсировать радиальные и значительные осевые смещения полумуфт 1 и 5. Для получения некоторой крутильной податливости муфты и увеличения предельного угла перекося соединяемых валов серьгам придают изогнутую форму [75].

Выполнение гибких элементов муфты в виде отдельных серег позволяет экономить материал благодаря лучшим возможностям его раскроя, снижать точность изготовления полумуфт, включая места расположения отверстий под пальцы. Для повышения устойчивой прочности серег, работающих в условиях циклических деформаций, их свободные поверхности обрабатывают с целью удаления концентраторов напряжений.

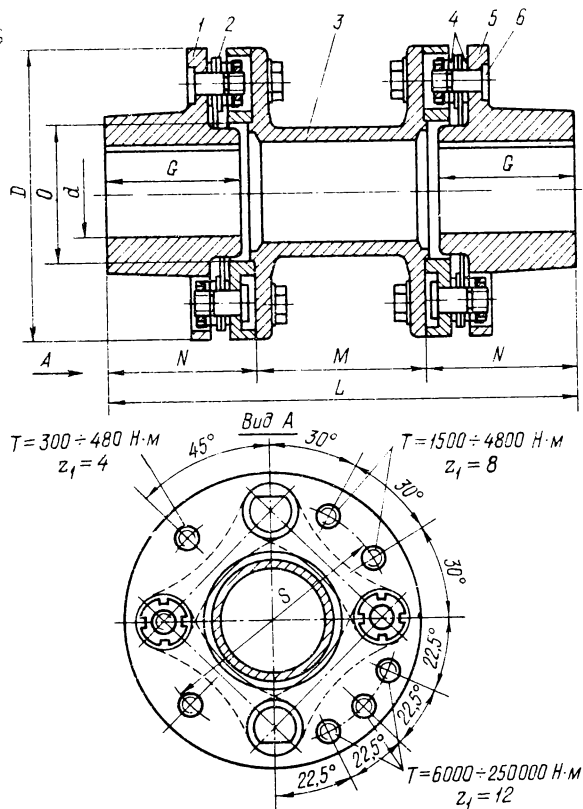


Рис. 2.20. Полуэсткая муфта «Ригифлекс»

Таблица 2.17. Параметры и размеры (мм) полуэсткой муфты (рис. 2.20)

Враща- ющий момент T , Н·м	Диаметр расточек полуфуты d		D	L	M	N	G	O	Число винтов z_1 и диаметр резьбы	Мас- са, кг
	min	max								
300	14	32	95	220	63	78,5	60	39	4×M10	4
480	19	48	135	232	80	76	70	65	4×M12	10
1 500	22	60	170	274	100	87	80	80	8×M12	14
2 400	27	65	190	302	110	96	90	90	8×M12	25
3 000	29	70	210	332	130	101	95	100	8×M12	32
3 750	34	75	230	350	140	105	100	105	8×M16	41
4 800	39	85	245	380	160	110	105	115	8×M16	52
6 000	44	95	270	404	170	117	110	135	12×M16	65
10 000	49	105	300	436	180	128	120	150	12×M16	79
12 500	54	120	325	466	190	138	130	160	12×M16	97
16 000	59	130	350	496	200	148	140	180	12×M20	118
20 000	64	140	370	518	210	154	145	190	12×M20	145
25 000	69	150	395	553	225	164	155	200	12×M24	180
32 000	75	160	415	578	240	169	160	220	12×M24	205
40 000	79	180	450	622	254	184	175	230	12×M30	240
50 000	84	190	470	652	268	192	185	240	12×M24	280
64 000	89	200	500	690	280	205	195	260	12×M24	337
80 000	94	210	550	740	300	220	210	290	12×M30	390
100 000	99	230	590	790	310	240	230	320	12×M30	460
125 000	109	250	650	860	330	265	250	360	12×M30	545
160 000	119	270	690	930	360	285	270	400	12×M36	640
200 000	129	290	750	1000	420	290	275	430	12×M36	750
250 000	139	330	800	1050	400	325	310	500	12×M36	930
320 000	159	350	880	1150	440	355	340	550	12×M36	1065
400 000	199	380	940	1210	460	375	360	580	12×M40	1900
500 000	210	450	1050	1430	500	465	450	600	12×M40	2960

Методы расчета пальцевых муфт с металлическими дисками рассмотрены в работах [46, 56].

2.6. Шарнирные муфты

В шарнирных муфтах использован принцип работы пространственного шарнира Гука. Они служат для передачи вращающего момента между валами, имеющими большое угловое смещение осей (до $40\text{--}45^\circ$), которое может изменяться в процессе вращения муфты. Эти муфты применяют в широком диапазоне нагрузок — от $12,5\text{ Н}\cdot\text{м}$ до $30\text{ кН}\cdot\text{м}$.

Обычно муфта состоит из двух вилок и промежуточной детали в виде крестовины, шарнирно соединенной с концами вилок. Плоскости вилок повернуты относительно друг друга на 90° . Соединяя две муфты промежуточным валом, можно обеспечить передачу момента при радиальном смещении осей валов (рис. 2.21).

Шарнирные муфты применяют:

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

для передачи вращения «переставным» валом (шпиндели многошпиндельных сверлильных станков, валки прокатных станов и т. п.);

для передачи вращения валом, 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.

По габаритным размерам и передаваемым вращающим моментам шарнирные муфты делят на следующие:

малогабаритные (см. рис. 2.22, 2.27), предназначенные для передачи малых моментов (от $12,5$ до $1280\text{ Н}\cdot\text{м}$); у них шарниры размещены в габаритных размерах ступиц полумуфт;

крупногабаритные (см. рис. 2.30, 2.31), предназначенные для передачи средних и больших моментов (от 10 до $800\,000\text{ Н}\cdot\text{м}$).

При наличии углового смещения осей соединяемых валов вра-

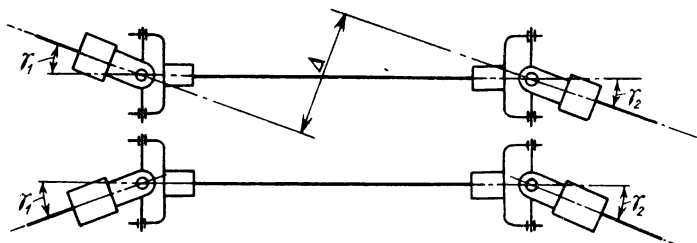


Рис. 2.21. Схема вала с шарнирными муфтами

щение ведомого вала одинарной шарнирной муфты происходит неравномерно при равномерном вращении ведущего вала.

Если обозначить ω_1 и ω_2 — угловые скорости ведущего и ведомого валов; γ — угол наклона осей валов, град; α — угол поворота ведущего вала вокруг своей оси (град) от начального положения, при котором ось шарниров ведущей вилки перпендикулярна к плоскости расположения осей валов, имеющих угол наклона, то

$$\left. \begin{aligned} \omega_2/\omega_1 &= \cos \gamma / (1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha); \\ \omega_{2 \max}/\omega_1 &= \omega_1/\omega_{2 \min} = 1/\cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

Коэффициент неравномерности вращения ведомого вала

$$k = (\omega_{2 \max} - \omega_{2 \min})/\omega_2 = \operatorname{tg} \gamma \sin \gamma. \quad (2.7)$$

Периодическое отставание и опережение ведомого вала относительно среднего значения, соответствующего равномерному вращению, вызывает дополнительные динамические нагрузки. Наибольшее опережение (отставание) ведомого вала

$$\Delta \alpha_{\max} = \arcsin \sqrt{(1 - \cos \gamma)} / \sin \gamma;$$

при $\gamma = 45^\circ; 30^\circ; 15^\circ$, $\Delta \alpha_{\max} = 9^\circ 50'; 4^\circ 6'; 1^\circ$.

Угловое ускорение ведомого вала

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha} + \omega_1^2 \frac{\sin^2 \gamma \cos \gamma \sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha)^2},$$

где ε_1 — угловое ускорение ведущего вала.

При $\omega_1 = \text{const}$ $\varepsilon_1 = 0$, тогда

$$\varepsilon_2 = \omega_1^2 \sin^2 \gamma \cos \gamma \sin 2\alpha / (1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha)^2.$$

Синхронное вращение ведомого и ведущего валов можно обеспечить следующим:

1) постановкой двух последовательно расположенных шарнирных муфт с промежуточным валом. При этом оси ведущего и ведомого валов должны составлять одинаковые углы с промежуточным валом ($\gamma_1 = \gamma_2$), а вилки на обоих концах промежуточного вала должны быть расположены в одной плоскости (рис. 2.21);

2) применением специальных синхронных шарнирных муфт (см. рис. 2.31, 2.32);

3) применением сдвоенных муфт (см. рис. 2.23).

КПД муфты с цапфами в шарнирах (рис. 2.22)

$$\eta = 1 - [fd/(\pi R)] 2 \operatorname{tg} (\gamma/2) + \operatorname{tg} \gamma;$$

для $\gamma \leq 25^\circ$

$$\eta \approx 1 - 2\gamma fd/(\pi R),$$

где f — коэффициент трения в шарнире ($f = 0,15 \div 0,2$ — при опорах скольжения, $f = 0,05 \div 0,1$ — при игольчатых опорах); d — диаметр цапфы; R — $1/2$ расстояния между серединами цапф,

имеющих общую ось поворота. При $\varphi \leq 25^\circ$ КПД шарнирных муфт достигает 0,98—0,99.

При действии на ведущую вилку муфты вращающего момента T_1 вращающий момент на промежуточной части муфты (крестовине)

$$T_{\Pi} = T_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi \cos^2 \alpha};$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$T_{\Pi \max} = T_1 / \cos \varphi. \quad (2.8)$$

Сила, воспринимаемая шарниром,

$$F_{\Pi} = T_{\Pi} / (2R); \quad F_{\Pi \max} = T_{\Pi \max} / (2R); \quad (2.9)$$

вращающий момент на ведомой вилке муфты

$$T_2 = T_1 (1 - \sin^2 \varphi \sin^2 \alpha) / \cos \varphi;$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$T_{2 \max} = T_1 / \cos \varphi. \quad (2.10)$$

Наклон осей валов вызывает изгибающий момент, приложенный в плоскости перекоса валов: на ведущем валу

$$M_{1\pi} = T_1 \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha;$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_{1\pi} = T_1 \operatorname{tg} \varphi;$$

на ведомом валу

$$M_{2\pi} = T_1 \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \varphi \sin^2 \alpha};$$

при $\alpha = \pi/2; 4\pi/3$

$$M_{2 \max} = T_1 \sin \varphi.$$

На рис. 2.22, а показано изменение вращающего момента на ведомом валу T_2 при постоянном вращающем моменте T_1 на ведущем валу. На рис. 2.22, б представлен характер изменения изгибающего момента $M_{1\pi}$, а также горизонтальной $F_{1г}$ и вертикальной $F_{1в}$ составляющих нагрузок на опору ведущего вала, а на рис. 2.22, в — то же для ведомого вала. Графики построены для $\varphi = 45^\circ$.

Муфты рассчитывают по давлению в шарнирах и на прочность вилок и крестовин по силе $F_{\Pi \max}$.

Давление в шарнирах скольжения

$$p = F_{\Pi \max} / (ld) \leq [p], \quad (2.11)$$

где d и l — диаметр и длина цапфы, мм; $[p]$ — допускаемое давление, МПа (при закаленных поверхностях $[p] = 40$ МПа).

Давление в игольчатых опорах рассчитывают условно по формуле (2.11), где l — рабочая длина игл, мм; $[p] = 6,0 \div 8,0$ МПа (по данным автомобильной промышленности).

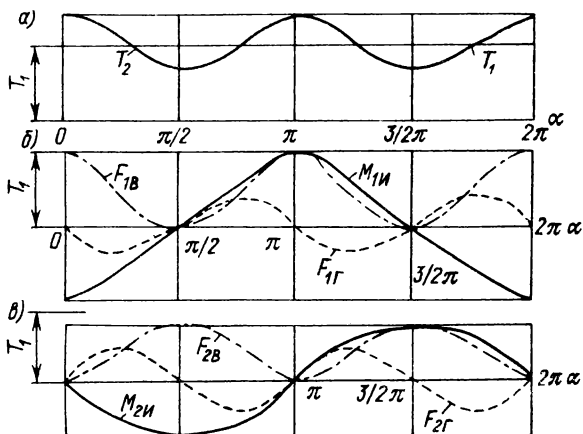


Рис. 2.22. Изменение моментов и радиальных нагрузок на валах

Рабочие нагрузки на шарниры, валы и опоры зависят от условий работы.

1. При малой скорости вращения $T_{п\max}$ и $T_{2\max}$ определяются по формулам (2.8), (2.10) при $\alpha = 0$.

2. При большой скорости вращения $\omega_1 = \text{const}$ и значительной жесткости элементов кинематической цепи кроме определения $T_{п\max}$ и $T_{2\max}$ при $\alpha = 0$ необходимо учитывать действие инерционных нагрузок от неравномерного вращения ведомой вилки.

Для наименее благоприятного случая ($\alpha = 45^\circ$)

$$T_{2\max} = T_1 + \epsilon_2 \theta;$$

$$T_{2\max} = T_{1\max} \frac{\cos \gamma}{1 - 0,5 \sin^2 \gamma};$$

$$T_{2\max} = T_{1\max} \sqrt{1 + 0,5 \tan^2 \gamma},$$

где θ — приведенный момент инерции масс, присоединенных к ведомой вилке. Для муфт с промежуточным валом или сдвоенной муфте (при $\gamma_1 = \gamma_2$) под θ в первом случае понимается момент инерции промежуточного вала со скрепленными с ним вилками и крестовинами, во втором случае — момент инерции промежуточных деталей, включая обе крестовины.

3. При большой скорости вращения, $\omega_1 = \text{const}$ и малой жесткости вала для одинарной муфты приближенно считают, что создаваемая муфтой неравномерность вращения поглощается скручиванием вала. В этих условиях наибольший вращающий момент на ведомой вилке ($\alpha = 45^\circ$)

$$T_{2\max} = T_1 + \epsilon_{2\max} \theta + \Delta \alpha_{\max} JG / (57L),$$

где θ — момент инерции масс ведомой части муфты с крестовиной и половины промежуточного вала, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$; $\Delta \alpha_{\max}$ — опережение

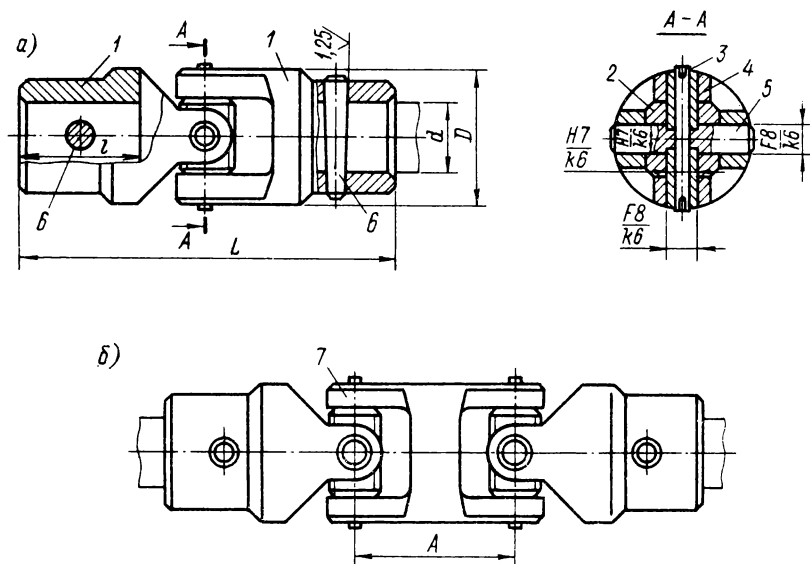


Рис. 2.23. Муфта шарнирная по ГОСТ 5147—80*

(отставание) ведомого вала, град.; J — момент инерции сечения вала, м^4 ; G — модуль упругости при сдвиге, Па; L — длина вала, м.

Малогабаритные шарнирные муфты. На рис. 2.23 представлена конструкция малогабаритной шарнирной муфты общего назначения по ГОСТ 5147—80*. Муфту применяют для соединения цилиндрических валов с перекосом осей до 45° для передачи вращающего момента от 11,2 до 1120 Н·м.

Предусмотрено два исполнения: I — одинарная (рис. 2.23, а); II — сдвоенная с промежуточной спаренной вилкой (рис. 2.23, б). Одинарные муфты (рис. 2.23, а) состоят из ступиц полумуфт 1, которые насаживаются на концы соединяемых валов и оканчиваются вилками. Вилки соединены между собой сухарем 2, пальцем 3, втулками 4 и штифтом 5. Полумуфты соединяют с валом штифтами 6. У сдвоенной муфты применена спаренная вилка 7 (рис. 2.23, б).

Основные параметры и размеры муфт приведены в табл. 2.18. При малых частотах вращения (до 200 об/мин) подбор муфт производят по номинальным вращающим моментам.

При углах перекоса осей валов, отличных от нуля, допустимый момент, передаваемый шарнирной муфтой, составляет

$$T_d = T_{\text{ном}} \cos \varphi,$$

где $T_{\text{ном}}$ — номинальный вращающий момент (табл. 2.18); φ — угол перекоса валов.

Таблица 2.18. Размеры (мм) и параметры муфты шарнирной (рис. 2.23)

Номи- нальный момент $T_{\text{ном}}$, Н·м	d	D	L				l		A (спра- вочный)	Динамический момент инерции $J \cdot 10^{-6}$, кг·м ²				Масса, кг, не более			
			Тип							Тип				Тип			
			1		2					1		2		1		2	
			Исполнение							Исполнение				Исполнение			
			I	II	I	II	I	II		I	II	I	II	I	II	I	II
11,2	8 9	16	56	—	76	—	20	—	20	0,223	—	0,32	—	0,057 0,051	—	0,080 0,074	—
	10		62	56	82	76	23	20			0,198		0,29	0,058	0,047	0,076	0,070
22,4	11	20	66	60	92	86			6	0,630	0,560	0,92	0,87	0,100	0,092	0,147	0,139
	12		80	70	106	96	0,094	0,080						0,141	0,127		
	14		86	76	118	108	0,102	0,096						0,149	0,148		
45,0	12	25	86	76	118	108	30	25	32	1,440	1,290	2,09	1,94	0,170	0,152	0,242	0,224
	14													0,150	0,135	0,222	0,207
71,0	16 18	32	112	88	150	126	40	28	38	5,900	4,840	8,53	7,46	0,390 0,367	0,321 0,299	0,558 0,535	0,489 0,467
140,0	(19)	40	140	112	188	160			50	36	48	16,300	12,900	24,00	20,60	0,653	0,480
	20 22						0,720 0,667	0,590 0,550								1,040 0,987	0,910 0,870

Номинальный вращаю- щий, момент $T_{ном}$, Н·м	d	D	L				l		A (спра- вочный)	Динамический момент инерции $J \cdot 10^{-6}$, кг·м ²				Масса, не более					
			Тип							Тип				Тип					
			1		2					1		2		1		2			
			Исполнение								Исполнение								
			I	II	I	II	I	II		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
280,0	(24)	50	148	120	206	178	50	—	58	45,6	36,6	68,8	59,6	1,17	0,96	1,78	1,57		
	25		168	132	326	190	60	—						1,28	1,03	1,89	1,64		
	28													1,16	0,90	1,77	1,51		
560,0	30 32 35	60	222	178	292	248	80	58	70	148,0	117,0	207,0	176,7	2,83 2,71 2,51	2,31 2,21 1,87	3,90 3,78 3,58	3,38 3,28 2,94		
1120,0	(38)	75	236	192	328	284	—	—	92	396,0	338,0	585,0	525,0	4,31	3,63	6,53	5,85		
	40		296	240	388	332	110	82						5,03	4,41	7,25	6,63		
	(42)													4,81	4,05	7,03	6,27		

Примечания: 1. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

2. При совмещении валов допустимый вращающий момент для муфт составит: $T_D = T \cos \varphi$, где T — табличное значение момента;

φ — угол перекоса между осями соединяемых муфтой валов.

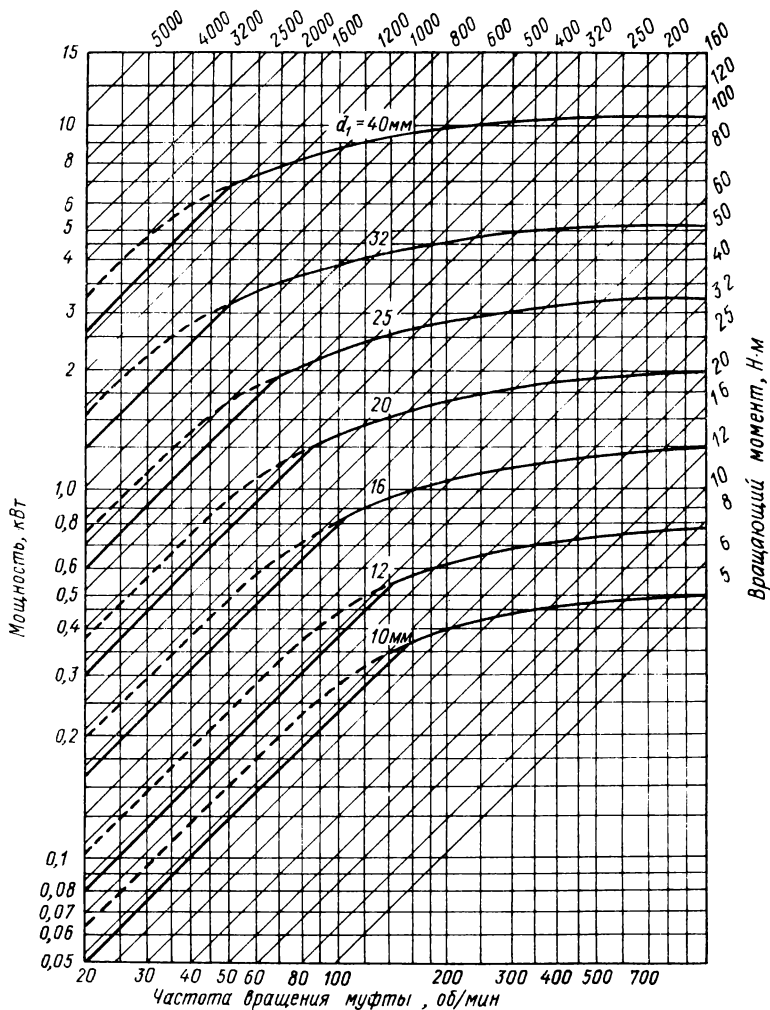


Рис. 2.24. Допускаемые мощности и вращающие моменты для малогабаритных шарнирных полумуфт при $\gamma = 10^\circ$:
 криволинейные участки — по критерию нагрева, прямолинейные — по критерию прочности (по ГОСТ 5147-80*), вращающий момент — по наклонной сетке

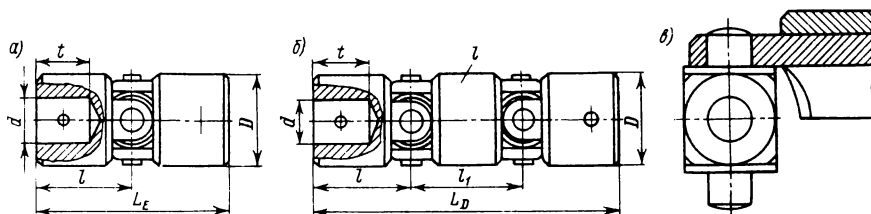


Рис. 2.25. Малогабаритные муфты фирмы «Людвиг Лезе»

Т а б л и ц а 2.19. Размеры муфты малогабаритной (рис. 2.25), мм

d	D	L_F	L_D	l	l_1	t
6	14	34	—	17,0	—	9
8	18	40	—	20,0	—	10
10	18	50	—	25,0	—	13
12	24	56	—	28,0	—	14
14	28	60	94	30,0	34	17
16	32	68	104	34,0	36	19
18	36	76	116	38,0	40	22
20	40	84	130	42,0	46	24
22	45	92	144	46,0	52	26
25	50	102	160	51,0	58	30
30	55	120	184	60,0	64	35
35	72	145	225	72,5	80	42
40	72	145	225	72,5	80	42
45	90	180	280	90,0	100	50
50	90	200	315	100,0	115	56

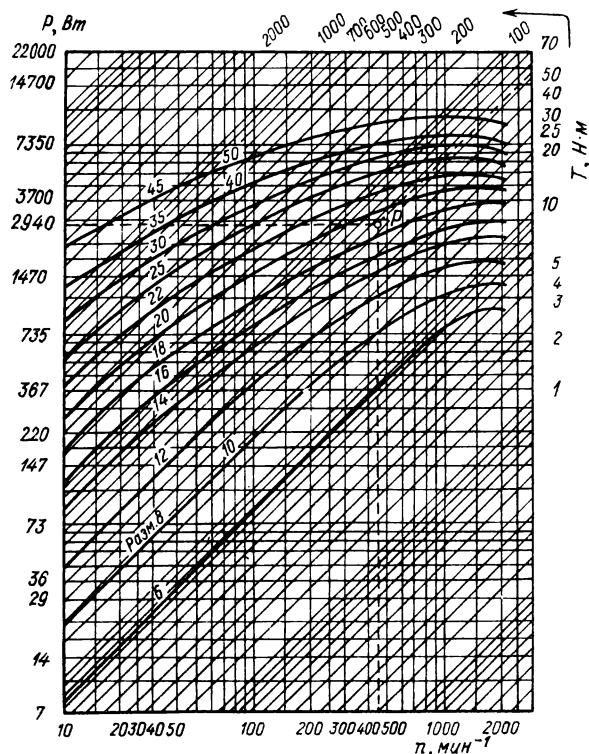


Рис. 2.26. Зависимость размера муфты от передаваемой мощности P , вращающего момента T и частоты вращения n

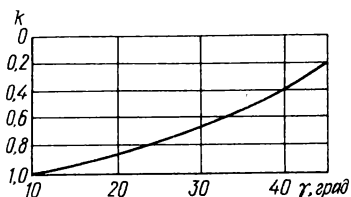


Рис. 2.27. Зависимость коэффициента k от угла перекоса осей валов

При больших частотах вращения (более 200 об/мин) муфты подбирают по условию допустимой температуры нагрева шарниров по номограмме (рис. 2.24). Зная частоту вращения муфты и мощность или вращающий момент (отсчитывается по наклонной сетке), определяют диаметр расточки в полумуфтах, а по нему из табл. 2.18 подбирают размер муфты.

Малогабаритная муфта фирмы «Людвиг Леве» (ФРГ) имеет два исполнения (рис. 2.25, а, б), (табл. 2.19). Для удобства сборки муфты вилки со ступицами выполняют составными и стягивают кольцами, крестовину — цельной. Плоскость разъема совпадает с осью муфты (рис. 2.25, в).

Для одинарной муфты $\gamma \leq 45^\circ$ Во избежание попадания грязи в шарниры муфту закрывают резиновым кожухом. При нормальных условиях ($\gamma \leq 10^\circ$, рабочая температура 75°C , продолжительность включения 70%) размер муфты подбирается по номограмме (рис. 2.26) в зависимости от передаваемой мощности P (Вт) или вращающего момента T (Н·м) (отсчитывается по наклонной сетке) и частоты вращения (об/мин). Увеличение угла перекоса валов учитывается введением поправочного коэффициента k (рис. 2.27). При этом

$$P_{\text{расч}} = P/k.$$

В табл. 2.19 приведены основные размеры муфты.

Крупногабаритные шарнирные муфты. На рис. 2.28 представлена тяжелая муфта фирмы «Крофтс», допускающая угол перекоса $\gamma \leq 10^\circ$. Вилки полумуфт 1 имеют специальную форму и соединяются двумя кольцами 2 и 2', стягиваемыми винтами 3 в осе-

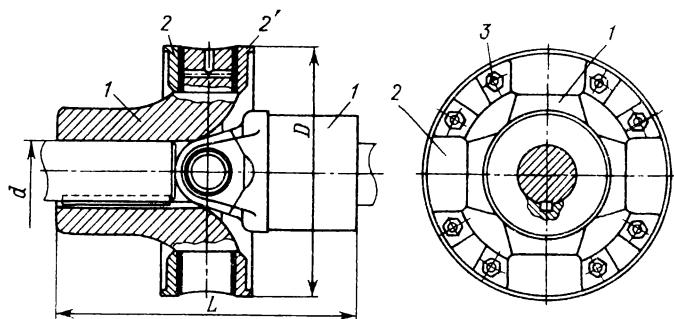


Рис. 2.28. Крупногабаритная муфта фирмы «Крофтс»

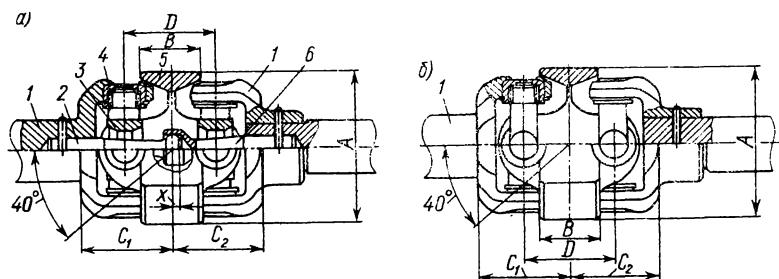


Рис. 2.29. Сдвоенная муфта

вом направлении. Шарниры имеют хорошо изолированные опоры скольжения и систему отверстий для подвода смазки.

На рис. 2.29 представлены два исполнения сдвоенной муфты, выпускаемой в ГДР: *а* — с центрированием вилок; *б* — без центрирования. Муфта состоит из вилок 1, крестовин 3, промежуточной детали 5 с вилками и пальцев 6 и 2, центрирующих полу-муфты. Шарниры имеют игольчатые опоры качения 4. Для одинарной муфты $\gamma \leq 40^\circ$. Угловая скорость ведомого вала практически постоянна при постоянной угловой скорости ведущего вала. В табл. 2.20 приведены основные размеры и параметры муфты.

На рис. 2.30 представлена муфта с крестовиной 4 для больших вращающих моментов. Возможность сборки муфты обеспечивают применением закладных колец (чашек) 3 игольчатых подшипников, удерживаемых от выпадания крышками 2. Применение надежных уплотнений 1 и долговечных пластичных смазок позволило изготовить эти муфты без необходимости технического обслуживания в течение всего срока службы.

Синхронные муфты. Эти муфты отличаются тем, что при угловом смещении валов ведомая полу-муфта имеет постоянную угловую скорость при постоянной скорости ведущей полу-муфты.

Т а б л и ц а 2.20. Размеры (мм) и параметры муфты сдвоенной (рис. 2.29)

T , Н·м	A	B	C_1	C_2	D	Примечания
800	80	34	48	48	48	С центрированием вилок
1200	95	40	54	54	54	
1800	110	45	59	59	59	
2400	125	55	72	72	65	
3500	142	50	80	80	75	Без центрирования вилок
5400	162	42	90	90	86	

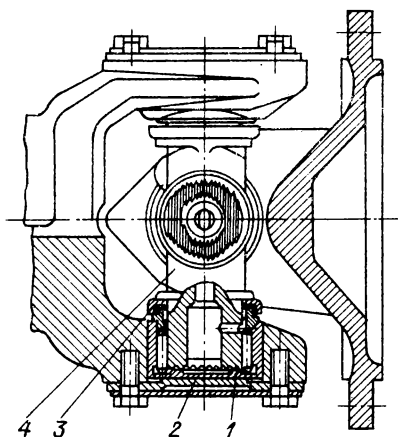


Рис. 2.30. Крупногабаритная муфта на опорах качения

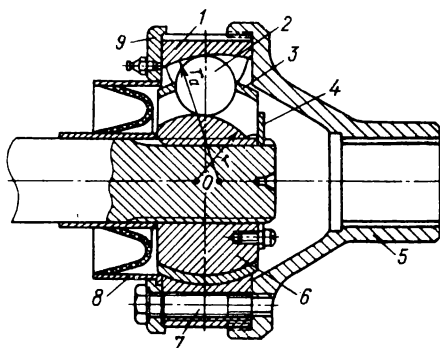


Рис. 2.31. Синхронная шариковая муфта

На рис. 2.31 представлена муфта, состоящая из наружной обоймы 1, имеющей на внутренней поверхности канавки для размещения шариков 2, сепаратора 3, внутренней обоймы 6 с канавками на наружной поверхности для размещения шариков и внутренним шлицевым отверстием для соединения с валом. Внутренняя обойма фиксируется на валу стопорным кольцом 4 и винтами. Ступица 5 и крышка 9 крепятся к наружной обойме винтами 7. Манжета 8 из бензомаслостойкой резины предохраняет муфту от попадания грязи.

Центры кривизны канавок на наружной и внутренней обоймах лежат на оси муфты, но смещены по отношению друг к другу, что обеспечивает установку шариков в одной плоскости. Муфта допускает $\gamma \leq 15^\circ$. В муфте шесть шариков. Одна из полумуфт может иметь лишь одну опору.

Муфта, представленная на рис. 2.32, состоит из наружной обоймы 1, выполненной заодно с валом и имеющей канавки для размещения шариков 4, сферического сепаратора 7, положение которого определяется делительным рычагом 2, внутренней обоймы 5, соединенной шлицами с валом 6, и чашки 3. Центры кривизны канавок на наружной и внутренней обоймах лежат на оси муфты, но смещены относительно друг друга. При смещении валов рычаг 2 поворачивается в гнезде обоймы 1 и вызывает смещение сепаратора 7 таким образом, чтобы плоскость расположения шаров не изменялась.

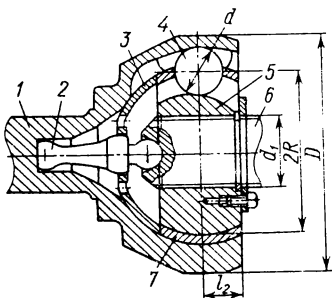


Рис. 2.32. Синхронная шариковая муфта с обоймой, выполненной вместе с валом

Т а б л и ц а 2.21. Размеры (мм) и параметры муфты синхронной шариковой (рис. 2.32)

$T, \text{ Н} \cdot \text{м}$	Разрушающий вращающий мо- мент, $\text{Н} \cdot \text{м}$	d_1	n_{max} , об/мин	d	D	$2R$	l_2
1 060	3 450	24	6000	17	85	60	14
1 500	4 370	25	5000	19	93	65	18
1 750	5 060	28	4000	20	102	71	18
2 300	6 900	32	3500	22	110	76	20
3 000	7 400	35	3000	25	120	85	21
4 150	9 800	38	2500	27	133	93	24
6 900	12 700	45	2000	32	152	108	28
—	13 250	50	—	36	175	125	32
15 000	28 800	57	1500	41	197	142	36
20 000	34 600	64	1200	46	200	154	36

Муфта допускает угол перекося валов до 35° . В муфте шесть шариков.

При проверочном расчете муфты определяют нормальную силу, действующую на шарик,

$$F_{\text{н}} = T / (7,87d) \leq [F_{\text{н}}],$$

где d — диаметр шарика; $[F_{\text{н}}]$ — допустимая нормальная сила, действующая на шарик (из условия отсутствия износа шариков и канавок $[F_{\text{н}}] = 226d^2$);

$$d = \sqrt[3]{T/2100}.$$

В табл. 2.21 приведены основные размеры и параметры муфты по рис. 2.32.

2.7. Карданные валы

Карданные валы представляют собой комбинацию двух шарнирных муфт и промежуточного вала часто переменной длины (кроме шарнирных муфт часто применяют упругокомпенсирующие муфты).

На рис. 2.33 представлен жесткий карданный вал автомобиля. На концах телескопического промежуточного вала расположены шарнирные муфты с игольчатыми опорами. Для подвода смазки к опорам в крестовине выполнена система отверстий с пресс-масленкой. Шлицевое соединение позволяет менять длину вала. Шлицы смазывают пластиной смазкой через пресс-масленку и защищены от попадания грязи.

Игольчатые опоры шарнирных муфт лучше работают при угловом смещении валов, чем при его отсутствии (при $\gamma = 0$ наблюдается быстрая выработка канавок на кольцах опор).

На рис. 2.34 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой «Лер» (ФРГ). Шарнирные муфты 7, расположенные на концах промежуточного вала переменной длины, имеют иголь-

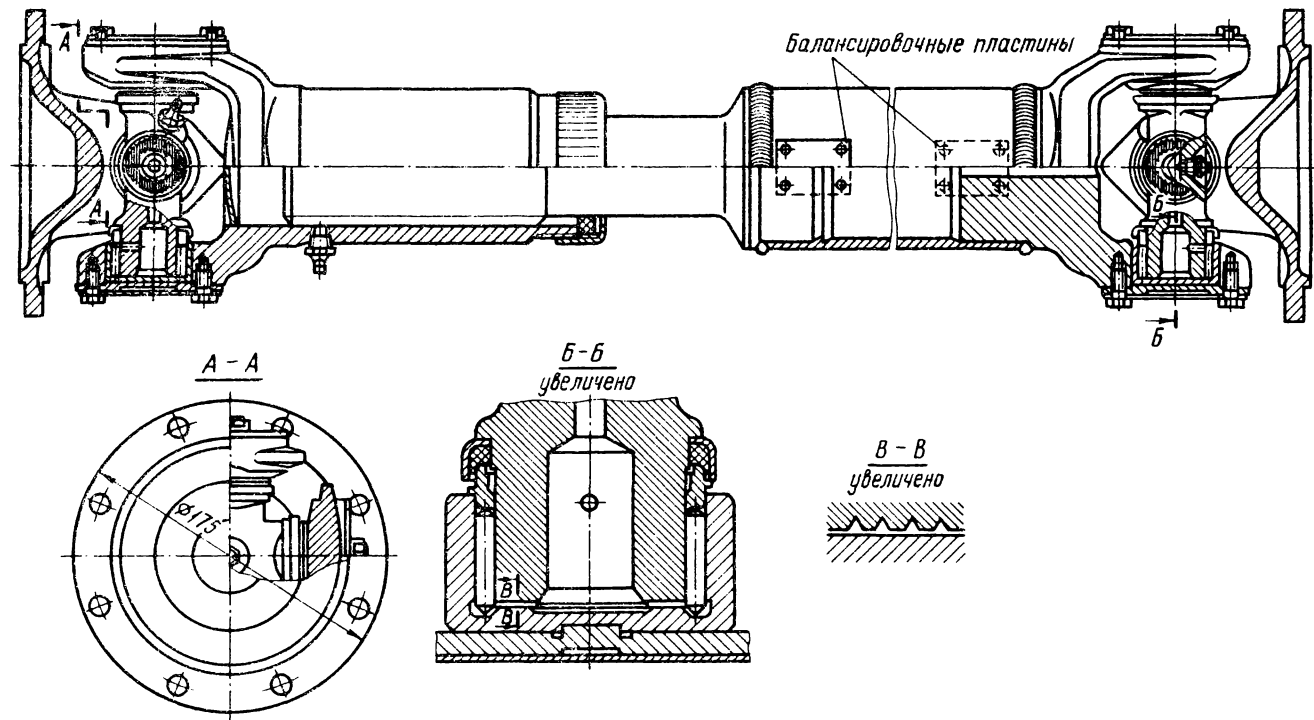


Рис. 2.33. Жесткий карданный вал

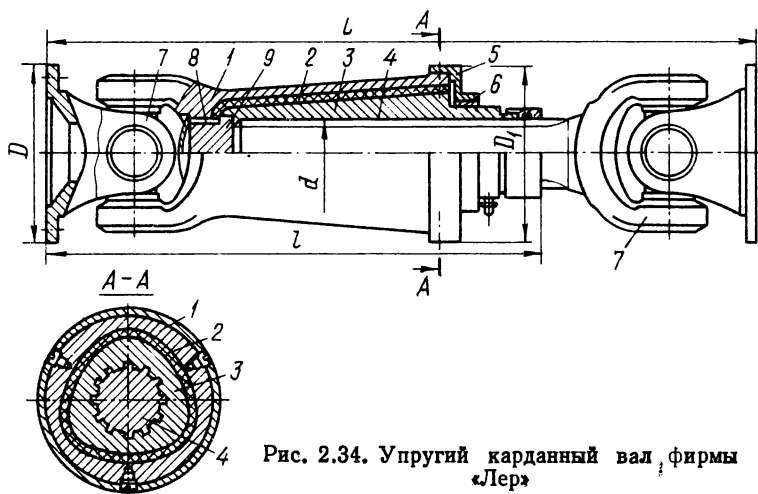


Рис. 2.34. Упругий карданный вал, фирмы «Лер»

Таблица 2.22. Размеры (мм) и параметры карданного вала (рис. 2.34)

$T_{\max}$	$T_{\text{разр}}$	D	D_1	l	d	L	γ^*
Н·м							
400	1 200	75	70	211	25,4	310	35
1200	3 600	100	108	295	33,0	425	50
2250	6 750	120	120	349	44,5	490	70
3800	10 800	150	150	390	50,8	560	80

Примечание. γ^* — Допустимое осевое смещение вала 4 в гильзе 3.

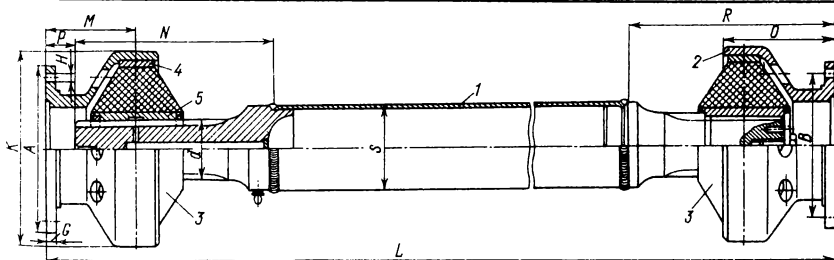


Рис. 2.35. Упругий карданный вал фирмы GVB

чатые опоры. Наружная гильза 1, имеющая на одном конце вилку шарнира, упруго соединена с внутренней гильзой 3 через слой привулканизированной резины 2. Гильза 3 соединена подвижно шлицами с валом 4, имеющим на конце вилку шарнира. Благодаря центрирующему кольцу 5, соединенному с гильзой 1 винтами,

Т а б л и ц а 2.23. Размеры (мм) и параметры карданного вала (рис. 2.35)

Максимальный вращающий момент $T_{\max}$, Н·м	Максимальная частота вращения $n_{\max}$, об/мин	Максимальные осевые перемещения от центрального положения		Осевое усилие максимальное, Н	$L_{\min}$	A	B
		по шлицам	при отсутствии шлицев				
43	12 000	± 5	$\pm 1,5$	400	151,5	65	52
70	12 000	± 6	$\pm 1,5$	400	165,5	75	62
120	10 000	± 7	$\pm 1,5$	400	184,0	90	74
215	9 000	± 8	$\pm 2,0$	500	204,0	100	84
380	8 000	± 9	$\pm 2,0$	500	218,0	120	100
680	7 000	± 10	$\pm 3,0$	700	250,0	150	130
1200	6 000	± 12	$\pm 3,0$	700	280,0	180	155

G	H	Число отверстий во фланце	K	d	M	N	O	P (среднее положение)	R	
4,5	6	4	78	22	45	105	52,5	15,0	100	32
6,0	6	6	92	25	50	122	64,0	13,0	110	40
7,0	8	4	108	32	58	128	68,0	19,5	118	50
7,5	8	6	120	35	61	135	72,0	19,0	130	50
8,0	8	8	142	44	65	150	77,5	16,0	140	60
10,0	10	8	166	50	75	162	89,0	21,0	157	70
12,0	12	8	200	63	85	170	100,5	25,0	178	90

шину 9, запрессованному в гильзу 3, и опорам скольжения с самосмазывающимися вкладышами 6 и 8, достигается значительная изгибная жесткость карданного вала, что способствует повышению предельной угловой скорости. Допустимый угол перекоса валов одной муфтой 15° . Благодаря слою резины, работающей на сдвиг и сжатие, карданный вал обладает значительной крутильной податливостью, допуская относительный поворот концов вала до 15° . Коническая форма гильз 1 и 3 позволяет получить значительную рабочую длину карданного вала при достаточной его изгибной жесткости.

В табл. 2.22 приведены некоторые размеры и параметры карданного вала.

На рис. 2.35 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой ГВБ (ФРГ). На концах промежуточного составного вала 1 расположены упругие муфты 3 с резиновым упругим элементом переменной толщины. Одна муфта зафиксирована на валу 1 (в осевом направлении), другая — свободная. Смазка шлицев осуществляется через пресс-масленку и систему отверстий вала 1. Резиновые упругие элементы привулканизированы к металлическим деталям 5 и 4. Переменная толщина их обуславливает равномерное напряженное состояние при действии вращающего момента. Детали 4 и 2 соединяют за счет натяга и радиально расположенных винтов.

Т а б л и ц а 2.24. Размеры (мм) и параметры карданного вала (рис. 2.36)

$T_{\text{ном}}$	$T_{\text{тах}}$	Осевое смещение муфт, мм	$n_{\text{тах}}$, об/мин	A	B	D	M	N	C	P	W	L
Н·м												
160	390	40	3300	90	74,5	75	40	6	50	134	70	334
220	550	45	3300	100	84,0	90	48	7	60	139	83	378
400	1 000	55	2700	120	101,2	120	58	9	65	174	90	445
570	1 420	55	2700	120	101,5	122	68	9	80	212	96	524
830	2 080	65	2200	150	130,0	140	65	9	80	211	106	527
1 100	2 750	65	2200	150	130,0	150	75	9	92	214	115	570
1 900	4 750	75	1850	180	155,5	180	90	12	115	300	130	725
3 450	7 950	75	1550	225	196,0	225	108	15	148	317	161	842
4 750	11 900	75	1250	250	218,0	250	130	18	175	355	190	980
6 800	17 000	90	1250	285	245,0	285	135	20	190	385	195	1040
8 800	22 000	110	—	315	280,0	315	150	22	210	439	216	1165
14 800	37 000	120	—	350	310,0	350	170	25	240	523	241	1344
18 200	45 500	135	—	390	345,0	390	190	28	260	714	256	1610
26 000	65 000	150	—	435	385,0	435	210	32	280	975	285	1960

П р и м е ч а н и е. Угол поворота муфт 8°.

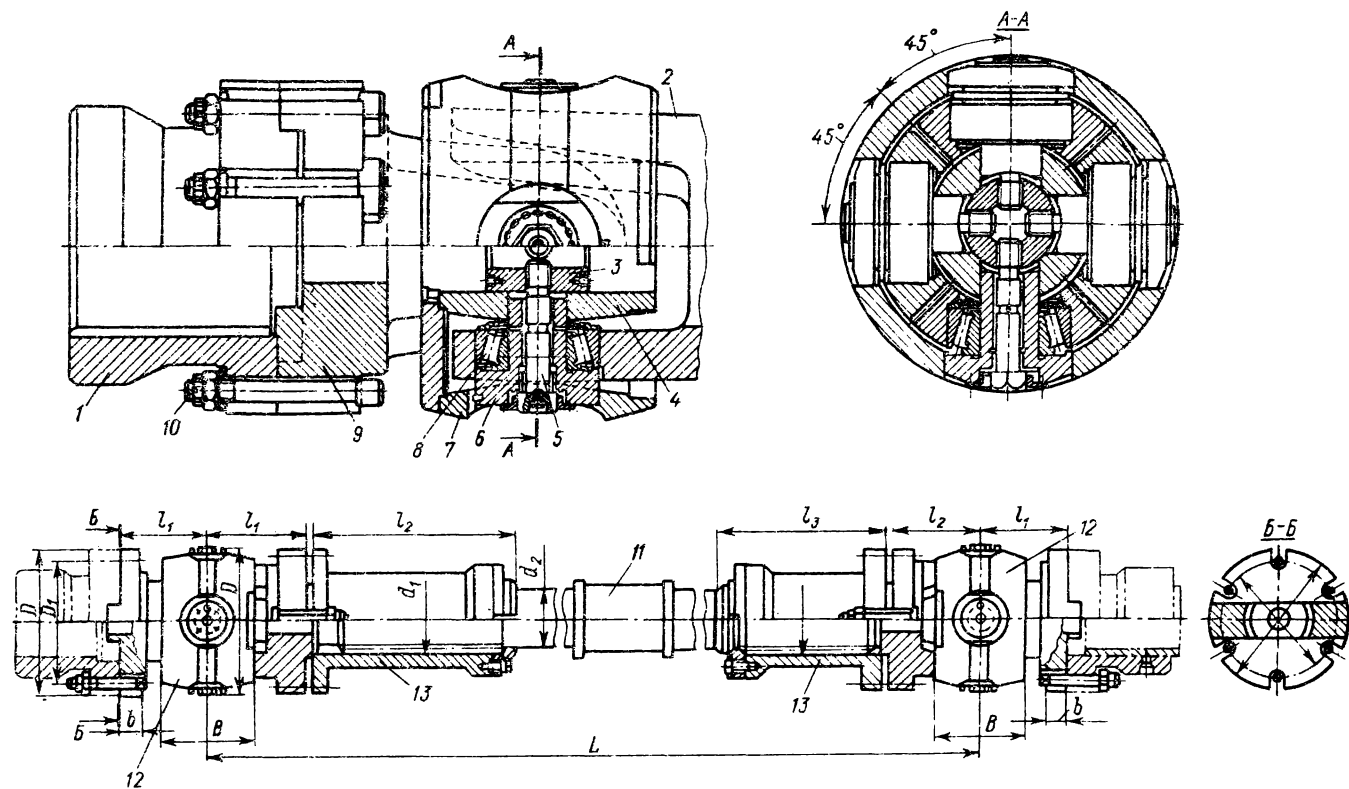


Рис. 2.37. Универсальный шпиндель ВНИИметмаша

Т а б л и ц а 2.25. Размеры (мм) и параметры универсального шпинделя (рис. 2.37)

Типоразмер шпинделей	$T_{\text{max}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	D	H	D_1	d_1	d_2	l_1	l_2	l_3	b	Масса, кг, при $L = 8D$
1	3 600	140	100	118	60	50	90	215	152	20	60
2	3 800	160	110	135	70	60	105	250	176	25	98
3	6 300	180	120	155	80	70	115	270	196	30	140
4	8 000	210	140	180	100	90	130	325	236	30	225
5	10 000	235	150	200	110	95	145	345	263	35	310
6	13 000	255	165	215	120	105	160	393	291	40	400
7	20 000	280	185	240	130	115	175	423	311	40	530
8	25 000	300	200	260	140	125	185	458	333	45	670
9	35 000	325	215	280	160	145	205	511	379	50	910
10	48 000	370	240	315	180	165	225	586	428	50	1 250
11	60 000	390	260	330	190	175	240	610	448	55	1 590
12	87 000	425	280	355	200	185	270	630	468	65	1 970
13	114 000	470	310	400	220	195	295	701	515	70	2 530
14	150 000	515	340	445	260	235	325	776	595	80	3 600
15	180 000	560	360	480	280	255	345	826	640	85	4 500
16	230 000	605	390	525	300	275	370	880	685	90	5 100
17	300 000	650	420	570	320	295	400	930	725	100	6 260
18	360 000	710	460	620	340	315	440	990	775	105	7 800
19	450 000	755	490	665	360	335	470	1045	820	115	9 530
20	610 000	800	520	695	400	375	500	1155	910	120	12 270
21	800 000	890	570	785	440	415	545	1241	995	135	16 650

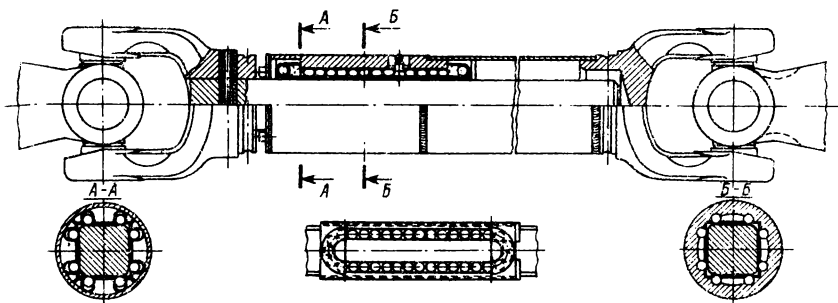


Рис. 2.38. Карданный вал с шариковыми шлицами фирмы «Вальтершейд»

ной со стаканом 13 таким же образом, и крестовины, образованной четырьмя осями 6, втулкой 4, гайкой 3, винтами 5, наружной обоймой 7 и роликовыми коническими подшипниками 8. Подшипник 8 регулируют винтом 5, который стопорится крышкой шестигранным отверстием, крепящейся винтами к оси 6. Вилки изготовлены из стали 34ХН3М, промежуточный вал — из стали 45, оси 6 — из стали 40ХМ. Подшипники смазываются пластичной смазкой. Изменение длины шпинделя обеспечивается подвижным шлицевым соединением. Одна шарнирная муфта работает при γ от 2 до 12°

Предусмотрено четыре исполнения шпинделя: $L = (5 \div 12) D$; $L = (4 \div 12) D$; $L = (3 \div 4) D$; $L = (1,5 \div 3) D$.

В табл. 2.25 приведены основные размеры и технические характеристики шпинделя $L = (5 \div 12) D$.

У карданного вала, выпускаемого фирмой «Вальтершейд» (ФРГ) — рис. 2.38 — применены шариковые шлицы. Для этого внутренний вал, соединенный с левой муфтой, делают квадратного сечения. Пластичная смазка к шарикам подводится через пресс-масленку.

Глава 3

МУФТЫ УПРУГИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ

Эти муфты отличаются наличием упругого элемента (одного или нескольких), при деформации которого осуществляется взаимное перемещение полу муфт, необходимое для придания приводу машины крутильной податливости и для компенсации смещений осей валов, соединенных муфтой.

3.1. Основные свойства

Упругие муфты способны осуществлять следующее:
1) смягчать толчки и удары; при этом кинетическая энергия удара частично аккумулируется упругими элементами, превращаясь

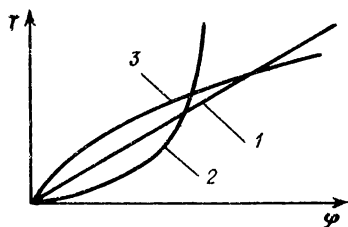


Рис. 3.1. Линейная (1) и нелинейная (2, 3) характеристики муфт

в потенциальную энергию деформации, а частично поглощается и переходит в теплоту; 2) служить средством защиты от резонансных крутильных колебаний, возникающих вследствие неравномерности вращения; 3) допускать сравнительно большие взаимные смещения осей соединяемых валов при малых нагрузках на валы и опоры.

Упругие муфты характеризуются:

1) жесткостью при кручении (или обратной величиной — податливостью), представляющей собой зависимость относительного угла поворота φ полумуфт от вращающего момента T (рис. 3.1); 2) демпфированием, т. е. способностью необратимо поглощать механическую энергию при деформировании упругого элемента; 3) энергоемкостью, представляющей собой работу упругой деформации муфты при действии вращающего момента; энергоемкость является лишь сравнительной характеристикой муфт и не может быть в явном виде использована при динамических расчетах машин с упругой муфтой.

Различают муфты постоянной жесткости при кручении (линейные) и переменной жесткости (нелинейные). Если жесткость линейных муфт определяют отношением $C = T/\varphi$, то жесткость нелинейной муфты определяют как производную от вращающего момента по углу закручивания $C = dT/d\varphi$ в данной точке характеристики муфты. Характер этой зависимости определяется конструкцией муфты с металлическими упругими элементами, а для муфт с неметаллическими упругими элементами еще и законом изменения нагрузки во времени и температурой.

Нелинейные муфты могут иметь жесткую (рис. 3.1, кривая 2) или мягкую (кривая 3) характеристику.

Если у линейной муфты вращающий момент пропорционален углу закручивания φ , то жесткость нелинейных муфт с жесткой характеристикой растет с увеличением угла закручивания муфты. Поэтому податливые при небольших нагрузках муфты ужесточаются при больших нагрузках. Это свойство нелинейных муфт особенно полезно в машинах, у которых нагрузка растет пропорционально квадрату скорости. В этом случае при работе машины в дорезонансном режиме и при использовании линейной муфты отношение рабочей частоты вращения к критической резко возрастает с увеличением нагрузки, а запас устойчивости работы машины падает. При эксплуатации нелиней-

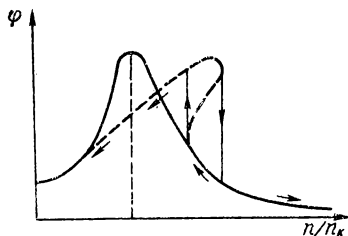


Рис. 3.2. Колебания в машине и агрегате с линейной и нелинейной муфтой

ной муфты с жесткой характеристикой с ростом нагрузки растет и жесткость, а с ней и критическая частота вращения, поэтому отношение частот при нелинейной муфте изменяется не так сильно и машина работает более устойчиво.

Нелинейные муфты выгодно изменяют динамические свойства машинного агрегата при разгоне и особенно во время выбега при их остановке без торможения. При отсутствии нагрузки, что часто имеет место при выбеге, критическая частота вращения агрегата с нелинейной муфтой близка к нулю. В этом случае вряд ли возможны большие колебания, так как при их возникновении соответственно изменяется критическая частота вращения. В агрегате с линейной муфтой (сплошная линия на рис. 3.2) прохождение области резонанса при выбеге занимает гораздо больше времени и колебания могут достичь значительной величины. Если после отключения двигателя нагрузка не сбрасывается, резонансные колебания в агрегате с нелинейной муфтой (штриховая линия на рис. 3.2) будут меньше колебаний в агрегате с линейной муфтой.

При работе упругих муфт всегда имеют место потери энергии на трение (внутреннее и внешнее), сопровождающие деформацию ее упругих элементов и их перемещение относительно других деталей муфты.

Демпфирующая способность муфт обычно характеризуется отношением энергии, потерянной за один цикл нагружения муфты, к работе сил упругой деформации за четверть периода (рис. 3.3): $\psi = A_D/A_{упр}$. Форма петли гистерезиса зависит от конструкции муфты и упругого элемента, а для муфт с неметаллическими упругими элементами еще и от закона изменения вращающего момента во времени. Точное значение коэффициента относительного демпфирования ψ для каждой муфты можно определить экспериментально [63]. Однако при расчетах для муфт с линейной характеристикой принимают, что демпфирующий момент T_D пропорционален скорости относительного поворота полумуфт: $T_D = k\dot{\varphi}$. В этом случае

$$\psi = 2\pi k\omega/C, \quad (3.1)$$

где C — жесткость линейной муфты; ω — круговая частота колебаний.

В каталогах обычно приводят значения C и ω . Поскольку в дифференциальные уравнения движения машинного агрегата

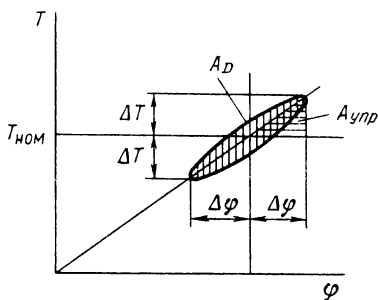


Рис. 3.3. Петля гистерезиса при колебаниях вращающего момента относительно постоянного значения $T_{ном}$

входит величина k , то для решения уравнений приближенные значения k находят из формулы (3.1). При этом величину ω рекомендуется брать равной собственной частоте системы ω_0 .

3.2. Расчет нагрузок, действующих на муфты

Проблема правильного выбора типа муфты и последующего определения ее размеров по наибольшему значению вращающего момента и оптимальных значений основных характеристик, таких, как жесткость при кручении, демпфирующая и компенсирующая способности, ресурс и других, является весьма сложной.

Рассмотрим вопрос определения нагрузок на муфты, а также факторы, влияющие на снижение динамических нагрузок в приводах машин.

Обычно размеры муфты определяют расчетом на прочность или же подбирают по каталогу в зависимости от основного силового показателя — вращающего момента. Точность выбора муфты в этом случае зависит от правильного определения максимального вращающего момента $T_{\max}$. Последний приближенно находят расчетом по формуле

$$T_{\max} = T_{\text{ном}} k_{\text{дин}}.$$

Коэффициент динамической нагрузки $k_{\text{дин}}$ весьма приближенно определяют в зависимости от типа двигателя и рабочей машины. В этом случае его также называют коэффициентом режима работы. Более точно $k_{\text{дин}}$ определяют из динамических расчетов с учетом моментов инерции масс, жесткости и демпфирующей способности в машинах. Ниже приведены примеры определения $k_{\text{дин}}$ для расчетных случаев, к которым можно свести отдельные реальные машины. Рассмотрено также влияние упругих муфт на динамические нагрузки в приводах машин.

Нагрузки при жесткой муфте. При соединении жесткой муфтой исполнительный машины с приведенным моментом инерции J_2 (рис. 3.4) с двигателем с моментом инерции J_1 вращающий момент, действующий на муфту при разгоне машины без нагрузки, составит

$$T_1 = T_{\text{ном}} \frac{T_{\max}}{T_{\text{ном}}} \frac{J_2}{J_1 + J_2} = T_{\text{ном}} k_{\text{дин} 1},$$

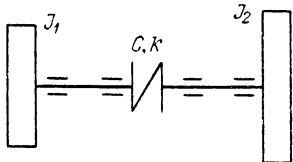


Рис. 3.4. Двухмассовая колебательная система

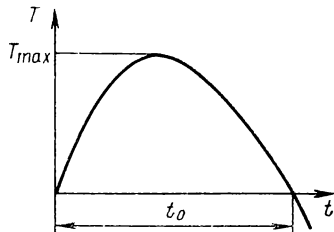


Рис. 3.5. Характер изменения переменного вращающего момента

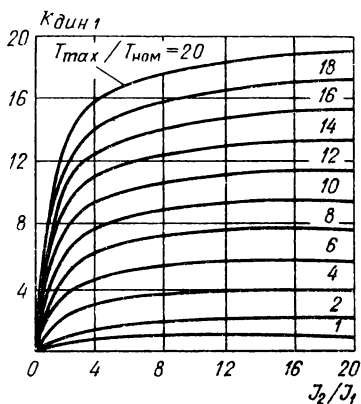


Рис. 3.6. Характер изменения коэффициента динамичности $k_{дин1}$ в зависимости от отношения ведомой и ведущей масс

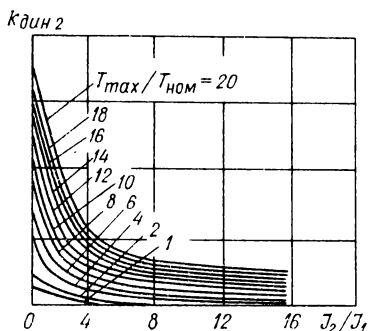


Рис. 3.7. Характер изменения коэффициента динамичности $k_{дин2}$ в зависимости от отношения ведомой и ведущей масс

где $T_{\max}$ — вращающий момент двигателя (рис. 3.5); $T_{\text{ном}}$ — номинальный вращающий момент, определяемый по мощности и частоте вращения двигателя.

Момент, нагружающий муфту при торможении двигателем,

$$T_2 = T_{\text{ном}} \frac{T_{\max}}{T_{\text{ном}}} \frac{J_1}{J_2 + J_1} = T_{\text{ном}} k_{дин2}.$$

При разгоне машины, предварительно нагруженной постоянным моментом $T_{\text{ном}}$, на жесткую муфту действует момент

$$T_3 = T_{\text{ном}} \left[1 + \left(\frac{T_{\max}}{T_{\text{ном}}} - 1 \right) \frac{J_2}{J_1 + J_2} \right] = T_{\text{ном}} k_{дин3}.$$

На рис. 3.6 и 3.7 показан характер изменения коэффициентов $k_{дин1}$ и $k_{дин2}$ в зависимости от J_2/J_1 при различных отношениях $T_{\max}/T_{\text{ном}}$. Видно, что с ростом момента инерции ведомой части машины нагрузка на муфту растет.

Нагрузки при упругой муфте. Крутильный удар, вызванный внезапным соединением масс при разгоне или торможении машинных агрегатов, имеющих зазоры в шарнирах, муфтах, зубчатых передачах и др. Крутильный удар, возникающий в приводе, состоящем из электродвигателя, линейной упругой муфты с жесткостью C и демпфирующей способностью k^1 (рис. 3.4), при внезапном соединении двух маховых масс с моментами инерции J_1 и J_2 , вращающихся с угловыми скоростями соответственно ω_1 и ω_2 , вызовет поворот полумуфт на угол

¹ Коэффициенты k и ψ связаны зависимостями (3.1), (3.27) и (3.28).

$$\varphi(t) = \frac{\omega_{\text{отн}}}{\omega_{\text{с. д}}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{k}{J_1} + \frac{k}{J_2} \right) t} \sin(\omega_{\text{с. д}} t), \quad (3.2)$$

где $\omega_{\text{с. д}}$ — собственная круговая частота системы с демпфированием, $\omega_{\text{с. д}} = \sqrt{\left(\frac{C}{J_1} + \frac{C}{J_2} \right) - \frac{k^2}{4} \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right)^2}$; $\omega_{\text{отн}} = \dot{\phi}|_{t=0}$ — относительная угловая скорость полумуфт в начальный момент времени.

Амплитудное значение вращающего момента

$$T_{\text{max}} = \frac{\omega_{\text{отн}}}{\omega_{\text{с. д}}} e^{-\frac{k}{2} \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right) t} \times \\ \times \sqrt{\left[C - \frac{1}{2} k^2 \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right) \right]^2 + k^2 \omega_{\text{с. д}}^2}. \quad (3.3)$$

Если пренебречь демпфированием в муфте ($k = 0$), выражение (3.3) упростится:

$$T_{\text{max}} \approx C \omega_{\text{отн}} / \omega_{\text{с}},$$

где $\omega_{\text{с}}$ — собственная круговая частота системы без демпфирования,

$$\omega_{\text{с}} = \sqrt{\frac{C}{J_1} + \frac{C}{J_2}}. \quad (3.4)$$

Видно, что при внезапном соединении масс, имеющих различные угловые скорости, значение крутильного удара существенно уменьшается с увеличением податливости муфты.

Крутильный удар, вызванный резким набросом нагрузки. Рассмотрим поведение системы с линейной упругой муфтой без учета демпфирования.

При действии крутильного удара T за время t на массу с момента инерции J_1 (см. рис. 3.4) относительный угол поворота полумуфт φ

$$\varphi(t) = \frac{T_{\text{max}}}{J_1 \omega_{\text{с}}^2} [1 - \cos(\omega_{\text{с}} t)].$$

Вращающий момент, действующий на муфту,

$$T = C\varphi = T_{\text{max}} \frac{J_2}{J_1 + J_2} k_{\text{дин 4}}, \quad (3.5)$$

где $k_{\text{дин 4}} = 1 - \cos(\omega_{\text{с}} t)$ зависит от соотношения времени t действия крутильного удара T_{max} и собственной частоты системы $\omega_{\text{с}}$; $k_{\text{дин 4}}$ может получать значения как меньше 1 (что говорит об эффективности применения упругой муфты), так и больше 1, достигая максимальной величины 2 при $t = \pi/\omega_{\text{с}}$. В последнем случае применение упругой муфты нецелесообразно и приводит лишь к двойному возрастанию динамической нагрузки по сравнению с жесткой муфтой.

Действие периодических вращающих моментов на систему с линейной муфтой. Как известно, действие периодического момента можно приближенно заменить действием ряда гармоник, полученных разложением в ряд Фурье. Поэтому рассмотрим простой случай действия вращающего момента T_i , изменяющегося по гармоническому закону как для двигателя, так и для рабочего органа машины, где i — индекс, характеризующий число импульсов нагрузки за один оборот вала (обычно вводится в расчеты с двигателями внутреннего сгорания, поршневыми насосами и т. п. см. с. 86).

На массы с моментами инерции J_1 и J_2 (см. рис. 3.4) действуют моменты $T_{1i} \sin(\omega t)$ и $T_{2i} \sin(\omega t)$. Уравнения движения масс имеют вид:

$$J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = C \varphi_1 + k \frac{d \varphi_1}{dt} + T_{1i} \sin(\omega t + \alpha_1); \quad (3.6)$$

$$J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = C \varphi_2 + k \frac{d \varphi_2}{dt} + T_{2i} \sin(\omega t + \alpha_2). \quad (3.7)$$

Дифференциальное уравнение для угла закручивания муфты записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{d \varphi}{dt} \left(\frac{k}{J_1} + \frac{k}{J_2} \right) + \varphi \left(\frac{C}{J_1} + \frac{C}{J_2} \right) = \\ = - \left[\frac{T_{1i}}{J_1} \sin(i \omega t + \alpha_1) + \frac{T_{2i}}{J_2} \sin(i \omega t + \alpha_2) \right]. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Решение уравнения (3.8) дает выражение относительного угла поворота полумуфт с амплитудой

$$\varphi_{\max} = \frac{\sqrt{\left(\frac{T_{1i}}{J_1} + \frac{T_{2i}}{J_2} \cos \alpha^* \right)^2 + \left(\frac{T_{2i}}{J_2} \sin \alpha^* \right)^2}}{\omega_c^2 \{ [1 - (i\omega/\omega_c)^2]^2 + (\psi/(2\pi))^2 \}}, \quad (3.9)$$

где α^* — угол сдвига фаз переменных вращающих моментов T_1 и T_2 , $\alpha^* = \alpha_1 - \alpha_2$.

Наибольшее значение переменного момента, передаваемого муфтой, является векторной суммой упругой составляющей момента и составляющей момента сил внутреннего трения

$$\begin{aligned} T_i = \sqrt{\left(\frac{T_{1i}}{J_1} + \frac{T_{2i}}{J_2} \cos \alpha^* \right)^2 + \left(\frac{T_{2i}}{J_2} \sin \alpha^* \right)^2} \times \\ \times \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2} \sqrt{\frac{1 + [\psi/(2\pi)]^2}{[1 - (i\omega/\omega_c)^2]^2 + [\psi/(2\pi)]^2}}. \end{aligned}$$

Если муфта передает еще и постоянный номинальный момент, то суммарный момент составит

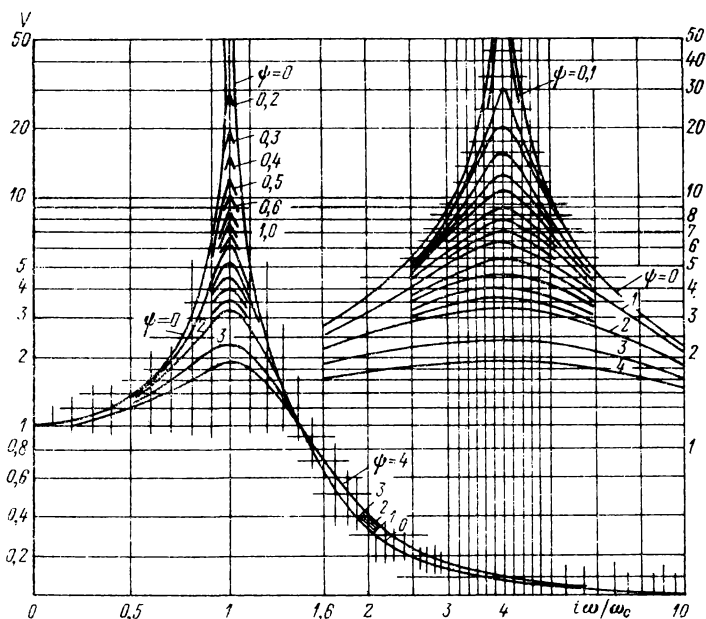


Рис. 3.8. Кривые зависимости V от ψ и $i\omega/\omega_c$

$$T_m = T_{\text{ном}} + \sqrt{\left(\frac{T_{1i}}{J_1} + \frac{T_{2i}}{J_2} \cos \alpha^*\right)^2 + \left(\frac{T_{2i}}{J_2} \sin \alpha^*\right)^2} \times \\ \times \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2} V = T_{\text{ном}} k_{\text{дин 5}}, \quad (3.10)$$

где

$$k_{\text{дин 5}} = 1 + \frac{1}{T_{\text{ном}}} \sqrt{\left(\frac{T_{1i}}{J_1} + \frac{T_{2i}}{J_2} \cos \alpha^*\right)^2 + \left(\frac{T_{2i}}{J_2} \sin \alpha^*\right)^2} \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2} V;$$

V — коэффициент резонанса,

$$V = \sqrt{\frac{1 + [2\psi/(2\pi)]^2}{[1 - (\omega/\omega_c)^2]^2 + [\psi/(2\pi)]^2}}. \quad (3.11)$$

Характер изменения коэффициента резонанса V представлен на рис. 3.8 для разных величин демпфирующей способности, оцениваемой коэффициентом ψ (см. рис. 3.3).

Таким образом, применение линейной упругой муфты окажется эффективным лишь при коэффициенте резонанса V , меньшем единицы, что имеет место при $\omega/\omega_c > \sqrt{2}$; $k_{\text{дин 5}} = k_{\text{дин 5 max}}$ при $\alpha^* = 2\pi n$, $n = 0, 1, 2, \dots$. Следует также подчеркнуть, что при необходимости работы машины в зоне частот вращения, близких к резонансу, эффективным средством снижения переменного вращающего момента на муфте является увеличение ее демпфирующей

способности. В более простом случае действия возмущающего момента только со стороны двигателя $T_{1i} \sin(\omega t)$ выражение для T_i существенно упростится

$$T_i = T_{1i} \frac{J_2}{J_1 + J_2}. \quad (3.12)$$

При действии на муфту также постоянного номинального момента $T_{\text{ном}}$ суммарный момент составит

$$T_{\text{м}} = T_{\text{ном}} \pm T_i.$$

Характер нагружения линейной упругой муфты в зависимости от времени прохождения резонансной зоны при разгоне машины. Большой практический интерес представляет определение максимальных амплитуд колебаний линейной системы, когда частота переменного возмущающего момента $T(t)$, плавно изменяясь, проходит через резонанс. Рассмотрим эту задачу на примере двухмассовой колебательной системы (см. рис. 3.4) с линейной упругой муфтой, обладающей демпфированием k . На ведущую массу с моментом инерции J_1 действует переменный момент, при этом ведомая масса не нагружена.

Если возмущающий момент, частота которого плавно возрастает со временем, обозначить [56]

$$T(t) = T_0 \cos(ht^2 + \varphi^*), \quad (3.13)$$

то мгновенное значение возмущающей частоты составит

$$\omega = \frac{d}{dt}(ht^2 + \varphi^*) = 2ht.$$

Угол φ относительного поворота полумуфт в двухмассовой колебательной системе с затуханием, пропорциональным скорости,

$$\varphi = \frac{1}{\omega_1 J_1} \int_0^t T(\tau) e^{-n(t-\tau)} \sin \omega_1(t-\tau) d\tau, \quad (3.14)$$

где $n = k/(2J_{\text{пр}})$; k — демпфирующая способность муфты;

$$J_{\text{пр}} = \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2}; \quad \omega_1 = \sqrt{\omega_c^2 - n^2}. \quad (3.15)$$

Подставляя (3.13) в (3.14), можно исследовать характер нагружения муфты при переменной частоте возмущающего момента.

На рис. 3.9 представлен характер изменения угла закручивания φ муфты в зависимости от отношения круговых частот ω/ω_c системы с постоянной демпфирующей способностью муфты, характеризуемой выражением $\gamma = 2n/\omega_c = 0,05$, при различных скоростях нарастания частоты возмущающей силы, характеризуемых числом периодов q свободных колебаний, от начала нагружения до момента достижения резонанса

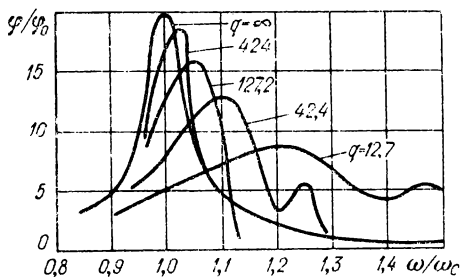


Рис. 3.9. Характер изменения относительной амплитуды колебаний системы с постоянным демпфированием $\gamma = 0,05$ при различных скоростях роста частот возмущающей среды, характеризуемых параметром q

$$q = \omega_c^2 / (4\pi h).$$

По оси абсцисс отложено отношение текущего значения частоты возмущающего момента $\omega = 2\pi f$ к частоте собственных колебаний ω_c , по оси ординат — отношение амплитуды φ колебания к равновесной амплитуде φ_0 . В работе [56] приведены приближенные формулы для подсчета максимальных амплитуд в зависимости от демпфирующей способности муфты и скорости нарастания или убывания (при выбеге) частоты возмущающей силы.

Таким образом, амплитуды резонансных колебаний при плавно изменяющейся частоте возмущения при разгоне или выбеге машины существенно зависят от скорости изменения частоты возмущения, т. е. от времени прохождения области резонанса.

Определение нагрузок на муфту в приводах с трехфазным асинхронным короткозамкнутым электродвигателем. В приводах машин возможно появление значительных динамических нагрузок при пуске или торможении противовключением асинхронных электродвигателей, нашедших широкое распространение в различных отраслях машиностроения благодаря их простоте. Неучет этих нагрузок, превышающих порой номинальные нагрузки, определяемые по мощности двигателя и его номинальной частоте вращения, в 8—10 раз, приводит к значительным ошибкам в расчетах деталей приводов на прочность.

О характере изменения вращающего момента при пуске и торможении противовключением асинхронных короткозамкнутых электродвигателей. При подключении обмоток статора электродвигателя к питающей сети в обмотках статора и ротора возникают токи переходного процесса, а в магнитопроводе начинают действовать переходные магнитные потоки, в результате взаимодействия которых к ротору электродвигателя прикладывается переменный электромагнитный вращающий момент, изменяющийся во времени с частотой питающей сети.

Анализ векторных уравнений, отображающих связь между напряжениями в обмотках статора и ротора, магнитными потоками обмоток, угловыми скоростями поля статора и ротора и моментом на валу двигателя, позволил связать движущий момент T_d и сколь-

жение s в форме системы дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dT_d}{dt} &= (\omega_0 - p\Omega) \psi^* - \frac{1}{T_a} T_d; \\ \frac{d\psi^*}{dt} &= \frac{2}{T_a} T_k - \frac{1}{T_a} \psi^* - (\omega_0 - p\Omega) T_d; \\ \frac{d\Omega}{dt} &= \frac{1}{J_1} T_d - \frac{1}{J} T_c, \end{aligned} \right\} \quad (3.16)$$

где $s = (\Omega_0 - \Omega)/\Omega_0 = (\omega_0 - p\Omega)/\omega_0$; Ω_0 — синхронная частота вращения электромагнитного поля статора; ω_0 — круговая частота питающей сети; p — число пар полюсов; Ω — угловая скорость вала двигателя; ψ^* — вспомогательная переменная, Н·м, $\psi^* = \frac{s_k}{s} (T_d + T_a \frac{dT_d}{dt})$; T_a — электромагнитная постоянная времени двигателя, $T_a = 1/(\omega_0 s_k)$; T_k и s_k — критические значения движущего момента и скольжения; J_1 — момент инерции ротора электродвигателя; T_c — момент сил сопротивления, приложенных к валу двигателя.

Характерно, что коэффициенты системы (3.16) содержат только паспортные и каталожные данные электродвигателя, т. е. представляют легкодоступную информацию. Если в этой системе приравнять нулю все производные переменных T_d и s , то получим известное уравнение статической характеристики асинхронного двигателя

$$T_d = \frac{2T_k}{(s/s_k) + (s_k/s)}. \quad (3.17)$$

На рис. 3.10 представлен характер изменения движущего момента T_d с изменением угловой скорости Ω вала двигателя, подсчитанный по формулам (3.16) — кривая 2 — и (3.17) — кривая 1 — для двигателя А02-42-4. Видно, что амплитуда динамического движущего момента для этого двигателя (кривая 2) превышает величину пускового момента по статической характеристике приблизительно в 7 раз. Номинальный же момент двигателя превышен еще больше.

Амплитудное значение движущего момента приближенно определяют при пуске электродвигателя

$$T_{d \max}^0 = 2T_k (s_k + e^{-\pi s_k/2}); \quad (3.18)$$

при торможении электродвигателя противовключением

$$T_{d \max}^{\text{прот}} = T_k (s_k + 2e^{-\pi s_k/4}). \quad (3.19)$$

Определение нагрузок на муфту. Переменный вращающий момент, возникающий при пуске или торможении противовключением асинхронного электродвигателя, изменяется по форме затухающей синусоиды. Частота колебаний при пуске близка к

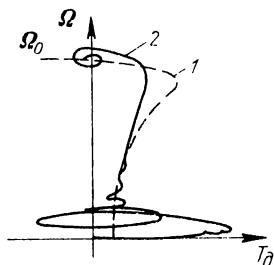


Рис. 3.10. Характер изменения движущего момента T_d от угловой скорости Ω вала двигателя

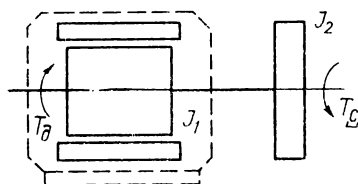


Рис. 3.11. Расчетная модель двухмассового привода с асинхронным короткозамкнутым двигателем

круговой частоте питающего напряжения ω_0 , а при торможении противовключением составляет примерно $2\omega_0$.

Динамическая составляющая вращающего момента вызывает значительные перегрузки в муфтах и разрушение последних. Учет этих нагрузок представляет большой практический интерес. Определение динамических нагрузок проводят, исследуя поведение двухмассовой системы (рис. 3.11). В этом случае на ротор электродвигателя с моментом инерции J_1 действует переменный вращающий момент T_d , определяемый из системы (3.16). Ведомая масса с моментом инерции J_2 определяет нагрузку на муфте при пуске электродвигателя и торможении.

Уравнение движения массы с моментом инерции J_1

$$\frac{d\Omega_1}{dt} J_1 = C\phi + k\phi,$$

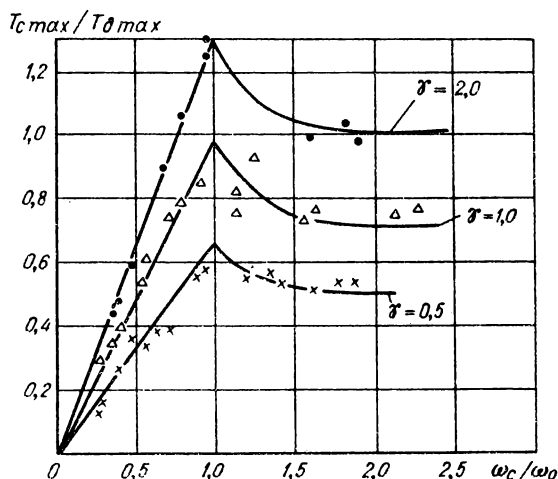


Рис. 3.12. Характер нагрузки в приводе при пуске асинхронного короткозамкнутого электродвигателя для соотношений масс $\gamma = J_2/J_1$

где Ω_1 — угловая скорость полумуфты, жестко соединенной с ротором двигателя; C — жесткость муфты; k — коэффициент демпфирования [см. формулы (3.1) и (3.28)]; φ — взаимный угол поворота полумуфт, $\varphi = \int_0^t (\Omega_1 - \Omega) dt$; Ω — угловая скорость полумуфты, соединенной с ведомой массой.

Момент сопротивления, нагружающий муфту, определяется по формуле: $T_c = C\varphi + k\dot{\varphi}$.

В работе [71] получена приближенная зависимость, позволяющая определять отношение максимальной динамической нагрузки на муфту $T_{c \max}$ к максимальному движущему моменту электродвигателя $T_{д \max}$, в зависимости от отношения моментов инерции масс $\gamma = J_2/J_1$, с которыми соединены полумуфты, и от отношения круговой частоты собственных колебаний системы ω_c к круговой частоте ω_0 возмущающего момента (питающей сети)

$$\frac{T_{c \max}}{T_{д \max}} = \begin{cases} \frac{2\gamma}{1+\gamma} \frac{\omega_c}{\omega_0}, & \text{при } 0 \leq \frac{\omega_c}{\omega_0} < 1; \\ \left(\frac{\gamma}{2}\right)^{1/2} + \left[\frac{2\gamma}{1+\gamma} - \left(\frac{\gamma}{2}\right)^{1/2}\right] \times \\ \times e^{-5(1-\omega_c/\omega_0)}, & \text{при } \frac{\omega_c}{\omega_0} \geq 1. \end{cases} \quad (3.20)$$

Для определения максимальной нагрузки на муфту при пуске двигателя используют соотношение (3.20), считая $T_{д \max}$ по (3.18). Для определения максимальной нагрузки на муфту при торможении противовключением двигателя используют соотношение (3.20), определяя $T_{д \max}$ по (3.19) и принимая вместо ω_0 величину $2\omega_0$.

Соотношения (3.20) получены из условия, что максимальная динамическая нагрузка возникает при $\omega_c/\omega_0 \approx 1$ — явление электромеханического резонанса. На рис. 3.12 в безразмерных координатах представлен характер изменения нагрузки в приводе при пуске асинхронного электродвигателя для трех значений соотношений масс. Используя эти кривые, можно легко определить максимальную нагрузку на муфту в приводе с асинхронным электродвигателем.

Таким образом, при пуске асинхронного короткозамкнутого электродвигателя возникает значительный переменный момент двигателя, амплитуду колебаний которого можно уменьшить применением упругой муфты малой крутильной жесткости. Муфту следует располагать сразу за электродвигателем.

Нагрузки при упругой нелинейной муфте, вызванные действием периодического момента. Применение нелинейной упругой муфты вносит большое своеобразие в работу машины при динамическом возмущении. Точное аналитическое решение дифференциальных уравнений движения нелинейной системы можно получить лишь в частных случаях. В расчетах нелинейных систем большое

значение имеет получение зависимости частоты свободных колебаний ω_c от амплитуды φ (скелетная кривая). При построении скелетных кривых используют приближенные решения [12], предполагая заранее существование уравнения движения и форму его периодического решения.

Виды скелетных кривых для некоторых нелинейных систем вместе с формулами, связывающими частоту с амплитудой, даны в табл. 3.1.

Рассмотрим в качестве примера двухмассовую колебательную систему с нелинейной упругой муфтой, обладающей демпфированием. На массу с моментом инерции J_1 действует переменный возмущающий момент $T_1 \cos(\omega t + \varphi^*)$. Допустим, что характеристика при кручении муфты приближенно описывается кубической параболой $T(\varphi) = \alpha_0 \varphi + \gamma_0 \varphi^3$ (такие характеристики имеют, например, муфты с торообразной резинокордной оболочкой — рис. 3.48 и 3.49), тогда уравнение движения будет иметь вид

$$\ddot{\varphi} + x\dot{\varphi} + \alpha\varphi + \gamma\varphi^3 = T_0 \cos(\omega t + \varphi^*), \quad (3.21)$$

где $\alpha = \alpha_0/J_{\text{пр}}$; $x = k/J_{\text{пр}}$; $J_{\text{пр}} = J_1 J_2 / (J_1 + J_2)$; $\gamma = \gamma_0/J_{\text{пр}}$;
 $T_0 = T_1/J_1$.

Решение уравнения (3.21) ищем в виде разложения в ряд Фурье

$$\varphi = \sum \Phi_n \cos(n\omega t), \quad n = 1, 3, 5, \quad (3.22)$$

При небольшом отклонении характеристики муфты от линейной достаточно учесть два первых члена разложения:

$$\varphi = \Phi_1 \cos(\omega t) + \Phi_3 \cos(3\omega t). \quad (3.23)$$

Для определения неизвестных амплитуд Φ_1 и Φ_3 и фазового угла φ^* , подставим (3.23) в (3.21) и после преобразований получим систему

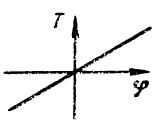
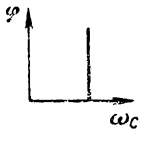
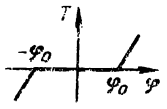
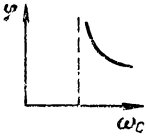
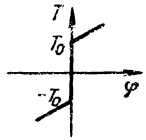
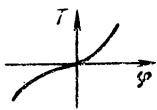
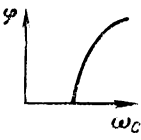
$$\left. \begin{aligned} (\alpha - \omega^2) \Phi_1 + \frac{3}{4} \gamma \Phi_1^3 &= T \cos \varphi^*; \\ x\omega \Phi_1 &= T_0 \sin \varphi^*; \\ (\alpha - 9\omega^2) \Phi_3 + 0,25\gamma \Phi_1^3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.24)$$

Сложим два первых уравнения и после возведения в квадрат получим амплитудно-частотное уравнение

$$\omega^4 + (x - 1,5\gamma\Phi_1^2 - 2\alpha)\omega^2 + \left(\alpha^2 + 1,5\alpha\gamma\Phi_1^2 + \frac{9}{16}\gamma^2\Phi_1^4 - \frac{T_0^2}{\Phi_1^2} \right) = 0. \quad (3.25)$$

Обычно экспериментально [63] определяют значения коэффициента относительного демпфирования ψ (см. рис. 3.3), которое и должно быть использовано в расчетах. Однако в дифференциаль-

Таблица 3.1 Виды скелетных кривых

Характеристика восстанавливающего момента	Частота свободных колебаний	Связь амплитуды свободных колебаний с их частотой (скелетная кривая)
$T = C\dot{\varphi}$ 	$\omega_0 = \sqrt{C/I_{\text{пр}}}$	
$T = C(-\varphi + \varphi_0)$ при $\varphi < -\varphi_0$; $T = 0$ при $-\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0$; $T = C(\varphi - \varphi_0)$ при $\varphi > \varphi_0$ 	$\omega_c = \frac{\sqrt{C/I_{\text{пр}}}}{1 + \frac{2}{\pi(\alpha - 1)}}$ где $\alpha = \frac{\varphi_0}{\varphi_0} > 1$	
$T = C\varphi + T_0$ при $\varphi > 0$; $T = C(-\varphi) - T_0$ при $\varphi < 0$ 	$\omega_c = \frac{\pi \sqrt{C/I_{\text{пр}}}}{\pi - 2 \arcsin \alpha},$ где $\alpha = \frac{\varphi_0}{C\varphi + \varphi_0} < 1$	
$T = \alpha\varphi^n$ 	$\omega_c = \sqrt{\alpha/I_{\text{пр}}} \frac{n-1}{2} v(n);$ $v(n) = \frac{\pi}{\sqrt{2(n+1)}} \times$ $\times \int_0^1 \frac{du}{\sqrt{1-u^{n+1}}}$	

ные уравнения движения, например в формулу (3.21), входит иная постоянная k , обычно называемая коэффициентом вязкого сопротивления. Установим связь ψ с k .

Если в выражение коэффициента относительного демпфирования ψ подставить A_D и $A_{\text{упр}}$, то получим

$$\psi = \frac{\int_0^{\varphi} k \frac{d\varphi}{dt} d\varphi}{\int_0^{\varphi} (\alpha_0 \varphi + \gamma_0 \varphi^3) d\varphi} = \frac{\int_0^T k \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 dt}{\frac{1}{2} \alpha_0 \varphi^2 + \frac{1}{4} \gamma_0 \varphi^4}, \quad (3.26)$$

где $T = 2\pi/\omega$ — период колебания.

С учетом (3.23) при условии $\Phi_1 \gg \Phi_2$ выражение (3.26) получит вид

$$\psi = \frac{k\Phi_1^2\omega\pi}{0,5\alpha_0\Phi_1^2 + 0,25\gamma_0\Phi_1^4}. \quad (3.27)$$

Для муфт с малой нелинейностью ($\alpha_0 \gg \gamma_0$)

$$\psi = 2k\omega(\pi/\alpha_0). \quad (3.28)$$

С учетом выражения (3.28) уравнение (3.25) получит вид

$$\frac{\omega^2}{\alpha} = \eta^2 = 1 + \frac{3\gamma_0}{4\alpha_0} \Phi_1^2 \pm \sqrt{\frac{T_1^2 J_{\text{пр}}^2}{\Phi_1^2 \alpha_0^2 J_1^2} - \frac{\psi^2}{4\pi^2}}. \quad (3.29)$$

Фазовый угол определим из системы (3.24)

$$\operatorname{tg} \varphi^* = \frac{\psi}{2\pi} \left(1 - \eta^2 + \frac{3}{4} \frac{\gamma_0}{\alpha_0} \Phi_1^2 \right). \quad (3.30)$$

По уравнению (3.29) можно подсчитать отношение частот (рис. 3.13). При плавном росте возмущающей частоты амплитуда колебаний растет соответственно верхней ветви кривой от A до C . В точке D касательная к кривой вертикальна. При дальнейшем росте отношения η^2 амплитуда резко изменяется, перескакивая в точку F , и далее изменяется по кривой FG . При плавном уменьшении отношения η^2 амплитуда колебаний изменяется по кривой GE , резко перескакивая в точке E на кривую BA , по которой и изменяется в дальнейшем. Характерно, что при наличии посторонних возмущений резкое изменение амплитуды может наступить раньше.

Вращающий момент, передаваемый муфтой, складывается из постоянной и переменной составляющих. Максимальное значение переменного момента при $\varphi \approx \Phi_1 \cos(\omega t)$ составит

$$T_{n \max} \approx (\alpha_0 \Phi_1 + \gamma_0 \Phi_1^3)^2 + (k\omega \Phi_1)^2. \quad (3.31)$$

В качестве примера рассмотрим поведение нелинейной упругой муфты в силовой установке, в которой четырехцилиндровый

Рис. 3.13. Кривые зависимости амплитуды колебаний Φ_1 от η с учетом демпфирования

Собственная частота системы составит

$$V\alpha = V\alpha_0/J_{\text{пр}} = 22,5 \text{ с}^{-1}.$$

Для момента второго порядка критическая частота вращения $n_k = \sqrt{\alpha/2} = 107,5 \text{ мин}^{-1}$.

Тогда в рабочей точке имеем

$$\eta_0 = h_0/n_K = 600/107,5 = 5,58, \text{ a } \eta_0^2 = 31,2.$$

Из рис. 3.13 следует, что амплитуды колебаний уменьшаются при больших значениях η^2 , т. е. с уменьшением $\sqrt{\alpha}$ и жесткости муфты.

С учетом первого члена разложения в ряд Фурье и $\psi = 0,4$ по формуле (3.31) найдем максимальное значение момента для двух амплитуд ($\Phi_I = 0,07^\circ$ и $\Phi_{II} = 128^\circ$):

$$T_{n \max I} = \sqrt{(7,9 \cdot 0,07 + 0,021 \cdot 0,07^3) + \frac{0,4 \cdot 7,9}{2\pi} \cdot 0,07)^2} = 5,54 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_{n \max II} = \sqrt{(7,9 \cdot 128 + 0,021 \cdot 128^3) + 0} = 45\,050 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В последнем случае наступит разрушение муфты.

Таким образом, решение нелинейной задачи кроме уточнения амплитуд колебаний позволяет учесть факт многозначности амплитуд колебаний. Если квадрат отношения возмущающей частоты к собственной больше 1,8, то возможно появление двух амплитуд колебаний. Если при линейной муфте возможен резонанс, то при нелинейной муфте такого нет и каждому значению отношения частот соответствуют свои амплитуды.

О применении упругих муфт в приводах с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) широко применяются в различных приводах современных машин, в таких, как автономные энергетические установки, транспортные средства, приводы кораблей и др. Известно, что эти двигатели отличается крайне неравномерный характер вращающего момента, вызываемый неуравновешенностью перемещающихся масс и периодическими импульсами нагрузки от отдельных цилиндров. Это приводит к необходимости расчетов на колебания таких приводов и поиску эффективных средств снижения вредных динамических нагрузок. В случае применения одно-, двухцилиндровых двигателей в энергетических установках типа дизель-генератор электрического тока существенной проблемой становится степень неравномерности вращения ротора генератора, влияющая на мигание света электроламп.

На рис. 3.14, а показан характер изменения вращающего момента на коленчатом валу одноцилиндрового четырехтактного ДВС под нагрузкой (сплошная кривая), с половинной нагрузкой и без нагрузки (штриховые кривые 2 и 1). Представлено также среднее значение вращающего момента при наличии нагрузки. Видно, что даже при отсутствии нагрузки (средний момент равен нулю) действует переменный вращающий момент.

На рис. 3.14, б представлены первые три гармоники разложения в ряд Фурье переменного момента. Каждая гармоника характеризуется порядком i , равным числу импульсов за один полный оборот коленчатого вала. Гармоники разного порядка имеют и различные амплитуды переменного момента. Если в четырехтактных двигателях порядок i гармоники кратен 1/2, то в двухтактных двигателях порядок гармоники кратен единице.

В табл. 3.2 выборочно сопоставлены порядки гармоник и отношение амплитуд возмущающих моментов T_i к среднему моменту $T_{\text{ном}}$ для четырех- и двухтактного двигателя при различном

числе цилиндров. Видно, что с ростом числа цилиндров неравномерность колебания вращающего момента уменьшается.

С изменением частоты вращения коленчатого вала ДВС меняется и частота вращающего момента. При совпадении собственной частоты колебаний системы ДВС— валопровод—рабочая машина с частотой одной из гармоник, полученной разложением в ряд Фурье вращающего момента ДВС, наступает значительное возрастание амплитуды вредных крутильных колебаний (явление резонанса). Таким образом, с изменением частоты вращения коленчатого вала ДВС могут наступать резонансы крутильных колебаний, вызванные влиянием отдельных гармоник возмущающего момента.

Повышение надежности машинных агрегатов с ДВС связано, в первую очередь, со снижением амплитуд вредных крутильных колебаний. В современном машиностроении этого успешно достигают применением сравнительно недорогих упругих муфт. Однако правильному подбору муфты должен предшествовать расчет машины на колебания, из которого определяют необходимую крутильную жесткость муфты и ее демпфирующую способность.

Рассмотрим некоторые примеры применения упругих муфт в машинных агрегатах с ДВС. Как правило, применение упругой муфты малой крутильной жесткости позволяет приближенно рассматривать машинный агрегат как двухмассовую колебательную систему. Массы двигателя, передач и рабочей машины приводят

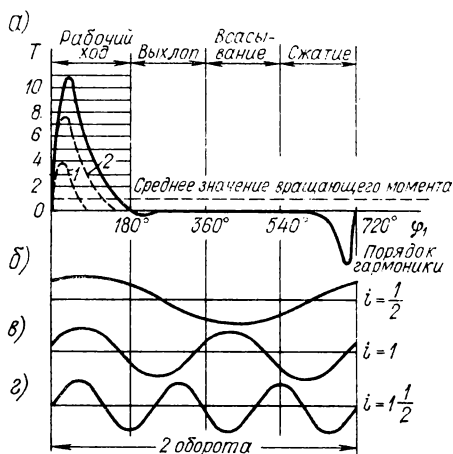


Рис. 3.14. Характер изменения вращающего момента на валу одноцилиндрового четырехтактного ДВС

Т а б л и ц а 3.2. Зависимость вращающего момента от порядка гармоники

Число цилиндров	Четырехтактный двигатель		Двухтактный двигатель	
	i	$T_i/T_{\text{ном}}$	i	$T_i/T_{\text{ном}}$
1	0,5	3,3	1	3,8
2	0,5	2,3	2	3,3
3	1,5	2,9	3	2,3
4	2	2,9	4	1,5
6	3	2,0	6	0,67
8	4	1,3	8	0,33

к ведущей и ведомой полумуфтам. Если собственная круговая частота двухмассовой системы определяется по выражениям (3.2) и (3.4), то частота собственных колебаний в минуту составит

$$n_c = 30\omega_c/\pi. \quad (3.32)$$

Тогда при числе импульсов i нагрузки за полный оборот коленчатого вала (число гармоник) критическая частота вращения $n_{кр} = n_c/i$.

При одно-, четырехцилиндровом двигателе маховик обычно настолько велик, что можно приближенно не учитывать маховые моменты других подвижных деталей двигателя. При шестицилиндровом двигателе маховик мал и поэтому следует учитывать маховые моменты всех подвижных деталей двигателя и маховика.

Рассматривая вопрос о степени неравномерности вращения массы J_2 , в случае действия периодического момента $T_{1i} \sin(i\omega t)$ на массу J_1 , при условии $T_{2i} \sin(i\omega t) = 0$ подстановкой (3.9) в (3.7) получим амплитудное значение угла поворота φ_2 массы J_2

$$\varphi_{2 \max} = \frac{T_{1i}}{(J_1 + J_2)(i\omega)^2} V.$$

Отсюда степень неравномерности вращения массы J_2

$$\delta = \delta_{\text{жест}} V, \quad (3.33)$$

где $\delta_{\text{жест}}$ — степень неравномерности вращения при жесткой муфте,

$$\delta_{\text{жест}} = T_{1i}/[(J_1 + J_2)(i\omega)^2]_i \quad (3.34)$$

V — см. формулу (3.11).

Видно, что применение упругой муфты эффективно лишь при $V < 1$, т. е. податливость муфты должна быть достаточно велика.

Рассмотрим примеры подбора муфт в приводах с ДВС.

Пример 1. Двухцилиндровый, четырехтактный дизель ($P_{\text{ном}} = 22$ кВт при $n_{\text{ном}} = 25$ с⁻¹) упруго соединен с генератором электрического тока. Моменты инерции двигателя $J_1 = 5,4$ кг·м² и генератора $J_2 = 0,32$ кг·м².

Нагрузка на муфту: постоянный номинальный вращающий момент $T_{\text{ном}} = 150$ Н·м; амплитуда переменного момента 0,5-го порядка $T_{0,5} = \pm 350$ Н·м.

По этим данным подбираем по каталогу упругую муфту «Перифлекс» фирмы «Штрамаг» с данными: $T_{\text{ном}} = 160$ Н·м — номинальный постоянный момент; $C_{\text{дин}} = 2 \cdot 10^3$ Н·м/рад — динамическая крутильная жесткость; $T_{\text{пред}} = 300$ Н·м — предельная статическая (однократная) нагрузка на муфту; $T_{0,5} = 120$ Н·м — предельная амплитуда переменного момента; $V = 6$ — коэффициент резонанса согласно формуле (3.11).

Частота собственных колебаний (3.32) рассматриваемой системы $n_c = 13$ с⁻¹; при $i = 0,5$ собственная частота $n_{кр 0,5}$ совпадает с рабочей, что недопустимо из-за высокой неравномерности враще-

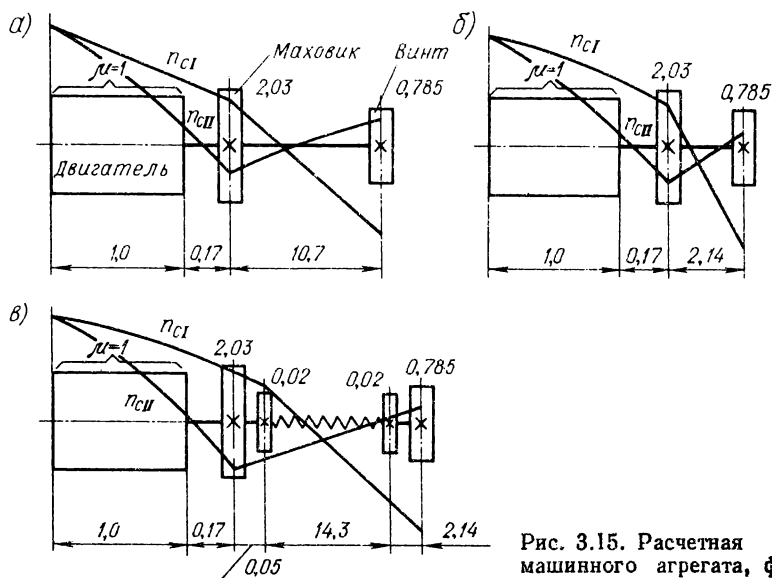


Рис. 3.15. Расчетная схема машинного агрегата, формы колебаний:

Варианты расчетных схем	Собственная частота вращения, об/мин	Критическая частота вращения (об/мин) при $i = 3, 6$	
		I форма	II форма
б	$\begin{cases} n_{cI} \approx 400 \\ n_{cII} \approx 1675 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 133 \\ n_{кр6} \approx 67 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 558 \\ n_{кр6} \approx 279 \end{cases}$
	$\begin{cases} n_{cI} \approx 605 \\ n_{cII} \approx 1706 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 295 \\ n_{кр6} \approx 148 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 570 \\ n_{кр6} \approx 285 \end{cases}$
	$\begin{cases} n_{cI} \approx 332 \\ n_{cII} \approx 1070 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 107 \\ n_{кр6} \approx 54 \end{cases}$	$\begin{cases} n_{кр3} \approx 557 \\ n_{кр6} \approx 278 \end{cases}$

ния ротора генератора. Во избежание мигания света необходимо увеличивать массу генератора за счет маховика до $J_2 = 10,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ так, чтобы $n_c = 15 \text{ с}^{-1}$, тогда критическая частота вращения при $= 0,5n_{кр0,5} = 15 \text{ с}^{-1}$.

По формуле (3.12) находим $T_{0,5} = 33 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (допускается при $n_{\max} = 25 \text{ с}^{-1}$ $T_{6,5} = \pm 80 \text{ Н} \cdot \text{м}$). При резонансе $T_{\text{пред}} = 350 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (при допустимом $T_{\text{пред}} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$). В этом случае $\delta = 2 \cdot 10^{-2}$, поэтому мигание света из-за неравномерности вращения ротора генератора исключается.

Пример 2. В первые годы применения двигателей внутреннего сгорания вместо паровых машин в приводах кораблей их располагали традиционно в том же машинном отделении в середине корпуса корабля. При этом длинный валопровод обуславливал высокую крутильную податливость колебательной системы ДВС —

гребной винт и низкие собственные частоты крутильных колебаний. Это исключало наступление резонанса при рабочих частотах вращения.

На рис. 3.15, а представлены: схема машинного агрегата ДВС, упругие линии двух форм колебаний, маховые массы двигателя, маховика и гребного винта (принято, что масса двигателя равномерно распределена вдоль его длины) и эквивалентные длины валов. Там же приведены собственные частоты для двух форм колебаний и критические частоты вращения $n_{кр}$ третьего и шестого порядков. С изменением конструкции кораблей двигатели стали перемещать на корму, ближе к гребному винту, освобождая середину корпуса под трюмы. Это привело к сокращению длины валопровода и возрастанию его крутильной жесткости и, как следствие, к изменению собственных частот. В связи с этим при первой форме колебаний машинный агрегат оказался в зоне, близкой к резонансной зоне. На рис. 3.15, б кроме схемы машинного агрегата представлены собственные частоты для двух форм колебаний и критические частоты вращения третьего и шестого порядка.

Самым простым и дешевым способом вывода агрегата из зоны резонанса оказалось применение упругой муфты малой крутильной жесткости. На рис. 3.15, в представлены: схема машинного агрегата, собственные частоты крутильных колебаний и критические частоты вращения третьего и шестого порядка. Видно, что применение упругой муфты позволило свести параметры машинного агрегата практически к исходной схеме.

Таким образом следует, что правильный подбор упругой муфты не однозначен. Упругую муфту следует, по возможности, располагать в узлах колебаний, подбирая ее крутильную жесткость C и демпфирующую способность ψ таким образом, чтобы амплитуды вредных динамических нагрузок были минимальны. Муфты могут испытывать следующие нагрузки:

- 1) постоянный вращающий момент, равный среднему моменту сопротивления рабочего органа машины;

- 2) циклически изменяющийся переменный вращающий момент, накладываемый на постоянный момент; длительное действие этого момента на муфту вызывает усталостное накопление повреждений в упругих элементах муфт, приводящее к их усталостному разрушению;

- 3) пиковые кратковременные воздействия переменного вращающего момента, возникающего в переходных процессах пуска и останова машины; однократное действие этого момента может вызвать разрушение муфты, определяемое ее статической прочностью;

- 4) при расцентровке соединяемых муфтой валов, вызванной неточностью монтажа, ошибками изготовления деталей, тепловыми деформациями корпусов и других деталей и т. п., упругие элементы муфт испытывают циклические деформации, что приводит к их усталостному разрушению.

Таким образом, правильный подбор конструкции и размера упругокомпенсирующей муфты, обеспечивающей надежную работу машины, определяется условиями ее работы в конкретной машине, которые могут существенно изменяться. Правильный подбор муфты включает следующее:

1. Назначение конструкции муфты.
2. Предварительный выбор размера муфты по величине номинального постоянного во времени вращающего момента.
3. Выбранная муфта должна обладать определенной крутильной жесткостью (податливостью), найденной из динамических расчетов колебательной системы двигатель—муфта—передача—рабочий орган машины. Если по крутильной жесткости выбранная муфта не подходит, то следует назначить следующий больший размер муфты или выбрать муфту другой конструкции приемлемой жесткости.
4. Необходимо проверить, сможет ли выбранная муфта передать (без разрушения) кратковременную пиковую нагрузку, действующую при пуске и торможении.
5. Проверить, удовлетворяет ли выбранная муфта требуемому ресурсу по усталостной циклической прочности при действии переменного вращающего момента, а также при наличии циклических деформаций упругого элемента, действующих вследствие расцентровки соединяемых валов.

3.3. Муфты с металлическими упругими элементами

Эти муфты отличаются высокой несущей способностью и возможностью работы в широком температурном интервале, однако они сложны по конструкции, дороги, требуют, как правило, постоянного ухода и контроля при эксплуатации.

Муфты с пакетами пластинчатых пружин. Муфта с радиальными пакетами пружин показана на рис. 3.16 (табл. 3.3). Полумуфты 1 и 5 соединены пакетами пружин (рессор) 8, работающих на изгиб при действии вращающего момента. С полумуфтой 5 пакеты пружин с помощью болтов 4 соединяются через кольцо 3, имеющее продольные пазы. Внутренние концы пакетов пружин входят в радиальные пазы полумуфты 1. Пакеты пружин фиксируются на полумуфте 1 кольцом 7 и тремя винтами. Крышка 2 с уплотнением 6 закрывает внутреннюю полость муфты, заполненную пластичной смазкой.

Муфта имеет линейную характеристику при кручении до тех пор, пока касательная к упругой линии деформированной пружины не совпадает с линией скоса паза (рис. 3.17), при дальнейшей деформации пружины характеристика муфты нелинейна. Без учета влияния сил трения между пластинами полумуфты при действии вращающего момента T повернутся на угол φ_*

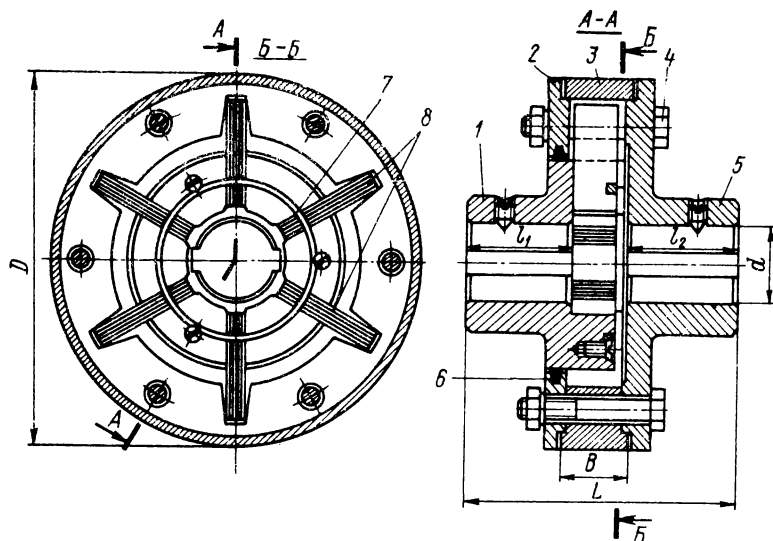


Рис. 3.16. Муфта с радиальными пакетами пружин

$$\varphi_x = [y_x + \alpha(l - x)] / (R + x), \quad (3.35)$$

где y_x — прогиб пакета пружин, $y_x = F_x x^3 / (3EJ)$; F_x — окружная сила, действующая на пакет на плече x , $F_x = T / [m(R + x)]$; m — число пакетов; E — модуль упругости первого рода; J — момент инерции поперечного сечения пакета, состоящего из пластин, $J = bh^3/12$; b и h — ширина и толщина одной пластины пакета; α — профильный угол паза; R и l — см. на рис. 3.17.

На линейном участке характеристики (рис. 3.17) зависимость угла поворота полумуфт φ_1 от величины вращающего момента T_1 без учета влияния сил трения определяется выражением

$$\varphi_1 = T_1 l^2 / [2mEJ(R + l)]. \quad (3.36)$$

Т а б л и ц а 3.3. Размеры (мм) и параметры муфты с радиальными пакетами пружин (рис. 3.16)

T , Н·м	$n_{\max}$, об/мин	d	D	L	B	l_1	l_2
75	4200	25	120	83	25	48	32
300	3500	40	160	113	25	60	50
800	2100	55	200	143	30	80	60
2 500	1650	80	280	203	45	120	80
8 500	1250	120	360	283	55	160	120
17 000	1000	150	440	353	60	200	150
40 000	850	200	570	473	60	260	210
75 000	800	250	640	543	65	300	240

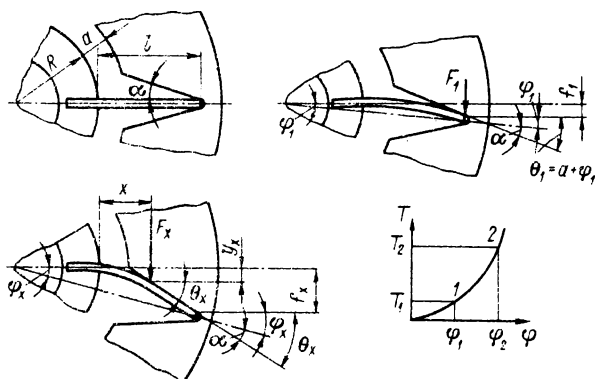


Рис. 3.17. Схема работы упругой пружины переменной жесткости

Напряжения изгиба в пластинах пружин достигнут максимального значения при $x = a$

$$\sigma_{\text{н}} = F_2 a / W, \quad (3.37)$$

где F_2 — окружная сила, действующая на пакет, $F_2 = T_2 / [m \times (R + a)]$; $T_2 = T_{\text{max}}$ — вращающий момент на муфте при $x = a$; W — момент сопротивления поперечного сечения пакета пластин, $W = nbh^3/6$; n — число пластин в пакете.

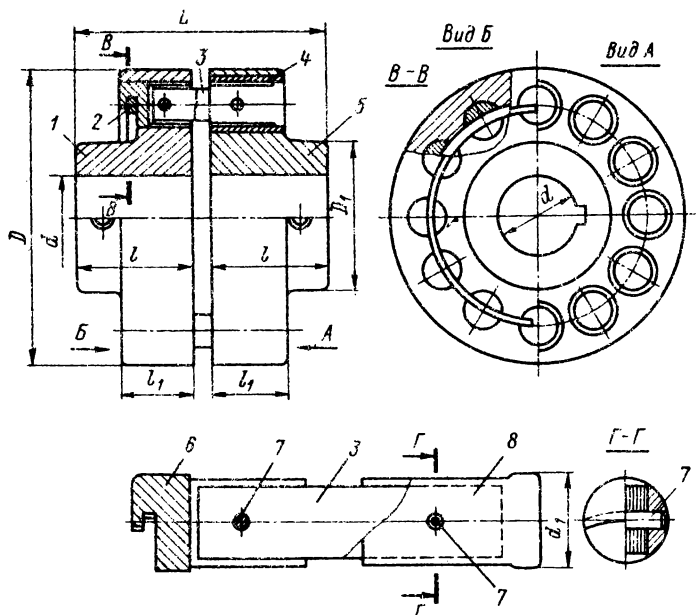


Рис. 3.18. Муфта с пакетами плоских пружин, расположенных параллельно оси вала, фирмы «Вальдрон»

Т а б л и ц а 3.4. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Вальдрон» (рис. 3.18)

T, Н·м	$n_{\max}$, об/мин	D	$d_{\max}$	l	l_1	Δ	D_1	d_1	Масса, кг
47	4000	89	25,4	41	29,0	89	38	16	3,17
72	4000	102	31,7	44	29,0	95	51	16	4,53
108	4000	114	41,3	48	29,0	102	62	16	5,90
180	3600	127	50,8	51	29,0	108	76	16	8,16
390	3600	146	57,0	57	36,5	121	86	19	11,30
570	3600	152	63,0	65	36,5	137	95	19	13,60
790	2550	178	76,0	71	36,5	149	117	19	18,10
1 700	2100	216	98,0	90	44,5	187	140	24	31,70
2 500	2100	216	98,0	90	44,5	187	149	24	31,70
3 900	1900	241	114,0	96	44,5	200	171	24	45,30
5 600	1800	254	108,0	110	60,0	206	165	32	52,20
7 800	1500	304	140,0	112	60,0	232	209	32	80,60
12 400	1200	381	152,0	134	60,0	276	279	32	158,00
18 000	1000	457	197,0	169	60,0	346	349	32	226,00
25 700	820	559	254,0	207	60,0	422	450	32	363,00
43 000	780	584	266,0	215	89,0	425	457	52	476,00
64 500	750	609	216,0	228	121,0	463	381	52	589,00
86 000	670	686	254,0	279	121,0	565	431	55	747,00
132 000	560	813	311,0	304	121,0	616	533	55	1200,00
214 000	550	838	298,0	330	146,0	667	508	65	1360,00
275 000	490	939	336,6	355	146,0	718	584	65	1814,00

$$n = T_2 a / [m (R + a) W [\sigma]_n]; \quad (3.38)$$

$[\sigma]_n$ — допустимое напряжение изгиба для материала пластин.

Муфта с несколькими пакетами плоских пружин фирмы «Вальдрон» (США) приведена на рис. 3.18 (табл. 3.4). Полумуфты 1 и 5 соединяются упругими элементами 3, представляющими пакеты плоских пружин, концы которых располагаются в хвостовиках 6 и 8 и удерживаются в них штифтами 7. Пакеты пружин одним концом крепятся к полумуфте 1 с помощью разжимного пружинного кольца 2 и свободно вставляются в отверстия полумуфты 5. При неточном расположении соединяемых валов свободные (правые) концы пакетов пружин перемещаются в отверстиях полумуфты 5. Поэтому для повышения долговечности муфты в отверстиях полумуфты запрессованы втулки 4 из антифрикционного материала. Если в хвостовиках 6 и 8 под пакет пружин сделать прорези переменной толщины, муфты будут иметь нелинейную характеристику.

На рис. 3.19 (табл. 3.5) представлена конструкция муфты с аксиальными пакетами плоских пружин. Полумуфты 1 и 4 имеют зубчатые венцы и соединяются упругими элементами 3 в виде пакетов плоских пружин, которые вставляются во впадины между зубьями. Кожух 2 удерживает пакеты пружин от выпадения и создает полость для пластичной смазки. Благодаря тому что боковые поверхности зубьев очерчены дугами окружностей, муфта

имеет нелинейную характеристику. Смазка внутри кожуха удерживается уплотнениями 5, допускающими смещение ступиц относительно кожуха.

Эта муфта служит для передачи значительных вращающих моментов и отличается хорошей компенсационной способностью.

Муфта с пакетами гильзовых пружин фирмы «Ренк» (ФРГ) — рис. 3.20, табл. 3.6 — состоит из двух полу муфт 1 и 4 и промежуточного кольца 3, в круглые гнезда которого закладываются пакеты пружин 2. При передаче вращающего момента пружины сжимаются, благодаря чему полу муфты поворачиваются на некоторый угол. Эти муфты могут обладать линейной или нелинейной характеристикой при кручении. В последнем случае внутри пакетов помещается сердечник 5, который винтами крепится к фланцу полу муфты 4. С увеличением нагрузки величина контактирующей поверхности сердечника с пружиной будет увеличиваться, а жесткость пружины возрастет (рис. 3.21).

Меняя толщину h отдельных пружин, эксцентриситет Δ и диаметр d_1 сердечника 1 (рис. 3.21), можно в широких пределах изменять характеристику муфты при использовании одних и тех же

Таблица 3.5. Размеры (мм) и параметры муфты с пакетами плоских пружин (рис. 3.19)

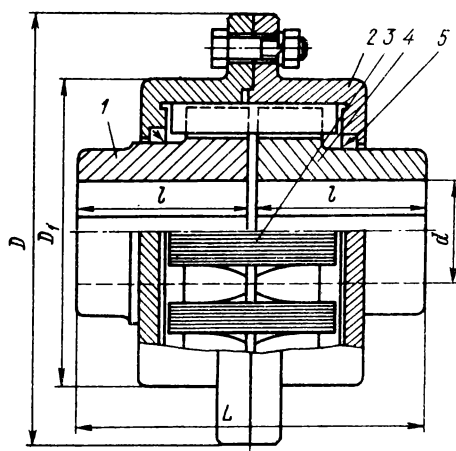


Рис. 3.19. Муфта с пакетами плоских пружин

T , Н·м	$n_{\max}$, об/мин	d	D	D_1	L	h
180	4030	24,5	126,4	82,5	103,7	50,8
415	3360	31,6	152,0	101,5	116,8	57,2
820	2880	44,5	176,7	120,1	141,3	69,7
1 700	2400	57,2	210,2	149,5	155,6	77,1
2 300	2130	73,0	240,1	171,5	185,2	91,5
4 000	1830	88,6	280,0	196,5	213,9	105,2
6 000	1610	101,5	315,7	225,2	243,0	120,1
8 900	1480	114,0	345,2	257,1	271,5	134,4
16 500	1310	126,4	390,0	284,3	307,1	153,0
28 600	1140	152,0	450,2	336,1	367,5	162,6
32 000	1100	176,7	465,5	372,0	379,1	176,7
46 500	960	200,3	530,2	430,8	407,3	200,3
65 000	875	228,0	582,3	476,0	460,0	228,0
92 000	770	254,0	660,0	547,5	510,0	254,0
122 000	700	278,0	710,1	585,0	558,7	278,0

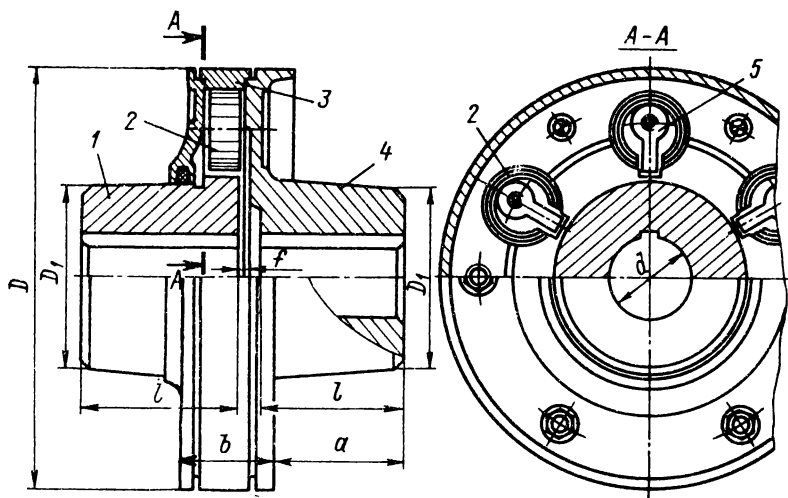


Рис. 3.20. Муфта с пакетами гильзовых пружин фирмы «Ренк»

полумуфт. Для уменьшения износа пружины смазывают. Для передачи больших нагрузок муфты изготовляют с двумя рядами пакетов пружин. Без учета влияния сил трения в пакетах пружин зависимость угла φ поворота полумуфт от величины вращающего момента выражается формулой

$$\varphi = 6\pi T \left[EzbR^2 \sum_{i=1}^n (h_i/r_i)^2 \right], \quad (3.39)$$

где z — число пакетов в муфте; R — радиус окружности, на которой расположены центры пружин; b и h — ширина и толщина

Таблица 3.6. Размеры (мм) и параметры муфты с пакетами гильзовых систем (рис. 3.20)

T , Н·м	n_{max} , об/мин	d	D	D_1	l	f	b	a	Масса, кг
140	3850	35	185	70	50	2	30	30	8
210	3850	35	185	70	60	2	30	40	9
280	3850	35	185	70	70	2	30	50	10
430	3400	45	210	90	70	2	30	50	14
570	3180	50	225	100	80	2	30	60	19
710	3180	50	225	100	80	3	45	60	23
1070	2860	60	250	120	90	3	45	65	32
1430	2600	75	275	150	100	4	50	75	45
1860	2380	80	300	155	100	4	50	75	52
2300	2230	85	320	160	100	4	50	75	60
2870	2080	90	345	170	120	4	50	95	75
3580	1880	100	380	180	140	5	50	115	92

одной пружины; n — число пружин в пакете; r — средний радиус одной пружины.

Напряжение изгиба в пружине

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{6Th}{r^2} \left/ \left[bzR \sum_{i=1}^n (h_i/r_i)^3 \right] \right. \ll \ll [\sigma]_{\text{из}}. \quad (3.40)$$

Следует стремиться к тому, чтобы напряжения во всех пружинах были одинаковыми. Для этого необходимо, чтобы отношение h/r^2 для всех пружин было постоянным. Поэтому пакеты пружин обычно изготавливают из трех-четырех пластин различных толщин.

Для расчета муфты сначала определяют радиус окружности центров пакетов пружин R . Назначают наибольший диаметр пакета пружин и число пакетов в муфте.

Из технологических и конструктивных соображений задают толщину внутренней пружины, принимая $h/r = 1/10 \div 1/25$. Диаметр меньшей пружины обычно принимают не менее 10—15 мм. По принятому отношению h/r и наибольшему диаметру пакета пружин определяют число пружин n в пакете. Производят расчет на прочность.

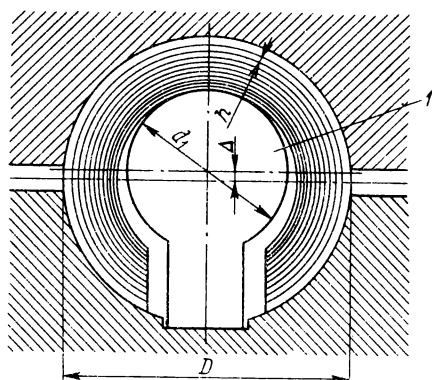


Рис. 3.21. Нелинейная муфта с пакетами гильзовых пружин

Таблица 3.7. Размеры (мм) и параметры муфты со эллиптическими пружинами (рис. 3.22)

$T, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$n_{\text{тах}}, \text{ об/мин}$	D	L	$d_{\text{тах}}$	a	Масса, кг
18	4800	86	80	25	1,0—3,0	1,6
26	3600	120	90	30	1,0—3,0	3,5
72	3600	120	90	40	1,0—3,0	3,8
215	2500	155	110	50	1,0—5,0	7,5
570	2300	195	141	65	1,0—5,0	15,0
1 070	1700	280	160	75	1,0—5,0	35,0
1 800	1650	280	182	85	1,5—6,5	37,0
3 600	1400	350	201	100	1,5—6,5	68,0
7 200	1000	430	262	125	1,5—6,5	130,0
11 500	860	420	282	140	1,5—6,5	140,0
14 300	800	476	302	150	2,0—8,0	200,0
28 600	650	595	362	180	2,0—8,0	330,0
43 000	550	700	402	220	2,0—8,0	410,0
72 000	470	775	502	200	2,0—10,0	630,0
107 000	400	925	542	320	5,0—15,0	870,0

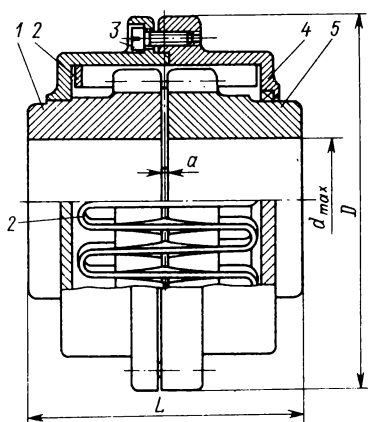


Рис. 3.22. Муфта со змеевидными пружинами на цилиндрической поверхности

Приведенные формулы справедливы только в пределах линейной характеристики. Доля линейной деформации по данным проведенных исследований равна приблизительно $2/3$ от всей рабочей деформации пакета.

Муфты со змеевидными пружинами. Полумуфты соединяются упругим элементом, выполненным в виде змеевидной пружины, расположенной на цилиндрической поверхности (рис. 3.22) или в плоскости, нормальной к оси муфты.

На рис. 3.22 (табл. 3.7) представлена муфта фирмы «Мальмеди» (ФРГ), состоящая из полумуфт 1 и 5, имеющих зубья специальной формы, между которыми помещается змеевидная пружина 2. Для предохранения пружины от выпадания и удержания смазки (обычно пластичной) служит кожух 4, состоящий из двух половин, стянутых винтами 3.

Пружина является наиболее ответственной деталью муфты. Она изготавливается из пружинной стали с пределом прочности $\sigma_{вр} = 1700$ МПа. В тяжелых муфтах пружины устанавливаются в два ряда. Такие муфты отличаются высокой надежностью в работе и малыми габаритными размерами. Эти свойства и обусловили довольно широкое распространение их главным образом в тяжелом машиностроении (прокатные станы, паровые трубы и т. п.), несмотря на сложность конструкции, нетехнологичность и необходимость контроля в эксплуатации. Муфты допускают смещение осей соединяемых валов: осевое — от 4 до 20 мм, радиальное — от 0,5 до 3 мм, угловое — до $1^{\circ}15'$ (большие значения — для больших муфт).

В зависимости от формы боковой поверхности зубьев муфты имеют линейную или нелинейную характеристику при кручении.

Зубья муфт постоянной жесткости (линейных) имеют форму, представленную на рис. 3.23. Расстояние между линиями упора пружины на зубья постоянно и не зависит от величины вращающего момента.

Зубья муфт переменной жесткости (нелинейных), применяемых в машинах с широким диапазоном регулирования скоростей и нагрузок, имеют криволинейное очертание боковой (рабочей) поверхности — рис. 3.24. Радиус этой поверхности выбирают таким, чтобы при увеличении вращающего момента происходило смещение места начала контакта зуба с пружиной по длине зуба, что определяет нелинейность характеристики муфты (жесткость

муфты увеличивается с ростом вращающего момента). На пружину в этом случае действует сила F и изгибающий момент M .

Расчет линейных муфт производят в предположении: 1) что пружина представляет собой замкнутый контур; 2) что из-за малости размеров сечения пружин по сравнению с диаметром ее расположения пружина лежит на плоскости.

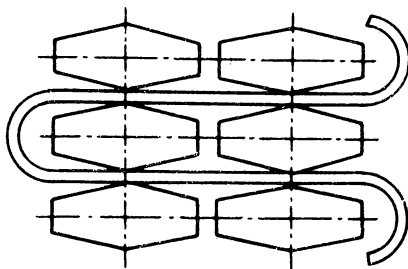


Рис. 3.23. Зубья муфт постоянной жесткости

В точках A , C и E (рис. 3.25, a) выпуклость кривой переходит в вогнутость, поэтому в этих точках радиус кривизны $\rho \approx \infty$, а изгибающий момент $M_m = 0$.

Рассечем пружины плоскостью, перпендикулярной к оси муфты и совпадающей с линией OO . В этих сечениях пружины существуют только перерезывающие и сжимающие (растягивающие) силы. Таким образом, отдельный полувиток рассматривают как арку, шарнирно укрепленную у основания и нагруженную силами от зуба (рис. 3.25, b). На рис. 3.25, $в$ изображены силы, действующие на виток.

Зависимость угла поворота полумуфт φ от величины вращающего момента T для линейной муфты определяется выражением [54]

$$\varphi = \frac{a^2 (24l - 16a + 3\pi t) T}{3EJzD_{cp}^2}, \quad (3.41)$$

где a , l и t — см. рис. 3.25; E — модуль упругости первого рода материала пружины; J — момент инерции поперечного сечения пружины, $J = bh^3/12$; b и h — ширина и высота (толщина) поперечного сечения пружины; z — число зубьев; D_{cp} — диаметр муфты по средней высоте пружины.

При достижении вращающим моментом предельного значения пружина коснется внутреннего края зуба и жесткость муфты станет максимальной. Для этого случая

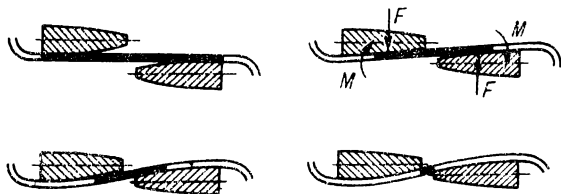


Рис. 3.24. Характерные стадии деформации пружин в процессе работы

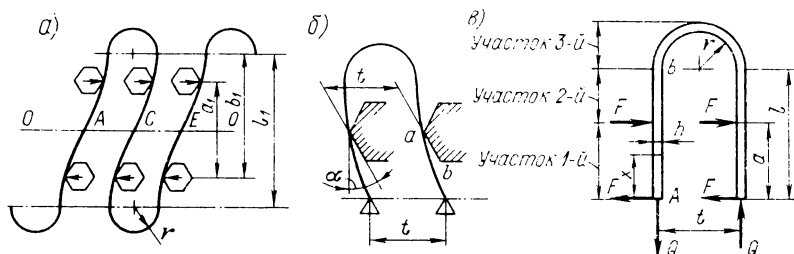


Рис. 3.25. Расчетные схемы пружины линейной муфты

$$T = \frac{12EJzD_{cp} \operatorname{tg} \alpha}{(24l - 12a + 3\pi t) - 4(a^2 + ab + b^2)}, \quad (3.42)$$

где α — угол наклона касательной грани зуба к оси муфты.

Максимальные напряжения изгиба имеют место в точке b (рис. 3.25, в)

$$\sigma_{\text{ж}} = 4Fah \left[bt^2(t - h) \left(\ln \frac{t + h}{t - h} - \frac{2h}{t} \right) \right]. \quad (3.43)$$

Приведем расчет линейных муфт по рис. 3.23.

Задавшись средним диаметром D_{cp} , числом зубьев z и углом α , определяют $T_{пр}$. Пружина выбирается из условия прочности на изгиб. Расчет нелинейных муфт по рис. 3.24 производят при допущениях, принятых для линейных муфт. В нелинейных муфтах (рис. 3.26) расстояние a от средней плоскости муфты до начала контакта пружины и зуба уменьшается по мере роста окружной силы F (рис. 3.25). Зависимость между F и a находят из условия совпадения касательных к изогнутой оси пружины и боковой поверхности зуба в точке их сопряжения. Зависимость угла поворота полушаров φ от величины вращающего момента T определяется выражением

$$\varphi = 2 \frac{(m - a)^2 - (m - s)^2}{\rho_1 D_{cp}} + \frac{a^2 (24l - 16a + 3\pi t)}{3EJzD_{cp}^2} T \quad (3.44)$$

где t и l — см. на рис. 3.25; a , m , s и ρ_1 — на рис. 3.26.

Обычно принимают $m = s$, тогда выражение (3.44) упрощается

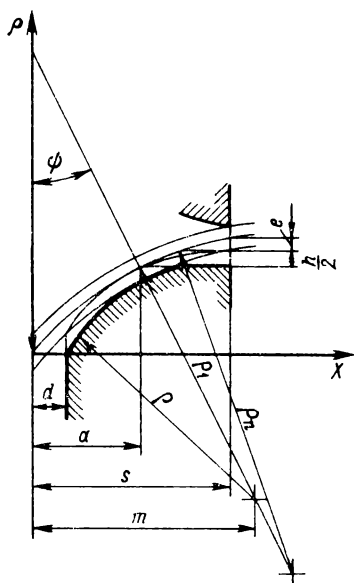


Рис. 3.26. Схема работы пружины нелинейной муфты

$$\varphi = 2 \frac{(m-a)^2}{\rho_1 D_{cp}} + \frac{a^2 (24l - 16a + 3\pi t)}{3EJzD_{cp}^2} T. \quad (3.45)$$

При $m > s$ характеристика муфты состоит из линейного и нелинейного участков. Угол поворота полумуфты на линейном участке характеристики

$$\varphi_{\text{л}} = s (24l - 16s + 3\pi t) / (6\rho_1 D_{cp}) \quad (3.46)$$

на нелинейном участке характеристики

$$\varphi = [s (8l - 4s + \pi t) / (2\rho_1 D_{cp})] - [E^2 J^2 D_{cp} / (6\rho^3 T^2)] l. \quad (3.47)$$

Максимальные напряжения изгиба в пружине находят по формуле (3.43), предварительно подсчитав

$$a = \frac{1}{2} \left(l + \frac{\pi t}{8} + \frac{EJ}{F\rho_1} \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left(l + \frac{\pi t}{8} + \frac{EJ}{F\rho_1} \right)^2 - \frac{mEJ}{F\rho_1}}, \quad (3.48)$$

где F — окружная сила на пружине, $F = 2T / (D_{cp} z)$.

Во избежание защемления пружины между длинными зубьями предусматривают зазор между зубьями и пружиной (рис. 3.26)

$$e > (\rho_{\text{п}} - \rho_1) (1 - \cos \psi),$$

где $\rho_{\text{п}}$ — радиус кривизны деформированной пружины на расстоянии a от плоскости разъемов муфты;

$$\begin{aligned} \rho_{\text{п}} &= \rho_1 (8l - 8a + \pi t) [8(m-a)]; \\ \psi &\approx \arcsin [(m-a)/\rho_1]. \end{aligned}$$

Обычно ширина паза делается на 0,7—1,5 мм больше толщины пружины.

При расчете упругого элемента линейных муфт по рис. 3.23 принимают: 1) пружина представляет замкнутый контур; 2) все витки пружины лежат в одной плоскости.

Нагрузочная способность пружины определяется [54] выражением

$$T = 4RzW [r + b_1 \operatorname{tg}(\alpha_1/2)] [\sigma]_{\text{н}} / \{a_1 k_1 [r + l_1 \operatorname{tg}(\alpha_1/2)]\}, \quad (3.49)$$

где R — радиус, на котором расположена пружина; z — число витков пружины; W — момент сопротивления поперечного сечения пружины; $[\sigma]_{\text{н}}$ — допускаемое напряжение изгиба; α_1 — угловой шаг (центральный угол) расположения пружины между соседними зубьями; r , a_1 , b_1 , l_1 — геометрические параметры пружины (см. рис. 3.25, а); k_1 — коэффициент для круглого и прямоугольного поперечных сечений, находят по графику, приведенному на рис. 3.27.

Из формулы (3.49) видно, что с увеличением размера b_1 нагрузочная способность пружины увеличивается. Наибольшей нагрузочной способностью обладают муфты, у которых $b_1 = l_1$.

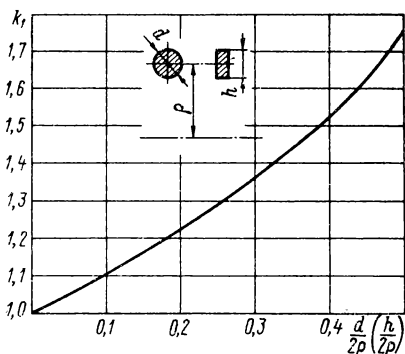


Рис. 3.27. График значений коэффициента k_f

Упругий элемент муфты представляет собой пружину, навитую из круглой проволоки диаметром $d = 2$ мм. Пружина имеет следующие параметры: $R = 5,5$ мм; $l_1 = b_1 = 28$ мм; $\alpha_1 = 15$ мм; $r = 7,4$ мм; $\alpha_1 = 20^\circ$; $z = 72$. Нагрузочная способность такой муфты (3.49)

$$T = \frac{4 \cdot 5,5 \cdot 72 \cdot 0,1 \cdot 2^3 \cdot 5 \cdot 10^3}{15 \cdot 1,15} = 367 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Здесь $[\sigma]_и = 500$ МПа.

Угол закручивания муфты (3.22)

$$\varphi = \frac{367 \cdot 10^3 \cdot 28^3 \cdot 0,0175}{2 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 16 \cdot 55^2 \cdot 72} = 4,05 \cdot 10^{-3} \text{ рад}.$$

На рис. 3.28 (табл. 3.8) представлена муфта «Мультифлекс» фирмы «Крофтс» (Англия), в которой вместо сложной в изготовлении змеевидной пружины применены отдельно кольцевые упругие элементы 4, вставленные во впадины зубьев полумуфт 1 и 2. Для уменьшения износа зубьев и пластин муфту заполняют пластичной смазкой, которая удерживается корпусом 3 и уплотнением 5.

Муфты с винтовыми пружинами. На рис. 3.29 представлена муфта «Карделис» фирмы «Хохройтер Баум» (ФРГ). Полумуфты 1 и 4 соединены винтовыми пружинами сжатия 5, которые опираются на сегменты 2, посаженные на пальцы 3 с зазором. Пружины 5 ставятся с предварительным натягом и при действии вращающего момента работают через

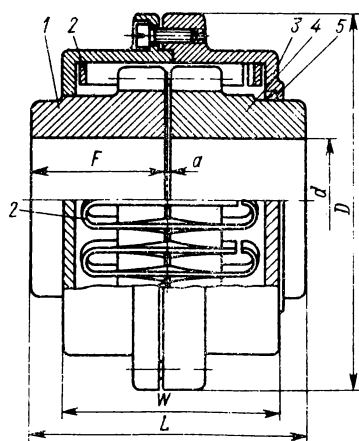


Рис. 3.28. Муфта с кольцевыми упругими элементами

Угол закручивания муфты (рад) определяется выражением

$$\varphi = T l_1^3 Y / (E J R^2 z), \quad (3.50)$$

где $Y = f(a_1/l_1; b_1/l_1; r/l_1; \alpha_1)$.

В работе [54] приведены таблицы значений Y Приблизительно

$$Y = [0,1564 + 0,008204\alpha_1 - (0,07167 + 0,009408\alpha_1) b_1/l_1 \times (a_1/l_1)^2, \quad (3.51)$$

где α_1 — в град.

Приведем расчет пружины муфты, показанной на рис. 3.23.

одну. Сегменты изготовляют из износостойких пластмасс. Поверхность контакта сегмента с пальцем смазывается пластичной графитовой смазкой.

Муфта допускает: радиальное смещение валов до $0,01D_A$ (рис. 3.29); угловое смещение до 2° ; осевое смещение до $0,05D_A$.

На рис. 3.30, в представлена зависимость допустимого радиального смещения осей валов от частоты вращения. В табл. 3.9 приведены основные размеры муфты в зависимости от величины расчетного вращающего момента, определяемого по формуле

$$T_{расч} = T_{ном} k,$$

где k — коэффициент динамичности, $k = k_1 k_2 k_3$; k_1 — коэффициент запаса, принимаемый равным:

При статической нагрузке	1
» малых толчках и ударах	1,25
средних толчках и ударах	1,5
сильных толчках и ударах	1,8

k_2 — коэффициент, зависящий от типа рабочей машины:

Для центробежных насосов, вентиляторов, транспортеров	1,2—1,5
Для ротационных компрессоров, деревообрабатывающих машин, каландров, легких станков; транспортеров, текстильных и прядильных машин	1,5—2,0
Для печатных станков, бумагоделательных машин, мешалок, мельниц, машин по переработке молока, средних станков, сушильных барабанов	2,0—2,5
Для лесопильных рам, тяжелых станков, судового привода воздушной дувки, приводов легких кранов и подъемников	2,5—3,0
Для приводов нормальных кранов и подъемников, лебедок, транспортных машин и ворот, резиновых валцов, поршневых компрессоров, цепных транспортеров	3,0—3,5
Для поршневых насосов, приводов передвижения тяжелых кранов, перегрузочных мостов, цементных мельниц, камнедробилок, ковшковых экскаваторов, ковшовых транспортеров	3,5—4,0
Для мельниц, приводов прокатных станов, роллангов с односторонним вращением	4,0—5,0
Для приводов прокатных станов и роллангов с реверсом	5,0—6,0

k_3 — коэффициент, зависящий от типа двигателя:

Для одно- и двухцилиндровых двигателей внутреннего сгорания	1,4
Для трех-, шестицилиндровых двигателей внутреннего сгорания	1,2
Для двигателей внутреннего сгорания с числом цилиндров более 6 и для электродвигателей	1,0

Таблица 3.8. Размеры (мм) и параметры муфты с кольцевыми пружинами (рис. 3.28)

T , Н·м	n_{max} , об/мин	D	a	d	F	L	W
107	4750	111	1,6	10	48	97	71
214	3800	133	1,6	50	51	103	78
570	3100	159	1,6	65	57	116	84
716	2700	177	1,6	82	64	129	96
860	2350	213	1,6	85	71	141	100
1150	2100	238	1,6	110	76	154	112

Рис. 3.29. Муфта фирмы «Карделис»

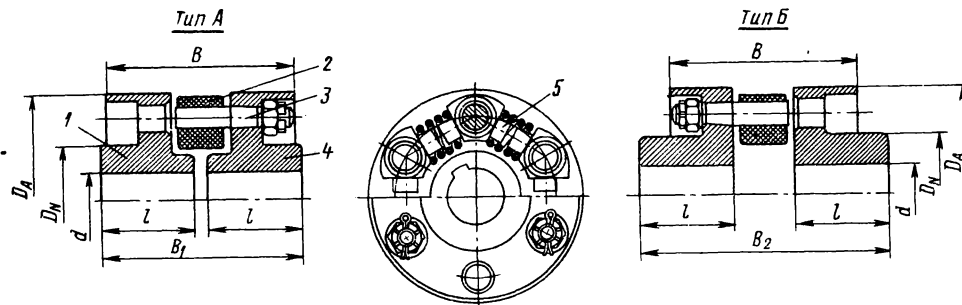


Таблица 3.9. Размеры (мм) и параметры муфты «Карделис» (рис. 3.29)

Т, Н	$n_{\max}$ об/мин	В	D_A	Муфты с малыми отверстиями (тип А)				Муфты с большими отверстиями (тип Б)				GD^2 , Н·м²	Крутильная жесткость, Н·м/град	Масса, кг
				D_N	$d_{\max}$	l	B_1	D_N	$d_{\max}$	l	B_2			
46,5	4200	75	100	45	25	45	98	50	28	45	120	0,082	6,82	3,2
70,0	3800	85	112	50	28	50	108	60	32	50	133	0,160	10,50	4,5
100,0	3500	95	125	60	32	55	118	65	35	55	146	0,280	15,30	6,5
135,0	3200	105	140	65	35	60	128	70	40	60	160	0,480	20,10	9,0
180,0	2900	116	160	70	40	70	150	80	45	70	186	0,810	27,00	13,0
260,0	2600	130	180	80	45	75	160	90	50	75	200	1,600	39,00	17,5
375,0	2300	140	200	90	50	85	180	100	55	85	224	2,800	55,00	25,0
550,0	2100	155	225	100	55	95	200	115	65	95	250	4,800	83,00	35,0
790,0	1950	170	250	115	65	105	220	135	75	105	276	11,600	121,00	48,0
1 090,0	1800	184	280	135	75	115	240	150	90	115	302	14,800	163,00	64,0
1 430,0	1650	202	315	150	85	125	260	170	100	125	328	26,700	210,00	91,0
2 120,0	1500	220	355	170	95	140	290	190	110	140	366	46,100	320,00	128,0
3 000,0	1350	244	400	190	105	160	330	215	125	160	414	83,800	450,00	178,0
4 350,0	1200	270	450	215	120	180	370	240	140	180	466	142,700	642,00	250,0
6 200,0	1080	300	500	240	135	200	410	270	160	200	516	237,000	930,00	344,0
8 950,0	950	340	560	270	150	225	465	300	180	225	578	445,700	1780,00	440,0
12 750,0	840	380	630	300	170	250	515	350	200	250	642	892,000	1870,00	610,0
17 900,0	750	425	710	350	200	280	575	400	225	280	718	1603,800	2610,00	850,0

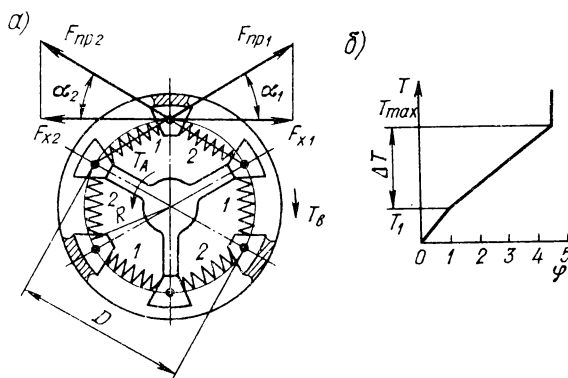


Рис. 3.30. Схема усилий, действующих в муфте «Карделис»

Расчетная схема муфты представлена на рис. 3.30. Вращающий момент, передаваемый муфтой,

$$T = zR (F_{np2} \cos \alpha_2 - F_{np1} \cos \alpha_1), \quad (3.52)$$

где z — число сегментов на одной полумуфте; F_{np1} и F_{np2} — силы пружин 1 и 2 (рис. 3.30, а); α_1 и α_2 — углы между направлениями силы пружин и касательных к окружности, по которой расположены центры пальцев.

Сила пружины

$$F_{np} = \Delta C_{np}, \quad (3.53)$$

где C_{np} — жесткость пружины; Δ — сжатие пружины, для пружин 1 $\Delta \approx \Delta_0 - \varphi R$; для пружин 2 $\Delta \approx \Delta_0 + \varphi R$; Δ_0 — предварительное сжатие пружины; φ — угол поворота полумуфт; R — см. рис. 3.30, а.

В пределах малого угла поворота полумуфт ($\varphi_1 = \Delta_0/R$) все пружины являются рабочими. При малых углах закручивания можно принять $\cos \alpha_1 \approx \cos \alpha_2 = \cos \alpha$, тогда жесткость муфты

$$C_{mI} = 2zC_{np}R^2 \cos \alpha. \quad (3.54)$$

При углах поворота, больших φ_1 , пружины работают через одну и жесткость муфты определяется выражением

$$C_{mII} = zC_{np}R^2 \cos \alpha. \quad (3.55)$$

При действии значительного вращающего момента витки пружины соприкасаются и муфта становится практически жесткой (рис. 3.30, б).

На рис. 3.31 (табл. 3.10) представлена муфта «Симплафлекс» фирмы «Ленце» (ФРГ) с набором концентрично расположенных винтовых пружин. Ступицы 1 и 3 соединяются упругим элементом 2, представляющим собой трехслойную витую пружину с витками прямоугольного сечения, которая торцами впаивается в ступицы.

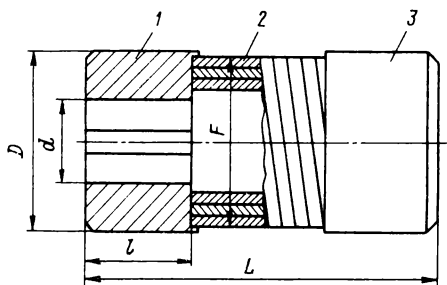


Рис. 3.31. Муфта фирмы «Симплафлекс» с набором концентрично расположенных винтовых пружин

Муфта соединяет концы валов и устанавливается на них либо на шпонке, либо на штифтах. Муфта изготавливается трех длин: короткой (к), средней (с), длинной (д).

При действии предельного вращающего момента полумуфты поворачиваются на угол $3\text{--}6^\circ$ в зависимости от длины муфты. Муфта допускает радиальные смещения валов $3\text{--}6\%$ от диаметра d вала, отличается малыми габаритными размерами по ди-

аметру, хорошими компенсирующими свойствами, проста в эксплуатации.

Вращающий момент (Н·м) определяется выражением

$$T = 5265 P k^* s / n, \quad (3.56)$$

где P — мощность, кВт; k^* — коэффициент, зависящий от взаимного смещения валов (табл. 3.11); s — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации муфты (табл. 3.12); n — частота вращения, об/мин.

На рис. 3.32 (табл. 3.13) представлена муфта «Симпла-Минифлекс» для передачи малых вращающих моментов. Полумуфты 1 и 3 соединяются упругим элементом 2, являющимся витой пружиной с витками прямоугольного сечения. Концы пружины кре-

Т а б л и ц а 3.10. Размеры (мм) и параметры муфты «Симплафлекс» (рис. 3.31)

$T, \text{ Н·м}$	Длина муфты L			l	D	F	d_{max} под шпонку	d_{max} под штифт	Масса муфты, кг		
	короткой	средней	длинной						короткой	средней	длинной
5	35	45	50	10	21	19	8	12	0,07	0,08	0,09
10	50	60	70	15	26	24	12	15	0,14	0,16	0,19
10	50	60	70	15	30	28	14	19	0,15	0,17	0,20
20	65	80	90	20	35	32	16	20	0,30	0,35	0,40
20	65	80	90	20	38	36	19	25	0,32	0,37	0,42
40	80	95	110	25	45	40	22	27	0,70	0,75	0,80
40	80	95	110	25	48	45	24	31	0,75	0,80	0,85
90	100	120	140	31	55	50	28	34	1,25	1,40	1,55
90	100	120	140	55	55	52	29	35	1,35	1,50	1,65
150	125	150	175	37	65	60	32	40	2,10	2,40	2,70
220	150	180	210	44	75	70	38	45	3,50	4,00	4,50
300	170	200	240	50	80	75	44	50	4,30	4,90	5,60
500	210	250	300	62	100	95	50	64	8,30	9,60	11,00
900	250	300	350	75	120	115	60	75	14,50	16,80	19,10

Таблица 3.11. Значение коэффициента k^*

Сумма угла поворота полумуфт с величиной смещения валов в зависимости от длины муфты			k^*
короткой	средней	длинной	
0	0,0	0	1,00
1	1,5	2	1,50
2	3,0	4	2,25
3	4,5	6	3,00

пятся в полумуфтах. Муфта передает вращение в обоих направлениях и отличается хорошей компенсирующей способностью.

Муфты с упругими элементами в виде стержней. На рис. 3.33 (табл. 3.14 и 3.15) представлены варианты исполнения муфты «Форст» фирмы «Рейншталь Вангойм» (ФРГ). В варианте, представленном на рис. 3.33, а, полумуфты 3 и 5 соединены цилиндрическими пружинами 6, расположенными по окружности с диаметром D_0 ; боковые крышки 1 и 7 удерживают пружины от выпадания и препятствуют вытеканию смазки благодаря уплотнениям 2; кожух 4 с уплотнением 2 специальной формы препятствуют вытеканию смазки из муфты при взаимном смещении полумуфт. Для уменьшения износа пружин и их гнезд в полумуфтах муфта через масленку 8 заполняется либо пластичной, либо жидкой смазкой с антизадириными присадками. Возможно выполнение с тормозным шкивом 9.

Муфта, показанная на рис. 3.33, б, отличается наличием двух рядов пружин 5, соединяющих полумуфты 1 и 7. Крышка 3 и кожух 4 удерживают пружины от выпадания и препятствуют вытеканию смазки благодаря уплотнениям 2 и 8. Смазка подается

Таблица 3.12. Значение коэффициента s

Нагрузка и вид рабочей машины	Род двигателя		
	электродвигатели, паровая турбина	двигатель внутреннего сгорания с числом цилиндров	
		более 4	менее 4
Постоянная нагрузка: центробежные насосы, турбокомпрессоры, генераторы света	1,0	1,5	2,0
Неравномерная нагрузка, без значительных толчков, редкий реверс (поршневые насосы и компрессоры, текстильные машины, мешалки)	1,5	2,0	2,5
Тяжелые условия работы, частый реверс (поршневые насосы без маховиков, мельницы, вибромашины, прокатные станы)	2,0	2,5	3,0

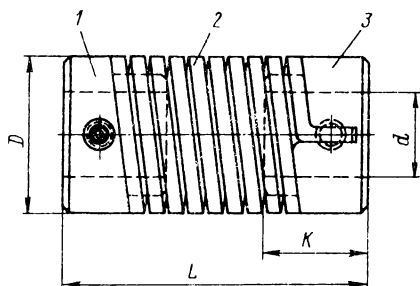


Рис. 3.32. Муфта фирмы «Симпла-Минифлекс»

Таблица 3.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 3.32)

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	d	K	Δ
0,5	16	3—8	12,5
0,2	26	6—14	17,0

Примечание. Поворот полумуфт при передаче момента T составляет 5° .

через пресс-масленку 6. Полумуфты изготавливают из сталей 45, 40Х, пружины — из высоколегированных пружинных сталей, крышки и кожухи — из чугуна СЧ 12.

Таблица 3.14. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 3.33, а)

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	$n_{\text{max}}, \text{об/мин}$	Δ	λ	N	D	d	D_1	B	$GD^2, \text{Н} \cdot \text{м}^2$	Масса, кг
43	4600	50	1—3	48	88	18—28	160	50	0,6	5
86	3800	50	1—3	48	88	20—28	160	50	0,6	5
143	3100	60	1—3	50	94	24—32	180	60	1,0	8
215	3100	60	1—3	68	116	28—45	200	65	1,6	11
286	2600	60	1—3	78	126	30—50	225	70	2,6	13
430	2600	70	1—4	80	139	35—55	250	80	4,4	18
573	2300	70	1—4	90	156	38—60	250	80	4,4	21
860	2300	75	1—4	105	163	45—70	280	90	8,2	26
1 150	1500	90	1—4	110	188	50—70	320	100	15,2	39
1 720	1300	100	2—5	130	218	55—90	400	125	41,7	64
2 150	1500	100	2—5	170	218	55—90	450	140	50,0	78
2 860	1500	105	2—5	145	218	65—100	450	140	50,0	80
4 300	1200	115	2—5	170	260	75—105	500	160	110,5	118
5 730	1200	130	2—6	180	280	90—115	640	180	284,0	155
7 160	1000	140	2—6	190	295	100—125	640	200	340,0	197
10 750	1000	140	2—6	200	325	110—125	640	200	365,0	214
14 320	900	150	2—6	220	346	115—130	650	200	385,0	238
19 700	900	170	2—6	230	365	125—140	650	200	413,0	280

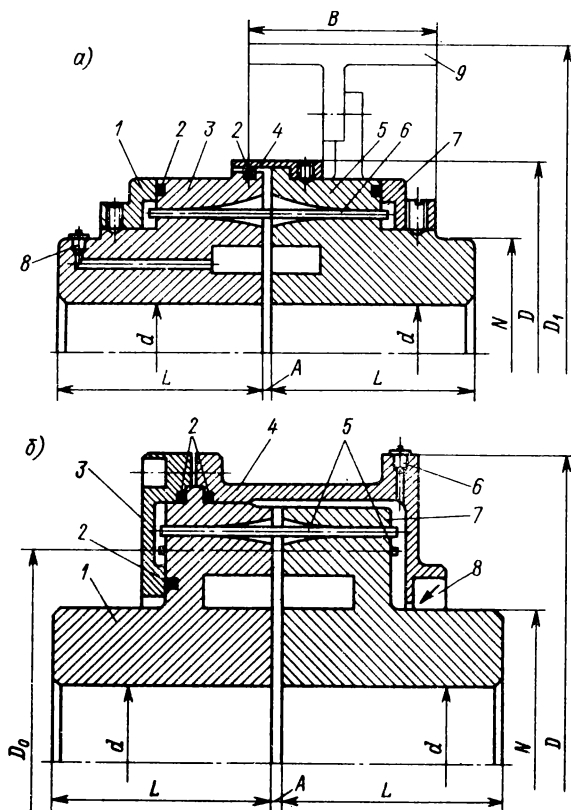


Рис. 3.33. Муфта фирмы «Форст»

При действии вращающего момента характеристика муфты линейна до тех пор, пока кривизна упругой линии стержня не станет равной кривизне профиля гнезда (рис. 3.34).

Зависимость угла поворота полумуфт φ от величины вращающего момента T на линейном участке характеристики определяется выражением

$$\varphi = 8s^3 T / (3EJzD_0^2), \quad (3.57)$$

где z — число стержней; E — модуль упругости первого рода материала стержня; D_0 , s — см. на рис. 3.34.

Зависимость угла поворота полумуфт φ от величины вращающего момента T на нелинейном участке характеристики определяется выражением

$$\varphi = [2(s^2 - a^2)/(\rho D_0)] + [8Ta^3/(3D_0^2zEJ)], \quad (3.58)$$

где a и ρ — см. на рис. 3.34.

Т а б л и ц а 3.15. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 3.33, б)

$T, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$n_{\text{пак.}} \text{ об} \cdot \text{мин}$	L	A	N	D	D_0	d	$GD^3, \text{ Н} \cdot \text{м}^3$	Объем за- правки мас- лом, л	Масса,
86	5400	55	1—4	60	126	79	28—32	0,43	0,100	6,2
143	4300	60	1—4	78	155	106	30—40	1,00	0,125	11,2
215	4300	60	1—4	78	155	106	35—50	1,08	0,125	11,4
286	3800	70	1—5	90	170	121	38—50	1,72	0,160	14,5
430	3800	70	1—5	90	170	121	42—52	1,79	0,160	15,0
573	3300	75	1—5	100	196	134	45—60	3,06	0,200	19,0
860	3300	75	1—5	110	196	134	50—70	3,23	0,200	20,0
1 150	2250	90	1—6	135	280	201	55—80	17,0	0,500	50,0
1 650	2250	90	1—6	160	280	201	65—90	17,9	0,500	53,0
2 150	2250	100	1—6	160	280	200	75—90	19,0	0,600	59,0
3 220	2250	100	1—6	170	280	200	80—105	19,6	0,600	64,0
4 300	1900	125	1—6	190	350	257	85—105	54,5	1,000	108,0
5 730	1900	125	1—6	190	350	257	90—115	54,5	1,000	108,0
7 160	1900	140	2—9	220	425	331	100—125	107,6	1,500	160,0
10 750	1500	150	2—9	220	425	331	100—125	109,0	1,500	163,0
14 320	1300	160	2—9	260	470	357	115—140	200,0	1,700	232,0
19 700	1300	170	2—9	270	470	355	125—150	216,0	1,700	242,0
25 000	1200	180	2—7	290	515	389	135—160	320,0	2,000	300,0
30 450	1200	190	2—7	320	535	409	145—180	390,0	2,000	346,0
35 800	900	200	2—7	360	590	496	160—210	614,0	2,200	443,0

Жесткость муфты

$$C = dT/d\varphi = 3T^3\rho^3/(E^2J^2z^2D_0). \quad (3.59)$$

Максимальные напряжения изгиба в стержне

$$\sigma_{\kappa} = 32EJ/(\rho\pi d^3), \quad (3.60)$$

где d — диаметр стержня.

Предельный вращающий момент

$$T_{\text{пред}} = EJzD_0/(2\psi\rho), \quad (3.61)$$

где $\psi = a/s$ (обычно принимают $\psi = 0,6 \div 0,7$ для нелинейных муфт, $\psi = 1,0$ для линейных муфт).

При расчете определяют: диаметр стержня d , задаваясь $D_0 = (0,015 \div 0,018)\sqrt[3]{T}$ ($T, \text{ Н} \cdot \text{м}$) [19]

$$d = 4 [\sigma]_{\kappa} \cdot D_0 \zeta^2 (3 - \psi^3)/(3E\varphi), \quad (3.62)$$

где $[\sigma]_{\kappa}$ — допускаемое напряжение изгиба материала стержня; z — число стержней

$$z = 64\zeta\psi T_{\text{пред}}/(\pi [\sigma]_{\kappa} d^3), \quad (3.63)$$

где $\zeta = s/D_0$

радиус кривизны гнезда в осевом сечении

$$\rho = Ed/(2 [\sigma]_{\kappa}). \quad (3.64)$$

На рис. 3.35 (табл. 3.16) представлена тяжелая муфта фирмы «Гайслингер», состоящая из полу-муфт 1 и 2; между ними расположены пакеты пластинчатых пружин (рессор) 3 из высокопрочной стали, закрепленные в полумуфтах концами. Вместе с деталями полумуфт пакеты рессор образуют камеры, заполненные маслом. При повороте одной полумуфты относительно другой вследствие прогиба рессор масло через зазоры перетекает из одной камеры в другую, благодаря чему демпфируются крутильные колебания. Для защиты отдельных рессор в пакетах от перегрузки их смещения ограничены упорами о стенки пазов полумуфты, поэтому муфта обладает нелинейной характеристикой при кручении. Муфта передает вращающий момент от 11,9 до 5890 кН·м, при этом угол закручивания одной полумуфты относительно другой составляет от 2,6 до 18°, коэффициент относительного демпфирования ψ от 0,5 до 2,0, допустимая температура для нормального исполнения 90 °С. Муфта не имеет ограничений по частоте вращения. Она широко применяется для уменьшения амплитуд вредных крутиль-

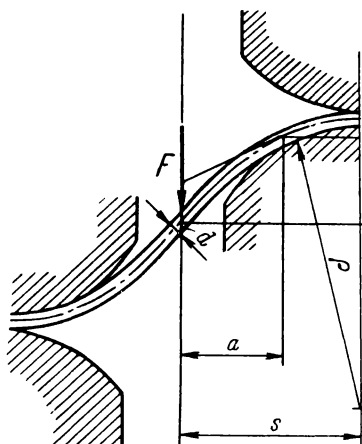


Рис. 3.34. Расчетная схема ботыра стержня

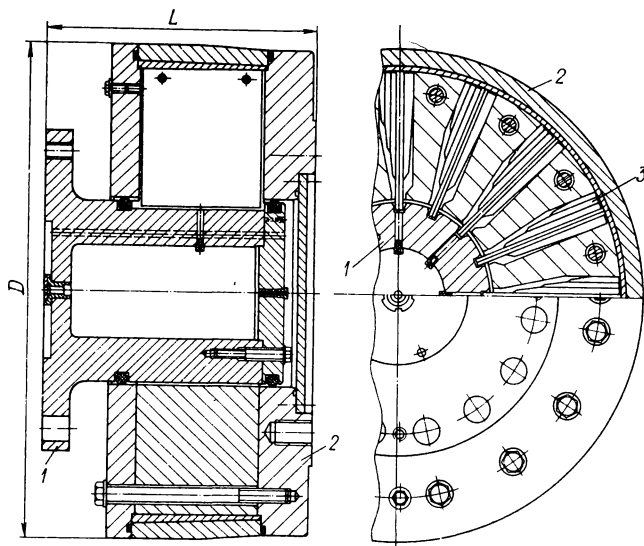


Рис. 3.35. Муфта фирмы «Гайслингер»

Т а б л и ц а 3.16. Размеры (мм) и параметры муфты «Гайслингер» (рис. 3.35)

Номинальный вращающий мо- мент T , Н·м	D	L	Масса, кг	Номинальный вращающий мо- мент T , Н·м	D	L	Масса, кг
11 900	410	178	143	736 000	1400	710	6 700
21 200	480	220	233	1 081 000	1600	850	10 800
49 700	560	325	495	1 520 000	1800	1000	14 250
110 000	720	405	900	2 065 000	2000	1150	18 100
190 000	900	492	2050	2 825 000	2240	1300	22 950
282 000	1000	500	2750	4 110 000	2500	1500	30 750
398 000	1100	620	3850	5 890 000	2800	1800	40 450
513 000	1250	640	4750				

ных колебаний в дизельных установках, поршневых компрессорах, насосах при точном расположении соединяемых агрегатов.

3.4. Муфты с неметаллическими упругими элементами

Муфты с неметаллическими, преимущественно резино-кордными и резиновыми упругими элементами получили весьма широкое распространение в современном машиностроении благодаря сравнительной простоте конструкции и дешевизне изготовления, отсутствию требований к уходу при эксплуатации, высоким компенсационным свойствам и хорошей демпфирующей способности. Они обладают также электроизолирующей способностью и т. д. Из-за низкой прочности резин и полиуретанов по сравнению с металлами эти муфты обычно применяют для передачи малых и средних вращающих моментов.

Долговечность резиновых элементов ниже, чем стальных. Резина постепенно теряет свои упругие свойства — стареет, неработоспособна при высоких температурах (более 100 °С) и в условиях повышенной радиации.

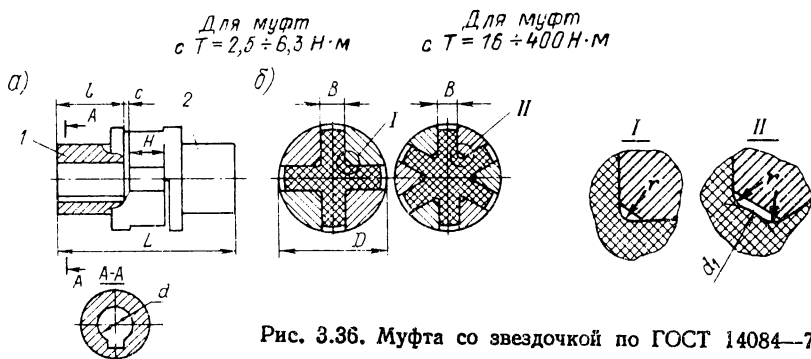


Рис. 3.36. Муфта со звездочкой по ГОСТ 14084—76*

Муфты со звездочкой. Муфта с резиновой звездочкой по ГОСТ 14084—76* (рис. 3.36, табл. 3.17) состоит из одинаковых полумуфт 1 и 2, имеющих на фланцах торцевые кулачки, и упругого элемента 3, выполненного в форме звездочки с четырьмя или шестью лучами. Лучи звездочки расположены между кулачками полумуфт и работают на сжатие через один при действии вращающего момента¹.

Муфты применяют для соединения валов в диапазоне диаметров 6—48 мм при вращающем моменте 2,5—400 Н·м. Полумуфты имеют два исполнения: I — для длинных концов валов по ГОСТ 12080—66*; II — для коротких концов валов по ГОСТ 12080—66*.

Материал полумуфт: сталь 35 по ГОСТ 1050—74**, допускается применять другой материал с механическими характеристиками не ниже, чем у стали 35. Конструкция и размеры упругих элементов представлены на рис. 3.36, а и б и, соответственно, в табл. 3.18 и 3.19. Звездочки изготовляют из резин со следующими физико-механическими свойствами:

Предел прочности при разрыве, Н/м², не менее	1,0·10 ⁷
Относительное удлинение при разрыве по ГОСТ 270—75, %, не менее	300
Относительное остаточное удлинение по ГОСТ 270—75, %, не более	30
Твердость по ГОСТ 263—75, усл. ед.	50—65

Пример условного обозначения звездочки муфты с номинальным вращающим моментом $T = 125$ Н·м климатического исполнения У, категории размещения 3:

Звездочка 125 УЗ ГОСТ 14084—76.*

Муфты упругие со звездочкой сравнительно просты по конструкции, обладают большой нагрузочной способностью, малыми габаритными размерами и материалоемкостью. К недостаткам следует отнести необходимость осевых перемещений валов (полумуфт) при монтаже, высокую крутильную, радиальную и угловую жесткость. Допустимое радиальное смещение осей соединяемых валов до 0,4 мм, угловое — до 1°30'. При передаче вращающего момента муфтой и компенсации радиальных смещений имеется неравномерность загрузки лучей звездочки. Более совершенной конструкцией упругого элемента является звездочка с лучами бочкообразной формы в сочетании с плоскими кулачками полумуфт.

На рис. 3.37 (табл. 3.20) представлена муфта фирмы «Пуль» (Франция). Муфта состоит из одинаковых полумуфт 1 и 3, имеющих торцевые кулачки, и резинового упругого элемента 4, выполненного в форме звездочки. Винты 2 фиксируют полумуфты на валах. Лучи звездочки располагаются между кулачками полу-

¹ Разработаны муфты [81], в которых за счет усложнения конструкции все лучи принимают участие в передаче момента.

Т а б л и ц а 3.17. Размеры (мм) и основные параметры муфты со звездочкой (рис. 3.36)

Номинальный вращающий мо- мент T , Н·м	d	D	L		l		c (пред. откл. по J_s 17)	Частота вращения, с ⁻¹ , не более	Смещение осей валов, не более		Маховой момент GD^2 Н·м ²	Масса, кг, не более		
			Исполнение						ради- альное Δ	угловое γ , град		Исполнение		
			I	II	I	II					I	II	I	II
2,5	6 7	32	45,5	—	16	—	1,5	92	0,1	1° 30'	0,05	—	0,17 0,15	— —
6,3	10 11 12 14	45	59,5	53,5	23	20		83			0,12	0,10	0,25 0,23 0,27 0,31	0,23 0,21 0,25 0,27
			73,5	63,5	30	25	0,35		0,30				0,59 0,57 0,65 0,63	0,57 0,55 0,59 0,55
16,0	12 14 16 18	53	81,0	71,0	40	28		63			0,2	0,76	0,54	0,72 0,80 0,78 0,74
			101,0	77,0	50	36	0,96		0,76					0,98 0,94 1,14 1,10
25,0	14 16 18 (19) 20	63	81,0	71,0	40	28		3,0			58	0,2	0,96	0,76
31,5	16	71	101,0	77,0	40	28	50		0,2					
31,5	18 (19) 20 22	71	101,0	77,0	40	28		50			0,2	0,96	0,76	0,98 0,94 1,14 1,10
			121,0	93,0	50	36								

63,0	20 22 (24) 25 28	85	128,0	100,0	50	36	3,0	37	0,3	3,0	2,8	1,81 1,75 1,67 2,00 1,90	1,67 1,65 1,57 1,61 1,51
	148,0		112,0	60	42								
125,0	25 28 30 32 35 36	105	188,0	144,0	80	58	33	9,0	8,4	3,32 3,18 3,34 3,32 3,39 3,72	3,06 2,84 3,04 3,16 3,23 3,30		
250,0	32	135	191,0	147,0	80	58	30	14,4	12,8	7,05	6,50		
250,0	35 36 (38) 40 (42) 45	135	191,0	147,0						14,4	12,8	7,10 7,06 6,90 7,60 8,08 8,49	6,62 6,56 6,40 6,88 7,50 7,90
			251,0	195,0	110	82	25	0,4	1° 00'				
400,0	(38) 40 (42) 45 (48)	166	196,0	152,0	80	58			38,6	37,8	11,34 12,04 12,90 12,12 13,10	10,82 11,46 11,78 11,00 11,98	
			256,0	200,0	110	82							

Примечания: 1. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

2. Допускаются другие соединения муфт с валами.

3. При применении звездочек, изготовленных из марок резин с пределом прочности при разрыве $[\sigma_p]$ выше значения $1 \cdot 10^7$ Н/м², допустимая частота вращения муфт увеличивается в $\sqrt{[\sigma_p]/1,0 \cdot 10^7}$ раз.

Т а б л и ц а 3.18. Размеры (мм) звездочек для муфт по ГОСТ 14084—76* (рис. 3.36, а)

Номинальный вращающий мо- мент T , Н·м	D	B (пред. откл. +0,2)	r (см. I рис. 3.36, б)	Масса, кг
2,5 6,3	30 42	8,5 10,5	1,25 1,6	0,009 0,012
П р и м е ч а н и е. Толщина звездочки $H = 10$ мм.				

муфт и работают на сжатие при действии вращающего момента. Для улучшения компенсационной способности муфты звездочка центрируется по внутренней части кулачков на одной полумуфте и не касается той же части кулачков второй полумуфты.

Упругий элемент муфты выпускается двух вариантов: в одном варианте поверхность луча звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по сфере (первоначальный контакт звездочки с кулачками в точке), в другом поверхность луча звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по цилиндру (первоначальный контакт звездочки с кулачками по линии).

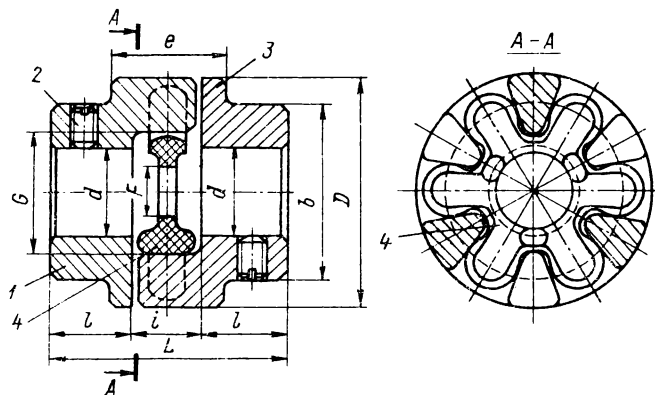
Со звездочкой первого типа муфта допускает угол закручивания до 16° , нагрев упругого элемента до 90°C . Со звездочкой второго типа муфта допускает угол закручивания валов до 10° , нагрев упругого элемента до 80°C . Муфта со звездочкой первого типа обладает лучшей компенсационной способностью, но передает меньшие нагрузки. При малых окружных скоростях полумуфты изготовляют из серого чугуна, при больших — из стали.

На рис. 3.38 и в табл. 3.21 представлена муфта «Джубомак» фирмы «Сага» (Италия), состоящая из полумуфт 1 и 3, имеющих торцевые кулачки, и резинового упругого элемента 2, выполненного в виде звездочки. Муфта имеет три исполнения: I — с полу-

Т а б л и ц а 3.19. Размеры (мм) звездочек для муфт по ГОСТ 14084—76* (рис. 3.36, б)

Номинальный вращающий мо- мент T , Н·м	D	d_1	B (пред. откл. +0,2)	Толщина звездочки H		Масса, кг
16,0	50	26	10,5	15	1,6	0,032
25,0 31,5	60 67	30	12,5			0,040 0,430
63,0 125,0	80 100	36 45	14,5 16,5	22	2,0	0,090 0,135
250,0 400,0	130 160	56 67	18,5 20,5	25 30	3,0	0,264 0,485

Рис. 3.37. Муфта фирмы «Пуль» со звездочкой



Т а б л и ц а 3.20. Размеры (мм) и параметры муфты «Пуль» со звездочкой (рис. 3.37)

Т, Н·м, для муфт типа		n _{тах} , об/мин	d полумуфты		b		F	G	I	L, D	I	Масса, кг
1	2		стальной	чугунной								
1,8	3,6	8000	14	12	25	16	12±0,3	19±0,3	10±0,3	34	12	0,13
4,3	8,6	7000	32	18	32	20	16±0,3	24±0,3	24±0,3	56	16	0,27
11,5	23,0	6000	24	22	40	27	22±0,3	32±0,4	32±0,4	76	22	0,68
25,0	50,0	5200	30	28	50	36	28±0,4	41±0,4	41±0,4	97	28	1,30
60,0	120,0	4500	40	38	65	44	38±0,4	54±0,5	54±0,5	130	38	3,00
143,0	286,0	4000	53	50	85	52	50±0,5	68±0,6	68±0,6	168	50	6,60

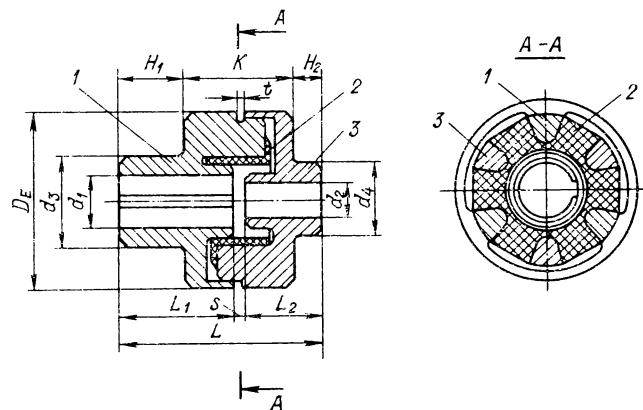


Рис. 3.38. Муфта фирмы «Джубомак»

Таблица 3.21. Размеры (мм) и параметры муфты «Джубомак» (рис. 3.38)

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	$n_{\text{max}}, \text{об/мин}$	D_E	L	d_1	d_2	L_1	L_2		t	d_3	d_4	H_2	K	H_1	$GD^2, \text{Н} \cdot \text{м}^2$	Масса, кг
9	10 000	67	85	14	24	30	50	5	3	30	42	14	37	34	0,02	1,1
18	8 850	76	105	19	25	40	60	5	3	38	45	21,5	42	41,5	0,03	1,6
36	7 250	93	105	19	28	40	60	5	3	38	48	15	55	35	0,09	2,4
71,5	6 000	112	145	28	38	60	80	5	3	48	65	30,5	64	50,5	0,23	4,8
143	5 000	134	195	38	42	80	110	5	3	65	70	42	81	72	0,59	7,6
215	4 600	146	195	38	48	80	110	5	3	65	80	43	79	73	0,84	9,5
360	4 050	166	225	42	55	110	110	5	3	70	95	67	91	67	1,62	14,3
720	3 300	204	255	55	75	110	140	5	3	95	125	58	109	88	4,42	26,5

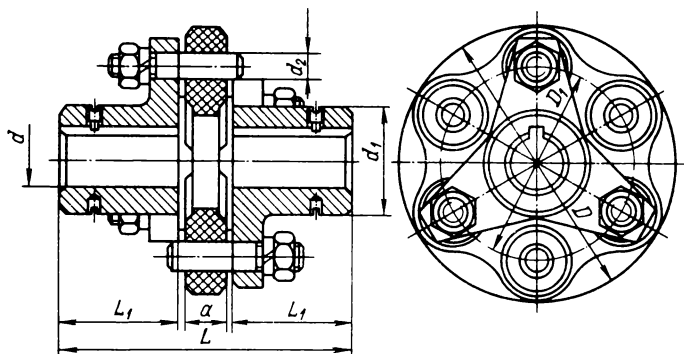


Рис. 3.39. Муфта упругая с промежуточным диском по ГОСТ 25021—87

муфтами для длинных концов валов; II — с полумуфтами для коротких концов валов; III — с одной полумуфтой для длинного конца вала и другой — для короткого конца вала.

Центрирование упругого элемента осуществляется по внутренней поверхности кулачков полумуфт. Эта муфта допускает угол закручивания $10\text{--}15^\circ$, радиальное смещение $1\text{--}2\text{ мм}$, угол перекоса валов $2\text{--}3^\circ$ (большие значения для муфт больших размеров).

Муфты пальцевые с упругим диском. Муфты пальцевые с упругим диском, обладая значительным диаметром, хорошо компенсируют угловые смещения валов. Эти муфты не требуют ухода в процессе эксплуатации, допускают простую замену упругого элемента. Они могут быть использованы для соединения двигателя с передаточным механизмом, т. е. при установке на быстроходной ступени.

На рис. 3.39 и в табл. 3.22 приведена конструкция и размеры муфты с упругим резиновым диском по ГОСТ 25021—81. Муфта отличается малой несущей способностью при больших габаритных размерах. Особая форма диска и утолщения под пальцами обеспечивают оптимальное распределение напряжений в диске при действии на муфту вращающего момента.

Полумуфты изготавливают из чугуна марки СЧ 20 по ГОСТ 1412—85, пальцы — из стали марки 35 по ГОСТ 1050—74**. Упругий элемент изготавливают из резины со следующими физико-механическими свойствами:

Предел прочности при разрыве, МПа, не менее	10
Относительное удлинение при разрыве по ГОСТ 270—75*, %, не менее	150
Твердость по ГОСТ 263—75, усл. ед.	50—70
Относительное остаточное удлинение по ГОСТ 270—75*, %, не более	30

На рис. 3.40 и в табл. 3.23 представлена конструкция и размеры муфты пальцевой с резинокордным упругим диском фирмы

Т а б л и ц а 3.22. Размеры (мм) и параметры муфты упругой с промежуточным диском (рис. 3.39)

Номинальный вращаю- щий мо- мент T , Н·м	d	d_1	D , не более	L , не более				L_1 , не более				Максималь- ный вращаю- щий момент при кратко- временной перегрузке, Н·м	Частота враще- ния, с ⁻¹ , не более	Допускаемое сме- щения осей валов, не более		Масса, кг, не бо- лее	
	Пред. откл.			Тип										угловое φ , град	ради- альное Δ		
	по Н7	по Н9		1													
				Исполнение													
				I	II	I	II	I	II	I	II						
4,0	8, 9		56	65	—	45	—	22	—	15	—	10	100	1,0°	0,40	0,4	
8,0	10, 11		63	70	65	55	—	35	22	18	—	20	83		0,50	0,6	
	12, 14		80	90	80	65	—	32	28	22	—	40			0,75	0,8	
16,0	16, 18			110	90	85	63	42	30	32	20	80	67	0,75°	1,00	1,4	
31,5	16, 18, (19)		100	135	105	105	80	52	38	40	26	160					50
	20, 22		125	160	125	125	90	63	44	46	28	500			2,8		
63,0	20, 22, (24)		160	205	160	165	125	82	60	63	40	50	50		1,25	3,5	
	25, 28		180	265	210	230	175	112	84	88	60				1,5	6,2	
125,0	30, 32, 35, 36																
200,0	30, 32, 35, 36, (38)																

П р и м е ч а н и е. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

Рис. 3.40. Муфта фирмы «Монинхофф»

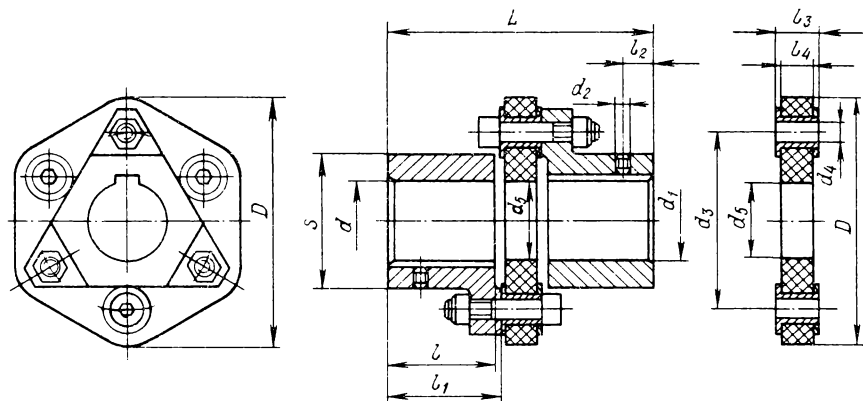


Таблица 3.23. Размеры (мм) и параметры муфты «Монинхофф» (рис. 3.40)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	Максимальный вращающий момент T_{max} , Н·м	n_{max} , об/мин	Максимальное угловое смещение γ , град	Момент инерции, $J_z \cdot 10^{-3}$, кг·м ²	Масса, кг	Винты $d_B \times l_B$	Момент затяжки винтов, Н·м	D	s	d	d_1	d_2	d_3	d_4	D		l_1	l_2	l_3	l_4
100	200	7700	2,5	1,46	2,4	M10×45	49	99	56	14—32	39	M5	75	10	103	40	43,5	11	16	16
200	400	6400	2,5	2,91	3,3	M10×45	60	125	63	19—38	39	M6	85	10	125	50	53,5	20	18	18
350	640	5200	2,5	6,37	5,6	M10×50	69	143	78	22—48	48	M6	106	10	136	55	59	20	18	18
800	1600	4500	2,5	16,50	10,5	M16×70	150	162	90	24—60	60	M8	120	16	198	80	84	30	30	27
1200	2400	3800	2,5	30,80	16,6	M16×75	150	196	106	30—70	70	M8	140	16	232	95	99,5	40	33	28
2250	4500	2700	2,5	191,00	42,5	M24×100	300	262	150	40—100	100	M8	200	24	287	120	125	50	37	32

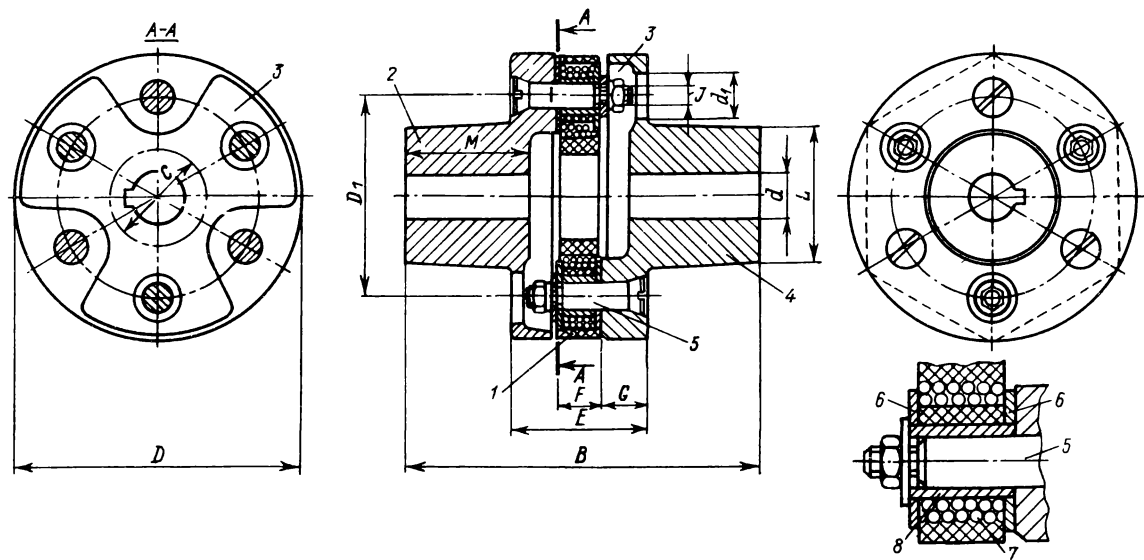


Рис. 3.41. Муфта фирмы «Страфлекс»

Т а б л и ц а 3.24. Размеры (мм) и параметры муфты «Страфлекс» (рис. 3.41)

T , Н·м	$n_{\max}$, об/мин	D	B	$d_{\max}$	D_1	E	F	G	J	d_1	L	M
75	6000	78	80	30	50	32	12	8	M6	16	41	32
100	5500	98	116	32	65	43	15	14	M6	16	46	45
150	5500	98	116	32	65	43	15	14	M6	16	46	45
200	5000	124	146	42	85	54	18	18	M8	20	58	54
300	5000	124	146	42	85	54	18	18	M8	20	58	54
400	4500	144	177	50	100	65	21	22	M10	23	68	65
600	4500	144	177	50	100	65	21	22	M10	23	68	65
800	3500	182	214	70	132	82	26	28	M12	30	92	80
1200	3500	182	214	70	132	82	26	28	M12	30	92	80
1600	2800	232	280	100	170	102	32	35	M14	32	126	110
2400	2800	232	280	100	170	102	32	35	M14	32	126	110
3200	2400	268	340	110	190	130	42	44	M16	37	142	123
4800	2400	268	340	110	190	130	42	44	M16	37	142	123
6000	2000	330	424	145	240	136	48	44	M16	37	184	160

«Монинхофф» (ФРГ). В данной конструкции выполнено армирование отверстий под пальцы, что увеличивает нагрузочную способность муфты.

Конструкция и размеры пальцевой муфты с диском «Страфлекс» фирмы «Польстра» (Франция) приведены на рис. 3.41 и в табл. 3.24. Упругий элемент 1 в форме шестигранника с круглым отверстием соединяется с полумуфтами 2 и 4 пальцами 5. Для повышения несущей способности упругий элемент 1 армирован кордом 7, являющимся силовой основой. Для уменьшения концентрации напряжений в месте сопряжения упругого элемента с пальцами в нем завулканизированы металлические втулки 8, на концы которых надеты шайбы 6. Во фланцах полумуфт предусмотрены полости 3, в которых располагаются концы пальцев с гайками. Муфта предназначена для передачи больших вращающих моментов. При действии номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 2°. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт Δ_a , мм	1—3
Радиальное смещение осей валов Δ_r , мм	0,1—1
Угловое смещение осей валов γ , град:	
при постоянном смещении	1—5
при кратковременном смещении	5—10

Муфта «Мегифлекс» фирмы «Вулкан» (ФРГ) и ее размеры приведены на рис. 3.42 и в табл. 3.25 и 3.26. Полумуфты 1 и 4 поочередно соединяются с упругим элементом 5 пальцами 3. Резинометаллический упругий элемент выполнен в форме многоугольника, в вершинах углов которого завулканизированы металлические скобы 6 с металлическими втулками 2. Резиновые участки имеют круглое или квадратное сечение и работают через одно на сжатие и растяжение при действии вращающего момента. Для повышения долговечности упругих элементов их перед монтажом стягивают обечай-

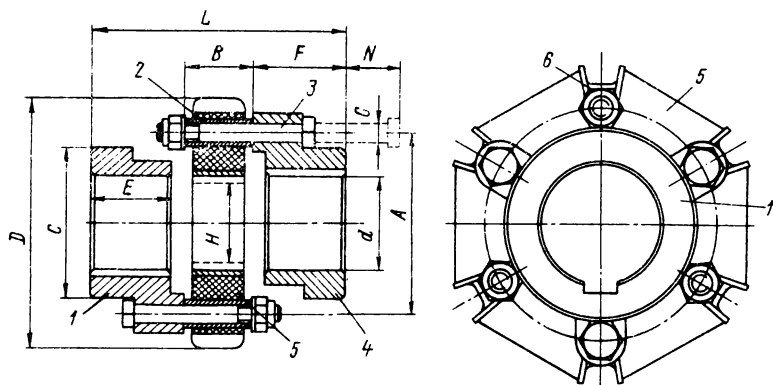


Рис. 3.42. Муфта фирмы «Мегифлекс»

кой таким образом, чтобы уменьшился диаметр D . При этом резина испытывает предварительное сжатие и при действии переменного вращающего момента на растянутых участках упругого элемента возникают малые знакопеременные напряжения.

Полумуфты для размеров муфт с 45 по 132 и со 186 по 280 изготовляют из серого чугуна, а для размеров муфт с 150 по 170 — из стали.

Муфта «Джубофлекс» фирмы «Польстра» (Франция) показана на рис. 3.43 (табл. 3.27).

Шестиугольный резиновый упругий элемент 1 соединяется с полумуфтами 4 и 6 болтами 3. Предохранительные кожуха 5 крепятся к фланцам полумуфт. Для уменьшения концентрации напряжений в месте сопряжения упругого элемента с болтами завулканизиро-

Таблица 3.25. Размеры (мм) муфты «Мегифлекс» (рис. 3.42)

Обозначение	A	B	C	$d_{\text{пред}}$	$d_{\text{шак}}$	N	E	F	H	D	L	G	Количество пальцев
45	45	22	32	8	20	22,0	21,0	24,0	10	59	10	M6	4
55	55	25	40	10	25	29,0	23,5	27,5	10	70	80	M8	4
65	65	28	45	12	30	31,0	25,0	31,0	30	91	90	M8	6
76	76	30	50	15	35	28,0	34,0	40,0	30	108	110	M10	6
85	86	36	63	20	45	36,0	36,0	42,0	42	118	120	M12	6
100	100	46	70	25	50	42,0	45,0	52,0	44	142	150	M12	6
132	132	50	98	30	68	40,0	53,0	60,0	61	188	170	M14	6
150	150	56	114	35	78	45,0	66,0	77,0	66	207	210	M16	6
170	170	62	125	40	86	55,0	67,0	79,0	72	235	220	M20	6
186	186	68	140	45	96	58,0	71,0	86,0	80	250	240	M20	6
210	210	78	153	50	110	65,0	86,0	101,0	100	285	280	M24	8
240	240	86	193	60	130	74,0	94,0	112,0	118	318	310	M24	8
280	280	100	227	70	150	83,0	107,0	125,0	158	370	350	M27	8

Т а б л и ц а
Параметры муфты «Метрикс»

Обозначение	Н.м			Угол поворота, γ, град		n, об/мин	Допустимое осевое смещение $\Delta_z \cdot 10^3$, мм	Осевая жесткость $C \cdot 10^4$, Н/м	Допустимое радиальное смещение $\Delta_r \cdot 10^{-4}$, мм	Радиальная жесткость, $C \cdot 10^4$, Н/м	Допустимое угловое смещение γ, град	Угловая жесткость $C_\gamma \cdot 10$, Н·м/град	Крутильная жесткость динамическая $C \cdot 10^4$, Н·м/град	$G D^4$, Н·м ²	Масса, кг
	Номинальный вращающий момент	Кратковременный момент	Переменный момент	длительный	кратковременный										
45	12	30	±6	9,5	19,6	9000	4	2,0	3	—	8	—	0,94	0,004	0,5
55	20	50	±10	11,6	24,0	7000	4	3,0	3	—	8	—	1,25	0,008	0,8
65	40	100	±20	9,5	19,5	6000	5	5,0	3	15	8	0,08	4,10	0,020	1,3
76	80	200	±35	13,5	26,0	5000	6	6,7	4	15	8	0,14	4,60	0,040	1,7
85	100	250	±40	11,0	23,0	4500	6	6,5	4	15	8	0,14	6,70	0,070	2,3
100	160	400	±80	8,5	19,0	4000	7	10,5	6	19	8	0,28	14,00	0,200	3,3
132	270	650	±140	7,3	16,8	3000	9	6,0	6	35	8	0,45	25,00	0,800	5,9
150	400	1000	±800	9,0	20,0	2700	12	8,0	9	35	8	—	33,00	1,600	9,0
170	550	1400	±270	7,8	18,4	2300	12	9,5	9	40	8	—	52,00	2,600	13,0
186	800	2000	±400	9,6	21,5	2100	12	12,0	12	45	8	—	62,00	4,300	16,0
210	1200	3000	±600	4,2	9,8	1900	11	25,0	12	85	6	—	180,00	7,800	27,0
240	1800	4500	±900	4,7	11,5	1700	12	36,0	15	100	6	—	260,00	15,000	36,0
280	2400	6000	±1200	4,5	10,9	1400	14	40,0	15	110	6	—	350,00	32,000	50,0

Рис. 3.43. Муфта фирмы «Джубофлекс»

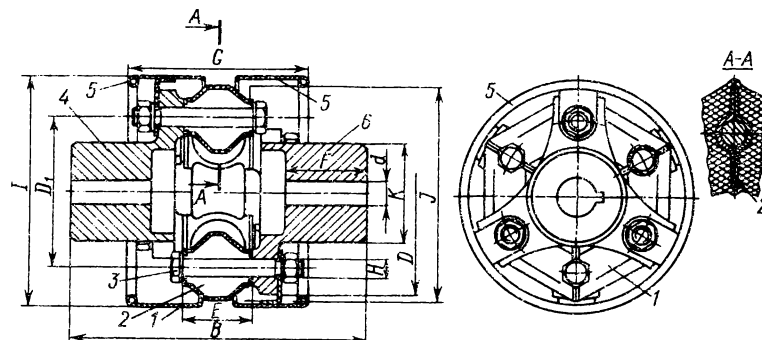


Таблица 3.27. Размеры (мм) и параметры муфты «Джубофлекс» (рис. 3.43)

Н.м	n, об/мин	D	B	d	D ₁		E	F	G	H	I	J		K
					сжатый	свободный						сжатый	свободный	
40	6000	87	128	10—30	74	65	28	40	82	M8	105	100	91	42
90	5000	113	172	12—40	96	85	32	55	100	M10	130	128	117	56
160	4500	135	196	15—45	110	100	46	54	120	M12	152	152	142	66
250	3500	172	247	18—60	146	132	51	80	156	M14	200	195	181	90
350	3000	196	284	20—70	170	150	54	90	175	M18	220	222	202	105
500	2800	225	322	25—75	195	170	62	102	188	M20	260	257	232	115
700	2400	246	346	25—80	216	190	68	108	200	M20	284	289	263	122

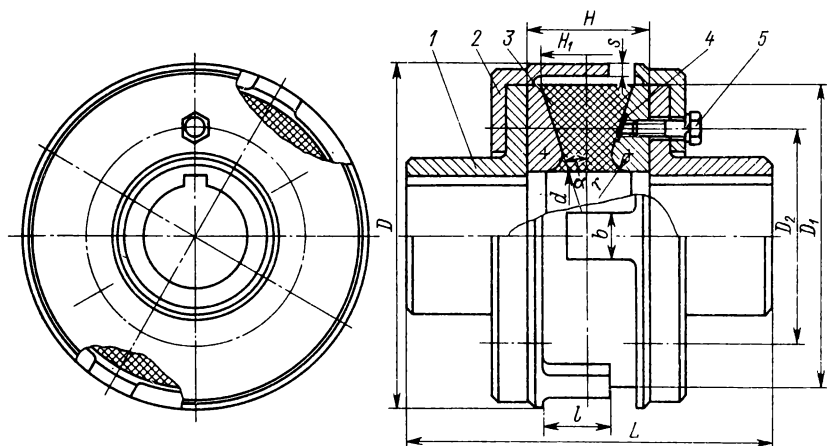


Рис. 3.44. Муфта с резинометаллическим упругим элементом

ваны пластины 2. Для повышения срока службы резинового упругого элемента его изготавливают больших размеров и перед монтажом муфту стягивают обечайкой, вызывающей уменьшение размеров (на чертеже не показана), которая удаляется после присоединения упругого элемента к полумуфтам. Таким образом, резина упругого элемента оказывается предварительно сжатой. Благодаря предварительному сжатию на всех участках упругого элемента при работе муфты имеют место напряжения одного знака, что повышает срок ее службы.

Под действием номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 7° . Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт Δ_a , мм	2—5
Радиальное смещение осей валов Δ_r , мм	1—2
Угловое смещение осей валов γ , град:	
при постоянном смещении	2—5
при кратковременном смещении	8—12

Большие значения следует принимать для крупных муфт.

Муфта надежна в работе, отличается высокой несущей способностью.

На рис. 3.44 (табл. 3.28) представлена муфта с привулканизированной резиновой шайбой, разработанная в МВТУ им. Н. Э. Баумана. Полумуфты 1 соединены резинометаллическим упругим элементом 3 с помощью винтов 5. Применение центрирующих колец 2 с двумя кулачками на торце каждого кольца позволяет заменять резинометаллические упругие элементы без осевого смещения соединяемых агрегатов и обеспечивать центрирование упругого элемента и передачу вращающего момента даже в случае разрушения упругого элемента муфты. Резьбовые отверстия при вулканизации закрывают стальными заглушками 4 для защиты от попадания резины.

Таблица 3.28. Размеры (мм) и параметры муфты с резинометаллическим упругим элементом (рис. 3.44)

$T, \text{ Н} \cdot \text{м}$	D	D_1	D_2	d		$d_{\text{винт}}$	$\alpha, \text{ град}$	b	E	Число винтов в полумуфте	Допустимое смещение валов	
											угловое	радиальное, мм
63	110	95	65	38	4,0	M6	17	120	38	6	1° 12'	1,0
100	125	110	75	40	4,0	M8	17	135	45	6	1° 20'	1,1
160	150	130	90	50	5,0	M8	17	155	50	8		1,5
250	170	150	100	60	6,0	M8	17	180	60	8		1,7
400	205	180	120	70	7,0	M10	17	220	72	8		1,9
630	240	210	140	85	8,5	M12	17	250	85	8		2,3
800	250	220	145	90	9,0	M12	17	270	90	8		2,5
1 000	275	240	160	95	9,5	M16	17	290	95	8		2,6
1 600	320	280	186	115	11,5	M16	17	350	115	8	1° 20'	3,2
2 500	390	340	225	140	14,0	M20	17	420	140	8		3,9
4 000	435	380	255	150	15,0	M20	17	450	152	12		4,2
6 300	515	450	300	180	18,0	M24	17	540	180	12		5,0
10 000	595	520	345	210	21,0	M24	17	630	210	12		5,8

Примечания: 1. Размеры кулачков $l = 0,25D_1$, $b = 0,15D_1$, $s = 0,05D_1$. 2. Допустимое смещение валов соответствует длительному пределу выносливости.

Благодаря привулканизации резины к металлу существенно снижаются местные напряжения в резине в области ее крепления. Однако прочность соединения резины с металлическими частями падает с повышением температуры и при циклическом характере нагружения. Коническая форма торцов резиновой шайбы обуславливает равномерное распределение напряжений в резине при действии вращающего момента, а скругления на внутренней части металлических дисков снижают местные напряжения, вызванные усадкой резины при ее вулканизации. При радиальном смещении валов скругления снижают касательные напряжения на диаметре d в 1,8 раза.

Металлические детали изготавливаются из алюминия или чугуна для малых муфт или из среднеуглеродистой стали — для больших муфт.

При действии вращающего момента T полумуфты повернутся на угол

$$\varphi = 24TH_1/[\pi GD_1(D_1^3 - d^3)], \quad (3.65)$$

где G — модуль упругости резины при сдвиге; H_1 , D_1 и d — см. на рис. 3.44. При этом в резине возникнут касательные напряжения

$$\tau = 12T/[\pi(D_1^3 - d^3)] \leq [\tau]; \quad (3.66)$$

на поверхности контакта резины с металлом

$$\tau_1 = \tau D_1 / \sqrt{D_1^2 + H_1^2}. \quad (3.67)$$

Радиальное смещение полумуфт при действии силы F ,

$$\Delta_r = 2F_r H_1 / [\pi G D_1 (D_1 - d)]. \quad (3.68)$$

Угол перекоса полумуфт

$$\varphi = 48 M_x H_1 / [\pi E k D_1 (D_1^3 - d^3)], \quad (3.69)$$

где M_x — изгибающий момент; E — модуль упругости первого рода для резины; k — коэффициент, учитывающий ужесточающее влияние привулканизированных металлических деталей (из эксперимента $k = 1,5$); остальные обозначения см. на рис. 3.44.

Для изготовления упругого элемента рекомендуется резина ИРП 13—52 СКИ. Для этой резины $[\tau] = 0,3$ МПа. Ресурс муфты определяется ресурсом упругого элемента, как менее прочного звена. Разрушение резиновой части упругого элемента носит усталостный характер и происходит под действием циклических деформаций, возникающих в резине при действии переменного вращающего момента и неточном расположении соединяемых валов.

На рис. 3.45 (табл. 3.29) представлена муфта «Рато» фирмы «Вулкан» (ФРГ), созданная для передачи больших переменных вращающих моментов. Принципиальная конструкция этой муфты та же, что и муфты, показанной на рис. 3.44. Отличие состоит в наличии упругого компенсатора осевых и угловых смещений валов соединяемых агрегатов в виде пакетов стальных пластин (рис. 3.45, в).

Муфта включает составной резинометаллический упругий элемент 1, соединенный фланцем 6 с набором пакетов стальных пластин 5, прикрепляемых одним концом к фланцу 6, а другим — к ступице 3. Упругие штифты 4 разгружают винты 2 от действия вращающего момента. Резинометаллические упругие элементы 1 в этой муфте (на рис. 3.45, а их два) составлены из отдельных сегментов (рис. 3.45, б). Меняя число упругих элементов 1, можно легко получить муфту необходимой крутильной жесткости для передачи одинакового постоянного вращающего момента. Составленные из сегментов упругие элементы проще в изготовлении, однако распределение напряжений в резине по краям 7 (рис. 3.45, б) менее благоприятно по сравнению с цельным упругим элементом (см. рис. 3.44).

Разработан размерный ряд муфт для передачи вращающего момента от 3,15 до 630 кН·м. Эти муфты успешно применяют в приводах с дизельными двигателями.

Муфта «Кардафлекс» фирмы «Польстра» Франция приведена на рис. 3.46 (табл. 3.30). Полумуфты соединены резинометаллическим упругим элементом, состоящим из наружного фасонного

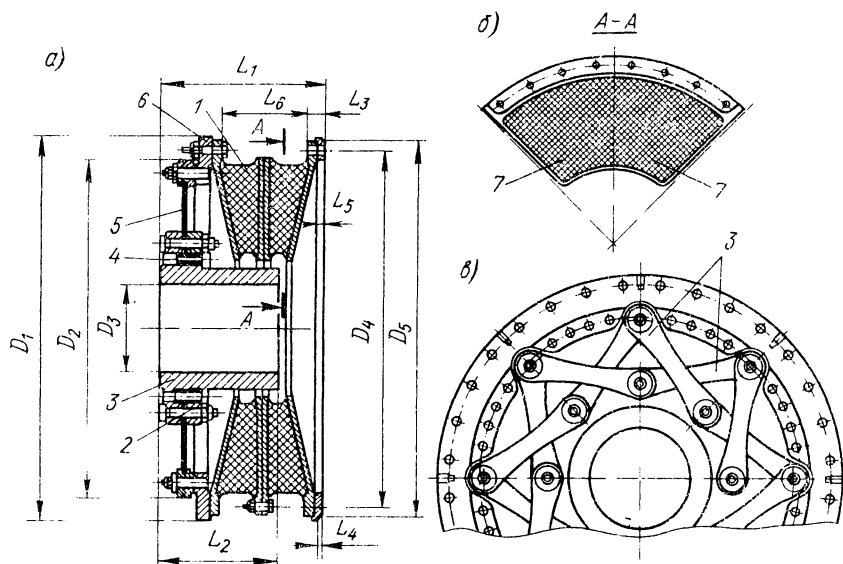


Рис. 3.45. Упругая муфта фирмы «Рато»

Таблица 3.29. Размеры (мм) и параметры муфты «Рато» (рис. 3.45)

Номинальный вращающий момент T , Н·м	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	Диаметр винтов d	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6
3 150	380	333	45—95	355	373	M8	127	108	20	4	9	84
4 000	416	358	40—100	384	408	M10	137	116	23	4	10	87
6 000	445	386	50—105	412	436	M10	150	126	24	4	10	92
6 300	475	418	55—110	442	466	M10	176	150	23	5	10	93
8 000	515	452	60—120	480	508	M12	183	155	25	5	11	104
10 000	555	490	60—135	518	546	M12	190	160	26	5	11	112
12 500	595	530	70—150	558	585	M12	208	175	29	6	13	122
16 000	645	580	80—160	608	635	M12	222	185	29	6	13	136
20 000	690	620	80—170	650	680	M14	232	195	32	6	14	142
25 000	740	670	90—185	700	730	M14	265	225	34	6	15	159
31 500	800	720	100—200	755	790	M16	280	235	36	6	16	170
40 000	870	780	110—220	820	860	M18	295	250	39	6	17	181
47 000	935	840	115—235	880	920	M18	325	285	42	8	19	206
56 000	1010	905	125—255	950	995	M20	345	300	46	8	21	217
68 000	1085	980	135—275	1025	1070	M22	355	310	48	8	22	232
85 000	1175	1060	145—295	1110	1160	M24	420	370	53	10	24	262
106 000	1255	1140	160—320	1190	1200	M24	435	385	55	10	24	278
136 000	1375	1235	170—345	1295	1355	M27	455	400	60	12	26	293

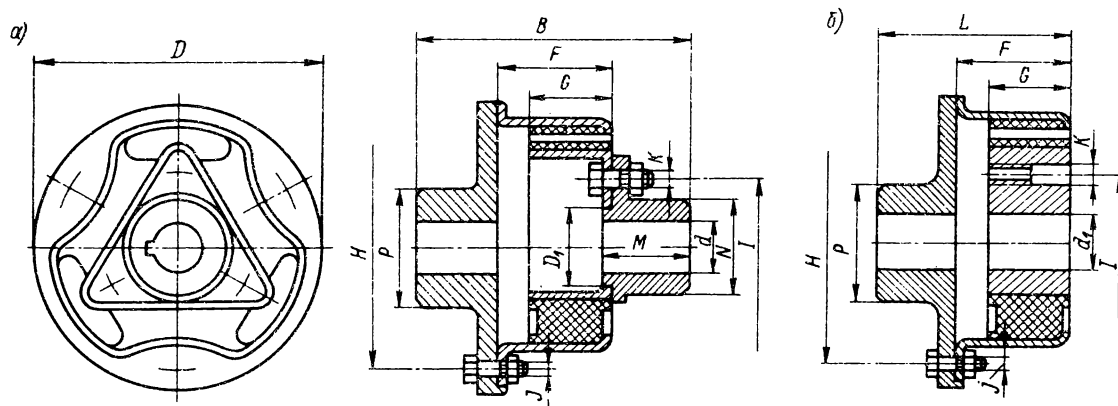


Рис. 3.45. Муфта фирмы «Кардафлекс»

Таблица 3.30. Размеры (мм) и параметры муфты «Кардафлекс» (рис. 3.46)

T , Н·м	n_{max} , об/мин	D	B	d	d_1	D_1	P	G	H	I	J	K	L	M	N	R
15	7500	60	64	6—12	10—14	20	24	20	52	30	M4	M5	44	23	20	30
30	7000	80	88	6—16	10—21	24	32	26	68	42	M6	M7	60	31	26	40
50	6500	100	100	6—19	16—28	30	40	28	86	52	M6	M8	70	33	34	45
80	6000	115	125	8—20	17—28	30	45	35	100	52	M7	M9	85	44	32	50
120	5500	125	140	8—25	20—36	36	50	35	108	64	M8	M10	95	49	40	55
160	5500	150	155	8—32	22—42	42	55	43	130	76	M10	M12	105	55	49	60
520	4500	200	203	10—42	30—56	56	73	57	175	100	M12	M16	138	71	67	80
900	4000	250	250	12—70	38—72	70	90	72	225	127	M12	M20	170	87	86	100

Таблица 3.31. Размеры (мм) и параметры муфты «Спирофлекс» (рис. 3.47)

Т, кН·м	n, об/мин	D	L	d	J ₁	L ₁	J	l	Допустимая амплитуда переменного момента, Н·м	Допустимое смещение валов		Масса, кг	
										ради- альное	осевое	Исполнение	
												I	II
1 370	4000	300	245	40—70	80	120	70	95	±340	0,8	1,5	39,3	37,7
1 800	4000	325	270	45—80	87	129	77	105	±451	0,9	1,7	55,0	52,0
2 300	3600	350	295	50—90	96	145	80	115	±581	1,0	1,8	72,5	67,4
3 000	3200	380	320	55—100	100	156	85	125	±751	1,1	2,0	89,0	83,0
4 000	3200	410	345	60—110	110	165	95	135	±990	1,2	2,2	111,0	103,5
5 150	2800	450	370	65—120	124	174	105	145	±1 280	1,3	2,4	147,1	134,6
6 600	2800	490	400	70—130	130	184	110	155	±1 650	1,4	2,6	194,0	179,0
8 600	2500	530	445	80—140	140	207	125	175	±2 150	1,5	2,8	248,0	231,0
11 000	2240	575	490	85—150	160	225	135	195	±2 800	1,6	3,0	336,0	311,0
14 500	2000	615	535	100—160	176	244	145	215	±3 650	1,8	3,4	410,0	382,0
19 000	2000	680	590	110—180	190	268	160	235	±4 750	2,0	3,7	569,0	529,0
25 000	1800	740	635	130—200	200	295	170	255	±6 260	2,2	4,0	705,0	655,0
32 000	1600	815	730	140—220	224	340	190	295	±7900	2,4	4,4	937,0	870,0
41 000	1400	870	800	150—240	240	380	200	325	±10 300	2,6	4,8	1138,0	1052,0
55 000	1400	950	890	160—260	270	415	225	360	±13 500	2,8	5,2	1532,0	1421,0
70 500	1250	1075		175—280	285	460	240	395	±17 600	3,0	5,8	1941,0	1811,0
79 000	1250	1080	975	225—330	300	455	250	395	±19 700	3,2	6,0	2192,0	2043,0
105 000	1100	1180	1030	250—350	314	480	265	415	±26 000	3,5	6,5	2758,0	2555,0

* Муфта допускает трехкратные кратковременные перегрузки.

металлического корпуса и внутренней металлической части треугольной формы, к которым привулканизирована резина на трех участках (рис. 3.46, а). В целях уменьшения габаритных размеров муфты по длине резиновый элемент может быть привулканизирован по внутренней поверхности непосредственно к полумуфте (рис. 3.46, б).

При действии вращающего момента резина работает на сдвиг и сжатие, что позволяет при малой крутильной жесткости передавать значительные нагрузки. Благодаря привулканизации резины в муфте нет трущихся деталей. При действии номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 10° . Муфта допускает

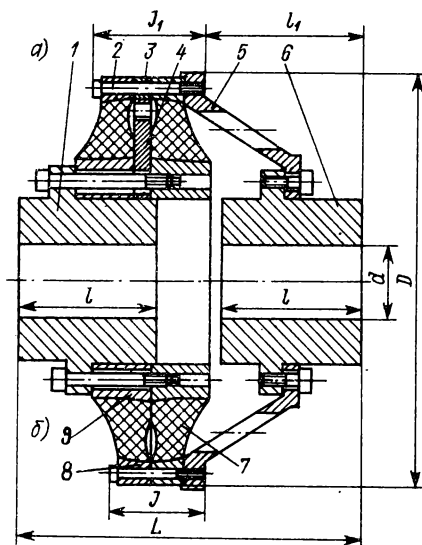


Рис. 3.47 Муфта фирмы «Спирофлекс» с резинометаллическим упругим элементом

Осевое смещение Δ_a полумуфт, мм
 Радиальное смещение Δ_r осей валов, мм
 Угловое смещение γ осей валов, град

3—10
 0,5
 5

Муфта «Спирофлекс» фирмы «Ломанн» (ФРГ) показана на рис. 3.47 (табл. 3.31) в двух исполнениях: а — для ответственных приводов, б — для неответственных приводов.

Ступицы 1 и 6 соединены через фланец 5 спаренными резино-металлическими упругими элементами, состоящими из внутреннего 9 и внешнего 8 колец, соединенных вулканизацией с резиновым диском 7 переменного сечения, обуславливающего постоянство касательных напряжений в резине при действии вращающего момента. Конические поверхности колец увеличивают площадь контакта резины с металлом, повышая несущую способность муфты. Резинометаллические упругие элементы изготовлены таким образом, что при соприкосновении колец 8 между внутренними кольцами 9 остается некоторый осевой зазор. При сближении колец 9 (с помощью винтов 2) до соприкосновения их торцов в резине создается предварительное напряженное состояние, что способствует уменьшению напряжений в резине при действии вращающего момента, повышая срок службы муфты. Конструкция муфты позволяет производить замену упругого элемента без осевого смещения агрегатов. Для этого достаточно освободить винты

Таблица 3.32. Угол закручивания муфт «Спирофлекс» (рис. 3.47), град

Твердость резины	Вращающий момент, Т			
	$0,25T_{ном}$	$0,5T_{ном}$	$0,75T_{ном}$	$1,0T_{ном}$
Малая	3,0	6,5	11,0	15,0
Средняя	2,4	4,8	7,8	11,4

и сдвинуть в осевой вазор между ступицами 1 и 6 последовательно оба упругих элемента.

Для возможности подбора муфты необходимой крутильной жесткости изготовляют упругие элементы одного размера из резины малой или средней твердости.

В исполнении а, применяемом в ответственных приводах, параллельно с упругими элементами встроены диски 3 и 4 с кулачками, обеспечивающими передачу вращающего момента даже после разрушения упругого элемента. Размеры кулачков таковы, что при нормальном состоянии упругих элементов они не касаются и не меняют крутильной жесткости муфты.

В табл. 3.32 приведены углы закручивания муфты для двух значений твердости резины в зависимости от величины вращающего момента.

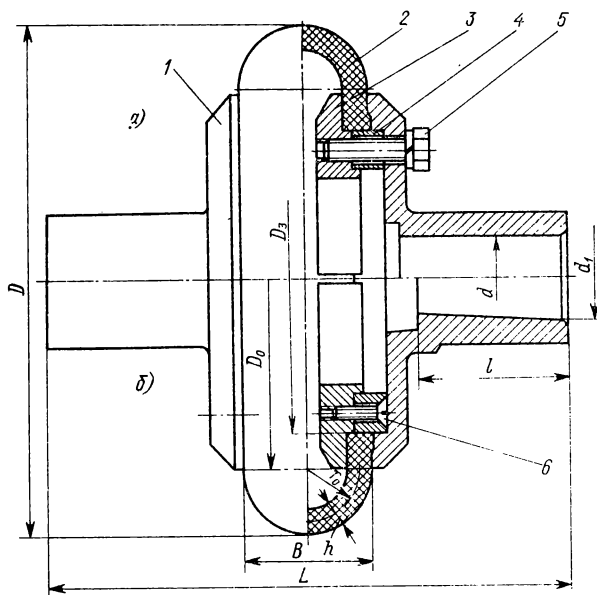
Муфты с торообразным упругим элементом. Упругим элементом муфты является резиновая или резинокордная оболочка. Резинокордная оболочка сложнее в изготовлении, чем резиновая, однако срок ее службы в несколько раз больше резиновой.

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

На рис. 3.48 (табл. 3.33) и рис. 3.49 (табл. 3.34) представлены муфты с торообразной оболочкой по ГОСТ 20884—82. Предусмотрено изготовление муфт следующих типов: 1 — с оболочкой выпуклого профиля (рис. 3.48) и 2 — с оболочкой вогнутого профиля (рис. 3.49). Полумуфты для обоих типов выполняются с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов по ГОСТ 12080—66 и с коническими отверстиями для коротких концов валов по ГОСТ 12081—72. Допускается изготавливать полумуфты для длинных концов валов по ГОСТ 12080—66 и ГОСТ 12081—72, а также допускаются другие виды соединений полумуфт с валами.

Муфты с оболочкой выпуклого профиля (рис. 3.48). Одинаковые полумуфты 1 соединены упругим элементом 2 в виде торообразной оболочки, изготовленной из резины или резины, армированной

Рис. 3.48. Муфта с торообразной выпуклой оболочкой по ГОСТ 20884—82*



нитями корда. Нажимное кольцо состоит из полуколец 3, притянутых винтами 6 к кольцу 4. С помощью винтов 5 борт упругого элемента зажимают между фланцем полумуфты и нажимным кольцом. Передача вращающего момента происходит за счет силы трения между резиной и металлом. Ширину колец 4 выбирают такой, чтобы при контакте металлических частей в результате затяжки винтов 5 борт оболочки сжимался примерно на 20—23% толщины оболочки h [26, 43]. С целью повышения срока службы упругого

элемента его целесообразно снабжать внутренними и наружными утолщениями (рис. 3.48), суммарная высота которых равна деформации бортов при их сжатии [26]. Приблизительно толщина борта принимается равной $\delta = 1,3h$ (h — толщина оболочки).

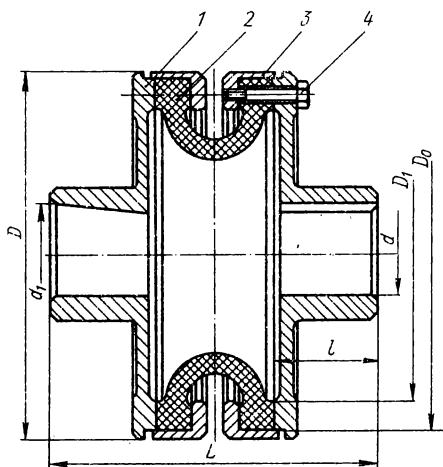


Рис. 3.49. Муфта с торообразной вогнутой оболочкой по ГОСТ 20884—82*

Предельный момент, передаваемый муфтой, лимитируется моментом потери устойчивости оболочки либо моментом сил трения в узле ее крепления при толстых оболочках. Муфты выбирают таким образом, чтобы максимально реализуемые в при-

Т а б л и ц а 3.33. Размеры (мм) и параметры муфт с торообразной оболочкой выпуклого профиля (рисс. 3.48)

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d	d_1	D , не более	L , не более		l (пред- откл. по н14)		Максимальный вращаю- щий мо- мент при кратко- времен- ной пере- грузке, Н·м	Допус- каемая частота враще- ния, с ⁻¹	Угол за- кручива- ния при номи- нальном вращаю- щем мо- менте, не менее	Допускаемое смещение полумуфт		Динами- ческий момент инерции, кг·м ⁴	Масса, кг, не более	
	Пред. откл.			Исполнение							осе- вое	ради- альное			
	по Н7	по Н9		I	II	I	II								
20	14 16, 18, (19)		100	105 110	— 95	28 30	— 20	63	50	5° 30'	1,0	1,0	0,002	1,4	
40	18, (19)	125	115	100				125					0,004	2,5	
	20, 22, (24) 25		130 140	120	38 44	26 28									
	22, (24) 25 28 30		160	140 150 185	140 170	38 44 60	26 28 40				250	2,0	1,6	0,014	4,5
80							5,1								
125	25, 28	180	155	145	44	28	400	41			0,025				6,1
	30, 32, 35, 36		190	175	60	40									6,9
200	30, 32, 35, 36, (38)	200	200	185			630				2,5				2,0
	40		250	235	84	60						9,5			
250	32, 35, 36, (38)	220	205	185	60	40	800	33			3,0	2,5	0,074	10,8	
	40, (42) 45		255	240	84	60			12,0 14,0						

продолжение табл.

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент Т ном, Н·м	d		D, не более	Δ, не более		I (пред. откл. по h14)		Макси- мальный вращаю- щий мо- мент при кратко- времен- ной пере- грузке, Н·м	Допус- каемая частота враще- ния, с ⁻¹	Угол за- кручива- ния при номи- нальном вращаю- щем мо- менте, не менее	Допускаемое смещение полумуфт		Динами- ческий момент инерции, кг·м ⁴	Масса, кг, не более
	Пред. откл.			Исполнение							осе- вое	ради- альное		
	по Н7	по Н9		I	II	I	II							
315	35, 36, (38)		250	215	195	60	40	1000	33	5° 30'	3,0	2,5	0,12	14,0
	40, (42) 45, (48)			270	250	84	60							15,0 16,5
500	40, (42) 45, (48), 50, (53) 55, (56)		280					1600			84	60	2500	3,6
800	(48), 50 (53), 55, (56)		320	280	270	30,0 31,0								
	60, 63			330	310		108		75					34,5
1250	55, (56)		360	280	230	84	60	3150	26	4° 30'	4,0	3,6	0,66	38,0
	60, 63, (65) 70, 71, (75)			330	260	108	75							41,5 46,5
2000	63, (65) 70, 71, (75)		400	350	270			5000			4,5	4,0	1,2	56,5 61,5
	80, (85) 90			400	320	132	96		68,0					

Номи- нальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d	d_1	D , не более	L , не более		I (пред- откл. по h14)		Макси- мальный вращаю- щий мо- мент при кратко- времен- ной пере- грузке, Н·м	Допус- каемая частота враще- ния, с ⁻¹	Угол за- кручива- ния при номи- нальном вращаю- щем мо- менте, не менее	Допускаемое смещение полумуфт		Динами- ческий момент инерции, кг·м ²	Масса, кг, не более				
	Пред. откл.			Исполнение							осе- вое	ради- альное						
	по Н7	по Н9			II	I	II											
16 000	160 (170), 180		720	670	550	244	188	31 500	15	3° 30'	6,7	5,0	16	296,5 336,0				
20 000	140, (150)		800	600	500	204	158	40 000	13	2° 30'	7,5		33	388,0				
	160			680	560	244	188							411,5				
	(170), 180			760	620	284	218							482,0				
	190			690	570	244	188						48	466,0 535,0				
25 000	160, (170) 130		900	770	630	284	218	50 000			9							
	(190), 200			710	580	244	188				10		88	596,5 666,5 716,0				
31 500	160, (170)		1000	790	640	284	218	63 000	12									
	(190), 200 (210), 220			720 800	590 650	244 234	188 218		120				815,0					
40 000	180 (190), 200, 210, 220		1120	900	—	334	—	80 000			11			921,0				
	240																	

Примечания: 1. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

2. Допускается предельное отклонение размера d по Н8.

3. Допускаемое угловое смещение полумуфта 1° 30'.

Т а б л и ц а 36. Размеры (мм) и основные параметры муфт с торцовообразной об-

всему проф. рис 481

Номинальный вращаю- щий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	d	d_1	D , не более	L , не более		l (пред. откл. по 114)		Допус- каемая частота враще- ния, с ⁻¹	Угол за- кручива- ния при номи- нальном вращаю- щем мо- менте, не более	Допускаемое сме- щение полумуфт			Динами- ческий момент инерции, кг·м ² , не более	Масса, кг, не более
	Пред. откл.			Исполнение						ради- аль- ное	угло- вое	осе- вое		
	по Н7	по Н9		I	II	I	II							
25	14 16, 18, (19)		110	95 100	— 30	28 30	— 20	93,0	16°	0,5	2°	1,6	0,004	2,107
40	18, (19), 20, 22, (24) 25		130	120 135	100 100	38 44	26 28	86,0		1,0			0,007	2,820
63	22, (24) 25, 28 30		150	130 140 175	105 110 135	38 44 60	26 28 40	80,0	14° 30'	2,0	2° 30'	2,5	0,012	3,600
100	25, 28 30, 32, 35, 36		170	145 180	115 140	60	40	70,0					0,019	5,430
160	30, 32, 35, 36, (38)		190	190	150			53,0	61,6	15° 30'	2,5	3°	3,0	0,030
250	32, 35, 36, (38) 40, (42), 45		220	200 245	155 200	84	60							0,068
400	36, (38) 40, (42), 45, (48), 50		260	210 260	170 210	84	60	47,3	3° 30'					3,6
630	45, (48), 50, (53), 55, (56) 55, (56)		300	275	225			42,0			3,2	4°	4,0	
1000			340	290	240	37,7		0,320	32,4					

воде нагрузки ($T_{\max}$) не превосходили момента потери устойчивости $T_{п.у} = (2,3 \div 3,5)$.

В работах [48], [50] определялось напряженное состояние торообразной оболочки соответственно с использованием теории тонких оболочек и с помощью метода конечных элементов — обе методики при определении величины крутильной жесткости дали практически одинаковый результат. Однако величина наибольших касательных напряжений, определенных по методу конечных элементов, почти на 40% превысила результат, полученный по теории тонких оболочек. Муфты различных типоразмеров, предусмотренных ГОСТ 20884—82, геометрически подобны, поэтому в качестве характерного размера принимают наибольший диаметр оболочки D , для остальных размеров вводят относительные параметры упругого элемента $\alpha = B/D$ и $\beta = h/D$ (B — ширина оболочки; h — толщина оболочки — см. рис. 3.48) и получают выражение для крутильной жесткости, Н.м/рад.

$$G_{\tau} = GD^3 k_0, \quad (3.70)$$

где G — модуль упругости резины при сдвиге, МПа; k_0 — безразмерный коэффициент, определяемый из графика, приведенного на рис. 3.50, по известным параметрам формы элемента α и β .

Соотношения размеров тороидальной оболочки по ГОСТ 20884—82 следующие: $\alpha = 0,25$; $\beta = 0,05$; зная α и β , определяем по графику рис. 3.50 значение k_0 : $k_0 = 0,071$.

На вращающийся упругий элемент муфты действуют центробежные силы, создающие осесимметричное напряженное состояние. Действие центробежных сил на оболочку вызывает появление значительных осевых сил, стремящихся сблизить полумуфты,

$$F_{ц} = k_{ц} \rho D^4 n^2, \quad (3.71)$$

где $k_{ц}$ — безразмерный коэффициент, определяемый из графика, приведенного на рис. 3.51, по известным параметрам α и β ; ρ — плотность резины, кг/м³; D — диаметр оболочки, м; n — частота вращения муфты, об/мин.

Соотношение размеров упругого элемента муфты берем по ГОСТ 20884—82: $\alpha = 0,25$; $\beta = 0,05$; $k_{ц} = 3,11 \cdot 10^{-5}$.

Допускаемые смещения соединяемых валов, определяемые долговечностью упругого элемента для муфт с торообразной оболочкой, существенно выше, чем, например, для муфт МУВП (см. рис. 3.68) или для муфт с резиновой звездочкой (см. рис. 3.36).

При осевом Δ_z , радиальном Δ_r и угловом γ смещениях полумуфт на валы со стороны муфты действуют реактивные нагрузки (силы и моменты). Формулы для определения реактивных нагрузок для муфт с торообразным упругим элементом представлены в табл. 3.35. Значения коэффициентов k_a , k_r и k_{γ} даны на рис. 3.52—3.55.

Широкое распространение в ответственных приводах получили муфты с торообразной оболочкой, армированной кордом. Срок

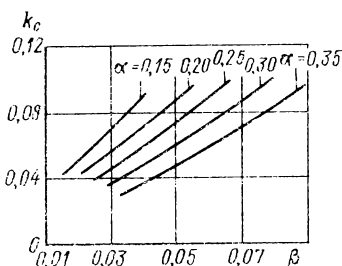


Рис. 3.50. Значения коэффициента k_c

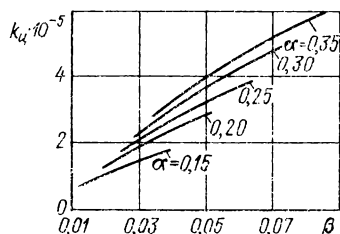


Рис. 3.51. Значения коэффициента $k_{\text{ц}}$

службы резинокордных элементов в 6—7 раз превышает срок службы резиновых упругих элементов [26]. Резинокордные упругие элементы способны передавать большие моменты. Для муфт с резинокордным упругим элементом [62] зависимость вращающего момента T от угла поворота полушаров φ

$$T = (2\pi GhR_0^2 C_p + 4R_0^2 C_k/3) \varphi. \quad (3.72)$$

где C_p и C_k — безразмерные коэффициенты для резины и корда,

Таблица 3.35. Формулы для определения нагрузок на валы для муфт по ГОСТ 20884—82

Смещение валов		
радиальное	угловое	осевое
<i>Муфта с торообразной выпуклой оболочкой (рис. 3.48)</i>		
$F_r = \Delta_r D E k_r;$ $k_r = 0,7;$ $M_n = \Delta_r D^2 E k_r^*;$ $k_r^* = 7 \cdot 10^{-3}$	$M_y = \gamma D^3 E k_y;$ $k_y = 0,01 \text{ рад}^{-2};$ $F_y = \gamma E D^2 k_y^*;$ $k_y^* = 7 \cdot 10^{-3} \text{ рад}^{-1}$	$F_A = \Delta_a D E k_a;$ $k_a = 0,14$
<i>Муфта с торообразной вогнутой оболочкой (рис. 3.49)</i>		
$F_r = \Delta_r D_1 E k_r;$ $k_r = 0,293$	$M_y = \gamma D_1^3 E k_y;$ $k_y = 0,133 \text{ рад}^{-2}$	$F_A = \Delta_a D_1 E k_a;$ $k_a = 0,166$
Примечания: 1. Значения k_r, k_y, k_a, k_r^*, k_y^* приведены для соотношений характерных размеров $B/D = 0,25$, $B/D_1 = 0,36$, $h/D = 0,05$ и $h/D_1 = 0,077$ оболочек, принятых в ГОСТ 20884—82. 2. Значения k_r, k_r^*, k_y, k_y^*, k_a для муфты (рис. 3.48) можно определять по рис. 3.51—3.54.		

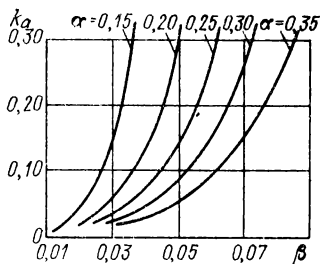


Рис. 3.52. Значения коэффициента k_a

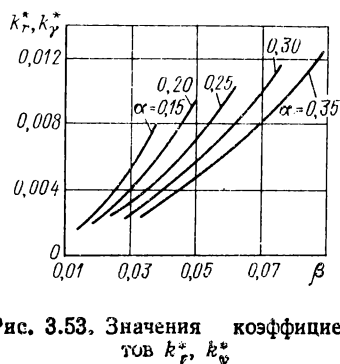


Рис. 3.53. Значения коэффициентов k_r^* , k_γ^*

$$C_p = \frac{1 - (r_0/R_0)^2}{\frac{r_0}{R_0} \left\{ \frac{2 [2 + (r_0/R_0)^2]}{[1 - (r_0/R_0)^2] \sqrt{1 - (r_0/R_0)^2}} \times \right.}$$

$$\times \arctg \left[\sqrt{\frac{1 - r_0/R_0}{1 + r_0/R_0}} \frac{1 - \tg(\theta/2)}{1 + \tg(\theta/2)} \right] -$$

$$\left. \frac{(r_0/R_0) \cos \theta}{[1 + (r_0/R_0) \sin \theta]^2} - \frac{3 (r_0/R_0) \cos \theta}{[1 - (r_0/R_0)^2] [1 + (r_0/R_0) \sin \theta]} \right\}$$

$$C_k = \frac{[1 + (r_0/R_0) \sin \theta]^2 \sin^2 \beta^*}{\frac{l_k}{\nu E_k A_k} + \frac{[(r_0/R_0) (1 - \mu) + 1 - 2\mu] \cos \theta}{2\pi E h_1 [\cos \theta + 4r_0 (\pi - 2\theta + \sin 2\theta)/R_0]}}$$

G — модуль упругости второго рода для резины; R_0 — радиус круговой оси тора; θ — угол, определяющий длину дуги радиусом r_0 ; β^* — угол наклона нитей корда на экваторе, равный углу наклона нитей в браслете; μ — коэффициент Пуассона для резины; l_k — длина нити корда, $l_k = (\pi - 2\theta) r_0 / \cos \beta^*$; ν — число нитей корда в одном слое корда, расположенном в одинаковом направлении, $\nu = (2\pi/p)(R_0 + r_0) \cos \beta^*$; p — шаг расположения нитей в нормальном сечении; E_k — модуль упругости первого рода для нити корда; A_k — площадь поперечного сечения нити корда; E — модуль упругости первого рода для резины; h_1 — толщина оболочки за вычетом корда.

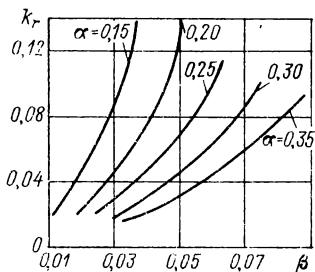


Рис. 3.54. Значения коэффициента k_r

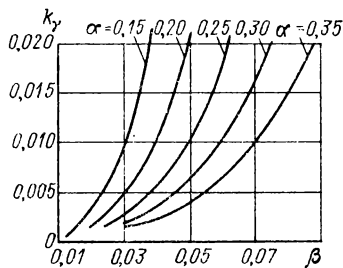


Рис. 3.55. Значение коэффициента k_γ

Т а б л и ц а 3.36. Размеры (мм) упругого элемента муфты по ГОСТ 20884—82*

Номинальный вращающий мо- мент $T_{\text{ном}}$, Н·м	D_0	D_1	D_2	b_2	B	b	h			d_0/m
25	108	85	97	36	32	11	7	2,0	6	7/6
40	125	100	113	41	37	12	8	2,0	6	7/6
63	145	120	133	48	44	13	9	2,0	6	7/6
100	165	140	153	54	50	15	11	2,0	6	7/6
160	185	160	173	63	58	17	12,5	2,5	6	7/6
250	215	186	200	73	68	20	14,5	2,5	8	9/6
400	250	218	234	85	80	22	17	2,5	10	11/6
630	290	255	273	99	93	26	20	3,0	12	13/8
1 000	335	300	318	116	110	29	23	3,0	12	13/8
1 600	345	305	325	118	112	30	23,5	3,0	12	13/8
2 500	405	360	382	141	132	37	28	4,5	12	13/8
4 000	450	405	428	159	150	41	32	4,5	12	13/10
6 300	530	480	505	184	175	46	37	4,5	14	15/10
10 000	610	560	585	215	205	53	43	5	14	15/12
16 000	700	650	675	250	240	60	50	5	17	17/12

Примечание. d_0 и m — диаметр и число отверстий.

Для муфт с резинокордным упругим элементом зависимость между радиальным смещением Δ_r и радиальной силой F_r такова:

$$F_r = \Delta_r [3\nu \sin^2 \beta^* / 8B^* + \pi G h_1 \sqrt{[1 - (r_0/R_0)^2] / (4r_0/R_0)} \times \\ \times \arctg \{ \sqrt{[1 - (r_0/R_0)] / [1 + (r_0/R_0)]} / [1 - \tg(\theta/2)] / [1 + \tg(\theta/2)] \}; \quad (3.73)$$

где

$$B^* = \nu [r_0/R_0] (1 - \mu) + 1 - 2\mu / \{ 2\pi E h_1 [1 + 0,25\pi (r_0/R_0)] + \\ + l_K / (E_K A_K) \}.$$

Зависимость силы от передаваемого муфтой момента для предельных смещений 2—6 мм при 1500 об/мин (большие значения для больших муфт) $F_r \approx 0,45T/(R_0 + r_0)$.

При угловом и осевом смещении валов корд, будучи расположенным по нейтральному слою сечения оболочки, существенного увеличения жесткости не вызывает.

Расчет металлических деталей муфты приведен в работе [50]. При действии переменного вращающего момента, а также при наличии радиального и углового смещений соединяемых валов в резиновой оболочке муфты возникают циклические деформации, под действием которых оболочка разогревается вследствие высокого внутреннего трения и плохой теплопроводности резины. Методика расчета температуры для данного случая представлена в работах [26, 66, 68, 74]. Влияние температуры на изменение крутильной жесткости и демпфирующей способности муфты с выпуклой оболочкой исследовано в работе [26].

Муфты с оболочкой вогнутого профиля (рис. 3.49). Муфта состоит из двух одинаковых полумуфт 1, между которыми расположен упругий элемент 2, прижимаемый к полумуфтам нажимными кольцами 3 с помощью винтов 4. Размеры упругого элемента муфты представлены на рис. 3.56 и в табл. 3.36. Эти муфты выгодно отличаются от муфт с торобразной оболочкой выпуклого профиля простотой и дешевизной конструкции вследствие уменьшения числа деталей, лучшей ремонтпригодностью благодаря возможности замены оболочки без осевого смещения соединяемых агрегатов, снижением влияния центробежных сил на напряженное состояние оболочки и на появление вредных осевых сил, повышенной изгибной жесткостью Г-образных сечений нажимных колец, что позволяет выполнять их более легкими, чем обычные плоские прижимные кольца.

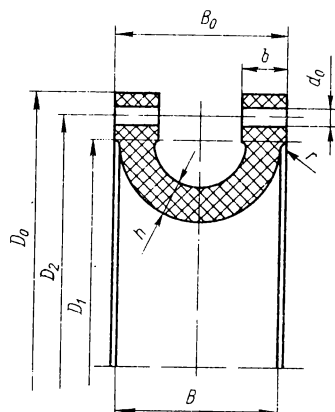


Рис. 3.56. Упругий элемент муфты по ГОСТ 20884—82*

Испытания показали [8], что если усталостное разрушение оболочки выпуклого профиля начинается в зоне его сопряжения с металлическими частями, то оболочка вогнутого профиля начинает разрушаться в зоне экватора оболочки. Таким образом, влияние местных напряжений при зажиме борта для этих оболочек несущественно. Предельная частота вращения муфты с упругим элементом вогнутого профиля на 20—60% выше, чем муфты с элементом выпуклого профиля в результате снижения величин центробежных сил вследствие уменьшения радиуса вращения и благоприятной передачи центробежных сил с оболочки на нажимные кольца; этим же объясняется снижение осевых сил от муфты в 2—3 раза.

Расчет крутильной жесткости муфты с упругим элементом вогнутого профиля производится по формуле (3.70), при этом безразмерный коэффициент $k_c = 0,076$. Наибольшие касательные напряжения здесь имеют место в экваториальном сечении на наружной поверхности оболочки. При одинаковых габаритных размерах упругих элементов оболочка выпуклого профиля при передаче момента имеет более высокий уровень максимальных напряжений и несколько меньшую крутильную жесткость [72].

Действие центробежных сил на оболочку вызывает появление осевых сил

$$F_n = k_n \rho D_1^4 n^2, \quad (3.74)$$

где k_n — безразмерный коэффициент (при $B/D_1 = 0,364$; $h/D_1 = 0,077$ $k_n = 284 \cdot 10^{-7}$); ρ — плотность резины, кг/м³; D_1 — диа-

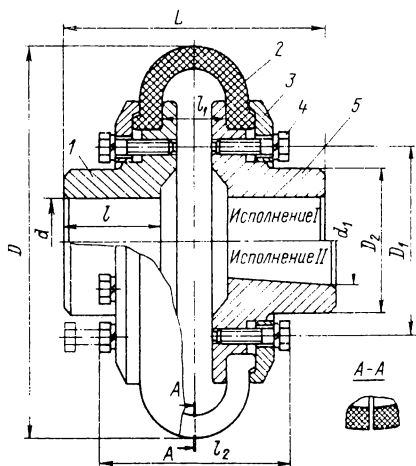


Рис. 3.57. Муфта фирмы «Перифлекс» с разрезной торообразной оболочкой

метр на рис. 3.49, мм; n — частота вращения, об/мин.

Расчетные формулы для реактивных сил, обусловленные наличием смещений валов для муфт вогнутого профиля, представлены в табл. 3.35.

Ресурс упругого элемента зависит от ряда факторов, таких, как характер напряженно-деформированного состояния в опасной зоне, определяемого видом и величиной относительного смещения полумуфт, характером передаваемой нагрузки; марка резины, определяющая ее состав и физико-механические свойства; рабочая температура оболочки; скорость деформации и др.

Расчеты на сопротивление усталости наполненных резин при сложном напряженном состоянии пока отсутствуют. Поэтому на практике используют эмпирические линейные уравнения регрессии вида

$$\lg N = a_0 + a_1 x + a_2 z + a_3 xz, \quad (3.75)$$

где N — число циклов нагружений до разрушения; a_0, a_1, a_2, a_3 — коэффициенты, определяемые по результатам ресурсных испытаний муфт с использованием метода наименьших квадратов; x, z — варьируемые пары факторов, от которых зависит ресурс оболочки (ими могут быть Δ , и γ ; Δ , и D_1). Уравнения регрессии¹ при различных смещениях полумуфт, обуславливающих циклические деформации оболочек различных размеров, изготовленных из резины марки В-14 ($72-76 H_{Sh}, \sigma_{вр} = 10 \text{ МПа}$) имеют вид при наличии смещения:

радиального

$$\lg N = 5,6 - 0,005 \Delta_r + 0,03 D_1 - 0,004 \Delta_r D_1; \quad (3.76)$$

углового

$$\lg N = 8 - 0,42 \gamma + 0,0085 D_1 - 0,0008 \gamma D_1; \quad (3.77)$$

комбинированного

$$\lg N = 9,32 - 0,5 \Delta_r - 0,365 \gamma + 0,04 \Delta_r \gamma. \quad (3.78)$$

На рис. 3.57 представлена муфта «Перифлекс» с тороидальным резинокордным упругим элементом фирмы «Штромаг» (ФРГ).

¹ Подобные уравнения были получены для муфт с торообразным упругим элементом выпуклого профиля из рекомендованных марок резины [26, 69].

Таблица 3.37. Размеры (мм) и параметры муфты «Перифлекс» (рис. 3.57)

T	T_{max}	n_{max} об/мин	d	D	L	D_1	D_2	l	l_1	l_2	$\varphi, \dots$	Момент инерции, кг·м ²	Масса, кг
Н·м													
5	15	4000	10—18	84	62	—	32	26	16	—	4,0	—	0,8
10	30	4000	12—22	104	64	50	34	28	16	57	6,0	—	1,0
30	80	4000	18—30	136	88	65	45	35	18	64	6,0	0,02	3,2
50	150	3000	25—35	178	125	85	60	47	35	89	5,0	0,05	6,3
100	300	3000	30—50	210	150	110	80	59	38	98	8,5	0,11	10,2
250	750	2000	35—60	263	174	140	95	67	44	123	6,5	0,34	19,0
400	1 250	2000	38—70	310	200	180	115	75	42	139	6,3	0,82	31,5
750	2 250	1600	38—80	370	215	235	150	85	46	151	5,2	3,40	80,0
1 500	4 500	1600	40—100	402	244	260	175	95	50	153	5,5	3,40	90,0
2 500	8 000	1250	55—110	450	280	260	180	110	70	190	9,0	4,90	96,0
5 000	16 000	1000	90—140	550	360	280	210	130	120	280	10,8	12,00	168,0
7 500	25 000	800	100—180	700	450	360	270	160	150	365	11,8	36,00	320,0
10 000	34 000	630	100—180	756	450	390	300	160	170	404	27,0	50,00	345,0
16 000	50 000	500	125—225	450	590	500	380	215	210	508	21,5	174,00	750,0
25 000	75 000	430	140—260	1112	720	570	430	270	250	588	29,0	270,00	1300,0
35 000	100 000	375	150—300	1270	850	610	480	300	330	725	24,0	650,00	1600,0

Таблица 3.38. Размеры (мм) и параметры муфт с повышенной несущей способностью (рис. 3.57)

T	$T_{\max}$	$n_{\max}$, об/мин	d	D	L	D_1	D_2	l	l_1	φ , град	GD^2 , Н·м²	Масса,
Н·м												
10	30	3000	10—22	86	60	43	31	25	16	12	0,01	0,84
25	75	3000	12—28	104	70	54	40	30	16	16	0,04	1,15
60	180	3000	15—38	136	110	68	55	45	18	16	0,11	2,50
160	480	3000	20—48	178	130	88	70	50	35	28	0,52	5,40
320	960	3000	25—65	210	160	116	92	65	38	28	1,40	9,50
600	1800	2000	30—75	263	190	140	107	75	44	28	4,20	17,50
1200	3600	2000	38—100	310	240	180	140	100	42	26	9,60	30,00

Одинаковые полумуфты 1 и 5 соединены резинокордным упругим элементом 2 с помощью нажимного кольца 3 и винтом 4. Для удобства монтажа упругий элемент имеет радиальный разрез. Муфта отличается простотой конструкции и легкостью замены упругого элемента. Однако из-за разреза несущая способность муфты понижена. Такие муфты применяются при окружных скоростях до 30 м/с. Использование упругого элемента без разреза позволяет повысить скорость, но вместе с тем усложняет конструкцию муфты и ее монтаж. Эти муфты допускают смещения осей валов при передаче номинального вращающего момента и частоте вращения до 1500 об/мин:

Радиальное, мм	2—6
Угловое, град	. До 2—6
Осевое, мм	3—6

В табл. 3.37 приведены основные размеры и техническая характеристика муфт. В таблице $T^1 = T_{\text{ном}}k$, где $k = k_1 + k_2$.

Величина k_1 определяется типом двигателя:

Для электродвигателей	0,25
» паровых турбин	0,3
» гидротурбин	0,5
» паровых машин	0,75
» двигателей внутреннего сгорания:	
с шестью цилиндрами	0,4
» четырьмя	0,5
» тремя	0,6
» двумя	0,8
» одним цилиндром	1,2

Величина k_2 определяется типом рабочей машины и составляет:

Для машин с весьма малыми разгоняемыми массами (трансмиссии, генераторы электрического тока, малые вентиляторы, центробежные насосы, ротационные воздуходувки)	1,0
Для машин с малыми разгоняемыми массами (элеваторы, большие вентиляторы, турбокомпрессоры, поршневые насосы со степенью неравномерности 1/100—1/200, легкие деревообрабатывающие машины, очень легкие станки, легкие текстильные машины, машины для гибки листов, транспортеры)	1,2
Для машин со средними разгоняемыми массами (пряделные машины, мотальные машины, стиральные машины, мешалки, нагнетающие насосы, ведущие барабаны, подвесные дороги, прессы, компрессоры со степенью неравномерности 1/100—1/200, шлифовальные станки, фуговально-строгальные станки, ножницы, штамповочные машины)	1,4
Для машин со средними разгоняемыми массами и весьма сильными ударами (чесальные машины, ткацкие станки, пряделные машины периодического действия, центробежные мельницы, цементомешалки, центрифуги, шлифовальные барабаны, мельницы с жерновами, сварочные генераторы, строгальные станки по металлу, падающие молоты, сушильные барабаны, шахтные вентиляторы, станы для прокатки свинца, тягачи)	1,6

¹ Приближенное значение нагрузки на муфту в зависимости от типа двигателя и типа рабочего органа машины. Эти данные могут быть использованы при выборе других муфт.

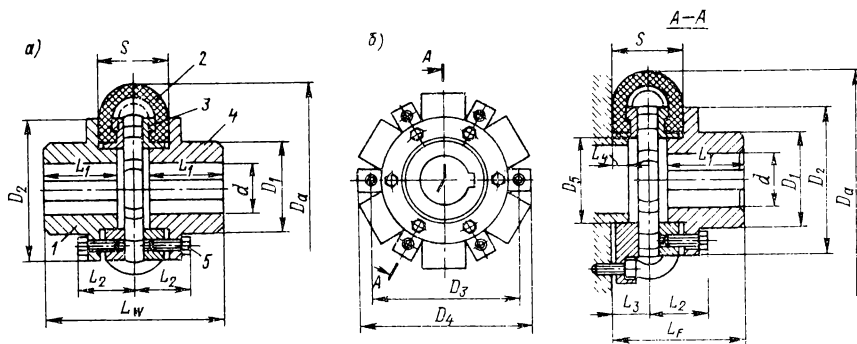


Рис. 3.58. Муфта фирмы «Мультикросс» с хомутами

Для машин с большими разгоняемыми массами и сильными ударами (дифиберы, гидропрессы, бумагоделательные машины, ковочные прессы, поршневые насосы с малыми маховиками, привод экскаваторов, крановые приводы, станки для навивки канатов, пассажирские лифты, каландры, цементные мельницы, молоты, вращающиеся печи, бегуны, камнедробилки, волоочильные станы, вибромашины)

2,0

Для машин с весьма большими разгоняемыми массами и особо сильными ударами (шаровые и трубчатые мельницы в цементной промышленности, вальцы для резины, поршневые насосы без маховика, сушильные барабаны и каландры в бумажной промышленности, горизонтальные и многопильные лесопильные рамы, тяжелые прокатные станы для металла)

2,28

В табл. 3.38 приведены размеры и параметры муфты по рис. 3.57, с повышенной несущей способностью, достигнутой путем увеличения толщины упругого элемента и числа слоев корда, а также за счет более прочного соединения резины с металлом в результате напыления металла на рабочие поверхности фланцев полумуфт и нажимных колец.

Муфта с хомутами «Мультикросс» (рис. 3.58, табл. 3.39) фирмы «Райх» (ФРГ) выпускается в двух исполнениях: для соединения

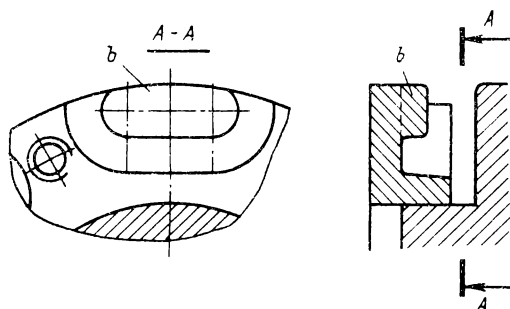


Рис. 3.59. Форма паза для крепления хомута

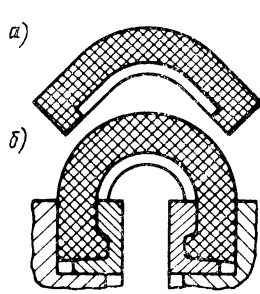


Рис. 3.60. Упругий элемент муфты

Т а б л и ц а 3.39. Размеры (мм) и параметры муфты «Мультикросс» (рис. 3.58)

Номер муфты	Т, Н·м	Г _{тах} , °/мм	Угол поворота полушар, град	Муфта для соединения валов		Муфта для соединения вала с маховиком		d	D _a	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	L ₇	L ₈	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	S	Внеш	
				m, кг	GD ² , Н·м ²	m, кг	GD ² , Н·м ²																Число	Диаметр
1	30	6200	32	1,3	0,03	1,0	0,02	9—22	110	40	72	32	108	90	85	65	32	36	22,5	12—15	45	5	M6X20	
	45	5500	27	1,9	0,06	1,4	0,05	10—28	125	50	83	40	119	101	89	67	35					4		
	80	5100	24	4,0	0,11	2,6	0,10	15—35	135	60	93	53	129	111	118	82	48					6		
	140	4100	18	7,0	0,38	4,3	0,32	18—50	165	80	122	82	158	140	138	92	58					8		
	210	3700	15	11,1	0,79	6,5	0,57	20—55	187	90	148	108	184	166	157	101	65					10		
	300	3200	12	18,7	1,26	10,5	0,91	22—60	216	95	175	135	211	193	167	106	70					12		
2	65	4300	20	4,5	0,4	3,4	0,3	14—30	160	60	105	40	145	125	121	95,5	46	53,5	35	18—25	70	3	M8X25	
	135	3900	18	6,3	0,5	4,5	0,4	15—35	176	70	120	52	160	140	131	105,5	51					4		
	230	3300	17	9,0	0,8	6,2	0,7	15—50	206	80	140	80	182	160	145	109,5	60					5		
	300	3100	15	12,2	1,5	8,1	1,3	18—60	218	100	155	92	195	175	165	117,5	68					6		
	500	2600	12	20,1	3,6	12,7	2,8	20—65	264	110	200	140	240	220	185	127,5	78					8		
	800	2200	10	30,0	7,6	18,2	5,9	25—75	312	120	250	190	290	270	195	132,5	80					10		
3	1200	1900	9	42,0	15,2	25,0	11,2	30—90	360	140	300	240	340	320	235	152,5	98	60,5	55	28—35	110	12	M14X40	
	400	2100	24	25	4,0	18	4,0	25—70	322	105	195	95	275	235	190	150	70					3		
	650	2000	21	31	6,0	23	5,0	30—80	335	120	212	112	292	252	210	160	78					4		
	1200	2000	19	35	8,0	28	7,0	30—80	340	120	230	120	310	270	224	167	85					5		
	1500	1800	18	53	15,0	36	12,0	32—95	385	155	260	160	340	300	240	175	93					6		
	2650	1500	14	81	37,0	54	31,0	40—110	463	165	340	240	420	380	205	205	120					8		
4	4000	1300	11	120	68,0	76	57,0	45—120	537	175	415	315	495	455	350	230	140	135	90	40—50	180	10	M24X70	
	6000	1100	9	148	142,0	94	120,0	56—130	620	195	500	400	580	540	360	235	145					12		
	6 500	1200	20	210	120	160	100	70—140	580	225	380	210	500	440	390	285	150					5		
	9 000	1000	15	260	216	175	184	88—170	660	280	440	270	550	495	430	305	170					6		
	16 000	900	13	400	538	260	439	98—180	790	300	580	410	690	635	500	340	200	135	90	40—50	180	8	M24X70	
	24 000	800	10	500	978	320	786	98—200	900	320	700	530	810	755	500	340	200					10		

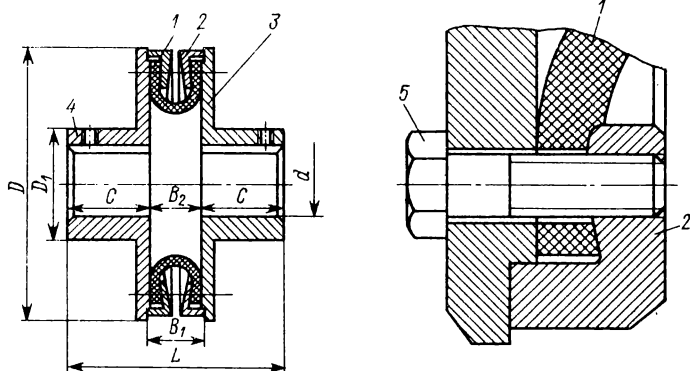


Рис. 3.61. Муфта с торообразной оболочкой фирмы «Фальк»

валов (рис. 3.58, а) и для соединения вала с торцом маховика (рис. 3.58, б).

Муфта для соединения валов состоит из одинаковых полумуфт 4 и 1, к которым с помощью фасонных нажимных колец 3 и винтов 5 притягиваются упругие элементы 2, выполненные в форме хомутов. Хомуты изготавливаются из резины, армированной нитями корда, которые укладываются в форме восьмерки. На внутренней поверхности хомутов предусмотрено углубление, в которое входит соответствующий выступ в торце нажимного кольца (рис. 3.59). Это обеспечивает прочное соединение борта хомута. Форма готового хомута до монтажа представлена на рис. 3.60, а. При монтаже хомут изгибается, принимая форму по рис. 3.60, б, в результате чего внутренние слои резины сжимаются, а нити корда, расположенные ближе к наружной поверхности хомута, получают предварительное натяжение, что обуславливает их работу с начала действия крутящего момента. При изгибе хомутов возникают распорные осевые силы, направленные противоположно осевым силам, вызываемым центробежными силами, действующими на хомуты при вращении муфты. Благодаря этому уменьшаются осевые нагрузки на опоры.

Муфта для соединения вала с торцом маховика (см. рис. 3.58, б) отличается лишь формой нажимного кольца.

Муфты при составлении ряда варьируются по размеру хомутов и их числу в муфте. Изготавливаются хомуты четырех размеров. Число хомутов в муфте меняется от трех до двенадцати. С изменением числа хомутов меняются жесткость и несущая способность муфты. Ступицы полумуфт делают из серого чугуна, а ступицы крупных полумуфт и нажимные кольца — из чугуна со сферидальным графитом или из стали. Допускаемое угловое смещение валов зависит от числа хомутов в муфте и составляет при трех хомутах 6°, при восьми — 4,5°, при двенадцати — 3°.

Таблица 3.40. Размеры (мм) и параметры муфты с торособразной оболочкой (рис. 3.61)

T , Н·м	$n_{\text{тах}}$, об/мин	D	d	L	D_1	B_1	B_2	C	GD^2 , Н·м ²	Масса, кг
57	4500	138	35	77	51	—	27	26	0,24	3,4
80	4250	150	42	93	64	—	27	33	0,37	4,3
114	4000	173	48	97	82	—	29	34	0,74	5,9
190	3600	193	55	126	99	—	36	46	1,36	10,5
280	3100	219	65	138	107	—	39	50	2,69	14,0
410	2800	243	75	157	117	—	42	58	4,74	19,0
570	2600	276	90	187	133	51	45	72	7,30	28,0
910	2100	310	100	219	153	61	54	83	13,70	42,0
1 700	1840	357	125	267	188	71	64	102	32,00	70,0
2 500	1750	393	140	300	209	86	77	112	52,00	97,0
3 580	1560	430	150	335	229	103	91	122	72,00	123,0
5 010	1430	470	165	366	249	116	102	133	115,00	154,0
7 160	1300	510	175	402	272	134	118	143	172,00	192,0
10 740	1190	577	190	432	285	148	127	153	327,00	270,0
14 320	1080	617	200	465	300	162	140	163	454,00	326,0

Выбор муфты производится по расчетному вращающему моменту T^* (см. с. 148).

На рис. 3.61 (табл. 3.40) представлена муфта фирмы «Фальк» (США). Упругий элемент 1 в форме внутренней части тора изготовлен из резины, армированной синтетическим кордом. Полумуфты 3 и 4 соединены упругим элементом вогнутого профиля с помощью винтов 5 и нажимных колец 2. Для муфт, передающих вращающий момент 570 Н·м и более, нажимные кольца центрируются по полумуфте. Для малых муфт центрирования не применяют. Муфта допускает: радиальное смещение полумуфт до 3,5 мм; угловое смещение — до 4°. Диапазон рабочих температур муфты определяется

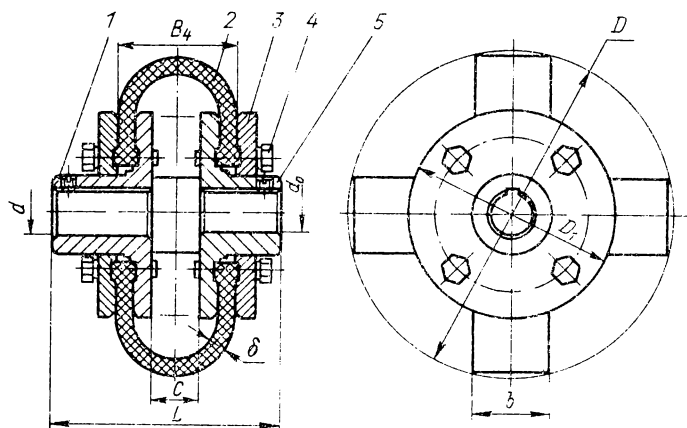


Рис. 3.62. Лепестковая муфта по ГОСТ 95.1000—83

таблица 3.41. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 3.62)

Обозначение	Номинальный вращающий момент T , Н·м	Число лепест- ков	d	d_0	D	E	C	Допускаемое сме- щение соединяе- мых муфтой валов			Масса, кг (справ- очная)
								радиаль- ное	осевое	угловое	
МУЛ 201	16	4	22	19 22 24	168	117 127 127	23	5	5	5° 30'	3,67 3,64 3,60
МУЛ 202	31,5	6	28	22 24 28	198	137 137 147				5°	5,77 5,74 5,75
МУЛ 203	50	4	32	24 28 32	225	178 188 208	44	9	8	5° 30'	7,51 7,76 7,95
МУЛ 204	100	6	38	28 32 38	280	188 208 208				5°	13,80 14,12 13,90
МУЛ 205	160	4	42	38 42 48	338	280 310 310	86	16	12	5° 30'	17,09 17,61 17,24
МУЛ 206	315	6	60	48 55 60	405	340 340 370				5°	21,50 21,01 21,47

Примечание. Наибольшая частота вращения составляет 1500 об/мин.

свойствами материала упругого элемента и составляет от -40°C до $+65^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3.62 представлена лепестковая муфта по ГОСТ 95.1000—83. Муфта состоит из двух одинаковых полумуфт 5, резиновых или резинокордных упругих элементов (лепестков), прижимных колец 3 с винтами 4. В табл. 3.41 приведены основные размеры муфт, число лепестков и допустимые смещения соединяемых муфтой валов.

На рис. 3.63 представлены размеры лепестков для муфты.

В табл. 3.42 приведены основные размеры трех лепестков, применяемых для образования шести гилоразмеров муфт. Эти муфты отличаются повышенными компенсирующими свойствами (малыми реактивными усилиями на валы при их расцентровке), хорошим отводом теплоты от циклически деформируемых резиновых упругих элементов. Однако габаритные размеры муфты велики. В работе [71] из рассмотрения напряженно-деформированного состояния стержня двойкой кривизны численными методами получены

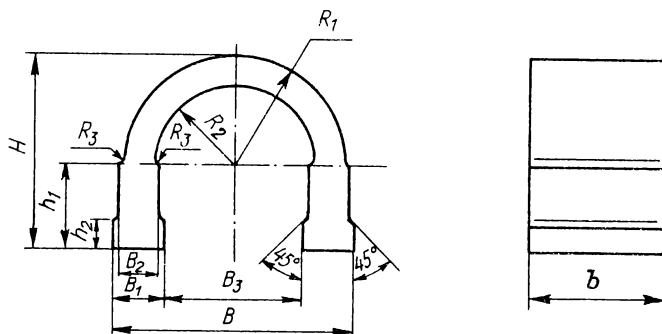


Рис. 3.63. Размеры лепестков для муфты (рис. 3.62)

жесткостные характеристики муфты при расцентровке валов и при действии вращающего момента; изучено также влияние центробежных сил.

В табл. 3.43 (рис. 3.62) приведены размеры, передаваемые вращающие моменты и числа лепестков широкого размерного ряда лепестковых муфт, разработанного в МГТУ им. Н. Э. Баумана с использованием только трех лепестков различных размеров [73].

Муфта фирмы «Вулкан» (ФРГ) показана на рис. 3.64 (табл. 3.44 и табл. 3.45). Упругим элементом ее является резинорядная оболочка переменного сечения, благодаря чему обеспечивается равномерное напряженное состояние при действии вращающего момента. Муфта выпускается в двух исполнениях: с радиальными кулачками, ограничивающими угол поворота полумуфт (рис. 3.64, а); без ограничения угла поворота полумуфт (рис. 3.64, б).

Полумуфты 8 и 1 через промежуточные детали соединены с упругими элементами 3 и 10, между которыми размещен диск 2. Крепление упругого элемента к полумуфте 1 осуществляется болтами 13, а к детали 4 — винтами 11. Для исключения опасных изгибных деформаций болтов 13 при действии вращающего момента

Т а б л и ц а 3.42. Размеры (мм) лепестков для муфты (рис. 3.63)

Обозначение	H	h_1	B_2	B	B_1	B_3	B_4	R_1	R_2	R_3	b	Масса, кг (справочная)
МУЛ 201 МУЛ 202	56,5	25	8	69	16	12	37	31,5	21,5	15	40	0,13
МУЛ 203 МУЛ 204	80	30		110	25	19	60	50	35	20	60	0,23
МУЛ 205 МУЛ 206	120	40	15	170	34	28	102	80	56	30	80	0,70

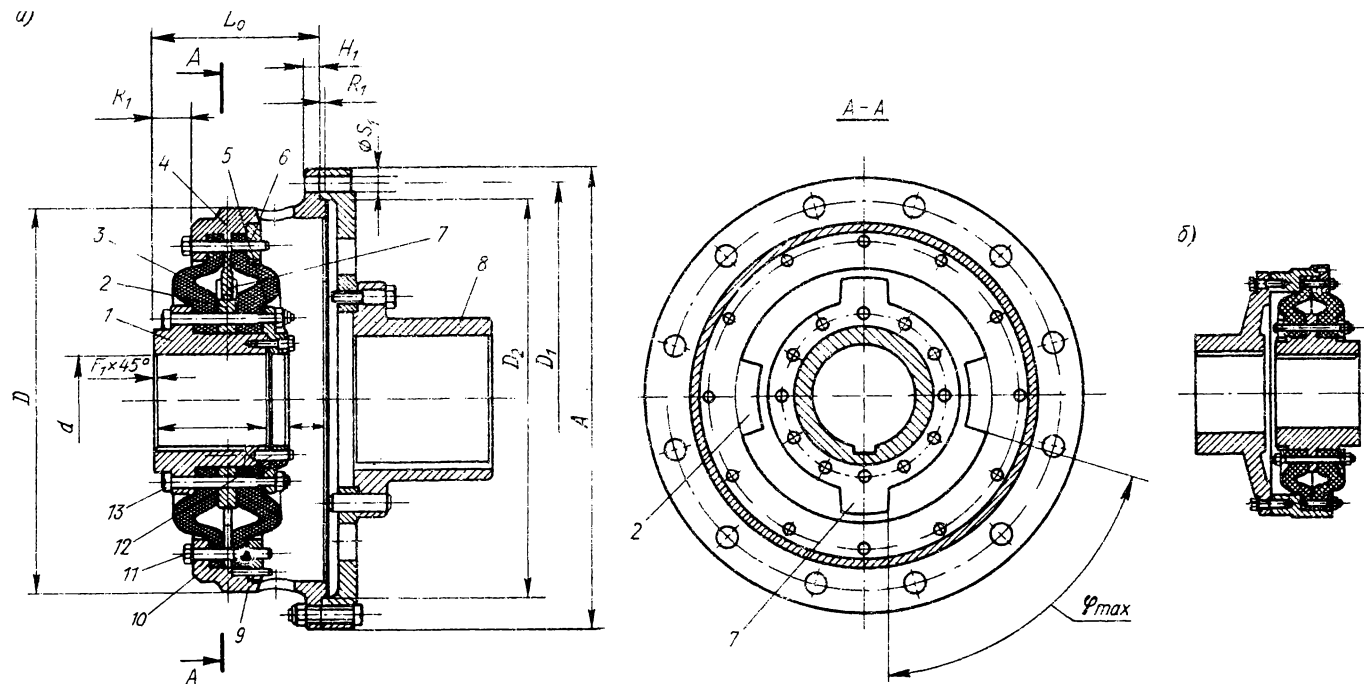


Рис. 3.64. Муфта упругая фирмы «Вулкан»

Т а б л и ц а 3.43. Размеры (мм) муфты лепестковой (рис. 3.62)

Номинальный вращающий мо- мент $T_{\text{ном}}$, Н·м	D_1	D	b	B_4	δ	Число ле- пестков
6,3 10,0	56 71	119 134	32	63	10	3 4
16,0	90	153				5
25,0			190	50	100	15
	110	173	32	63	10	6
40,0			210	50	100	15
	63,0	140	203	32	63	10
240			50	100	15	5
180		243	32	63	10	10
100,0	140	300	80	160	24	3
	180	280	50	100	15	6
	220	283	32	63	10	12
160,0	180	340	80	160	24	4
	220	320	50	100	15	8
250,0		380	80	160	24	5
	50		100	15	10	
400,0	280	440	80	160	24	6
		460	50	100	15	12
630,0	360	520	180	160	24	8
1000,0 1600,0	450 560	610 720				10 12

нажимное кольцо 5 соединено со ступицей винтами и штифтами 12. В муфтах, передающих большие вращающие моменты, промежуточное кольцо 2 соединено со ступицей шлицами, а нажимное кольцо 6 дополнительно крепится к детали 4 штифтами 9. В исполнении, показанном на рис. 3.64, а, на диске 2 и кольце 7 выполнены радиальные кулачки, входящие в зацепление при превышении определенного угла поворота φ_{max} полу муфт и после разрушения резинокордных упругих элементов 3 и 10.

Таблица 3.44. Параметры муфты упругой (рис. 3.64)

Обозначение	Момент, Н·м			Угол закручивания при T , град	Частота вращения муфты, об/мин	Допустимое смещение валов			Жесткость		Динамическая крутильная жесткость при 10 Гц, температуре 303 К (30 °С) $C \cdot 10^4$, Н·м/рад				
	номинальный T	максимальный T_{max}	допустимый переменный T_f			осевое	радиальное	максимальное	осевая $C_D \cdot 10^4$	радиальная $C_r \cdot 10^4$	0,1 T_f	0,25 T_f	0,5 T_f	0,75 T_f	1,0 T_f
0422	500	1 500	200	12,5	5870	3,5	1,0	2,0	0,25	0,3	2,2	2,3	4,4	6,8	9,6
0522	750	2 300	300	13,5	5100	4,0	1,2	2,5	0,45	0,5	2,5	3,3	5,6	8,6	11,9
0622	1 250	3 750	500	14,5	4480	4,5	1,4	3,0	0,5	0,6	4,5	5,9	9,8	15,3	21,3
0722	2 000	6 000	800	15,5	3890	5,0	1,6	3,5	0,65	0,95	7,2	9,6	16,0	24,7	34,7
0732	2 500	7 500	1 000	—							7,6	11,8	19,7	31,8	43,4
0822	4 000	12 000	1 600	17,0	3300	6,0	1,9	4,0	0,85	0,9	15,2	19,8	32,8	49,8	72,0
1012	5 000	15 000	2 000	14,0	2880	7,0	2,2	4,5	1,10	1,30	22,7	27,0	40,5	60,0	83,0
1022	6 300	18 900	2 570	15,5							21,9	27,6	44,6	71,4	101,0
1212	8 000	24 000	3 200	15,5	2550	7,5	2,5	5,0	1,40	1,60	33,0	42,0	61,0	90,0	125,0
1222	10 000	30 000	4 000	16,0							34,0	45,0	74,0	114,0	164,0
1232	12 500	37 500	5 000	18,0							39,0	52,0	92,0	146,0	205,0
1411	16 000	48 000	6 400	13,5	1840	9,0	3,5	7,0	1,80	3,60	80,0	82,0	92,0	122,0	154,0
1422	20 000	60 000	8 000	17,5	2150	8,0	2,9	6,0	2,10	2,40	53,0	77,0	143,0	239,0	350,0
1711	25 000	75 000	10 000	15,0	1540	10,0	4,0	8,0	3,30	4,50	105,0	107,0	116,0	145,0	193,0
1712				18,0	1840	9,0	3,5	7,0	1,90	2,00	81,0	110,0	186,0	284,0	397,0
1721	31 500	94 500	12 600	16,5	1540	10,0	4,0	8,0	3,90	5,90	122,0	130,0	156,0	206,0	272,0
1722				17,0	1840	9,0	3,5	7,0	2,30	2,70	98,0	138,0	246,0	386,0	537,0
2011	40 000	120 000	16 000	14,5	1340	11,0	4,5	9,0	2,40	3,20	233,0	237,0	267,0	327,0	400,0
2012	40 000	120 000	16 000	15,0	1540	10,0	4,0	8,0	2,90	3,75	171	211	324	493	170
2021	50 000	150 000	20 000	14,5	1340	11,0	4,5	9,0	3,00	4,00	215	220	275	370	490
2022				15,0	1540	10,0	4,0	8,0	3,25	3,85	214	243	357	562	838
2031	63 000	169 000	25 200	19,0	1340	11,0	4,5	9,0	3,00	4,00	217	230	320	460	640
2032				16,5	1540	10,0	4,0	8,0	3,25	3,85	219	262	462	781	1170
2411	80 000	240 000	32 000	16,0	1170	12,0	5,0	10,0	3,40	5,10	410	425	530	750	1040
2412				19,0	1340	11,0	4,5	9,0	3,90	4,10	257	324	567	924	1380

Обозначение	Момент, Н·м			Угол закручивания при T град	Частота вращения муфты, об/мин	Допустимое смещение валов			Жесткость		Динамическая крутильная жесткость при 10 Гц, температуре 303 К (30 °C) $C \cdot 10^6$, Н·м/град				
	номинальный T	максимальный $T_{\max}$	допустимый переменный T_f			осевое	радиальное	максимальное	осевая $C_d \cdot 10^6$	радиальная $C_r \cdot 10^6$	0,17 T_f	0,257 T_f	0,57 T_f	0,757 T_f	1,07 T_f
2421 } 2422 2812 2822	100 000 125 000 160 000	300 000 375 000 480 000	40 000 50 000 64 000	17,0 19,5 14,5 15,5	1170 1340 1170	12,0 11,0 12,0	5,0 4,5 5,0	10,0 9,0 10,0	4,50 3,90 6,00	6,40 4,00 6,00	470 290 419 514	480 428 590 733	640 771 1010 1310	945 1240 1530 2100	1320 1800 2140 3060
3012 3022	200 000 250 000	500 000 750 000	80 000 100 000	14,5 16,0	1080	13,0	5,5	11,0	9,00 8,00 9,90	10,00 8,50 10,60	595 643 1160	881 1050 1450	1600 2050 2610	2570 3450 4360	3810 5310 6360 8000
3512 3522	315 000 350 000	945 000 1 050 000	120 000 140 000	15,0 15,5	930	14,0					1160	1450 1500	2610 3050	4360 5200	6360 8000
3812 3822	400 000 500 000	1 200 000 1 500 000	160 000 200 000	13,5 13,5	830	6,0	12,0	7,50 9,00	7,80 9,50	1760 1900	2040 2200	3400 4800	5760 8700	8860 13 500	
4012 4022	570 000 630 000	1 710 000 1 890 000	288 000 252 000	14,5 15,0	930	5,5	11,0	16,00 19,80	17,00 21,20	2320 2000	2740 2300	4580 4000	7460 7700	11 100 12 300	
4212 4222 4622	720 000 900 000 1 300 000	2 160 000 2 700 000 3 900 000	288 000 360 000 520 000	12,5 13,0 12,5	830	6,0	12,0 12,5	15,00 13,00	15,60 19,00	3500 3600	3920 4200	6100 8600	9 920 15 000	15 200 23 200	
									27,00	28,50	5400	6300	12 200	21 300	32 400

Примечание. Коэффициент демпфирования муфты $\psi = 1,13$.

ц а размеры буров (рис. 14)

Обозначение	d	$d_{\max}$	A	D	D_1			D_2	H_1	K_1	L_1	N_1	R_1	V
0422	20	50	252	210	235	10	12	218	8	21	83	82	3	14
0522	25	55	290	238	268	11		246		23	92	69		
0622	30	65	330	270	304	15		273	12	26	106	80		16
0732	40	75	380	317	354			328		36	132	103		
0822	50	100	445	375	420			392		47	162	126	4	21
1022	60	120	514	438	486	17	458	16	52	185	143	24		
1222	70	135	593	503	561		16	529	18	56	216	168	5	27
1411	80	160	808	696	767	26		726	25	67	268	199	5	45
1422			690	584	650	22		610	23	75	254		5	30
1711	95	190	958	822	908	32		858	28	77	308	222	8	60
1712			808	696	767	26		726	25	82	283		5	33
2021	115	230	1110	953	1051	35		992	32	88	360	258	8	70
2022			958	822	908	32		858	28	100	331			41
2421	135	280	1262	1087	1195	35		1128	34	80	440	302		98
2422			1110	953	1051			992	32	116	388			46
2822	175	310	1262	1087	1195			1128	34	116	476	358		76
2302	225	330	1386	1194	1315	38		24	1244	40	131	520	400	10

Примечание. z — число болтов.

Благодаря особой форме двух резинокордных элементов эти муфты не вызывают появления осевых сил при действии на муфту вращающего момента. Усиленная конструкция упругих элементов (наличие нескольких слоев корда, а также металлических колец в бортах упругого элемента с отверстиями, через которые проходят крепежные винты 11 и болты 13) и разгрузка винтов 11 и болтов 13 от изгибных деформаций штифтами 9 и 12 позволили фирме создать надежную муфту высокой несущей способности. Эту муфту с успехом применяют в главном приводе крупнотоннажных судов для снижения амплитуд вредных крутильных колебаний.

На рис. 3.65 (табл. 3.46) представлена муфта «Афлекс» фирмы «Деш» (ФРГ) с резинометаллическим упругим элементом. Металлическое кольцо 3 и ступица 2 соединены резиновой оболочкой 1 переменного сечения, что обеспечивает равномерное напряженное состояние в резине при передаче вращающего момента. Упругий элемент соединен винтами 5 с полумуфтой 4 и имеет систему отверстий в металлических деталях для хорошей вентиляции воздуха, отводящего теплоту от резины, так как для изготовления упругого элемента применяют резину на основе натурального каучука, обладающую высокой прочностью при вулканизации, но чувствительной к воздействию повышенных температур (рабочая температура резины не должна превышать 50 °С). При передаче номинального вращающего момента касательные напряжения в резине составляют 0,35 МПа, при кратковременных перегрузках — до 0,6 МПа. Муфту отличает высокая компенсирующая способность и малая жесткость при кручении.

Муфты со сферическими и цилиндрическими вкладышами. На рис. 3.66 (табл. 3.47) представлена муфта фирмы «Пуль» (Франция). Полумуфта 1 имеет два диаметрально расположенных полых кулачка 5. Полумуфта 4 также снабжена двумя полыми кулачками 6. Кожух 2 крепится к полумуфте 4 винтами 3 и удерживает резиновые упругие элементы от выпадания при вращении муфты. Упругие элементы изготовляют из резины в форме шаров 7 или цилиндров. Муфта с шарами допускает угол закручивания валов до 16°, разогрев упругого элемента до 90 °С. Муфта с цилиндрами допускает угловое смещение валов до 10°, разогрев упругих элементов до 80 °С. При действии вращающего момента на муфту упругие элементы через один работают на сжатие.

При малых окружных скоростях полумуфты изготовляют из серого чугуна, при больших — из стали. Замену упругих элементов осуществляют без осевого смещения полумуфт.

На рис. 3.67 представлена муфта фирмы «Уникум» (Франция). В гнездах, образованных полумуфтами 1 и 5, располагают резиновые упругие элементы 4 в форме цилиндров, работающие на сжатие и сдвиг при действии вращающего момента. Крышка 3 навинчивается на полумуфту 1 для предохранения упругих элементов от выпадания и стопорится винтом 2 от самоотвинчивания. Рабочие поверхности гнезд в полумуфтах спрофилированы таким образом,

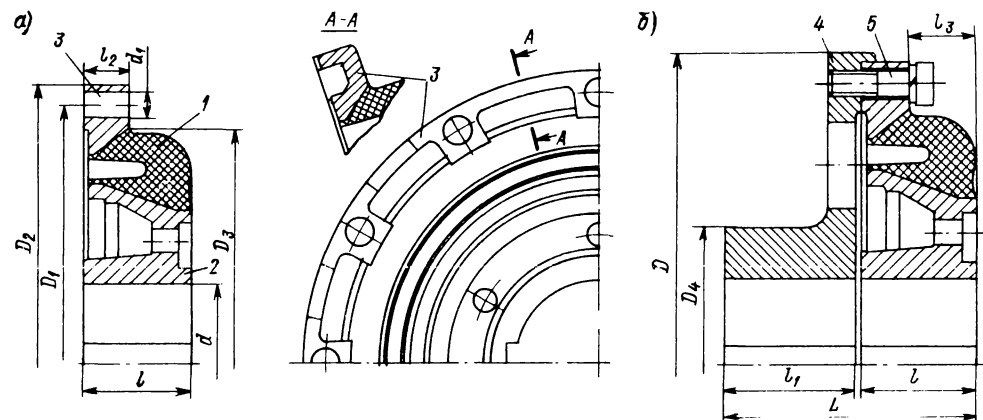


Рис. 3.65. Муфта «Афлекс» с резинометаллическим упругим элементом

Таблица 3.46. Основные размеры (мм) и параметры муфты (рис. 3.65)

T , Н·м	$n_{\max}$, об/мин	D	D_1	D_2	D_3	D_4	d	L	l	l_1	l_2	l_3	Число винтов	d_1	Допустимое радиальное смещение валов, мм при $n = 1000$ об/мин	Масса, кг
50	6600	155	130	145	112	56	18—40	54	24,0	28	10,0	14,0	8	9	2,0	2,13
80	5800	175	150	165	132	65	23—45	66	30,0	33	13,0	17,0	8	9	2,0	3,00
125	5150	195	170	185	154	76	23—50	74	33,0	38	14,5	18,5	8	9	2,5	4,08
200	4450	225	196	215	178	90	28—60	88	39,0	45	16,0	23,0	12	11	2,5	6,21
315	3800	260	230	250	208	105	32—70	102	45,0	52	18,0	27,0	12	11	2,5	9,04
500	3300	300	266	290	242	120	37—80	118	52,5	60	21,5	31,0	12	13	3,0	14,11
800	2800	350	310	340	282	140	37—95	136	60,0	70	23,0	37,0	12	15	3,0	20,79
1250	2500	400	355	385	322	175	42—110	163	72,5	83	30,0	42,5	12	18	3,0	34,96
2000	2150	460	410	445	370	200	52—125	195	86,0	100	35,0	51,0	12	22	3,5	54,23
3150	1800	555	490	535	450	220	73—150	218	97,0	112	37,0	60,0	12	24	4,0	85,98

Примечание. Допустимое угловое смещение валов 2° .

Рис. 3.66. Муфта фирмы «Пуль» с вкладышами

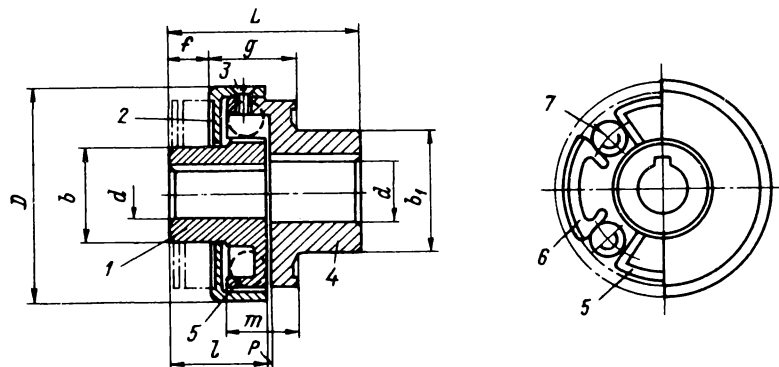


Таблица 3.47 Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Пуль» (рис. 3.66)

T, Н·м		n _{max} , об/мин		d _{max}		b	b ₁	l	p	f	g	m	D	L	Диаметр		Масса муфт, кг	
Вид упругого элемента		Материал полумуфт		Материал полумуфт											шара	цилиндра	чугунной	стальной
шар	цилиндр	чугун	сталь	чугун	сталь													
5,7	11,5	5100	7100	18	18	29	38	29	2	11,5	25,5	20	68	60	12	10	0,6	0,7
11,4	22,8	4800	6700	22	22	35	45	34	2	14,5	29,5	24	82	70	14	12	1,1	1,2
22,8	45,6	4500	6300	28	28	42	55	40	2	17,5	34,5	29	95	82	17	15,5	1,8	2,0
46,5	93,0	4200	6000	35	42	52	65	48	2	22,0	40,0	34	117	98	20	19	3,1	3,4
93,0	186,0	3900	5500	42	50	63	75	60	3	27,0	50,0	43	142	123	26	24	5,3	5,8
186,0	372,0	3600	5000	50	60	76	90	76	3	34,0	61,0	53	174	155	32,5	32,5	9,5	10,3
322,0	644,0	3300	4500	60	70	90	105	91	4	42,0	71,0	62	204	186	40	38	15,6	17,0
513,0	1026,0	3000	4000	70	80	104	120	105	4	49,0	80,0	71	234	214	47	45	22,4	28,4

Примечание. Количество упругих элементов z = 4.

Рис. 3.67. Муфта фирмы «Уникум»

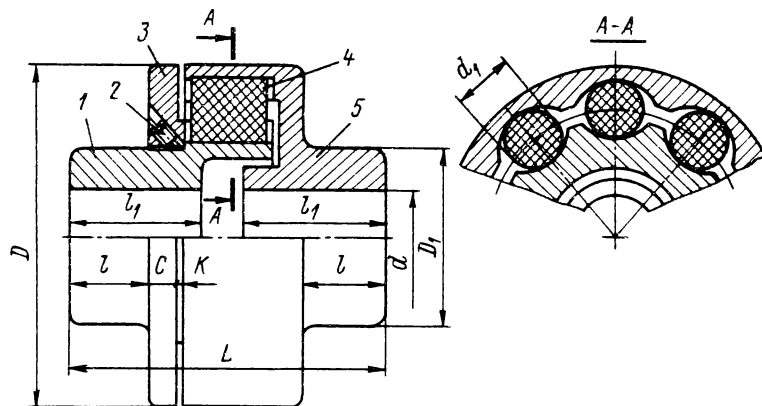


Таблица 3.48. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Уникум» (рис. 3.67)

T, Н·м, при k				D	L	d	D ₁	l	l ₁	K	G	Вкладыш		Масса, кг
0,5	0,75	1	1,5									d ₁	число	
2,5	3,7	5	7,5	53,0	4,5	10—20	26	11	18	1,0	3,0	10	9	0,4
5,0	7,5	10	15,0	62,5	53,5	12—25	31	13	22	1,0	3,5	12	9	0,7
10,0	15,0	20	30,0	77,5	72,0	15—30	40	18	28	1,5	6,5	14	9	1,4
30,0	45,0	60	90,0	98,0	88,5	20—35	55	23	42	1,5	7,0	16	12	2,6
70,0	105,0	140	210,0	117,5	98,0	25—40	66	26	46	2,0	7,0	18	12	4,1
150,0	225,0	300	450,0	137,0	114,0	30—50	78	30	54	2,0	8,0	22	12	7,0
230,0	345,0	460	690,0	156,5	128,5	35—60	90	34	60	2,5	9,0	26	12	9,6
400,0	600,0	800	1200,0	186,0	150,0	40—70	105	40	70	2,5	10,0	30	12	15,5

Т а б л и ц а 3.49. Размеры (мм) и основные параметры муфты МУВП (рис. 3.68)

Т, Н·м	d	D	Δ		I		D ₁	Число пальцев	n, об/мин	B	B ₁	l ₁	d ₁	.d ₁	l ₂	Допускаемое смещение валов	
			Длинные концы валов	Короткие концы валов	Длинные концы валов	Короткие концы валов										радиальное, мм	Угловое, град
6,3	10 11	67	51	43	24	20	45	3	8800	3	20	9	22	17	12	0,2	1,5
	12 14		63	51	30	24							25				
16	16 18	71	84	59	40	28	50	4	7600	4	28	16	30 32	20	20		
	16 18		104	60									36 38				
31,5	16 18	90	124	76	50	36	63	6	6350	4	28	16	36 40	20	20		
	20 22		125	88	60	42							45 48				
63	20 22	100	165	89			71	6	5700	4	42	18	45 50	28	32	0,3	
	20 22		165	125	80	60							56 60				
125	25 28	125	165	89	90	4	4600	5	42	18	45 50	28	32	0,3			
	25 28		165	125							80				60	56 60	

250,0	32 36	140	165	125	110	85	105	6	3800	5	42	18	56 63	28	32	0,3	1,0
	40 45												71 75				
500,0	40 45	170	225	175	160	130	8	3600	56	71 78	24	90 100	36	40			
	50 56									90 95							
1000,0	50 56	210	226	176	140	105	200	2860	6	71	30	110 125	48	48			
	63		286	216								140 150					
2000,0	63 71	260	288	218	170	130	240	1800	10	85	38	140 160	60	60			
	80 90		248	268								180					
4000,0	80 90	320	350	270	210	170	320	1450	12	110	48	180 200	75	75			
	100 110		430	350								220 240					
8000,0	100 110	420	432	352	250	200	400	1150	14	130	56	220 250	90	95			
	125 140		512	412								280 300					
16000,0	160 180	530	434 514	354 414	210 250	170 200	1150	14	130	56	220 250	90	95				
	160 180		614	494	300	240					280 300						

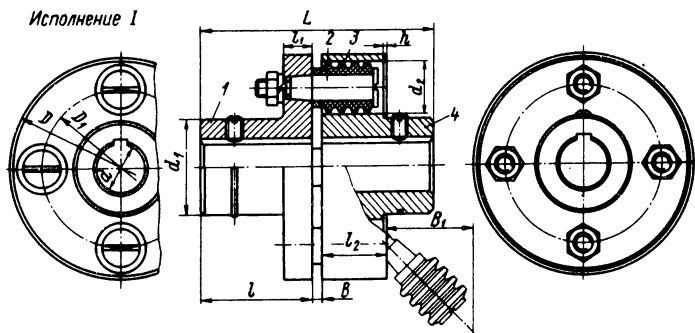


Рис. 3.68. Муфта МУВП по ГОСТ 21424—75*

чтобы при закручивании полумуфты резина больше работала на сжатие. При этом характеристика муфты при кручении нелинейна.

Относительный угол закручивания полумуфт при действии номинального вращающего момента $10\text{--}15^\circ$. Муфта допускает:

Угол перекоса осей валов φ , град

Радиальное смещение осей Δ , мм

$\frac{2}{0,5\text{--}1}$

В табл. 3.48 приведены основные размеры муфты и величина вращающего момента в зависимости от характера нагружения муфты ($k = 1,5$ при спокойной, постоянной нагрузке; $k = 1$ при легких ударах с малой частотой; $k = 0,75$ при средних ударах и крутильных колебаниях; $k = 0,5$ при значительных ударах).

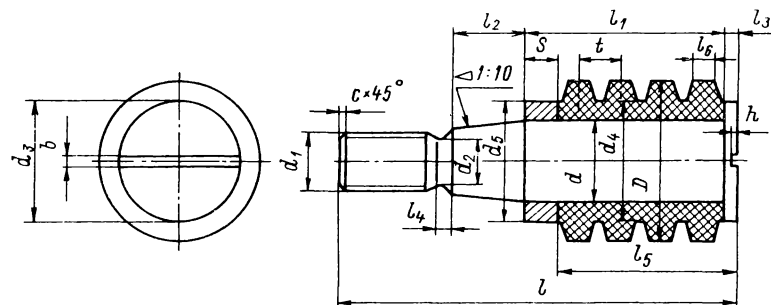
Другие разновидности муфт с неметаллическими элементами. На рис. 3.68 (табл. 3.49) представлена втулочно-пальцевая муфта (МУВП) по ГОСТ 21424—75. Во фланце полумуфты 1 коническими хвостовиками укрепляются пальцы 2, на которые надеты резиновые втулки 3. Втулки входят в отверстия, расположенные во фланце полумуфты 4. Отверстия под вал в ступицах полумуфт растачиваются коническими или цилиндрическими (всего предусмотрено четыре исполнения на разные длины концов валов). Полумуфты изготовляют из чугуна СЧ 21 (допускается их изготовление из стали Ст3), пальцы — из стали 45, втулки упругие — из резины в предельном прочностном состоянии при разрыве 0,8 МПа и относительным удлинением при разрыве не менее 300%, в твердость 60—75 по ТМ-2 (ГОСТ 263—75*).

На рис. 3.69 (табл. 3.50) приведены размеры пальцев с резиновыми и распорными втулками.

Втулочно-пальцевые муфты обладают низкими компенсационными свойствами. Даже при небольших смещениях валов втулки быстро изнашиваются.

На рис. 3.70 представлена муфта в двух вариантах исполнения фирмы «Флендер» (ФРГ). Муфта по варианту I требует осевых смещений соединяемых агрегатов при монтаже и состоит из полумуфты 1, на фланце которой расположены торцевые кулачки, и

Рис. 3.69. Пальцы со втулками муфты МУВП



Т а б л и ц а 3.50. Размеры (мм) пальцев и втулок муфты МУВП (рис. 3.69)

$T, \text{Н}\cdot\text{м}$	d	d_1	d_2	d_3	l	l_1	l_2	l_3	l_4	b	h	l_5	l_6	t	S	D	d_4	d_5
6,3 16,0	8	M6	4,5	12	21	12	6	1,5	3	1,5	1,0	10	2,5	5	3	16	12	12
31,5 63,0	10	M8	6,8	15	45	19	9	2,0	4	2,0	1,5	15			4	19	14	15
125,0 250,0 500,0	14	M10	7,8	20	66	33	12					28	3,5	7	5	26	20	20
1 000,0	18	M12	9,5	25	85	42	17	3,0	5	3,0	2,0	36	4,5	9	6	35	25	25
2 000,0	24	M16	13,0	32	106	52	24					44	6,0	11	8	45	32	32
4 000,0	30	M24	19,5	38	140	66	30	4,0	6	5,0	3,0	56	7,5	14	10	56	40	38
8 000,0	38	M30	25,0	48	170	84	36					71	9,5	18	12	71	50	48
16 000,0	45	M36	30,0	56	210	103	45	5,0	8	8,0	4,0	88	11,5	22	14	85	60	56

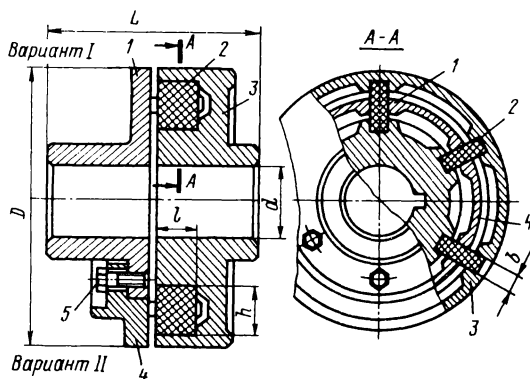


Рис. 3.70. Муфта с радиальными брусками фирмы «Флендер»

полумуфты 3 с упругими элементами 2 в форме призматических брусков. Эти муфты применяют для передачи малых и средних вращающих моментов.

Т а б л и ц а 3.51. Размеры (мм) и параметры муфты с радиальными брусками (рис. 3.70)

T, Н·м	n _{тах} , об/мин	d	D	Δ	Вкладыш		Масса, кг	
					b × l × h	Число	Вариант	
							I	II
4	5300	14—20	90	75	8 × 12 × 18	5	1,8	—
9	4800	16—25	100	85	8 × 14 × 20	5	2,2	—
20	4200	20—30	112	95	10 × 16 × 22	5	3,0	—
45	3800	25—35	125	105	10 × 18 × 25	5	4,0	—
85	3400	30—40	140	115	12 × 20 × 28	6	6,0	—
160	3000	35—45	160	125	12 × 22 × 32	6	8,0	—
236	2600	40—50	180	145	14 × 25 × 35	6	12,0	13
355	2400	45—55	200	165	16 × 28 × 40	6	17,0	19
530	2100	50—60	224	185	18 × 32 × 45	8	23,0	26
800	1900	55—70	250	205	20 × 35 × 50	8	30,0	34
1 180	1700	60—80	280	225	22 × 40 × 55	8	40,0	45
1 800	1500	70—90	315	255	25 × 45 × 62	10	59,0	70
2 650	1300	80—100	325	285	25 × 50 × 70	10	83,0	110
4 000	1200	90—110	400	325	32 × 55 × 80	10	—	140
6 000	1000	100—125	450	365	35 × 62 × 90	10	—	185
9 000	950	110—140	500	405	40 × 70 × 110	10	—	250
13 200	850	125—160	560	455	45 × 78 × 110	12	—	310
20 000	760	140—180	630	510	50 × 86 × 125	12	—	390
30 000	670	160—200	710	570	50 × 96 × 140	12	—	530
45 000	600	180—220	800	640	62 × 110 × 160	12	—	850
67 000	530	200—250	900	720	70 × 125 × 180	12	—	1000
100 000	480	220—280	1000	810	80 × 140 × 200	12	—	1400

Муфта по варианту II не требует осевых перемещений соединяемых агрегатов и состоит из полумуфт 1 и 3, кольца 4, имеющего торцевые кулачки, упругих элементов 2 и винтов 5. Эти муфты применяют для передачи больших и средних вращающих моментов.

Упругие элементы изготавливают из резины с твердостью 50—60 по ТМ-2 (ГОСТ 263—75*), армированной кордом. Рабочая температура резины не должна превышать 60 °С. При необходимости работы при более высоких температурах упругие элементы изготавливают из вулколана (температура до 100 °С).

Муфта отличается высокими компенсационными свойствами и надежностью в работе.

В табл. 3.51 приведены основные размеры и параметры муфты в зависимости от величины расчетного вращающего момента $T = T_{ном}k$, где k — коэффициент динамичности (см. с. 148).

На рис. 3.71 (табл. 3.52) представлена муфта «Радиафлекс RTP» фирмы «Польстра» (Франция) для передачи больших вращающих моментов. К ступицам одинаковых полумуфт 1 винтами крепятся диски 2, имеющие на периферии радиальные пазы. Конструкция резинометаллического упругого элемента 5 позволяет передавать значительные нагрузки. К одному торцу резиновой детали привулканизирован диск 3 с резьбовым пальцем 4, в другом торце завулканизирована вставка 8 с резьбовым гнездом. Благодаря стакану 6 резина работает на сдвиг и сжатие при действии вращающего момента, а также обеспечивается замыкание полумуфт в случае разрушения резиновой детали (вставка 8 зацепляется со стаканом 6). Шайбы 7 предохраняют резьбу на пальцах 4 и фиксируют упругие элементы от смещения к периферии диска, так как диаметр отверстия в диске под шайбой больше ширины радиального паза. Меняя форму наружной поверхности резиновой детали, можно изменять форму характеристики крутильной жесткости муфты.

При действии номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 5°. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ , мм . . .	1—2
Радиальное смещение осей валов Δ , мм	2
Угловое смещение осей валов γ , град	2

На рис. 3.72 (табл. 3.53) представлена муфта «Радиафлекс R» фирмы «Польстра» (Франция) малой крутильной жесткости. К ступицам полумуфт 1 винтами крепятся диски 2, имеющие на периферии радиальные пазы, к торцам которых привулканизированы диски 4 с резьбовыми пальцами 3. Шайбы 6 предохраняют резьбу на пальцах 3 и удерживают упругие элементы 5 от смещения к периферии диска, так как диаметр отверстия под шайбу больше ширины радиального паза.

При действии номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 10°. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ , мм .	2—3
Радиальное смещение осей валов Δ , мм	2—5
Угловое смещение осей валов γ , град	2° 30'

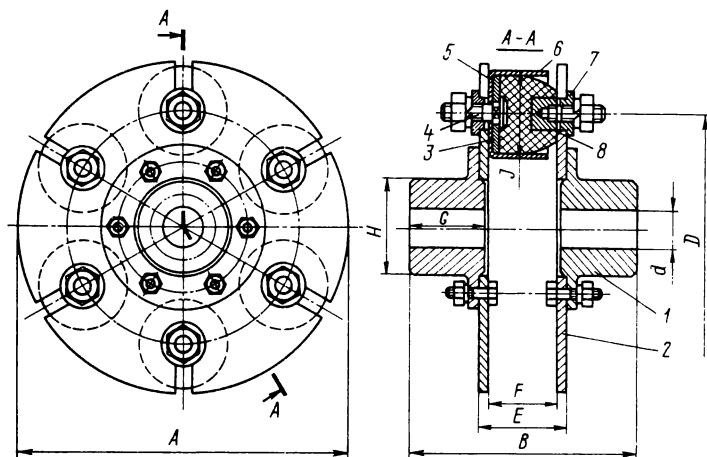


Рис. 3.71. Муфта фирмы «Радиафлекс RTP»

Таблица 3.52. Размеры (мм) и параметры муфты «Радиафлекс RTP» (рис. 3.71)

T , Н·м	$n_{\text{тах}}$, об/мин	Число упругих элементов	A	B	d	D	E	F	G	H	J
470	3000	3	270	176	18—56	180	67	55	57,5	84	90
630	3000	4	270	176	18—56	180	67	55	57,5	84	
1 100	3000	6	300	180	18—56	200	71	55	57,5	84	
1 800	2500	8	364	235	23—80	264	71	55	85,0	115	
2 500	1500	6	420	299	28—100	280	100	80	102,5	145	130
2 800	2500	10	424	274	28—100	324	75	55	102,5	145	90
4 100	2000	12	475	345	28—120	380	79	55	136,0	177	
4 500	1500	8	510	370	28—120	370	104	80	136,0	177	130
6 900	1500	10	600	382	28—120	460	116	80	136,0	177	
9 700	—	12	689	420	32—150	540	120	80	155,0	210	
17 500	—	16	860	420	32—150	720	120	80	155,0	210	
17 500	—	6	826	687	32—155	580	207	147	250,0	220	246
34 000	—	8	1096	827	32—220	850	207	147	320,0	320	
60 000	—	12	1246	827	32—200	1000	207	147	320,0	275	
72 000	—	12	1446	827	32—360	1200	207	147	320,0	540	
104 000	—	16	1546	887	32—360	1300	207	147	350,0	540	

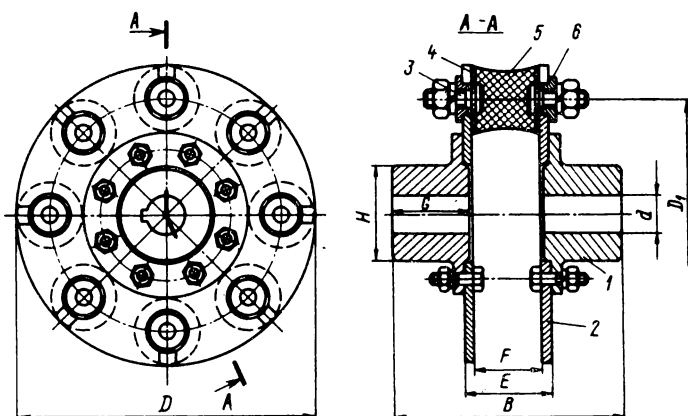


Рис. 3.72. Муфта фирмы «Радиафлекс R»

На рис. 3.73 (табл. 3.54) представлена муфта «Радиафлекс GB» фирмы «Польстра» (Франция). Во фланцах полумуфт 1 имеются отверстия, в которые вставлены резинометаллические упругие элементы 2. Упругий элемент состоит из концентрично расположенных металлических втулок 3 и 4, между которыми имеется слой резины, привулканизированной к металлу. Внутренняя втулка сплошная, наружная состоит из двух частей, имеющих упорные буртики.

При действии вращающего момента, а также при неточном расположении полумуфт упругий элемент испытывает сложное напряженное состояние. В муфте отсутствует внешнее трение, что исклю-

Т а б л и ц а 3.53. Размеры (мм) и параметры муфты «Радиафлекс R» (рис. 3.72)

T , Н·м	n_{max} , об/мин	Число упругих элементов	D	B	d_{min}	d_{max}	D_1	E	F	G	H
0,8	4000	3	45	40	5	10	35	21	15	15,0	20
10,0	4000	6	80	59	0	26	60	29	19	20,0	40
30,0	3000	3	172	114	0	35	114	52	44	35,0	50
50,0	3000	6	172	114	0	35	114	52	44	35,0	50
80,0	3000	3	187	138	18	45	130	52	44	46,0	69
120,0	3000	6	187	138	18	45	130	52	44	46,0	69
160,0	3000	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
220,0	2500	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
300,0	2000	8	270	185	18	56	200	76	60	57,5	84
550,0	1500	12	300	240	23	80	236	76	60	85,0	115
1050,0	1500	16	395	275	28	100	330	76	60	102,5	145
1460,0	1500	12	430	356	28	120	340	90	70	136,0	177
2320,0	1500	12	485	366	28	120	380	100	76	136,0	177

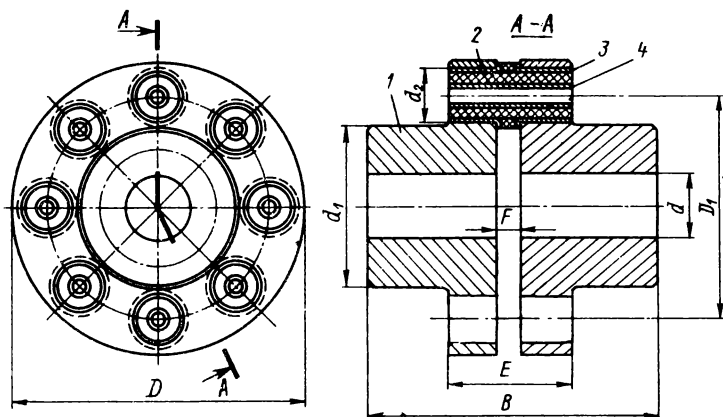


Рис. 3.73. Муфта фирмы «Радиафлекс GB»

Т а б л и ц а 3.54. Размеры (мм) и параметры муфты «Радиафлекс GB» (рис. 3.73)

T , Н·м	$n_{\text{так}}$, об/мин	D	B	d	D_1	E	F	d_1	d_2
80	9000	100	125	10—35	76	35	5	56	16
450	7000	130	170	24—60	130	70	10	85	32
1000	5000	200	235	35—70	150	115	15	100	40
3800	3500	330	320	35—120	250	120	20	170	50
5400	3000	380	340	35—140	300	120	20	200	50
9000	2500	480	400	40—180	400	120	20	250	50

чае изнашивание резины. При действии номинального вращающего момента полумуфты закручиваются на 5° . Муфта допускает:

Радиальное смещение осей валов Δ , мм

Угловое смещение осей валов γ , град

$$\leq 1$$

Муфта отличается высокой надежностью и работоспособностью при высокой частоте вращения.

Г л а в а 4

СЦЕПНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ МУФТЫ

Сцепные муфты позволяют соединять и разъединять вращающиеся или неподвижные валы с помощью специальных механизмов управления. Сцепные механические муфты делят на муфты с профильным замыканием (кулачковые и зубчатые) и на фрикционные муфты. Эти муфты широко используют при частых

пусках и остановках, при необходимости изменения режима работы с минимальной затратой времени, например в автомобилях, прессах, станках, на прокатных станках, тепловозах.

4.1. Кулачковые сцепные муфты

Для передачи значительных моментов при нечастых включениях и необязательной плавности соединения применяют кулачковые или зубчатые муфты. Они имеют значительно меньшие габаритные размеры и массу, чем фрикционные муфты, однако для их работы требуется высокая точность установки соединяемых валов.

Основные профили кулачков. Применяют следующие основные профили кулачков (рис. 4.1). Треугольный профиль (мышинный зуб, рис. 4.1, а); основное достоинство треугольного профиля — легкость и быстрота включения, обусловленные большим числом кулачков (обычно $z = 15 \div 60$). Угол профиля $\alpha = 30 \div 45^\circ$. Треугольный профиль применяется в муфтах, передающих небольшие вращающие моменты.

Трапецеидальный профиль (рис. 4.1, б) применяют в муфтах, передающих большие вращающие моменты при больших частотах вращения валов. Угол профиля к оси $\alpha = 3 \div 5^\circ$, число кулачков от 3 до 15. Муфты с трапецеидальными и треугольными профилями кулачков нуждаются в небольшом осевом поджатии и после включения (если $\alpha > \rho$, где ρ — угол трения), так как в них возникают осевые силы, раздвигающие полумуфты.

Прямоугольный профиль (рис. 4.1, в) применяют в муфтах тяжелонагруженных машин. Этот профиль обеспечивает сцепление валов с зазором, поэтому плохо работает при реверсивной нагрузке, труднее включается, чем предыдущие профили, но не требует постоянной осевой силы прижатия и имеет правильный контакт зубьев по поверхности при неполном включении муфты.

Несимметричные треугольные и трапецеидальные профили (рис. 4.1, г, д) применяют в муфтах для соединения валов с постоянным направлением вращения. Для облегчения включения муфты применяют подрезание головки кулачков (рис. 4.1, е).

Профили кулачков в продольном сечении показаны на рис. 4.1, ж, з, и. Треугольный профиль имеет уменьшающуюся к оси муфты высоту (рис. 4.1, з), так как шаг пропорционален радиусу, а профили во всех сечениях подобны. Прямоугольный профиль выполняют постоянной высоты. Кулачки с трапецеидальным профилем изготовляют либо постоянной высоты, либо уменьшающейся к центру, что позволяет обрабатывать обе рабочие грани впадины за один проход инструмента. Полумуфты при этом изготовляют с плоскими торцами (рис. 4.1, и), что уменьшает износ торцов при включении, поскольку кулачки входят в зацепление одновременно по всей ширине, а не углами, однако в рабочем состоянии кулачки контактируют не по всей высоте.

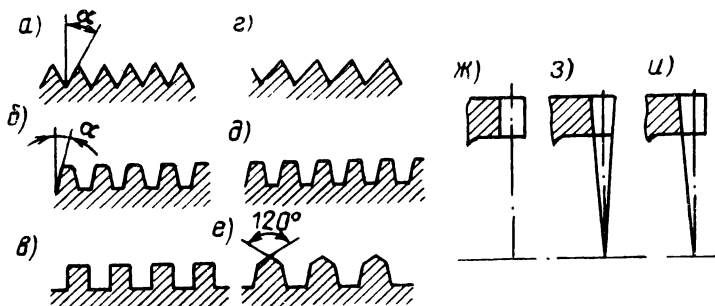


Рис. 4.1. Профили кулачков

Число кулачков выбирают в зависимости от передаваемого вращающего момента. Для муфт с постоянной высотой кулачков, симметричным профилем и плоскими рабочими поверхностями число кулачков лучше выбирать нечетным, что позволяет за один проход обрабатывать две рабочие грани противоположно расположенных выступов.

Рабочие поверхности кулачков в большинстве случаев выполняют плоскими, что обеспечивает правильный контакт по поверхности при полностью включенной муфте (для муфт с трапециевидным и треугольным профилем). При неполностью включенной муфте имеет место кромочный контакт, так как полумуфты не поворачиваются одна относительно другой. Поэтому в ответственных муфтах, включаемых под большой нагрузкой, применяют сложные в изготовлении винтовые рабочие поверхности. Для нарезания кулачков методом огибания на зуборезных станках целесообразно применять кулачки, очерченные дугой.

Материалы для изготовления кулачковых муфт. Материал кулачковых муфт должен обеспечивать высокую твердость рабочих поверхностей кулачков и посадочной поверхности подвижной полумуфты. Для полумуфт используют стали типа 20Х, 12ХНЗА с цементацией и закалкой до твердости 54—60 HRC₂. Муфты крупных размеров изготавливают из стали 45 или 45Л, а в ответственных конструкциях при частых включениях и выключениях — из стали 40Х, 40ХН, 35ХГСА и др. Рабочие поверхности кулачков закалывают до твердости 40—45 HRC₂.

Допускаемые контактные напряжения $[p]$ (МПа) для твердых рабочих поверхностей кулачков принимают: 90—120 — для муфт, включаемых в состоянии покоя, 35—70 — для муфт, включаемых на ходу. Большие значения принимают для муфт с малым числом кулачков, меньшие — для муфт с большим числом кулачков.

Расчет кулачковых муфт. Критериями работоспособности кулачковых муфт является прочность кулачков по смятию рабочих поверхностей и по изгибу. Кулачки изнашиваются при несоосных валах и при включении вращающейся муфты.

Т а б л и ц а 4.1. Размеры кулачковых муфт (мм) с несимметричной трапецидальной формой кулачков (рис. 4.2)

d	D	l_1	l_2	l_3	l_4	b	h	h_1
25	76	146	95	45	10	18	19	16
30	90	172	105	60	12	18	20	18
35	102	184	115	62	12	18	22	20
45	114	204	128	66	12	18	25	22
50	128	222	140	72	12	18	25	22
55	140	235	150	76	12	18	25	22
60	152	242	160	82	20	18	30	25
70	165	274	175	88	20	18	32	30
75	178	286	188	92	20	24	35	32

Контактные напряжения подсчитывают в предположении равномерной работы всех кулачков

$$p = 2T_{\text{расч}}/(d_{\text{ср}}zA) \leq [p], \quad (4.1)$$

где $T_{\text{расч}}$ — расчетный вращающий момент; $d_{\text{ср}}$ — средний диаметр муфты (по кулачкам); A — площадь проекции опорной поверхности кулачка на диаметральную плоскость; z — число кулачков.

Номинальное напряжение изгиба у основания кулачков в предположении, что сила приложена к вершинам кулачков,

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{2T_{\text{расч}}hk}{d_{\text{ср}}zW} \leq \frac{\sigma_{\text{т}}}{n}, \quad (4.2)$$

где h — высота кулачков; k — коэффициент неравномерности нагружения кулачков, равный 2—5 (меньшие значения — при большей точности изготовления и малом числе кулачков и наобо-

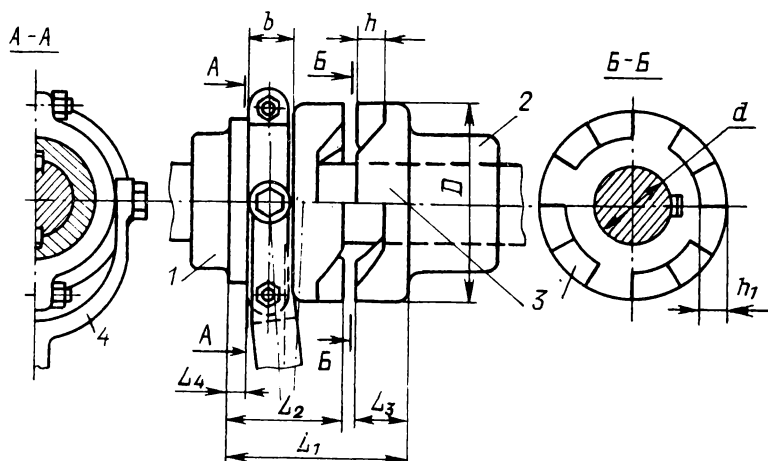


Рис. 4.2. Кулачковая сцепная муфта

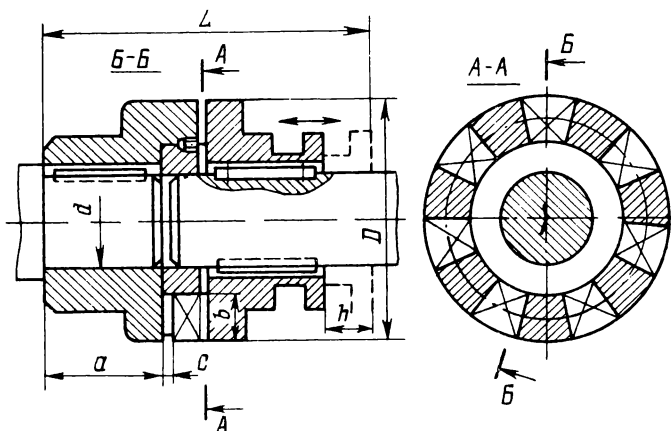


Рис. 4.3. Сцепная муфта с прямоугольным профилем кулачков

рот); W — осевой момент сопротивления сечения основания кулачка изгибу; n — коэффициент безопасности, $n \geq 1,5$.

Расчетный момент $T_{\text{расч}} = 1,3T$, где T — максимальный вращающий момент, передаваемый муфтой при установившемся движении. В ответственных случаях производится уточненный расчет по динамическому моменту, равному $T_{\text{расч}}$.

Сила, необходимая для включения (выключения) муфты под нагрузкой после соприкосновения головок кулачков,

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

где f' — приведенный коэффициент трения муфты по валу; d — диаметр вала; α — угол наклона рабочей грани кулачка (см. рис. 4.1); ρ — угол трения на контактных поверхностях кулачков. В формуле знак «плюс» относится к включению, знак «минус» — к выключению муфты. Самовключение муфты возможно при следующем условии:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq f' (1 + d_{\text{ср}}/d). \quad (4.4)$$

Конструкции кулачковых муфт. Муфта (рис. 4.2, табл. 4.1) состоит из двух полумуфт 1, 2 с торцевыми кулачками 3. При включении кулачки одной полумуфты входят во впадины другой, создавая жесткое сцепление.

Включение и выключение муфты осуществляют осевым перемещением одной из полумуфт вдоль вала с помощью переключающего сухаря или вилки 4. Кулачковые муфты включают в неподвижном состоянии или при весьма малой разности угловых скоростей валов. Относительная окружная скорость полумуфт на среднем диаметре кулачков при включении достигает 1 м/с. Подвижную полумуфту рекомендуют располагать на ведомом валу, что уменьшает изнашивание деталей управления муфтой.

Т а б л и ц а 4.2. Размеры кулачковых муфт, (мм) с прямоугольной формой кулачков (рис. 4.3)

d	D	L	a	b		h	Масса, кг
35—40	100	200	70	95	5	30	8
55—60	150	275	90	139	6	40	20
80	200	350	110	182	8	50	45
100	250	435	140	225	10	60	89
125	300	500	160	260	10	70	142

На рис. 4.3 представлена конструкция кулачковой муфты с прямоугольной формой кулачков. В табл. 4.2 даны основные размеры и параметры муфты.

4.2. Зубчатые муфты

На рис. 4.4 и в табл. 4.3 представлена зубчатая муфта сцепления (ОСТ 90-0991—75), состоящая из двух полу муфт, одна из которых представляет собой зубчатое колесо с внутренними зубьями, а вторая — с наружными зубьями одинакового модуля. Муфта включается осевым перемещением одной из полу муфт. Исходный контур эвольвентных зубьев выбирается по ГОСТ 13755—81. Параметры зацепления соответствуют степени точности 8А по ГОСТ 1643—81.

Для облегчения включения и повышения ресурса муфты торцы зубьев закругляют. Полу муфты изготавливают из стали 40Х (ГОСТ 4543—71*) с закалкой ТВЧ до 48—54 HRC_э или из стали 20Х с цементацией и закалкой до твердости 56—62 HRC_э. При

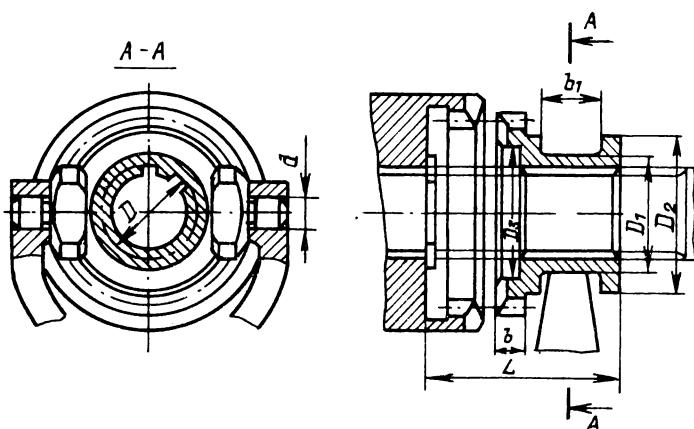


Рис. 4.4. Сцепная зубчатая односторонняя муфта по ОСТ 90-0991—75

Т а б л и ц а 4.3. Основные параметры (мм) сцепной муфты ($m = 2,0$) по
ОСТ 90-0991—75 (рис. 4.4)

T , Н·м	D	L	Число зубьев z	D_1	D_2	D_3	b	b_1	d
400	25	51	26	32	45	36	8	18	9
500	26	55	28	35	50	42	9	18	
630	32	59	30	40	54	45	9	18	
800	34	62	32	42	56	50	10	18	
1250	38	68	34	48	62	54	12	18	
2000	42	78	38	52	70	62	15	22	10
3150	48	87	42	60	78	68	18	22	
4000	54	91	46	68	86	76	18	22	
5000	60	98	50	75	94	82	20	27	

необходимости частого включения зубчатых и кулачковых муфт (например, в автомобилях) для уменьшения ударов и шума перед включением основных (зубчатых, кулачковых) муфт применяют синхронизаторы, представляющие собой конусные фрикционные муфты, которые соединяют валы, вращающиеся с различными скоростями.

Одним из недостатков кулачковых и зубчатых муфт является самопроизвольное выключение, наблюдаемое в муфтах после некоторого изнашивания рабочих поверхностей кулачков (зубьев). Поэтому в кулачковых муфтах применяют «самоблокирующие» профили (профили с отрицательным углом наклона), а в зубчатых муфтах применяют замок-ступеньку или утонение средней части зубьев.

4.3. Фрикционные муфты

Фрикционные муфты передают вращающий момент за счет сил трения на рабочих поверхностях. Включение муфты производят плавным прижатием рабочих поверхностей соединяющихся деталей муфты, а выключение — их разъединением. Изменяя силы сжатия поверхностей, можно регулировать силы трения и передаваемый момент. Фрикционные муфты можно также использовать в качестве предохранительных.

В период включения фрикционной муфты в ней имеет место скольжение фрикционных поверхностей. После включения скольжение отсутствует, однако при пиковых нагрузках возможно проскальзывание. Поэтому фрикционные муфты ограничивают пиковые перегрузки, однако они непригодны в случаях, когда требуется совпадение угловых скоростей соединяемых валов.

Фрикционные муфты по форме трущихся контактирующих поверхностей делят на дисковые, у которых рабочими поверх-

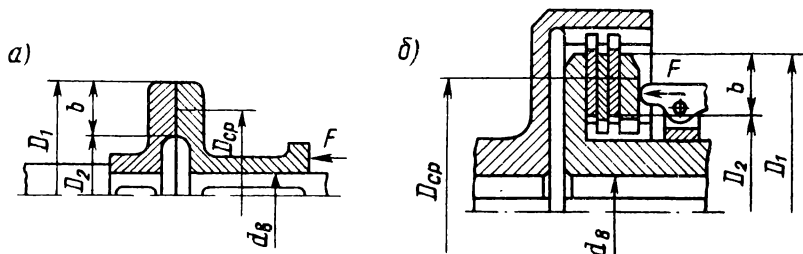


Рис. 4.5. Схемы муфт с плоскими поверхностями трения: а — с одной парой трущихся поверхностей; б — с несколькими парами

ностями являются плоские поверхности дисков (рис. 4.5); конусные, у которых рабочие поверхности имеют коническую форму (рис. 4.6); цилиндрические, у которых рабочие поверхности имеют цилиндрическую форму (рис. 4.7, а—в).

В колодочной муфте (рис. 4.7, б) момент создается прижатием колодок к барабану пружинами; при выключении пружины отводят колодки от барабана. В кольцевых муфтах с разжимными кольцами (рис. 4.7, в) муфта включения 1 через рычаги 2 и 6 разжимает разрезное кольцо 4, прижимая его силой F к ведущей полумуфте 3, благодаря чему создается необходимый момент трения между ведущей 3 и ведомой 5 полумуфтами.

Различают следующие способы управления фрикционными муфтами: механический, гидравлический, пневматический и электромагнитный.

Наибольшее распространение имеют дисковые фрикционные муфты, обеспечивающие передачу больших вращающих моментов в многодисковых муфтах. В последнее время появились комбинированные дисково-кулачковые муфты, в которых после плавного соединения вращающихся валов в результате сжатия фрикционных дисков в зацепление входят кулачки, и дальнейшая передача момента осуществляется зацеплением кулачков. Различают муфты сухие и муфты, работающие со смазкой. Смазка уменьшает изнашивание рабочих поверхностей муфт и обеспечивает стабильность коэффициента трения.

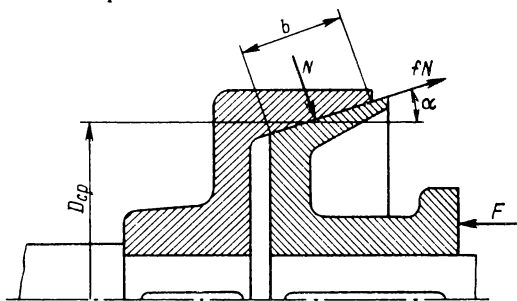


Рис. 4.6. Схема муфты с коническими поверхностями трения

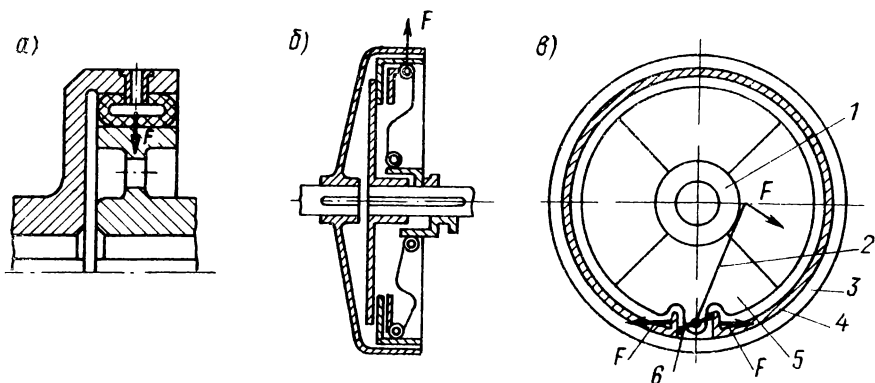


Рис. 4.7. Схемы муфт с цилиндрическими поверхностями трения: *а* — шинно-пневматическая; *б* — колодочная; *в* — с разжимным внутренним кольцом

Материалы для изготовления фрикционных муфт. К материалам муфт предъявляют следующие требования:

- постоянства коэффициента трения при изменении скорости скольжения, давления и температуры на рабочих поверхностях;
- высокой износостойкости;

- теплостойкости, характеризуемой способностью длительно выдерживать повышение температуры без разрушения с сохранением других полезных свойств;

- высокой теплопроводности для отвода теплоты от трущихся поверхностей;

- способности к хорошей приработке;

- хорошей обрабатываемости и малой стоимости;

- нечувствительности к химическому воздействию смазочных масел.

Для муфт, работающих в масле, используют закаленную сталь по металлокерамике, закаленную сталь по стали, бронзу по стали или чугуну. Для пары трения закаленная сталь по закаленной стали допускают большие давления на рабочих поверхностях.

Особое внимание следует уделять вопросу отклонения от параллельности торцов дисков, так как при непараллельных торцах давление и силы трения локализуются на части поверхности диска. Это приводит к интенсивному изнашиванию дисков и появлению дополнительных нагрузок на диск. Поэтому, как правило, производится шлифование торцов дисков для муфт, работающих при больших скоростях скольжения. Для неответственных случаев допустимо применять нешлифованные диски.

Чугуны при достаточно высоком коэффициенте трения обладают малой склонностью к заеданию трущихся поверхностей. В муфтах с малыми нагрузками применяют чугунные диски без смазки с твердостью HB не менее 210. Фрикционные диски с металлокерамическим покрытием выгодно отличаются от стальных

и чугунах дисков возможностью получения больших сил трения, хорошему сопротивлению изнашиванию, высокой теплопроводности фрикционного слоя и др. Эти свойства достигаются подбором соответствующих легирующих добавок в композит.

Металлокерамический слой наносится на торцы металлического диска с последующим уплотнением и спеканием в пресс-форме, в которой соблюдается строгая параллельность торцов. Таким образом, отпадает необходимость шлифования торцов дисков, что существенно удешевляет изготовление дисков при достижении высоких эксплуатационных показателей. Для дисков больших диаметров (1200 мм и более) изготавливают стальные секторы с напрессованным металлокерамическим слоем. Эти секторы крепят к стальному диску. Обычно применяют металлокерамику марки ФМК-11 с коэффициентом трения до 0,6 при температуре 200 °С, до 0,2 при 800 °С; металлопластику МПК, представляющую собой железный пористый каркас, пропитанный фенолоформальдегидной смолой. МПК отличается стабильным коэффициентом трения в широком диапазоне температур (до 800 °С) от 0,4 до 0,35. Фрикционные накладки либо приклеивают к металлу, либо приклепывают. Первый способ соединения предпочтителен.

В муфтах (без смазывания) основное применение имеют пары сталь или чугун по накладкам из фрикционного материала на асбестовой основе, которые изготавливают либо из композита асбестовых волокон и металлической проволоки, спрессованного при высокой температуре, либо из вальцованной ленты в виде отдельных сегментов, а не в виде сплошной полосы, что улучшает теплоотвод, удаление продуктов изнашивания и уменьшает износ в 1,5—2 раза.

Для работы в тяжелых условиях применяют ретинакс, обладающий большим по величине и устойчивым коэффициентом трения. Изготавливают две модификации ретинакса (ГОСТ 10851—73*): ФК-24А и ФК-16Л. В последнюю дополнительно вводится латунная проволока, что повышает теплопроводность и износостойкость при больших давлениях. Ретинакс применяют при температуре поверхностей трения до 1000 °С.

В табл. 4.4 приведены приближенные значения допустимых давлений, коэффициента трения и температуры фрикционных пар. В табл. 4.5 представлены основные характеристики некоторых пар трения и типичные примеры их использования (по данным фирмы «Боленц и Шефер», ФРГ).

Процесс включения и выключения фрикционных муфт. Передача вращающего момента во фрикционной муфте (рис. 4.5—4.7) происходит за счет сил трения на рабочих поверхностях при их прижатии. При включении (выключении) муфты имеет значение характер изменения силы, сжимающей трущиеся поверхности. Сила либо плавно изменяется от нуля до наибольшего значения, либо мгновенно достигает некоторого постоянного значения.

Т а б л и ц а 4.4. Ориентировочные значения допускаемых давлений, коэффициента трения и температуры фрикционных пар

Фрикционная пара	Коэффициент трения			Допустимое давление $[p]$, МПа	Допустимая температура, °С
	без смазки	со смазкой	с попаданием масла		
Металлокерамика — закаленная сталь	0,18—0,40	0,08—0,15	—	Без смазки 0,3—0,5, со смазкой 0,8—1,0	—
Ретинакс марки ФК-24А (ГОСТ 10851—73) — закаленная сталь	0,25—0,35	0,08—0,10	—	Без смазки 1,0—1,5	600—800
Прессованный асбест — закаленная сталь	0,3—0,4	0,1—0,2	—	Без смазки 0,2—0,4, со смазкой 0,5—1,0	150—250
Композиционный материал марки НСФ-6 (ГОСТ 1786—74) на основе каучука с металлическим наполнителем — закаленная сталь	0,40—0,53	—	—	—	100—150
Тормозная лента ВИАМ-12 — сталь	0,28—0,33	0,08—0,10	—	Без смазки 0,6—0,8, со смазкой 0,9—1,0	—
Порошковые металлические обкладки — закаленная сталь	0,35—0,55	0,05—0,10	—	Без смазки 0,8—1,0, со смазкой 1—1,5	—
Бронза — сталь	0,10—0,15	0,05—0,10	0,10	Без смазки 0,4—0,5, со смазкой 0,6—0,8	150
Чугун—сталь	0,15—0,18	0,06—0,08	0,12	Без смазки 0,25— 0,4, со смазкой 0,6—0,8	150
Чугун—чугун	0,15—0,20	0,05—0,08	0,15	Без смазки 0,4—0,6, со смазкой 0,6—1,0	300

П р и м е ч а н и я: 1. Меньшие значения давлений — при большем числе поверхностей трения, большие — при малом. 2. При $v > 25$ м/с давление рекомендуется понижать: на 15% при $v = 5$ м/с; на 30% при $v = 10$ м/с; на 35% при $v = 15$ м/с (скорость можно определять по среднему радиусу поверхности трения): $v = \pi r_{cp} n/30$.

Т а б л и ц а 4.5. Основные характеристики некоторых пар трения

Пара трения	Статический коэффициент трения $f_{\text{п}}$	Динамический коэффициент трения $f_{\text{дв}}$	Соотношение коэффициентов трения $f_{\text{п}}/f_{\text{дв}}$	Максимальная скорость скольжения, м/с	Максимальная температура на поверхности трения, °С	Максимальная тепловая нагрузка, Вт/см²	Удельный износ, см²/(кВт·м)	Некоторые типичные примеры применения
Сталь—спеченная бронза: в масле	0,08—0,12	0,06—0,09	1,3—1,5	30—50	Максимально допустимая температура масла 300—350	0,6—2,3	0,017—0,069	Электромагнитные муфты с магнитным потоком, не проходящим сквозь диски
всухую	0,21—0,40	0,18—0,30	1,2—1,3	15—40		0,35—1,60	0,086—0,344	Многодисковые муфты с механическим включением гидро-и пневмоустройствами
Сталь — сталь (в масле)	0,11—0,18	0,06—0,09	1,8—2,0	15—20	200—250	0,25—0,60	0,034	Электромагнитные муфты с магнитным потоком, проходящим сквозь диски
Сталь — органический материал (всухую)	0,31—0,52	0,28—0,40	1,1—1,3	20	250—300	0,25—0,35	0,172—0,258	Многодисковые предохранительные фрикционные муфты

П р и м е ч а н и е. Здесь индексы: п — покоя; дв — движение.

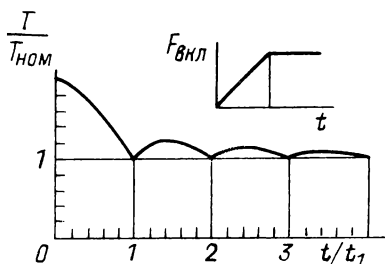


Рис. 4.8. Динамические моменты в приводе и сила включения фрикционных муфт

фрикционных муфт изменяются по законам, показанным на рис. 4.8, где t — время нарастания момента трения в муфте; t_1 — период собственных колебаний системы; T — максимальный динамический момент; $T_{ном}$ — номинальный вращающий момент. При включении муфты сила прижатия контактных поверхностей и момент сил трения между ними возрастают от нуля до некоторого максимума. Когда момент сил трения станет больше момента сил сопротивления, приложенного к ведомому валу, последний начнет вращаться с некоторым ускорением до тех пор, пока скорости обеих частей привода не сравняются. До установления общей скорости имеет место взаимное скольжение контактных поверхностей. При этом работа трения преобразуется в теплоту, и происходит нагрев рабочих элементов муфты.

С достаточной для практики точностью принимают, что усилие прижатия контактных поверхностей и момент трения в муфте пропорциональны времени, отсчитываемому от начала включения. Это равносильно предположению о постоянстве коэффициента трения на трущихся поверхностях и постоянстве скорости включения муфты. При этом допущении зависимость между моментом сил трения и временем изобразится ломаной $OABC$ (рис. 4.9). На графике обозначены: T_{max} — наибольший момент трения в муфте, Н·м; T_c — момент сил сопротивления, Н·м; $T_{тр}$ — текущая величина момента трения, Н·м; t — текущая величина времени (с), отсчитываемая от начала включения муфты; $t_{вкл}$ — время полного включения муфты, с; t_c — время (с), при котором момент трения достигает значения T_c ; $t_{сд}$ — время сцепления муфты, с (т. е. время, за которое угловая ско-

Если время нарастания силы сжатия трущихся поверхностей (время включения муфты) существенно больше периода собственных колебаний системы, то колебания в машинном агрегате, вызванные включением муфты, незначительны. При ударном включении муфты вращающий момент в приводе может достигнуть больших значений.

Динамические моменты в приводе и силы включения $F_{вкл}$

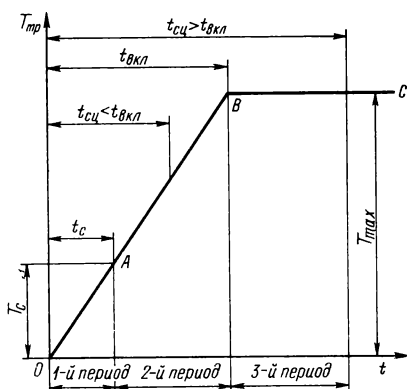


Рис. 4.9. Зависимость момента $T_{тр}$ от времени в процессе включения муфты

рость ведомого вала достигнет скорости ведущего). В процессе включения муфты различают три периода: в первом периоде $0 < t \leq t_c$, $0 < T_{тр} < T_c$; во втором периоде $t_c < t < t_{вкл}$, $T_c < T_{тр} \leq T_{\max}$; в третьем периоде $t > t_{вкл}$, $T_{тр} = T_{\max} = \text{const}$.

С достаточной для практики точностью принимают, что сила сжатия контактных поверхностей и момент трения в муфте пропорциональны времени, отсчитываемому от начала включения, тогда

$$T_{тр} = kt; \quad k = T_{\max}/t_{вкл}.$$

В случае, если угловая скорость ω_0 ведущего вала и момент сопротивления T_c в процессе сцепления муфты остаются постоянными, то работа трения (Н·м), совершенная моментом трения $T_{тр}$ за время $t_{сц}$ на пути скольжения и полностью преобразованная в тепловую энергию, определяется по формуле

$$A_{тр} = J\omega_0^2/2 + \frac{2}{3} T_c\omega_0 \sqrt{(2J\omega_0)/k} + T_c^2\omega_0/(2k), \quad (4.5)$$

или

$$\begin{aligned} A_{тр} = & k\omega_0 t_{вкл}^2/2 + T_{\max}\omega_0 t_{доб} - \\ & - \frac{T_c}{2J} [k(t_{вкл} - t_c)^3 + (T_{\max} - T_c)t_{доб}^2 + \\ & + k(t_{вкл} - t_c)^2 t_{доб}] - J\omega_0^2/2, \end{aligned} \quad (4.6)$$

где

$$t_c = T_c/k = T_c t_{вкл}/T_{\max}; \quad (4.7)$$

$$t_{доб} = [2J\omega_0 - k(t_{вкл} - t_c)^2]/[2(T_{\max} - T_c)], \quad (4.8)$$

где J — момент инерции ведомых частей машины, приведенных к муфте, кг·м²; ω_0 — угловая скорость ведущего вала, рад/с; k — коэффициент пропорциональности между временем и вращающим моментом.

Формула (4.5) относится к случаю, когда время $t_{сц}$ меньше или равно времени $t_{вкл}$ (рис. 4.9), формула (4.6) соответствует случаю, когда $t_{сц} > t_{вкл}$.

В первом случае время сцепления определяется по формуле

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

а во втором — по формуле

$$t_{сц} = (t_{вкл}/2)(1 + T_c/T_{\max}) + J\omega_0/(T_{\max} - T_c). \quad (4.10)$$

Для определения времени сцепления сначала рассчитывают его по формуле (4.9). Если полученная величина меньше или равна $t_{вкл}$, то ее следует принять за истинное значение $t_{сц}$, а величину $A_{тр}$ в этом случае находят по формуле (4.5). Если же величина $t_{сц}$, полученная по формуле (4.9), больше $t_{вкл}$, то величину $t_{сц}$

следует пересчитать по формуле (4.10), а величину $A_{тр}$ по формуле (4.6). Из приведенных формул следует, что для уменьшения величины $A_{тр}$ и времени $t_{сц}$ целесообразно по возможности уменьшать $t_{вкл}$, а включение фрикционной муфты производить при уменьшенной нагрузке T_c и скорости ω_0 . Однако чрезмерное уменьшение $t_{вкл}$ может повлечь за собой уменьшение плавности включения и возрастание нагрузки на валы. Благоприятные условия включения муфты обеспечиваются при соблюдении условия

$$t_{вкл} \geq 2J\omega_0 T_{\max}/(T_{\max} - T_c)^2. \quad (4.11)$$

При этом полное сцепление муфты происходит во втором периоде ($t_{сц} < t_{вкл}$), благодаря чему момент трения $T_{тр}$ в конце сцепления и нагрузка на валы меньше, чем $T_{\max}$ (рис. 4.9). Однако осуществление требования (4.11) не всегда возможно, поэтому приходится отступать в ту или другую сторону от расчетного значения $t_{вкл}$, например, из-за того, что обусловленные им работа трения $A_{тр}$ и количество образующейся теплоты будут слишком велики.

В некоторых случаях допущения, сделанные при выводе формул (4.5)—(4.11), лишь приближенно описывают условия реального процесса сцепления.

Процесс выключения муфты. При выключении муфты давление на контактных поверхностях сцепляющихся деталей муфты и момент трения падают до нуля. Если принять линейную зависимость между моментом $T_{тр}$ и временем, а величины T_c и ω_0 в процессе расцепления считать постоянными, то величина $T_{тр}$ определится из следующего выражения:

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

где

$$k_1 = T_{\max}/t_{\text{выкл}}.$$

Зависимость между моментом трения муфты и временем изображится прямой ABC (рис. 4.10). На графике обозначены: t_c — время (с), при котором момент $T_{тр}$ достигает значения T_c ,

$$t_c = (T_{\max} - T_c) t_{\text{выкл}}/T_{\max}; \quad (4.13)$$

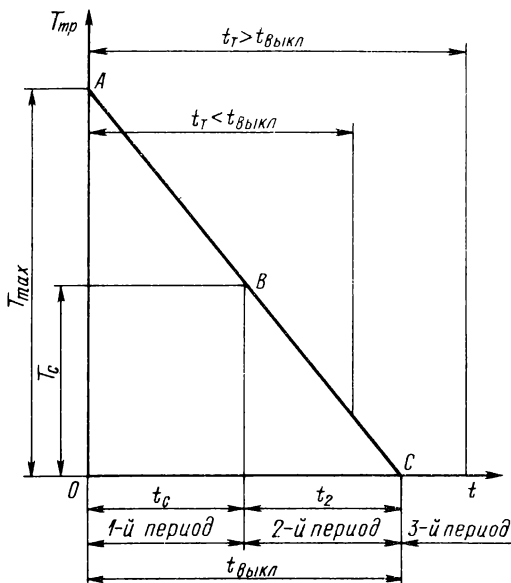
$t_{\text{выкл}}$ — время полного выключения муфты (с), т. е. время, за которое момент $T_{тр}$ изменяется от $T_{\max}$ до нуля; t_2 — время торможения ведомого вала (с), отсчитываемое от начала выключения муфты,

$$t_2 = t_{\text{выкл}} - t_c = T_c t_{\text{выкл}}/T_{\max}. \quad (4.14)$$

В процессе выключения муфты и торможения ведомого вала следует различать три периода (рис. 4.10).

В первом периоде $T_{тр} > T_c$ и оба вала вращаются с одинаковой угловой скоростью ω_0 . Во втором периоде $T_{тр} < T_c$ и скорость ведомого вала начинает отставать от скорости ведущего. При этом

Рис. 4.10. Зависимость момента $T_{тр}$ от времени в процессе выключения муфты



происходит взаимное проскальзывание сцепляющихся элементов муфты, работа трения преобразуется в теплоту и происходит нагрев муфты. В зависимости от значений величин J , T_c и ω_0 полное торможение (остановка) ведомого вала возможно как во втором, так и в третьем периоде. В конце второго периода давление на рабочие элементы и момент трения $T_{тр}$ равны нулю; третий период — время полного выключения муфты.

При сделанных допущениях имеют место следующие зависимости.

1. Если время торможения меньше времени выключения муфты, то работа торможения равна

$$A_{тр1} = \omega_0 \left(\frac{T_c}{3} \sqrt{\frac{2J\omega_0}{k_1} - \frac{J\omega_0}{2}} \right). \quad (4.15)$$

2. Если время торможения равно времени выключения муфты, то

$$A_{тр1} = T_c^4 t_{выкл}^2 / (24JT_{max}^2). \quad (4.16)$$

В третьем периоде работа трения равна нулю, так как $T_{тр}$ равен нулю. Тогда работа, выражаемая формулой (4.15), является наибольшей возможной работой трения при выключении муфты. Время торможения муфты определяется по одной из формул:

$$t_T = t_c + (2J\omega_0/k_1)^{1/2} = [(T_{max} - T_c) t_{выкл}]/T_{max} + [(2J\omega_0/k_1)^{1/2}]; \quad (4.17)$$

$$t_T = (J\omega_0/T_c) + t_{выкл} \{1 - [T_c/(2T_{max})]\}. \quad (4.18)$$

Если время, рассчитанное по формуле (4.17), окажется меньше $t_{\text{выкл}}$ или равно ему, то его следует принять за действительную величину $t_{\text{т}}$, а работу трения $A_{\text{тр}}$ рассчитать по формуле (4.15) или (4.16). Если же полученное время окажется больше, чем $t_{\text{выкл}}$, то его следует пересчитать по формуле (4.18), а работу $A_{\text{тр}}$ рассчитать по формуле (4.16).

Расчет фрикционных муфт. Если наибольший момент трения $T_{\text{тр max}}$, развиваемый муфтой, меньше момента сил сопротивления $T_{\text{с}}$ ведомой части, то сцепления не произойдет, и муфта будет буксовать, поэтому необходимым условием работоспособности муфты является неравенство $T_{\text{тр max}} > T_{\text{с}}$.

Дисковые муфты. Рассчитывают их по моменту

$$T_{\text{расч}} = \beta T_{\text{с}}, \quad (4.19)$$

где $T_{\text{расч}}$ — расчетный момент; $T_{\text{с}}$ — момент сопротивления; β — коэффициент запаса сцепления, зависящий от вида машины, в которой установлена муфта; значения β приведены ниже:

Для металлорежущих станков	1,3—1,5
» автомобилей	1,2—1,5 (до 2)
» сельскохозяйственных тракторов	2,0—3,5
» транспортных тракторов	1,5—2,0
» поршневых насосов (многоцилиндровых), вентиляторов, прессов	1,3
Для компрессоров, больших вентиляторов, поршневых насосов (цилиндровых), деревообрабатывающих станков	1,7
Для механизмов подъемно-транспортных машин:	
муфт, включаемых под нагрузкой	1,35—1,50
муфт, включаемых без нагрузки	1,25—1,35

Момент трения, передаваемый муфтой (см. рис. 4.5),

$$T_{\text{тр}} = 0,5\pi z f b D_{\text{ср}} [p], \quad (4.20)$$

где z — число пар поверхностей трения; b — рабочая ширина дисков; $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр рабочей поверхности дисков, $D_{\text{ср}} = (D_1 + D_2)/2$.

Обычно принимают $D_2/D_1 = 0,5 \div 0,8$, что соответствует $\psi = b/D_{\text{ср}} = 0,1 \div 0,35$. Обычно ψ принимают 0,25.

Определив $T_{\text{расч}}$ (4.19), назначают фрикционный материал, находят β и определяют число пар поверхностей трения

$$z = 2T_{\text{расч}} / (\pi f \psi [p] D_{\text{ср}}^3 k_z). \quad (4.21)$$

В этой формуле k_z — коэффициент, учитывающий влияние числа дисков в муфте на силу включения (передаваемый момент): с увеличением числа дисков растет доля усилия включения, затрачиваемая на преодоление силы трения в шлицах (пазах) при передвижении дисков. Для сухих муфт $k_z = 1$, для масляных муфт значения k_z приведены в табл. 4.6.

Необходимое осевое усилие F_a (Н) определяется из условия

$$p = F_a / A \leq [p], \quad (4.22)$$

где A — площадь трения, $A \approx \pi b D_{\text{ср}}$.

Т а б л и ц а 4.6. Коэффициент k_z влияния числа дисков на силу включения муфты

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

Для обеспечения необходимых зазоров (0,3—1,0 мм) между дисками в расцепленном состоянии и уменьшения остаточного момента применяют предварительно деформированные диски. Под действием силы включения муфты диски становятся плоскими. Возможно применение пружин, раздвигающих диски в выключенной муфте. Разобщение муфт достигается за счет собственной упругости дисков. Для лучшей смазки, охлаждения и отвода продуктов изнашивания диски снабжаются отверстиями, пазами, прорезями.

Конусные муфты. Силы, действующие в конусной муфте, представлены на рис. 4.6. Из рассмотрения равновесия правой полумуфты

$$F = [2T_{\text{тр}}/(D_{\text{ср}}f)] (\sin \alpha + f \cos \alpha); \quad (4.23)$$

$$T_{\text{тр}} = 0,5\pi f [p] b D_{\text{ср}}^2. \quad (4.24)$$

Приняв $T_{\text{тр}} = T_{\text{расч}}$, запишем

$$T_{\text{расч}} = F_a \frac{D_{\text{ср}}}{2} \frac{f}{\sin \alpha}, \quad (4.25)$$

где f — коэффициент трения; $[p]$ — допустимое давление на фрикционных поверхностях; остальные размеры см. на рис. 4.6.

Для устранения самозаклинивания включенной муфты необходимо, чтобы $\alpha > \rho$, где ρ — угол трения. Обычно принимают $\alpha \geq 12 \div 15^\circ$

При проектировочном расчете конусных муфт выбирают тип смазывания муфты (сухая или масляная) и фрикционные материалы, задаются значением $D_{\text{ср}}$ и из формулы (4.24) находят

$$b = 2T_{\text{расч}} / (f\pi [p] D_{\text{ср}}^2), \quad (4.26)$$

где $[p]$ — допустимое давление (см. табл. 4.4).

Далее задаются углом α и определяют потребную силу включения F (4.23).

Муфты цилиндрические с разводными пружинными кольцами. Передача вращающего момента в муфтах этого типа происходит за счет сил трения, возникающих между разрезным упругим кольцом 1 и барабаном 2 (рис. 4.11). Наружный диаметр кольца шириной b меньше внутреннего диаметра барабана D , поэтому сцепле-

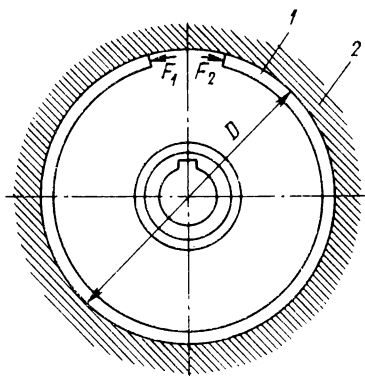


Рис. 4.11. Схема муфты с разборным кольцом

трения (см. табл. 4.4 и 4.5); определяют усилие включения муфты

$$F_0 = (F_1 + F_2)/2 = \pi f p b D [\exp(2\pi f) + 1]/\{2 [\exp(f) - 1]\}. \quad (4.29)$$

Аналогично рассчитывают фрикционные муфты сцепления с наружной фрикционной лентой на барабане.

Муфта со спиральной пружиной. На ведущий вал 6 (рис. 4.12) насажен фрикционный барабан 4, который свободно облегал пружина 10, обычно переменного сечения.

Толстый конец пружины неподвижно закреплен в полумуфте 2 (узел 1), сидящей на ведомом валу 1. Тонкий конец пружины

ние полумуфт наступает только при раздвижении концов кольца. Момент, передаваемый муфтой, в предположении равномерного распределения давления p по поверхности контакта

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

Расчет муфты с разжимным упругим кольцом производят в следующем порядке: задаются диаметром D барабана; определяют ширину кольца

$$b = 2T_{расч}/(\pi [p] f D^2), \quad (4.28)$$

где $[p]$ — допустимое давление (см. табл. 4.4); f — коэффициент

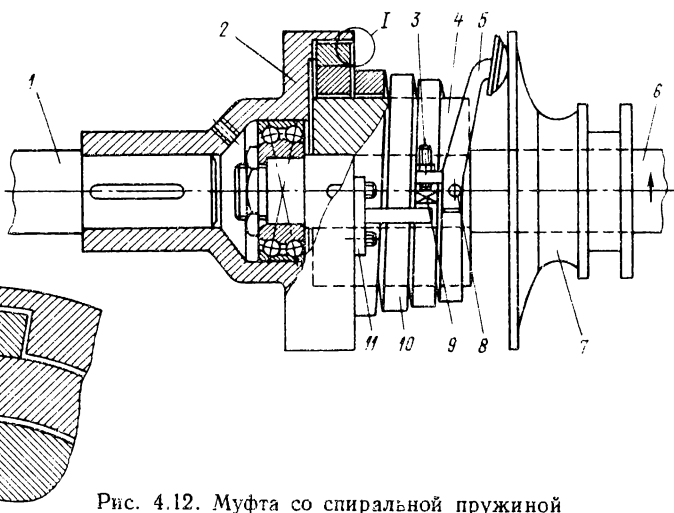


Рис. 4.12. Муфта со спиральной пружиной

связан с включающим устройством, которое может быть электромагнитным или механическим, в виде рычага 5, соединенного осью 8 с тонким концом пружины. При включении муфты тарельчатая выключающая полумуфта 7 перемещается вдоль вала 6 и нажимает на длинное плечо рычага 5. Поворачиваясь, рычаг нажимает регулируемым винтом 3 на выступ 9, прикрепленный к предпоследнему витку пружины. Тонкий конец пружины, а затем и прочие ее витки стягиваются вокруг фрикционного барабана и начинают вместе с ним вращаться, приводя таким образом в движение и ведомую полумуфту 2.

При пуске происходит проскальзывание пружины по барабану. Для уменьшения износа барабан изготавливается из отбеленного чугуна твердостью 400 НВ, пружина — из марганцовистой стали. Передача вращения от ведущей полумуфты может осуществляться только в одном направлении — в сторону закручивания пружины (см. стрелку на рис. 4.12). Ведущей может быть также и полумуфта 2, но в этом случае направление вращения должно быть обратным.

Упор 11 устраняет опасность поломки пружины при резком торможении ведущего вала, так как инерция ведомых частей раскручивает пружину: нажимая на выступ 9, он заставляет пружину вращаться вместе с ведомой полумуфтой, которая таким образом плавно останавливается.

Переменная жесткость пружины обеспечивает определенную последовательность обжатия барабана — от тонкого конца пружины к толстому. Ширина пружины (см. размеры a_1 и a_2 на рис. 4.13) определяется допустимым давлением, а высота (см. размеры b_1 и b_2 на рис. 4.13) — жесткостью пружины, необходимой при ее механической обработке. Если размеры пружины получены с учетом вышесказанного, то пружина испытывает весьма незначительные рабочие напряжения и ее прочностные расчеты являются излишними. По этой же причине такие пружины не нуждаются в термообработке.

Подобные муфты надежны в работе, обеспечивают длительный срок службы, могут передавать большой момент при сравнительно небольших габаритных размерах и удобны в эксплуатации. Недостатки: односторонность действия, сравнительная резкость включения и необходимость постоянного, хотя и небольшого, усилия для затяжки тонкого конца пружины.

Приведем формулы для расчета размеров пружины (рис. 4.13) и работы трения при включении муфты, разработанные в ЛТА им. С. М. Кирова,

$$a_2 \geq 4T_{\text{тр}}/([p] D^2), \quad (4.30)$$

где $T_{\text{тр}}$ — момент сил трения пружины на фрикционном барабане; $[p] = 5 \text{ МПа}$ —

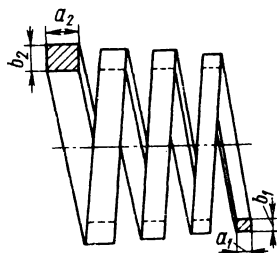


Рис. 4.13. Пружина

допустимое давление (по данным ЛТА); D — диаметр барабана (обычно принимают $D = 3d$, d — диаметр вала). Остальные размеры пружины: $a_1 = 0,5a_2$; $b_3 = 0,9a_2$; $b_1 = b_2 - (a_2 - a_1) = 0,4a_2$.

Число рабочих витков пружины $i = 4,5 \div 6$. При механическом включении общее число витков $i_{\text{общ}} = i + 1$. Рекомендуемый зазор (мм) между пружиной и барабаном в свободном состоянии $\delta = 0,0125 \sqrt{D}$. Работа сил трения (Н·м) при включении муфты

$$A_{\text{тр}} = J_2 \omega_0^2 \beta / [2 (\beta - 1)], \quad (4.31)$$

где J_2 — момент инерции ведомых частей, приведенных к валу муфты, кг·м²; ω_0 — угловая скорость ведущего вала, рад/с; β — коэффициент запаса сцепления, равный 2—3.

Тепловой расчет дисковых муфт. В период включения фрикционных муфт из-за скольжения дисков образуется теплота. Так как время включения муфты невелико, предполагают, что вся теплота, выделяемая в этот период, идет на нагрев фрикционных дисков, резко повышая температуру на их поверхностных слоях. После сцепления дисков температура на поверхности фрикционных дисков падает за счет распределения выделенной теплоты по всему объему муфты. При дальнейшей работе включенной муфты происходит ее остывание за счет теплоотдачи наружной поверхности муфты в окружающую среду.

Нагрев поверхностных слоев дисков выше допустимой температуры вызывает изменение коэффициента трения, повышенное изнашивание дисков, изменение механических характеристик материала дисков, появление задиров на контактных поверхностях, коробление дисков.

Для стальных дисков предельная допустимая температура на поверхности не должна превышать 300—400 °С. Максимальная средняя температура деталей муфты также ограничивается. Для муфты со стальными дисками в масляной ванне она не должна быть более 100—120 °С.

Принимая, что теплота равномерно распределяется по всему объему муфты, среднюю избыточную температуру $t_{\text{ср}}$ муфты определяют по формуле

$$t_{\text{ср}} = \left(2,78 \cdot 10^{-4} \frac{A_{\text{тр}} n}{\alpha A} \right) \left[1 - \exp \left(3,6 \cdot 10^3 \frac{t_{\text{вкл}} \alpha A}{Cm} \right) \right], \quad (4.32)$$

где $A_{\text{тр}}$ — работа сил трения (буксования) за одно включение, Дж; n — число включений муфты в 1 ч; α — коэффициент теплоотдачи муфты в окружающую среду, Вт/(м²·°С); A — площадь наружной теплоотдающей поверхности муфты, м²; $t_{\text{вкл}}$ — время с момента работы муфты, ч; C — теплоемкость, Дж/(кг·°С); m — масса муфты, кг.

При $t_{\text{вкл}} \rightarrow \infty$ формула упрощается

$$t_{\text{ср}} = 2,78 \cdot 10^{-4} \frac{A_{\text{тр}} n}{\alpha A}. \quad (4.33)$$

Коэффициент теплоотдачи зависит от конфигурации наружной поверхности, частоты вращения муфты, расхода масла при принудительной подаче его. Значение его определяется экспериментальным путем. Для станочных муфт при $n = 750 \div 1000$ об/мин коэффициент α может быть ориентировочно принят $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Избыточная температура на поверхности дисков (при стальных дисках) для практических расчетов определяется по формулам:

$$t_{\text{ср}} = 2,78 \cdot 10^{-4} (q/\lambda) [(2at_{\text{вкл}}/\delta) + \delta/m]; \quad (4.34)$$

$$q = 3600 A_{\text{тр}} / (t_{\text{вкл}} \sum A^*), \quad (4.35)$$

где q — плотность теплового потока, $\text{Дж}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$; λ — коэффициент теплопроводности материала дисков, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; α — коэффициент температуропроводности материала дисков, $\text{м}^2/\text{ч}$; $t_{\text{вкл}}$ — время включения (буксования) муфты, ч; δ — толщина дисков, м; $A_{\text{тр}}$ — работа сил трения (буксования) за одно включение, Дж; $\sum A^*$ — площадь трущихся поверхностей всех дисков, м^2 .

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0°C ,

$$t_{\text{д}} = t_{\text{ср}} + t_{\text{м}} + t_0, \quad (4.36)$$

где $t_{\text{ср}}$ — средняя избыточная температура относительно температуры окружающей среды; $t_{\text{м}}$ — температура муфты к началу включения; t_0 — температура окружающей среды.

Приведем пример расчета дисковой фрикционной муфты. Определим основные параметры муфты при следующих данных: момент сопротивления $T_c = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$; частота вращения ведущей полумуфты $n = 276$ об/мин; материал трущихся пар — металло-керамические обкладки по стали; число включений в 1 ч $n^* = 40$; диаметр вала $d_v = 27 \text{ мм}$. Фрикционные пары работают со смазкой. Область применения — металлорежущий станок.

1. Определяем внутренний диаметр поверхности трения дисков

$$D_2 \approx 3d_v = 3 \cdot 27 = 81 \text{ мм};$$

принимаем $D_2 = 80 \text{ мм}$.

2. Задавшись отношением $b/D_{\text{ср}} = \psi = 0,25$, по формуле $D_{\text{ср}} = D_2/(1 - \psi)$ определяем средний диаметр дисков.

$$D_{\text{ср}} = 80/(1 - 0,25) \approx 106 \text{ мм}.$$

3. Задавшись отношением $D_2/D_1 = 0,6$, определяем наружный диаметр дисков

$$D_1 = 80/0,6 = 133 \text{ мм}.$$

4. Определяем рабочую ширину дисков

$$b = (133 - 80)/2 = 26,5 \text{ мм}.$$

5. Определяем расчетный момент по формуле (4.19), выбрав по с. 188 коэффициент $\beta = 1,5$,

$$T_{\text{расч}} = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6. По формуле (4.21) определяем число пар поверхностей трения. Значения f и $[p]$ выбираем по табл. 4.4; $f = 0,05$, $[p] = 1 \text{ МПа}$ и коэффициент $k_z = 0,97$, тогда

$$z = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 75}{3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 106^3 \cdot 0,97} = 3.$$

Число дисков ведомой части муфты равно 2, ведущей — 1.

Определим избыточную температуру поверхностей дисков. Предварительно определяем количество теплоты, выделяемой в период включения муфты (буксования). Воспользуемся данными: момент инерции ведомой части привода, приведенный к валу, $J = 20 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; время одного включения $t_{\text{вкл}} = 2 \text{ с}$; толщина диска $\delta = 3 \text{ мм}$; избыточная температура муфты к началу включения $t_m = 25^\circ \text{C}$; $\lambda = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$; $\alpha = 518,83 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$; $a = 0,041 \text{ м}^2/\text{с}$; угловая скорость ведущего вала $\omega_0 = \pi n/30 = 3,14 \cdot 276/30 = 28,9 \text{ с}^{-1}$. Площадь поверхности трения диска $A^* = 0,00886 \text{ м}^2$, число пар трения 3. Тогда площадь трущихся поверхностей всех дисков $\Sigma A^* = zA^* = 3 \cdot 0,00886 \approx 0,0266 \text{ м}^2$.

Работа сил трения за время одного включения по формуле (4.5) при $k = 75/3,5 = 20$

$$A_{\text{тр}} = (20 \cdot 28^2)/2 + \frac{2}{3} (50 \cdot 28) \sqrt{(2 \cdot 20 \cdot 28)/20} + \\ + 50^3 \cdot 28/(2 \cdot 20) = 16\,590 \text{ Дж}.$$

Плотность теплового потока по формуле (4.35)

$$q = 3600 \cdot 16\,590/(3,5 \cdot 0,00886) = 6,4 \cdot 10^8 \text{ Дж}/(\text{ч} \cdot \text{м}^2).$$

Избыточная температура поверхности дисков по формуле (4.34) при $\delta = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а $m = 3 \text{ кг}$.

$$t_{\text{оп}} = 2,78 \cdot 10^{-4} \left(\frac{6,4 \cdot 10^8}{46,5} \right) \left[(2 \cdot 0,041 \cdot 3,5)/(3 \cdot 10^{-3}) + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3} \right] = \\ = 105,2^\circ \text{C}.$$

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0°C , по формуле (4.36)

$$t_d = 105,2^\circ + 25^\circ + 20^\circ = 150,2^\circ \text{C}.$$

Конструкции фрикционных муфт. На рис. 4.14 представлена конструкция многодисковой муфты одностороннего действия (рис. 4.14, а) и двустороннего действия (см. рис. 4.14, б) по МН 5656—65. Разработанный ряд муфт предназначен для передачи вращающих моментов от 25 до 2500 Н·м; основные размеры и параметры муфт даны в табл. 4.7

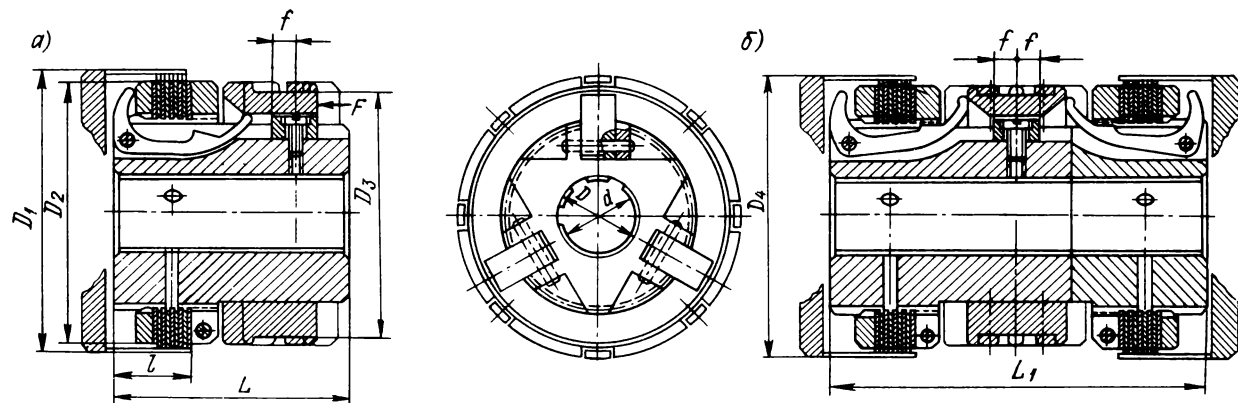


Рис. 4.14. Многодисковые муфты по МН 5656—65

Таблица 4.7. Размеры (мм) и параметры фрикционной муфты (рис. 4.14)

Обозначение	Исполнение								D ₁	D	D ₂	D ₄	Число пазов на внешних дисках л	Δ	Δ ₁
	МТМ-1 и МТМ-2				МТМ-1А и МТМ-2А									Исполнение	
	Шлицевое соединение				Шпоноч. отв.		d ₁ + t ₁							МТМ-1 и МТМ-1А	МТМ-2 и МТМ-2А
	z	d	D	b	d ₁	b ₁	номин.	пред. откл.							
06	6	21	25	5	22	6	24,3	+0,120; +0,023	84	80	70	80	6	72	115
07		26	30	6	25		27,6		94	90	78	90		82	130
08		28	34	7	30		32,6		104	100	86	100		85	135
09		36	40		35	10	37,9	+0,120	118	110	95	110		95	150
10	8	42	46	8	40	12	42,9	+0,027	133	125	105	125	8	110	175
11		46	54	9	50	16	53,6	+0,160; +0,027	148	140	115	140			
12		56	65	10	60	18	64,0	+0,160; +0,130	168	160	130	160		130	210
13		62	72	12	70	20	74,3		188	180	140	170		150	250
14	10	72	82		80	24	85,2		213	200	165	200		175	280
15		82	92	90	95,2		+0,0160; +0,035	235	220	185	220	200		325	
16			92	102	14	100		28	105,9	265	250	210	250	10	225

Продолжение табл. 4.7

Обозначение	l	l ₁	l ₂	d ₂	f	Осевое усилие на кольце F, Н	Номинальный вращающий момент T _{ном} , Н·м	Максимальная частота вращения, об/мин	Маховой момент GD ² ·10 ³ , Н·м ²			Масса, кг	
			Исполнение						GD ₁ ²	GD ₂ ²	GD ₃ ²	Исполнение	
			МТМ-1, МТМ-2,	МТМ-1А, МТМ-2А								МТМ-1	МТМ-2
06	25	57,5	18	3	10	80	25	3000	2,9	4,4	0,8	1,84	2,85
07	29	65,0	20		12	90	40		5,8	8,7	1,2	2,54	3,85
08	34	67,5	25		10	120	63		9,4	13,9	3,5	3,32	5,17
09		75,0	26	4	13	170	100	2500	15,5	23,4	4,3	4,37	7,09
10	42	87,5	30		14	230	160	2200	26,5	39,8	9,4	6,46	9,83
11	43			5	13	360	250	2000	41,9	62,7	14,3	8,05	12,5
12	53	105,0	38		14	490	400	1800	81,9	12,3	3,18	11,9	18,8
13	61	125,0	45		20	620	630	1600	156	235	637	14,5	24,0
14	68	140,0	50	6	23	660	1000	1400	300	450	113	24,7	38,6
15	80	162,5	55		25	810	1600	1100	504	756	190	34,7	64,2
16	90	185,0	65		29	1250	2500	900	912	137	385	51,6	82,4

Примечание. GD_1^2 — суммарный маховой момент деталей исполнений МТМ-1 и МТМ-1А без наружных дисков; GD_2^2 — суммарный маховой момент деталей исполнений МТМ-2 и МТМ-2А; GD_3^2 — суммарный маховой момент наружных дисков муфт исполнений МТМ-1 и МТМ-1А (для муфт исполнений МТМ-2 суммарный маховой момент нужно удвоить).

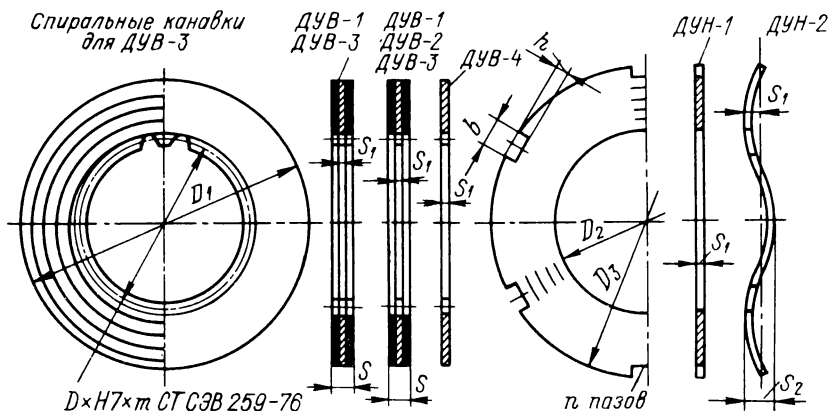


Рис. 4.15. Размеры дисков

Нормально установлены следующие типы муфт:

МТМ-1 — односторонние	}	масляные муфты со шлицевым отверстием;
МТМ-2 — двусторонние		
МТМ-1А — односторонние	}	масляные муфты с гладким отверстием и шпоночным пазом;
МТМ-2А — двусторонние		
МТМ-1С — односторонние	}	сухие муфты со шлицевым отверстием;
МТМ-2С — двусторонние		
МТМ-1Ас — односторонние	}	сухие муфты с гладким отверстием и шпоночным пазом.
МТМ-2Ас — двусторонние		

В нормали даны указания по выбору муфт и области их применения.

В корпусах зубчатых передач в основном следует использовать масляные муфты, в остальных случаях — сухие. Однако, если требуется быстрое включение или выключение, то следует применять сухие муфты, изолируя их от зубчатых передач (например, муфта сцепления автомобиля и др.). Сухие муфты обладают меньшей теплоотсеивающей способностью по сравнению с масляными. Сухие муфты целесообразно использовать при наружном монтаже, например при соединении вала двигателя с валом рабочего агрегата.

Конструкции дисков нормализованных муфт представлены на рис. 4.15.

Предусмотрены следующие типы дисков: ДУВ-1 — диски узкие внутренние с металлокерамическим покрытием для работы без смазывания; ДУВ-2 — диски узкие внутренние с пластмассовым покрытием; ДУВ-3 — диски узкие внутренние с металлокерамическим покрытием для работы со смазыванием; ДУВ-4 — диски узкие внутренние без покрытия; ДУН-1 — диски узкие наружные плоские; ДУН-2 — диски узкие наружные синусные; ДШВ-1 —

Т а б л и ц а 4.8. Размеры (мм) узких дисков (рис. 4.15)

D_1 (пред. откл. по h11)	D_2	D_3 (пред. откл. по h11)	$D \times m \times s$	b	Δ	Число па- зов n	s для дисков			S_1	S_2
							ДУВ-1	ДУВ-2	ДУВ-3		
45	33	48	32×1,5×20	8	2,5	4	1,4	1,4	1,1	0,8	0,96
50	36	54	35×1,5×22	8	2,5	4	1	1,4	1,1	0,8	0,98
55	41	59	40×1,5×26	10	2,5	4	1,4	1,4	1,1	1,0	0,99
60	47	64	45×2,5×16	10	2,5	4	1,6	1,6	1,3	1,0	1,20
70	52	74	50×2,5×18	10	2,5	4	1,8	1,8	1,4	1,0	1,23
80	62	84	60×2,5×22	12	2,5	6	1,8	1,8	1,4	1,2	1,26
90	67	94	65×2,5×24	12	2,5	6	2,0	2,4	1,7	1,2	1,46
100	77	104	75×2,5×28	12	2,5	6	2,0	2,4	1,7	1,2	1,49
110	82	118	80×1,2×30	16	4,5	6	2,0	2,8	1,7	1,6	1,53
125	92	133	90×2,5×34	16	4,5	6	2,4	3,2	2,1	1,6	1,92
140	102	148	100×2,5×38	16	4,5	8	2,6	3,6	2,1	1,6	1,95
160	112	168	110×2,5×42	20	4,5	8	2,6	3,6	2,1	1,6	2,00
180	122	188	120×2,5×46	20	4,5	8	3,0	4,4	2,6	2,0	2,40
200	143	213	140×5×26	20	7,0	8	3,3	4,4	2,6	2,0	2,45
220	163	235	160×5×30	25	7,0	8	3,3	5,0	2,6	2,0	2,50
250	183	265	180×5×34	25	8,0	10	4,5	5,5	3,5	2,5	3,00
280	203	295	200×5×38	25	8,0	10	4,5	6,5	3,5	2,5	3,05
320	223	335	200×5×42	32	8,0	10	4,5	6,5	3,5	2,5	3,12
360	243	375	240×5×46	32	8,0	12	6,2	9,2	4,8	3,2	3,82
400	425	425	240×5×50	32	13,0	12	6,2	9,2	4,8	3,2	3,90

Примечание. Фрикционные покрытия для дисков ДУВ-1 и ДУВ-2 имеют коэффициенты трения покоя $f_0 \geq 0,35$, движения $f \geq 0,3$; для дисков ДВУ-3 $f > 0,22$.

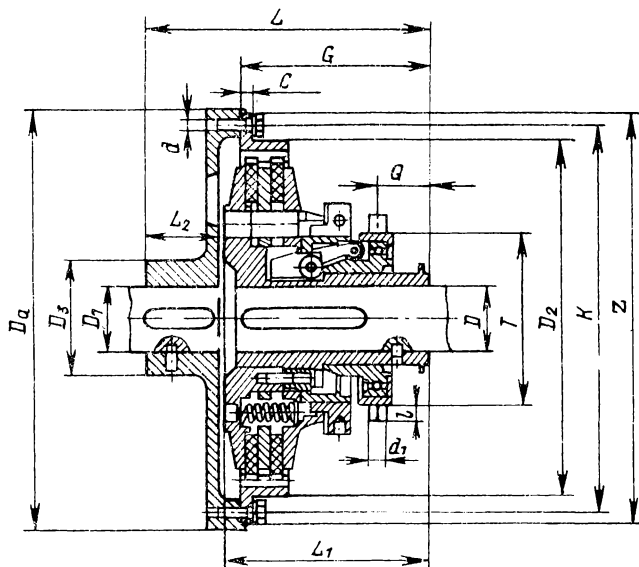


Рис. 4.16. Муфта дисковая фрикционная фирмы «Вулкан»

Т а б л и ц а 4.9. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Вулкан» (рис. 4.16)

Обозначение	D, D_1 min	D, D_1 max	d	d_1	Da	D_3	D_2	K	T	Z	G	g	I	Δ	Δ_1	Δ_2	Q
61	18	34	6×M8	14,5	225	65	—	200	105	215	15	114	14	164	122	40	35
71	18	45	8×M8	14,5	250	80	—	222	130	241	16	114	14	179	122	55	35
81	18	45	6×M10	14,5	275	80	—	244	130	263	16	114	14	179	122	55	35
101	28	60	8×M10	16,5	325	105	—	295	160	314	20	155	16	244	170	70	49
102	28	60	8×M10	16,5	325	105	—	295	160	314	44	179	16	268	194	70	49
111	28	60	8×M10	16,5	365	105	—	333	160	352	20	155	16	244	170	70	49
112	28	60	8×M10	16,5	365	105	—	333	160	352	44	179	16	268	194	70	49
141	48	90	8×M12	16,5	480	155	400	438	215	466	12	160	16	289	175	110	50
142	48	90	8×M12	16,5	480	155	400	438	215	466	12	184	16	313	199	110	50
143	48	90	8×M12	16,5	480	155	400	438	215	466	12	208	16	337	223	110	50
161	58	100	8×M12	20	530	170	450	488	230	517	16	205	30	344	220	120	65
162	58	100	8×M12	20	530	170	450	488	230	517	16	235	30	374	250	120	65
163	58	100	8×M12	20	530	170	450	488	230	517	16	235	30	404	250	120	65
181	68	110	6×M16	20	585	185	500	542	250	571	16	205	30	356	220	130	65
182	68	110	6×M16	20	585	185	500	542	250	571	16	235	30	386	250	130	65
183	68	110	6×M16	20	585	185	500	542	250	571	16	265	30	416	280	130	65
211	73	130	12×M16	25	685	220	585	641	315	673	18	232	35	413	250	155	66
212	73	130	12×M16	25	685	220	585	641	315	673	18	268	35	449	286	155	66
213	73	130	12×M16	25	685	220	585	641	315	673	18	304	35	485	322	155	66
241	88	140	12×M20	25	745	235	650	692	355	733	18	242	35	438	260	170	69
242	88	140	12×M20	25	745	235	650	692	355	733	18	278	35	474	296	170	69
243	88	140	12×M12	25	745	235	650	692	355	733	18	314	35	510	332	170	69

Обозначение	Момент номинальный, Н·м	Частота вращения, об/мин	Сила прижатия дисков, Н	Максимальный момент муфты, Н·м ¹		Масса, кг
				правой	левой	
61	100	3500	650	0,125	0,435	11,3
71	130	3350	750	0,260	0,640	16,2
81	200	3000	950	0,337	0,949	18,2
101	300	2500	1150	1,250	2,490	38,2
102	630	2500	1150	1,630	3,430	48,8
111	400	2200	1500	1,610	3,770	44,5
112	1 000	2200	1500	2,380	5,040	57,0
141	750	1700	1750	4,100	12,900	78,0
142	1 250	1700	1750	5,400	14,500	94,0
143	1 600	1700	1750	6,800	16,100	110,0
161	1 000	1550	1900	10,300	22,700	130,0
162	2 000	1550	1900	13,200	25,600	150,0
163	3 150	1550	1900	16,100	28,400	169,0
181	1 250	1400	2300	13,400	34,700	152,0
182	3 150	1400	2300	17,800	40,300	182,0
183	5 000	1400	2300	22,200	46,000	213,0
211	2 500	1200	3100	29,000	72,900	256,0
212	5 000	1200	3100	39,500	82,800	303,0
213	6 300	1200	3100	50,000	92,700	349,0
241	3 150	1100	3500	50,300	101,200	344,0
242	6 300	1100	3500	67,500	116,100	398,0
243	10 000	1100	3500	85,000	131,000	450,0

диски широкие внутренние; ДШН-1 — диски широкие наружные синусные.

В табл. 4.8 даны размеры узких дисков по рис. 4.15.

Муфты дисковые с механическим управлением. Муфта дисковая фрикционная с механическим управлением фирмы «Вулкан» представлена на рис. 4.16. Муфты предназначены для передачи вращающих моментов от 100 до 10 000 Н·м, размеры и основные пара-

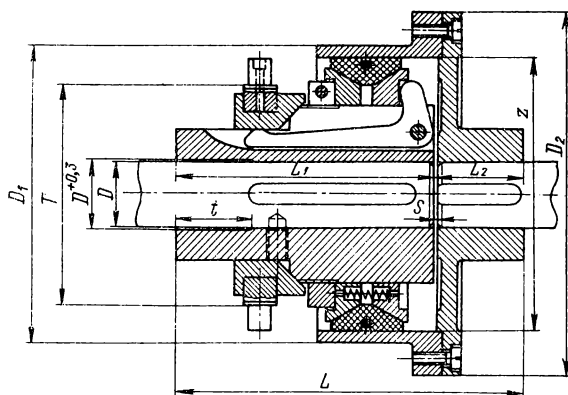


Рис. 4.17. Конусная фрикционная муфта

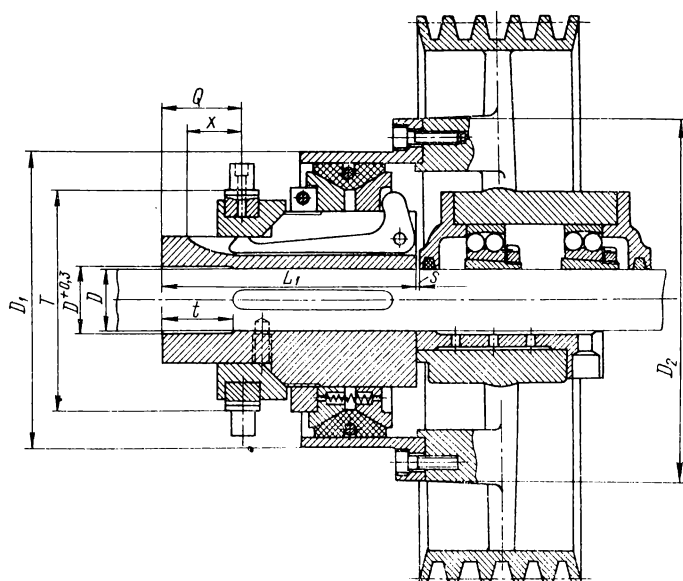


Рис. 4.18. Конусная муфта фирмы «Конакс» типа STA

метры муфты приведены в табл. 4.9. Муфта отличается наличием пружин, раздвигающих диски после выключения муфты, и тем, что внешние фрикционные диски (их два) целиком выполнены из композитного фрикционного материала. Внутренние диски центрируются по трем пальцам.

Муфты фрикционные многодисковые по нормали станкостроения Р-94-1 и Р-942-2, а также муфты фрикционные с пневматическим и гидравлическим управлением см. в работе [15].

Коническая муфта фирмы «Конакс». Конструкция фрикционной конической муфты «Конакс» фирмы «Дэш» представлена на

Таблица 4.10. Размеры (мм) и параметры муфты конусной (рис. 4.17 и 4.18)

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	L	L_1	L_2	D	D_1	Q	S	T	t	x	D_2	z
100	120	90	29	40	120	22	1	80	25	12	145	110
200	135	101	33	45	125	27	1	90	29	15	155	115
300	183	136	45	50	160	45	2	111	48	30	195	145
500	216	153	60	60	200	50	3	140	50	33	235	185
800	254	176	75	70	250	60	3	170	58	39	290	235
1 600	309	216	90	90	315	64	3	200	70	43	365	295
2 500	390	265	120	110	355	80	5	250	85	55	410	335
5 000	470	315	150	130	400	90	5	300	100	61	460	375
10 000	565	389	170	150	500	114	6	360	125	70	580	470
14 320	688	470	210	180	600	100	8	420	125	65	700	570

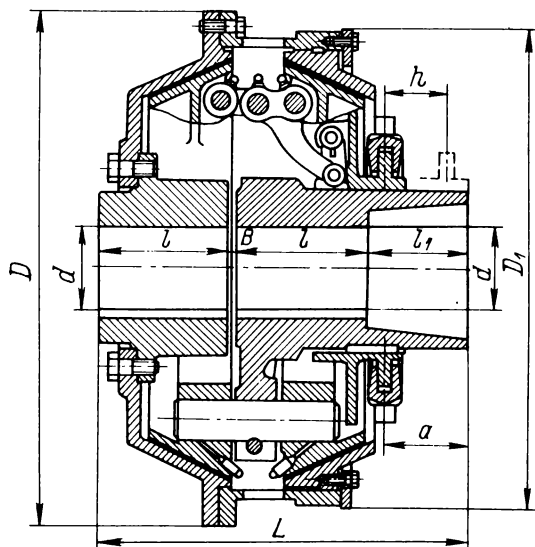


Рис. 4.19. Двухконусная муфта фирмы «Коналус»
типа КВА

рис. 4.17 и 4.18 (табл. 4.10). Два конических фрикционных кольца связаны с внутренним корпусом муфты при помощи шпонок. Посредством рычагов, приводимых в действие втулкой включения, кольца с двух сторон прижимаются к коническим расточкам наружного фрикционного кольца, составленного из нескольких отдельных сегментов, что обеспечивает хорошее прилегание кольца к поверхности отверстия наружного корпуса. Возникающая на поверхностях контакта колец и наружного корпуса сила трения позволяет осуществить передачу вращающего момента от вала, связанного с внутренним корпусом муфты, к валу, связанному с наружным корпусом (рис. 4.17) или от вала на шкив (рис. 4.18).

Выключение муфты производится отводом выключающей втулки, вследствие чего рычаги возвращаются в исходное положение, а внутренние конические кольца раздвигаются в стороны при помощи расположенных между ними цилиндрических пружин. При этом сегменты наружного фрикционного кольца посредством охватывающего их пружинного кольца сдвигаются к оси, и муфта выключается.

Двухконусные муфты фирмы «Коналус». Двухконусные фрикционные муфты «Коналус» типа КВА (рис. 4.19, табл. 4.11) и типа КВС (рис. 4.20, табл. 4.12) служат для соединения двух валов, имеющих до сцепления различные угловые скорости.

В муфте КВС одна из втулок (на рисунке — левая) заменена фланцем в расчете на присоединение к другому фланцу, связанному с одним из валов. В остальном оба типа муфт полностью

Т а б л и ц а 4.11. Размеры (мм) и параметры муфты (двухконусной типа КВС) (рис. 4.19)

$T_{\max}$, Н·м	$d_{\min}$	$d_{\max}$	n , об/мин	D	D_1	l	l_1	a	b	B	L	Усилие включения F , Н	GD^2 , Н·м ²	Масса, кг
5 000	70	125	2000	500	462	145	85	67	55	5	380	2 200	185	168
7 160	90, 110	110, 140	1680	1680	560	170	100	85	70	5	445	3 000	730	260
14 320	110, 125	130, 160	1400	1400	690	210	100	95	77	5	525	3 750	1 300	570
28 640	125, 160	150, 180	1120	1120	810	225	160	130	105	10	670	4 500	2 370	770
50 000	125	200	1000	1000	920	250	195	160	115	10	785	6 000	4 180	1100
11 600	140	220	900	900	1145	260	260	195	140	10	830	8 000	11 450	1820
207 400	160	240	800	800	1255	300	270	260	145	10	830	11 000	21 700	2270
179 000	200	280	750	750	1400	350	270	270	165	10	980	15 000	41 300	3955
286 400	200	320	710	710	1625	470	300	300	190	10	1110	20 000	71 000	5900

Т а б л и ц а 4.12. Размеры (мм) и параметры муфты двухконусной типа КВА (рис. 4.20)

$T_{\max}$, Н·м	$d_{\min}$	$d_{\max}$	n , об/мин	D	D_1	l	l_1	d	h	L_1	P_1	C_1	F_1	K_1	M_1	z	Сила включе- ния F , Н	GD^2 , Н·м ²	Мас- са, кг
5 000	70	125	2000	500	462	145	85	67	55	330	460	340	220	430	15	8	2 700	200	168
7 160	90—110	110—140	1680	610	560	170	100	85	70	385	540	420	290	500	15	8	3 000	750	262
14 320	110—125	130—140	1400	750	690	210	100	95	77	470	680	520	340	640	20	8	3 750	1 340	670
28 640	125—160	150—180	1120	860	810	225	160	130	105	560	720	600	410	680	20	16	4 500	2 430	770
30 000	125	200	1000	1000	920	250	195	160	115	650	850	680	440	800	25	16	6 000	4 250	1100
11 600	140	220	800	1205	1145	280	260	200	140	770	1000	850	540	950	25	15	8 000	11 750	1820
107 400	160	240	800	1325	1255	300	270	200	145	830	1100	920	580	1050	30	24	11 000	82 200	2270
179 000	200	280	750	1420	1400	350	270	220	165	950	1250	1000	700	1200	30	24	15 000	42 300	3955
286 400	220	320	710	1650	1625	400	300	220	190	1050	1400	1100	820	1350	30	24	20 000	73 000	5900

Пр и м е ч а н и е. z — число отверстий во фланце.

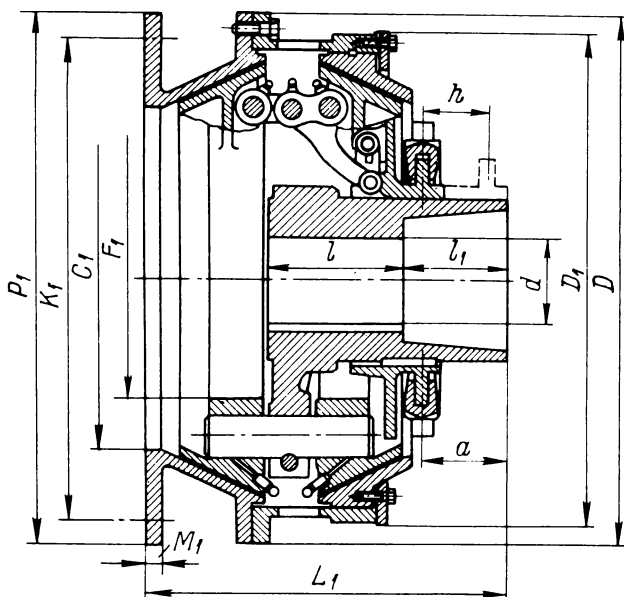


Рис. 4.20. Двухконусная муфта фирмы «Коналус» типа КВС

идентичны. Муфты устроены следующим образом: две внутренние конические поверхности корпуса оснащены фрикционными накладками, такие же накладки прикреплены к наружным поверхностям двух внутренних конусов. Через присоединенную к корпусу левую втулку или фланец левый вал (безразлично — ведущий или ведомый) присоединен к корпусу. Правый вал через втулку связан с внутренними конусами. Для этой цели втулка снабжена тремя выступами, в которых закреплены поводковые штыри, одновременно связанные с внутренними конусами.

4.4. Шинно-пневматические муфты

Эти муфты широко применяют в установках для бурения нефтяных и газовых скважин, в приводах судовых установок, в экскаваторах, конвейерах и других машинах.

Шинно-пневматические муфты отличаются удобством управления, легкостью регулирования, самокомпенсацией износа фрикционных поверхностей. Муфты обеспечивают плавное включение и надежное ограничение вращающего момента, они могут компенсировать радиальные, осевые и угловые смещения валов без существенных радиальных и осевых нагрузок на валы и опоры. Муфты обладают хорошим шумопоглощением, способны смягчать толчки и гасить вредные крутильные колебания. Шинно-пневматические муфты могут быть использованы в качестве тормозов.

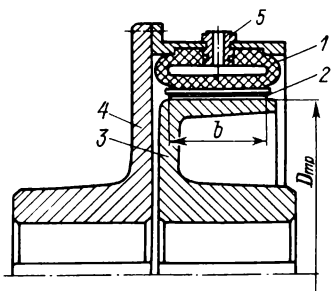


Рис. 4.21. Схема радиальной шинно-пневматической муфты

кордного баллона, связанного с одной полумуфтой и цилиндрическим ободом второй полумуфты (барабаном). Принципиальная схема радиальной шинно-пневматической муфты показана на рис. 4.21.

Между ведущей 4 и ведомой 3 полумуфтами помещается резино-кордный баллон 1, прикрепленный к полумуфте 4. На внутренней поверхности баллон снабжен фрикционными накладками 2. При поступлении сжатого воздуха через штуцер 5 в полость баллона колодки прижимаются к полумуфте 3 с силой, обеспечивающей передачу заданного вращающего момента. Баллон может быть прикреплен к полумуфте 3. В этом случае центробежная сила, действующая на колодки, препятствует размыканию муфты при выключении, что потребует применения специальных отжимных

К недостаткам этих муфт относят: значительную стоимость резино-кордного баллона, чувствительность к попаданию на резину масла, щелочей и кислот.

Различают следующие конструкции шинно-пневматических муфт: радиальные с колодками (рис. 4.21), осевые с дисками (рис. 4.31).

Радиальные шинно-пневматические муфты. В этих муфтах вращающий момент передается за счет сил трения между колодками резино-

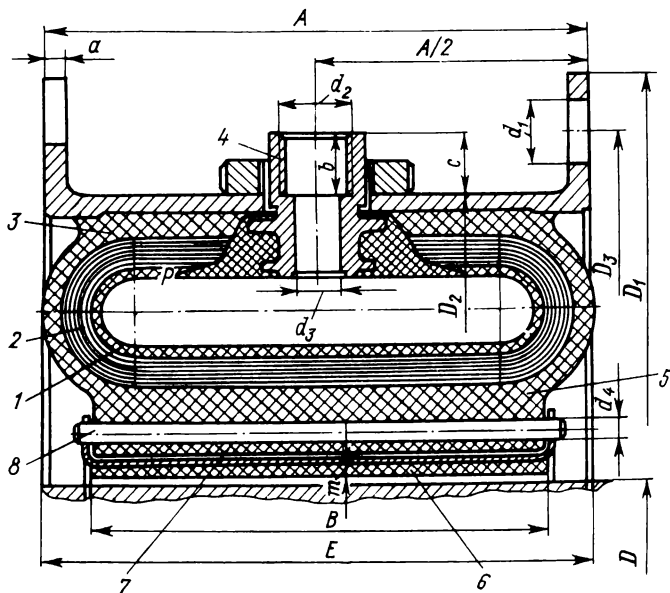


Рис. 4.22. Баллон шинно-пневматической муфты

пружин. Большее распространение получили муфты, в которых центробежная сила способствует расцеплению полумуфт (при выключении на ходу).

Баллон шинно-пневматических муфт представляет замкнутую кольцевую камеру овального поперечного сечения и состоит из следующих частей (рис. 4.22): внутренней резиновой камеры 1, обеспечивающей герметичность; каркаса 2, изготовленного из слоеобрезиненной ткани, которая обеспечивает необходимую прочность и устойчивость его профиля при действии внутреннего давления воздуха; двух резиновых протекторов 5 и 3, защищающих каркас от вредного воздействия агрессивной среды и механических повреждений; одного или двух стальных ниппелей 4, через которые сжатый воздух подается во внутреннюю полость баллона; стальных планок с двумя резьбовыми стержнями в каждой, утопленными в массив наружного протектора баллона.

Шинно-пневматические муфты выпускают с колодками, связанными с баллоном с помощью гладких шпилек 8, проходящих через отверстия в протекторе и зафиксированных от выпадения. Баллон теплоизолирован от колодок паронитовой прокладкой 7, которая защищает его также от попадания продуктов изнашивания. Колодки облицованы фрикционными накладками 6.

Существуют также шинно-пневматические муфты бесколодочного исполнения. В них рабочей является поверхность протектора 5 (рис. 4.22), который в этом случае специально облицовывается слоем фрикционной резины. Отсутствие фрикционных колодок облегчает монтаж и обслуживание муфты. Баллон может быть цельным или разъемным, в последнем случае значительно упрощается замена износившихся баллонов.

Основные размеры и параметры муфт, изготавливаемых по чертежам ПО «Уралмаш» (рис. 4.22), представлены в табл. 4.13.

Шинно-пневматические муфты обычно выбирают по расчетному моменту [3]

$$T_{\text{расч}} = k k_p T_{\text{ном}},$$

где k — коэффициент запаса сцепления, равный 1,2—1,5; k_p — коэффициент режима; $T_{\text{ном}}$ — номинальный вращающий момент, Н·м.

Зная расчетный момент и учитывая требование $T_{\text{расч}} \leq T_{\text{max}}$ (T_{max} — максимальный момент, допускаемый для муфты данного размера по табл. 4.13), находят необходимый размер муфты.

Требуемое внутреннее давление в баллоне приблизительно определяют увеличением на 10% давления на поверхности трения (МПа):

$$p = 2T_{\text{расч}} / (\pi D_{\text{тр}}^2 b f), \quad (4.37)$$

где $D_{\text{тр}}$ — диаметр поверхности трения; b — ширина колодок (рис. 4.21); f — коэффициент трения. Значения f приведены ниже:

Т а б л и ц а 4.13. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.22)

Обозначение	Обод								Колодка				Ниппель				Баллон			
	D	D ₁ (доп. откл. по Н11)	D ₂	D ₃	A	Отверстия		a	B	m	Число z ₂	d ₂	b	c	d ₃	E	d ₄	Число		
						d ₁	Число z ₁											планок z ₃	ниппелей z ₄	
МП 300×100	297	450	400 ⁺²	430	115	13H12	12	5	98	5	12	M20×1,5	17	14	12	115±2	100±1	6		
МП 500×125	497	720	658 ⁺²	690	154	17H12	12	6	123	6	12	M20×1,5	17	17	12	152±2	125±1	6	1	
МП 700×200	695	1000	900 ⁺²	950	240	27H7	16	15	198	7,5	18	M33×1,5	20	17	25	246±3	200±1	8	2	
МП 1070×200	1065	1400	1295 ⁺⁵	1350	240	27H7	16	15	198	7,5	26	M33×1,5	20	16	25	246±2	205±2	14	2	

Обозначение	Номинальный вращающий момент, Н·м	n _{max} об/мин	Частота включений, цикл/ч, не более, при частоте вращения, об/мин			Динамический момент инерции, кг·м ²	Масса,		Объем воздушной полости баллона, дм ³	Ресурс баллона, ч, не менее
			0—500	500—1000	1000—1500		баллона	муфты		
МП 300×100	1 960	1500	40	20	10	0,157	6±0,5	16,2	1,9	8500
МП 500×125	2 650	1500	40	20	10	1,265	16±1	35	7,5	1000
МП 700×200	19 400	1000	60	20	—	6,766	44±2	117	23,1	900
МП 10070×200	50 500	500	60	—	—	21,094	65±3	176	46,0	900

П р и м е ч а н и я: 1. Температурный диапазон работоспособности баллона от —50 °С до +50 °С.
2. Рабочее давление в баллоне 0,588—0,981 МПа.

Для пары асбокаучук—сталь	0,30—0,32
» » асбобакелит—сталь	0,20—0,35
» » резина—сталь:	
при давлении воздуха до 1 МПа .	0,40—0,45
» » » » 2 МПа .	0,35—0,40
» » » » свыше 2 МПа	0,30—0,35

Увеличение давления в баллоне на 10 % идет на преодоление упругой деформации баллона и действия центробежных сил на баллон с колодками.

Максимальный момент, допускаемый для определенного размера муфты, определяется, с одной стороны, работоспособностью части муфты, с другой — работоспособностью резинокордного баллона. Максимальный момент, ограничиваемый условием прочности поверхностей трения,

$$T_{\max} \leq 0,5\pi D_{\text{тр}}^2 b [p] f, \quad (4.38)$$

где $[p]$ — допускаемое давление на поверхности трения, МПа.

Максимальный момент из условия работоспособности баллона [97]

$$T_{\max} \leq 2\pi r_0^2 (p - p_0) H \operatorname{tg}^2 \beta_1 / \operatorname{tg} \beta_0, \quad (4.39)$$

где r_0 — средний радиус баллона (рис. 4.23); p_0 — давление, расходуемое на преодоление начального зазора между колодками и шкивом, равное 0,03—0,05 МПа; H — средняя высота каркаса; β_0 — угол наклона нитей корда к меридиану на среднем радиусе r баллона (угол закроя корда); β_1 — угол наклона нитей корда к меридиану на радиусе r_1 , определяемый из соотношения

$$\sin \beta_1 = r_1 \sin \beta_0 / r_0.$$

За допустимый момент принимают меньший из найденных по формулам (4.38) и (4.39).

Крутильная податливость муфты, характеризующая ее упругие свойства, может быть определена по формуле

$$e = H t_0 (2n_{\kappa} E_{\kappa} r_0^3 \sin^2 2\beta_0) + \\ + \eta_1 h_1 / (G 2\pi r_{\text{пр}1}^3 b_1) + \eta_2 h_2 / (G 2\pi r_{\text{пр}2}^3 b_2), \quad (4.40)$$

где t_0 — шаг нитей корда на окружности баллона радиусом r_0 (рис. 4.23); n_{κ} — число слоев корда; E_{κ} — модуль упругости корда; η_1 и η_2 — коэффициенты, характеризующие отношение максимального напряжения к среднему во внутреннем и наружном протекторах; G — модуль сдвига резины протектора; $r_{\text{пр}1}$ и $r_{\text{пр}2}$ — средний радиус внутреннего и наружного протекторов; b_1 и b_2 — ширина внутреннего и наружного протекторов.

Значения η_1 и η_2 находят по графику (рис. 4.24) в зависимости от параметра

$$v \approx 2 \frac{r_{\text{пр}}}{r} \sqrt{t_0 b^2 G / [n_{\kappa} h E_{\kappa} \sin^2 (2\beta)]}. \quad (4.41)$$

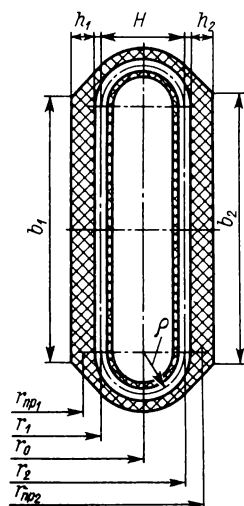
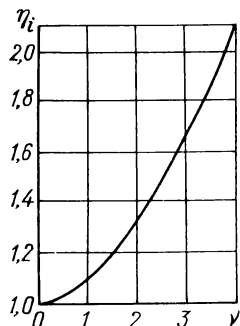


Рис. 4.23. Размеры баллона шинно-пневматической муфты

Рис. 4.24. Зависимость коэффициента η_i от параметра ν



При подсчете коэффициента η_1 в формулу (4.41) вместо r , $r_{пр}$, b , h , β необходимо подставлять значения r_1 , $r_{пр1}$, b_1 , h_1 , β_1 (см. рис. 4.23), а при подсчете коэффициента η_2 — соответственно r_2 , $r_{пр2}$, b_2 , h_2 , β_2 .

Расчетная зависимость (4.40) выведена без учета влияния нелинейности характеристик резинокордного баллона, его температуры, скорости деформации и некоторых других факторов. Поэтому для ответственных изделий податливость муфты определяют экспериментально при динамическом нагружении.

Шинно-пневматические муфты фирмы «Биндер». Шинно-пневматические муфты, выпускаемые фирмой «Биндер» (ФРГ), имеют три исполнения. У исполнений СВ (рис. 4.25) и VC (рис. 4.26) сцепление полумуфт происходит в радиальном направлении благодаря резинокордной шине 2, соединенной с внутренней поверхностью ведомого барабана 1. У исполнений ER (рис. 4.27), EB (рис. 4.28), E (рис. 4.29) и VE (рис. 4.30) сцепление происходит в радиальном направлении благодаря резинокордной шине 2, соединенной с внешней поверхностью ведомого барабана 1.

На рис. 4.25, а представлена шинно-пневматическая муфта исполнения СВ, имеющая стальное кольцо 1 с одно- или двусторонним фланцем для соединения с соседними деталями, к нему привулканизирована резинокордная шина 2, которая при подаче воздуха осуществляет прижатие тормозных колодок 3 к барабану. Тормозные колодки 3, состоящие из стального корпуса с приклеенными фрикционными накладками, соединены с шиной осями 4, параллельными оси вращения муфты. Колодки можно легко демонтировать. Податливость резинокордной оболочки в окружающем направлении делает муфту упругой. Центробежные силы,

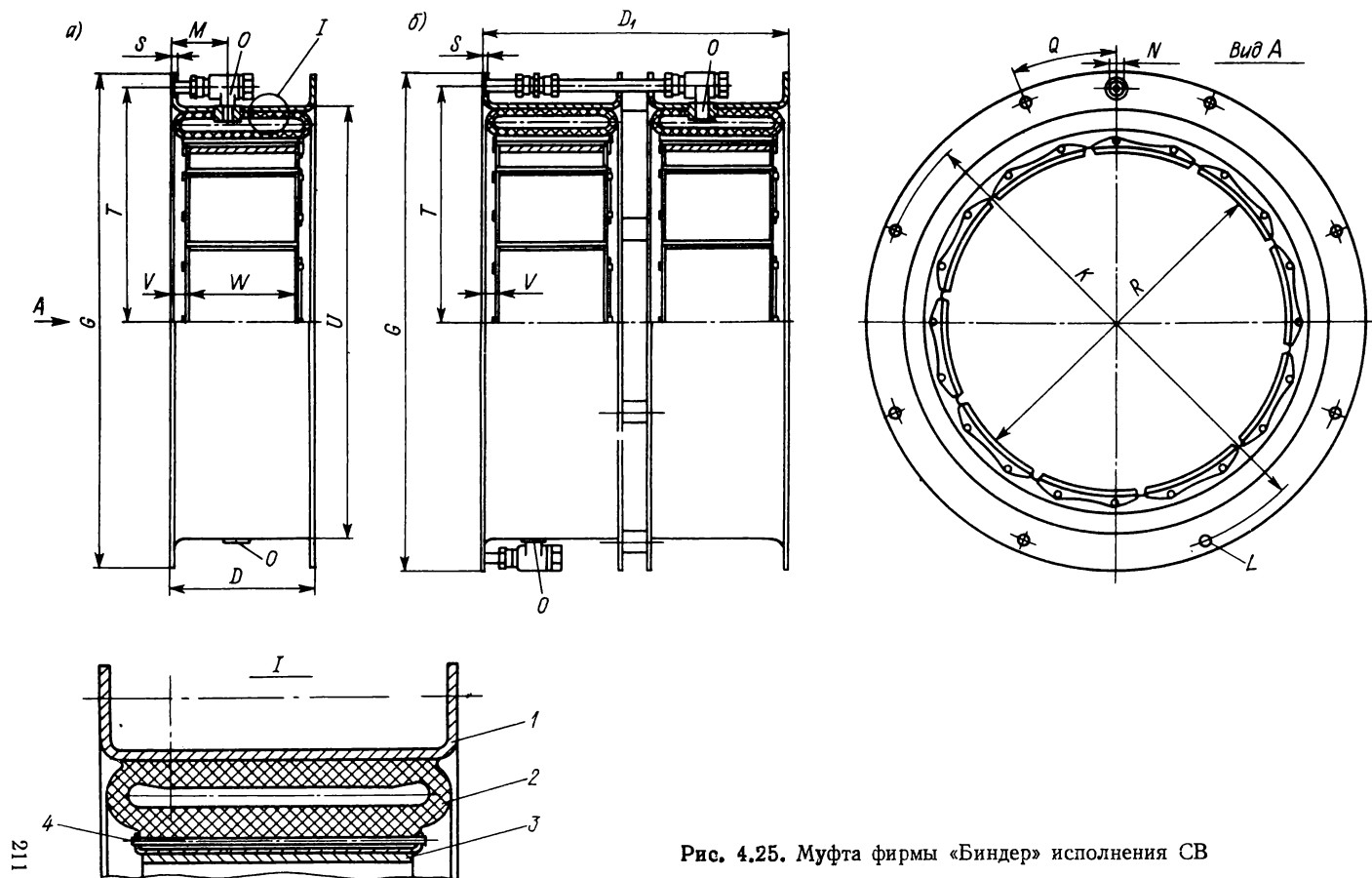


Рис. 4.25. Муфта фирмы «Биндер» исполнения СВ

Таблица 4.14. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.25)

Обозначение	D	D ₁	G	K	L		M	N	O, дюйм	Q	R	S	T	U	V	W	
					Число отвер- стий	Диаметр отвер- стий										Число колодок	Ширина колодок
4CB200	66,7	—	184,1	169,9	8	6,4	34,9	6,4	1/8	22° 30'	104,8	2,4	84,9	148	9,5	6	50,8
6CB200	74,6	—	273,1	254	8	9,5	39,7	9,5	3/8	22° 30'	156,4	2,4	127,0	230	14,3	6	50,8
8CB250	87,3	—	327,03	308	8	9,5	48,4	9,5	3/8	22° 30'	207,2	2,4	154,0	284	14,3	8	63,5
10CB300	104,8	—	390,47	371,5	12	9,5	50,8	9,5	3/8	15° 00'	257,2	4,8	185,8	346	17,5	10	76,2
12CB350	123,8	257,2	447,7	428,6	14	9,5	50,8	9,5	3/8	12° 50'	308	4,8	214,3	403	17,5	12	89,0
14CB400	136,5	282,6	498,5	479,5	16	9,5	50,8	9,5	3/8	11° 15'	358,8	4,8	239,7	454	17,5	14	101,6
16CB500	168,3	346,1	596,9	571,5	8	12,7	63,5	12,7	3/8	22° 30'	411,2	4,8	282,6	527	20,6	10	127,0
18CB500	168,3	346,1	647,7	619,1	12	12,7	63,5	12,7	3/8	15° 00'	462	4,8	309,6	578	20,6	11	127,0
20CB500	168,3	346,1	698,5	669,9	12	12,7	63,5	12,7	3/8	15° 00'	512,8	4,8	335,0	628,5	20,6	12	127,0
22CB500	168,3	346,1	749,3	720,7	12	12,7	63,5	12,7	3/8	15° 00'	563,6	4,8	360,4	679,5	20,6	13	127,0
24CB500	168,3	346,1	800,1	771,5	16	12,7	63,5	12,7	3/8	11° 15'	614,4	4,8	385,8	730	20,6	14	127,0
26CB525	176,2	362,0	863,6	831,9	10	15,9	63,5	15,9	1/2	11° 15'	665,2	6,4	412,8	787,8	21,4	16	133,3
28CB525	176,2	366,7	914,4	882,6	16	15,9	63,5	15,9	1/2	11° 15'	716	6,4	438,2	838	21,4	17	133,3
30CB525	176,2	366,7	965,2	933,2	16	15,9	63,5	15,9	1/2	11° 15'	766,8	6,4	463,6	889	21,4	18	133,3
32CB525	176,2	366,7	1016,0	984,3	18	15,9	63,5	15,9	1/2	10° 00'	817,6	6,4	489,0	940	21,4	19	133,3
36CB525	176,2	366,7	1133,48	1095,4	18	19,0	70	19,0	3/4	10° 00'	919,2	6,4	549,3	1055,5	21,4	22	133,3
40CB525	176,2	366,7	1235,1	1197	20	19,0	70	19,0	3/4	9° 00'	1020,8	6,4	600,0	1157,5	21,4	24	133,3
45CB525	176,2	366,7	1362,1	1324	24	19,0	70	19,0	3/4	7° 30'	1147,8	7	663,6	1287,5	21,4	27	133,3

Продолжение табл. 4.14

Обозначение	Номинальный момент, Н·м, при давлении $p = 5,3 \cdot 10^5$, Па	Динамический момент инерции, кг·м ²	Частота вращения, об/мин		Объем баллона дм ³		Масса, кг
			при включении n_1	максимальная $n_{\text{паш}}$	при нормаль- ном давлении	при соприкоснове- нии с барабаном и при изношенных об- кладках	
4CB200	113	0,0084	1800	1800	0,066	0,15	1,2
6CB200	230	0,042	1800	1800	0,197	0,33	3,2
8CB250	485	0,084	1340	1800	0,295	0,47	4,1
10CB300	920	0,263	1070	1800	0,440	0,85	8,6
12CB350	1 500	0,506	900	1800	0,700	1,26	1,8
14CB400	2 225	0,885	765	1800	0,440	1,18	15,9
16CB500	3 980	2,190	670	1540	0,720	2,30	33,5
18CB500	4 970	2,950	600	1400	0,800	2,54	36,7
20CB500	6 060	3,800	535	1310	0,870	2,80	40,0
22CB500	7 040	4,800	490	1220	0,950	3,05	43,0
24CB500	8 475	6,000	445	1200	1,030	3,31	46,2
26CB525	10 400	8,850	415	1050	1,130	4,20	60,3
28CB525	11 975	10,600	380	1000	1,200	4,51	63,5
30CB525	13 670	12,800	355	950	1,300	4,80	67,1
32CB525	15 480	15,150	335	900	1,380	5,10	71,2
36CB525	19 435	21,150	300	810	1,490	5,70	80,7
40CB525	23 884	30,800	270	740	1,650	6,30	90,1
45CB525	29 380	47,000	240	670	1,880	7,05	119,0

Т а б л и ц а 4.15. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.26)

Обозначение	D	D ₁	D ₂	G	K	L		M	N	Q	R	S	T	V	W	
						Число от- верстий	Диаметр от- верстий								Число ко- лодок	Ширина ко- лодок
11,5VC500	155,6	162,0	323,9	498,48	479,4	16	9,5	60,3	9,5	11° 15'	295,3	14,3	239,7	14,3	8	127,0
14VC500	155,6	163,5	322,3	596,90	571,5	8	12,7	73,0	12,7	22° 30'	361,2	14,3	282,6	14,3	8	127,0
16VC600	187,3	196,0	385,8	647,70	619,1	12	12,7	73,0	12,7	15°	412,0	14,3	309,6	17,5	8	152,4
20VC600	187,3	196,0	385,8	749,30	720,7	12	12,7	73,0	12,7	15°	513,6	14,3	360,4	17,5	10	152,4
24CV650	195,3	206,0	404,8	863,60	831,8	16	15,9	73,0	15,9	11° 15'	615,2	16,0	412,8	15,0	12	165,1
28VC650	195,3	206,0	404,8	965,20	933,5	16	15,9	73,0	15,9	11° 15'	716,8	16,0	463,6	15,0	14	165,1
33VC650	195,3	208,0	404,8	1133,48	1095,4	18	19,0	79,4	19,0	15°	843,8	16,0	549,3	15,0	16	165,1
37VC650	195,3	208,0	404,8	1235,08	1197,0	20	19,0	79,4	19,0	9°	945,4	16,0	600,1	15,0	18	939,8
42VC650	195,3	208,0	404,8	1362,08	1324,0	24	19,0	79,4	19,0	7° 30'	1072,4	16,0	663,6	15,0	20	1066,8
14VC1000	293,7	301,6	601,7	596,90	571,5	8	12,7	73,0	12,7	22° 30'	361,2	16,0	282,6	20,0	8	254,0
16VC1000	293,7	301,6	601,7	647,70	619,1	12	12,7	73,0	12,7	15°	412,0	16,0	309,6	20,0	8	254,0
20VC1000	293,7	301,6	601,7	749,30	720,7	12	12,7	73,0	12,7	15°	513,6	16,0	360,4	20,0	8	254,0
24VC1000	293,7	303,6	601,7	863,60	831,8	16	15,9	73,0	15,9	11° 15'	615,2	16,0	412,8	20,0	10	254,0
28VC1000	293,7	303,6	601,7	965,20	933,4	16	15,9	73,0	15,9	11° 15'	716,8	16,0	463,6	20,0	10	254,0
32VC1000	293,7	305,3	604,8	1114,43	1082,7	24	15,9	73,0	15,9	7° 30'	818,4	16,0	535,0	20,6	12	254,0
38VC1000	349,3	361,2	712,8	1254,13	1216,0	20	19,0	79,4	19,0	9°	970,8	16,7	609,6	22,2	12	305,0
42VC1200	349,3	361,2	712,8	1362,08	1324,0	24	19,0	79,4	19,0	7° 30'	1072,4	16,7	663,6	22,2	14	305,0
46VC1200	349,3	363,2	712,8	1530,35	1486,0	24	22,2	124,0	19,0	7° 30'	1174,8	19,0	730,3	22,2	16	305,0
52VC1200	362,0	376,0	738,8	1701,80	1663,7	32	22,2	181,0	25,4	5° 37,5'	1327,2	28,5	825,5	28,6	18	305,0
51VC1600	463,6	477,5	941,4	1701,80	1663,7	32	22,2	232,0	25,4	5° 37,55	1301,8	28,5	825,5	28,6	18	406,0

Обозначение	Номинальный момент, Н·м, при давлении $p = 5,3 \cdot 10^5$ Па	Динамический момент инерции, кг·м ²	Частота вращения, об/мин		Объем баллона, дм ³		Масса, кг
			при включении n_1 , об/мин	максимальный n_{max} , об/мин	при нормальном давлении	при соприкосновении с барабаном при изношенных обкладках	
11,5VC500	3 050	1,81	1330	1800	0,44	1,13	43,5
14VC500	4 430	3,30	1100	1500	0,62	1,56	58,0
16VC600	7 345	4,85	955	1400	0,80	1,95	68,5
20VC600	10 510	8,15	765	1200	0,95	2,29	81,2
24VC650	15 255	15,55	635	1050	1,12	3,28	111,5
28VC650	20 565	22,65	545	1000	1,30	3,88	127,0
33VC650	28 815	45,70	485	900	1,49	5,88	178,0
37VC650	31 160	59,00	412	800	1,72	6,55	196,0
42VC650	42 940	83,90	365	800	1,88	7,14	220,0
14VC1000	9 605	5,36	1100	1800	0,61	3,02	96,5
16VC1000	12 880	8,94	955	1400	1,61	4,18	109,0
20VC1000	18 190	13,03	765	1300	1,85	5,05	128,0
24VC1000	24 745	23,27	635	1250	2,18	7,62	171,5
28VC1000	33 445	34,83	545	1100	2,46	8,70	195,5
32VC1000	46 890	66,20	475	1050	3,64	9,80	283,0
38VC1200	76 835	98,23	400	740	5,44	12,40	310,0
42VC1200	92 545	154,72	365	670	6,40	13,90	406,0
46VC1200	107 350	203,63	332	600	10,90	19,70	444,0
52VC1200	137 295	307,13	294	550	12,30	24,70	540,0
51VC1600	181 930	446,04	300	550	16,40	32,80	876,0

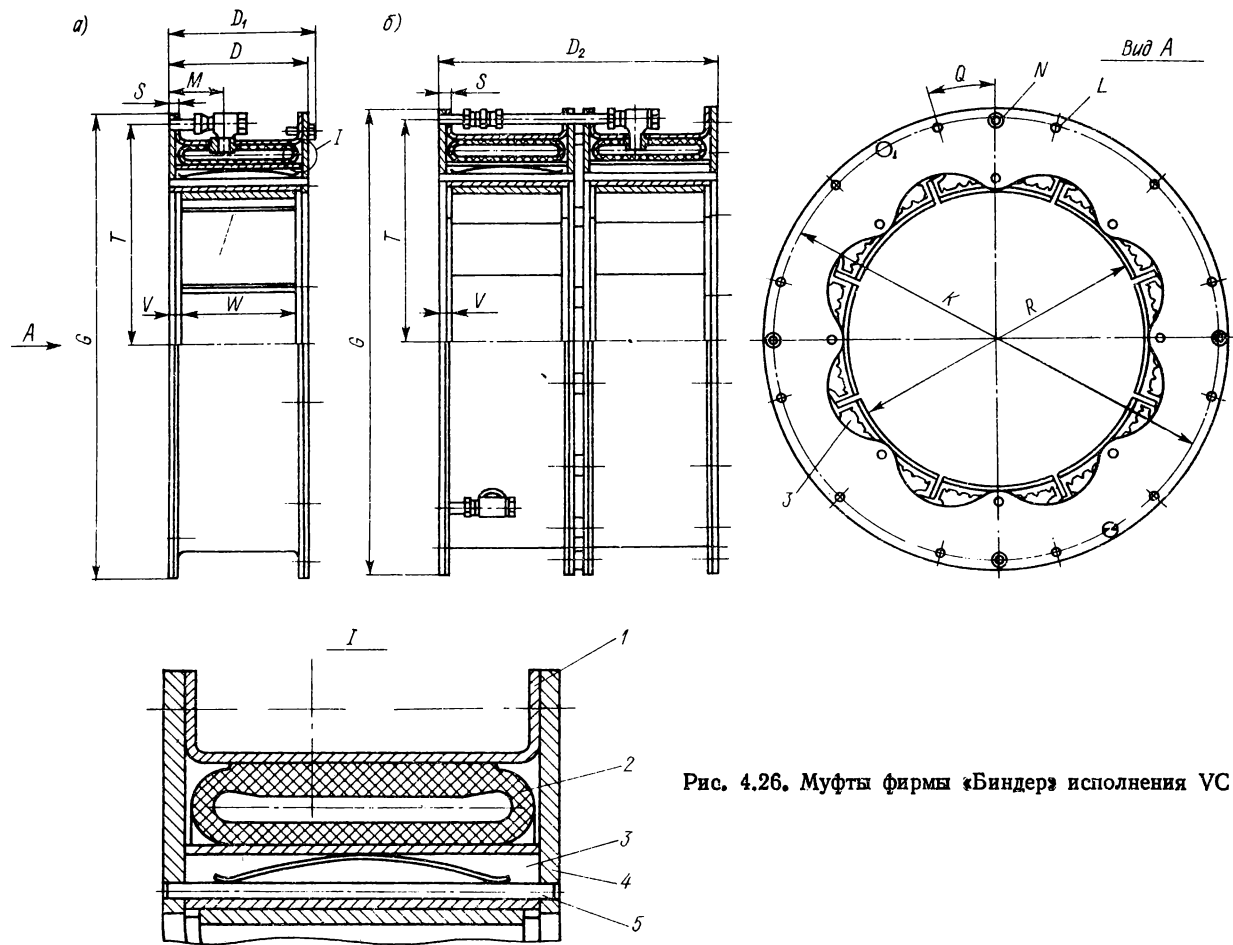


Рис. 4.26. Муфты фирмы «Биндер» исполнения VC

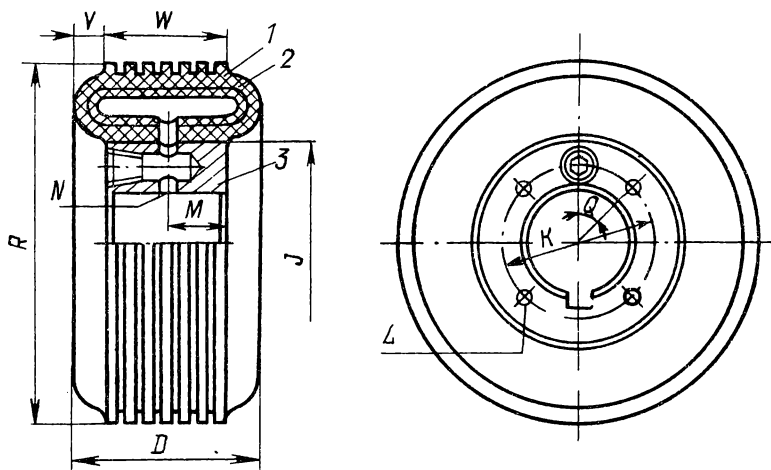


Рис. 4.27. Муфта фирмы «Биндер» исполнения ER

действующие на фрикционные накладки и шины, способствуют процессу выключения муфты. Размеры и параметры муфты представлены в табл. 4.14. Муфты, начиная с типоразмера 12CB350, с целью увеличения передаваемого вращающего момента выпускаются сдвоенными (рис. 4.25, б).

На рис. 4.26 (табл. 4.15) представлена муфта исполнения VC, имеющая стальное кольцо 1 с двусторонними фланцами, к которым крепятся диски 4, несущие тормозные колодки 3. Фланцами с дисками 4 муфта присоединяется к соседним деталям. Фрикционные колодки 3 состоят из литого алюминиевого корпуса в виде рамки с прикрепленной фрикционной накладкой. Колодки фиксированы в радиальных пазах по стальным стержням 5, установленным в дисках 4. Шина 2, присоединенная к кольцу 1, служит лишь для создания прижатия колодок 3 к барабану. Вращающий момент передается двумя дисками 4 через стальные стержни 5 и колодки на барабан. Благодаря этому шина не нагружается вращающим моментом. Ажурная конструкция колодки 3 обеспечивает отвод теплоты от трущихся поверхностей. Поэтому эти муфты находят применение в машинах с тяжелыми условиями эксплуатации при высоких нагрузках и длительных проскальзываниях.

На рис. 4.27 (табл. 4.16) представлена шинно-пневматическая муфта исполнения ER. Усиленная кордом шина 2, служащая для создания силы прижатия, привулканизирована к кольцу 3. Наружная часть шины 2 снабжена протектором 1 из резины с высоким коэффициентом трения.

Муфта является упругокомпенсирующей, т. е. обладает крутильной податливостью и компенсирует взаимное смещение валов за счет деформации шины. Муфта предназначена для соединения

Т а б л и ц а 4.16. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.27)

Обозначение муфты	D	J	K	L		M	N	Q	R	V	W
				Число от-верстий	Диаметр от-верстий						
6ER200	77,8	85,7	63,5	4	9,5	25,4	7,9	45°	150,0	13,5	50,8
8ER250	90,5	136,5	111,1	4	9,5	31,8	7,9	22° 30'	200,8	13,5	63,5
10ER300	108,0	178,0	133,3	8	12,7	47,6	9,5	22° 30'	251,6	16,0	76,2
12ER350	120,7	228,5	184,1	12	12,7	47,6	9,5	15° 00'	302,4	16,0	88,9
14ER400	133,4	279,5	235,0	12	12,7	47,6	9,5	15° 00'	353,2	16,0	101,6
16ER475	169,3	289,0	244,5	8	12,7	63,5	12,7	22° 30'	401,6	24,0	120,6
19ER475	169,3	365,0	279,4	6	19,0	63,5	12,7	30° 00'	477,8	24,0	120,6
21,5ER475	168,3	428,5	342,9	8	19,0	63,5	12,7	22° 30'	541,3	24,0	120,6
24ER475	168,3	492,0	406,4	8	19,0	63,5	12,7	22° 30'	604,8	24,0	120,6

Обозначение	Номинальный момент, Н·м, при давлении $p = 5,3 \cdot 10^5$ Па	Динамический момент инерции, кг·м ²	Объем баллона, дм ³		Масса, кг
			при нормальном давлении	при соприкосновении с барабаном и при изношенных обкладках	
6ER200	175	0,004	0,30	0,330	3,2
8ER250	400	0,020	0,52	0,557	8,2
10ER300	745	0,030	1,08	1,200	3,6
12ER350	1390	0,085	1,18	1,260	5,9
14ER400	2550	0,170	1,57	1,700	7,7
16ER475	2680	0,300	2,00	2,160	14,0
19ER475	5380	0,630	5,00	5,360	17,7
21,5ER475	7120	1,140	5,00	5,430	23,6
24ER475	9435	1,730	5,62	6,130	27,6

неподвижных валов либо валов с малой разностью частот вращения. Снижение давления воздуха повышает податливость шины. Давление воздуха в шине для передачи номинального момента 0,53 МПа, предельно допустимое 0,77 МПа.

На рис. 4.28 (табл. 4.17) представлена шинно-пневматическая муфта исполнения ЕВ. Конструкция этой муфты такая же, как и муфты исполнения ER (рис. 4.27). Только для передачи момента вместо протектора применены колодки 1, как и в исполнении СВ (рис. 4.25). Колодки к шине крепят стержнями.

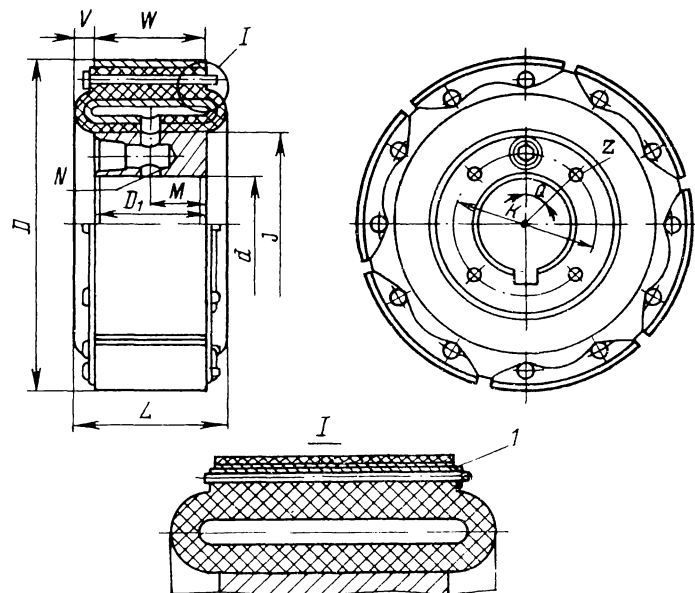
Эти муфты применяют при малых частотах вращения и малых пусковых нагрузках. Номинальный момент передается при давлении воздуха в шине 0,53 МПа. Допустимое давление 0,77 МПа. При применении муфты в качестве предохранительной следует периодически контролировать давление в шине.

На рис. 4.29 (табл. 4.18) представлена шинно-пневматическая муфта исполнения Е. Два составных стальных кольца 3 имеют объединенный фланец, которым муфта присоединяется к соседним

Т а б л и ц а 4.17. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.28)

Обозначение	d		L	D ₁	J	K	Диаметр отверстий	M	N	Q	D	У	Число колодок	Ширина колодок
	min	max												
4EB125	22,2	38,0	44,5	38,1	70,0	54,0	7,25	19,0	7,9	45° 00'	100,0	6,4	10	31,8
6EB200	22,2	44,5	70,0	50,8	85,7	63,5	9	25,4	7,9	45° 00'	150,0	9,5	6	50,8
8EB250	31,7	89,0	83,0	63,5	136,5	111,1	9	31,7	7,9	22° 30'	199,2	9,5	8	63,5

Примечание. Число отверстий z = 4.



Продолжение табл. 4.17

Обозначение	Номинальный момент, Н·м, при давлении $p = 6,3 \times 10^6$ МПа	Динамический момент инерции, кг·м²	Максимальная частота вращения, об/мин	Объем баллона, дм³		Масса, кг
				при нормальном давлении	при сопротивлении с барабаном и при изношенных накладках	
4EB125	45	0,0004	3500	0,03	0,07	1,0
6EB200	105	0,0100	3200	0,07	0,13	3,2
8EB250	250	0,0400	2400	0,10	0,25	8,6

Рис. 4.28. Муфта фирмы «Биндер» исполнения EB

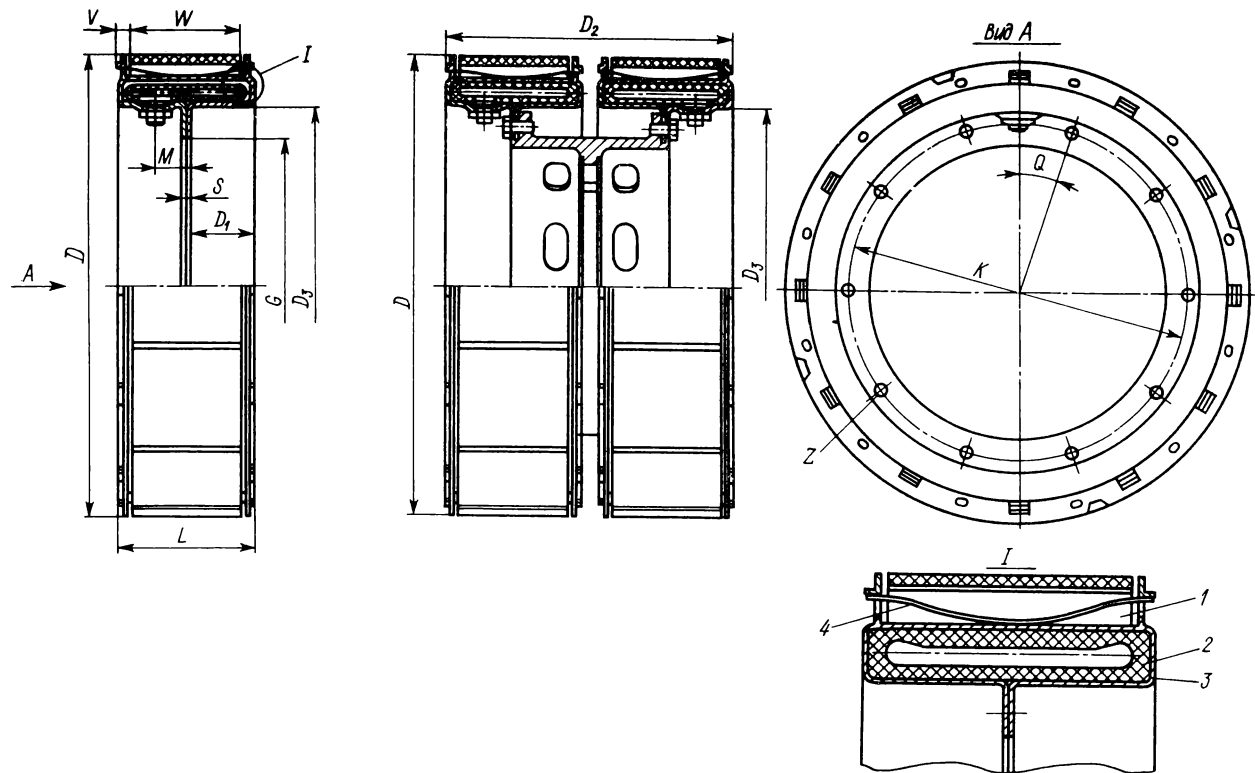


Рис. 4.29. Муфта фирмы «Биндер» исполнения Е

Т а б л и ц а 4.18. Размеры (мм) и параметры муфты шинно-пневматической (рис. 4.29)

Обозна- чение	Δ	D_1	D_2	G	K	Число отвер- стий z	Диаметр отвер- стий	M	Q	D	S	D_3	V	Число колодок	Ширина колодок
12E475	140	70	298,4	152,4	177,8	10	9,5	32,0	18° 00'	302,4	6,8	204,3	9,5	8	120,6
14E475	140	70	298,3	193,68	222,3	12	9,5	32,0	15° 00'	353,2	6,8	204,3	9,5	10	120,6
16E475	140	70	295,3	244,48	273,0	8	12,7	32,0	22° 30'	404	6,8	298	9,5	12	120,6
19E475	140	70	295,3	307,98	349,3	10	19,0	32,0	18° 00'	480,2	6,8	374,2	9,5	12	120,6
21E475	140	70	295,3	361,95	400,0	8	19,0	32,0	22° 30'	543,7	6,8	437,7	9,5	14	120,6
24E475	140	70	295,3	425,45	463,6	10	19,0	32,0	18° 00'	607,2	6,8	501,2	9,5	16	120,6
27E475	140	70	295,3	501,65	539,6	12	19,0	32,0	15° 00'	683,4	6,8	577,4	9,5	18	120,6
30E600	178	89	376,2	533,40	584,2	14	19,0	41,5	12° 51'	759,6	8,0	633,4	12,7	14	152,4
34E600	178	89	376,2	635,00	685,8	16	19,0	41,5	11° 15'	861,2	8,0	735	12,7	16	152,4
40E700	206	103	431,8	762,00	812,8	18	19,0	41,5	10° 00'	1013,6	8,0	879,5	14,3	18	177,8

Обозна- чение	Номинальный мо- мент, Н·м, при дав- лении $p = 5,3 \times 10^6$ Па	Динамический мо- мент инерции, кг·м²	Максимальная ча- стота вращения, об/мин	Объем баллона, дм³		Масса, кг
				при нормальных колодках	при соприкоснове- нии с барабаном и при изношенных колодках	
12E475	1 275	0,210	975	0,300	0,80	11,5
12E475	1 810	0,337	900	0,300	0,90	14,5
16E475	2 430	0,600	850	0,380	1,08	19,0
19E475	3 560	1,100	680	0,475	1,33	24,0
21E475	4 575	1,650	650	0,640	1,64	27,2
24E475	5 875	2,360	580	0,690	1,80	30,5
27E472	7 570	3,330	575	0,740	2,00	34,0
30E600	11 975	6,750	380	0,800	2,84	56,7
34E600	15 480	11,000	375	0,900	5,05	71,0
40E600	25 425	22,000	200	2,150	5,13	235,6

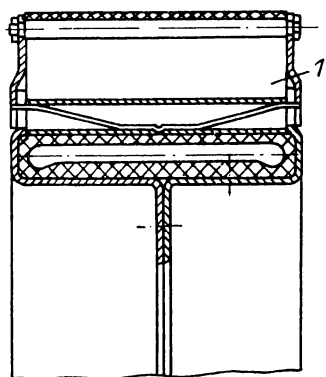


Рис. 4.30. Вариант исполнения VE муфты фирмы «Биндер»

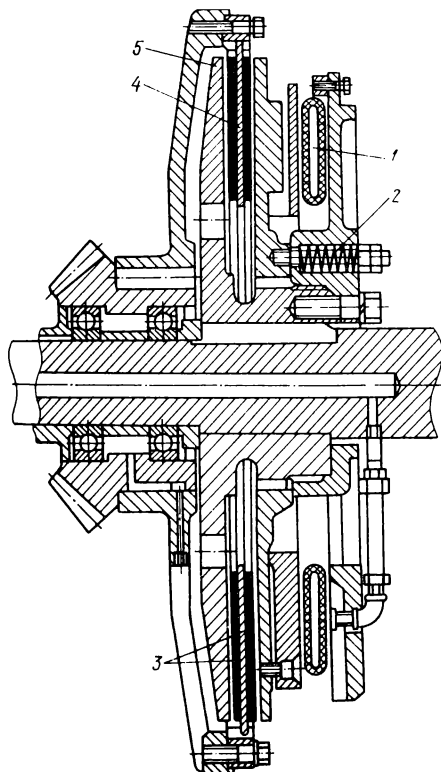


Рис. 4.31. Осевая шинно-пневматическая муфта

деталюм. Резиновый баллон 2 расположен между кольцами 3 и служит только для создания силы прижатия тормозных колодок. Вращающий момент передается с колец 3 через колодки 1 на барабан. Пружины 4 препятствуют действию сжатого воздуха и центробежных сил и способствуют отводу колодок от барабана при выключении муфты. Они ускоряют процесс выключения муфты. Эти муфты можно применять при средних частотах вращения как муфты сцепления, предохранительные муфты и тормоза при значительных переменных нагрузках. Номинальные моменты и давление воздуха в баллоне такие же, как у муфты исполнения ЕВ (рис. 4.28).

Конструкция и принцип работы муфты исполнения VE (рис. 4.30) соответствуют муфте исполнения Е. Однако изменена конструкция колодок 1, состоящих из алюминиевого корпуса с приклепанными фрикционными накладками. Эта конструкция позволяет хорошо отводить теплоту от фрикционных поверхностей.

Область применения этих муфт такая же, как и муфт исполнения Е, при наличии большей частоты включений.

Осевые шинно-пневматические муфты. Осевые шинно-пневматические муфты (рис. 4.31) не подвержены заметному действию центробежных сил. Баллон 1 при подаче воздуха прижимает диск 4 к диску 5. Заключенные между ними фрикционные накладки 3 обеспечивают передачу вращающего момента. Отключе-

ние муфты производят пружины 2 после стравливания воздуха из баллона. Габаритные размеры и масса осевых муфт меньше, чем радиальных; расход воздуха также ниже. Однако осевые муфты плохо компенсируют смещение осей соединяемых валов, поэтому применяются ограниченно.

4.5. Пневмокамерные муфты

Простота конструкции, надежность и удобство в эксплуатации обусловили применение этих муфт в экскаваторах, кранах, дробилках, шнеках-смесителях, скреперных лебедках, на трелевочных лебедках, в буровых станках, в кузнечно-прессовом оборудовании. Подобно обычным фрикционным муфтам пневмокамерные муфты могут быть колодочными, дисковыми, ленточными и конусными. Наибольшее применение нашли муфты первых двух типов.

Колодочная разжимная муфта (МН 5019—63). Муфта (рис. 4.32, табл. 4.19) состоит из ведущего обода 3, в котором помещена пневмокамера 1, армированная несколькими слоями корда; ниппеля 2; фрикционных колодок 7, расположенных на внешней поверхности пневмокамеры; возвратных пружин 4 и упоров 5. Принцип действия муфты: пневмокамера при впуске в нее сжатого воздуха расширяется и прижимает фрикционные колодки 7 к ведомому ободу 6. Окружное усилие, действующее на фрикционные колодки, воспринимается упорами 5, которые закреплены на разъемном ведущем ободу. Окружное усилие передается от ведущего обода через упоры и фрикционные ко-

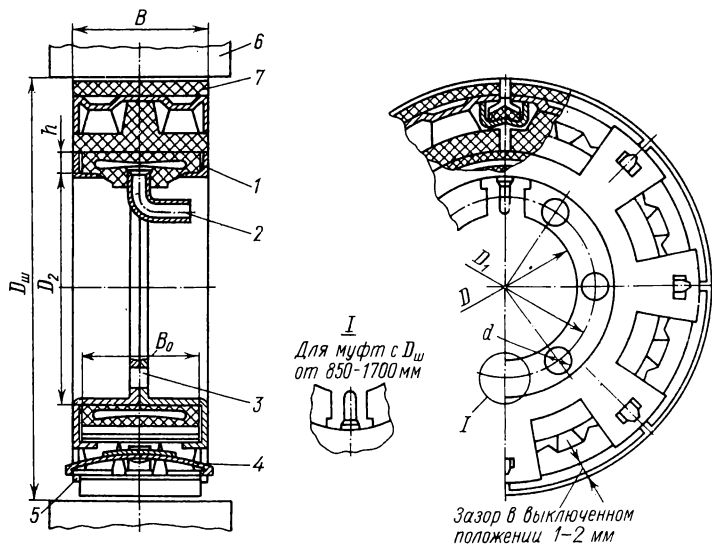


Рис. 4.32. Колодочная разжимная муфта (МН 5019—63)

Т а б л и ц а 4.19. Размеры (мм) и параметры муфты колодочной разжимной (рис. 4.32)

Обозначение	Давление p , МПа			$D_{ш}$	D	D_1	d	Число отвер- стий	Накладки		Камера				Масса, кг	
	0,4	0,6	0,8						B	Число	D_2	B_0	h	Величи- на кода δ_{max}		
	Допускаемая окружная скорость v , м/с, на поверх- ности трения при числе включений 400—500 в 1 ч															
	4,5	3	2,25													
	T , Н·м															
250×80	500	700	1 000	250	85	110	11	4	80	8	145	70	13	3,5	7	
300×90	800	1 250	1 600	300	105	130			90		173 *	80			10	
360×100	1 250	2 000	2 000	360	155	185	13	6	100		233 *	90	16	4,5	15	
420×110	2 000	3 150	4 000	420	195	225		8	110		278 *	100			20	
475×128	3 150	5 000	5 300	475	230	260		10	128	10	313 *	115	11,5		5,5	30
600×118	5 000	8 000	10 000	600	365	345			118	12	450	105	15			35
710×125	8 000	12 500	16 000	710	445	485	17	8	125	16	544 *	110	16	15		50
850×135	12 500	20 000	25 000	850	615	650		10	135		710	120	60			
1000×160	20 000	31 500	45 500	1000	690	750		12	160	24	850	140	150			
1800×205	35 500	56 000	80 000	1180	840	900			205		1000	180	7,5	220		
1400×245	63 000	100 000	140 000	1400	980	1040	22	20	245	32	1180	220	20	8,5	350	
1700×275	112 000	170 000	250 000	1700	1280	1350	26		275		1500	250		9,5	500	

* Изготовление камер освоено промышленностью.

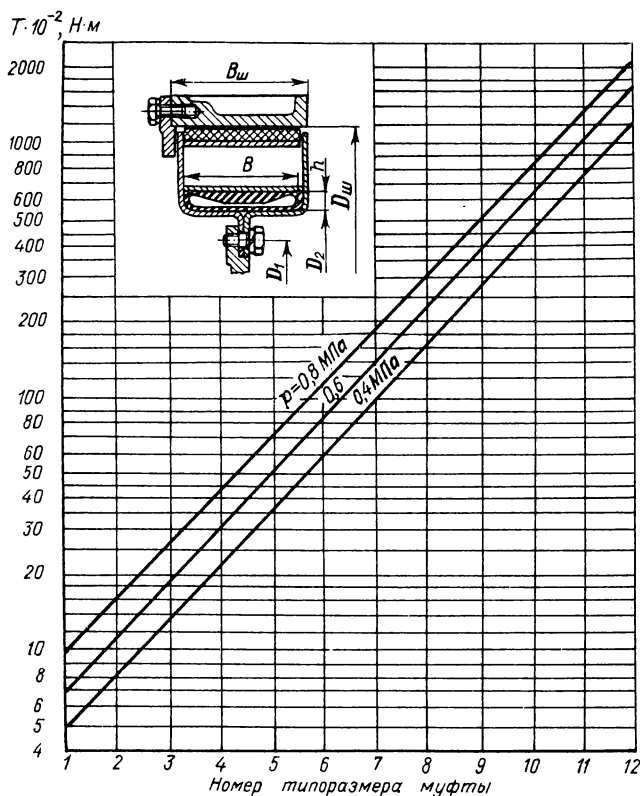


Рис. 4.33. Номограмма для определения типоразмера колодочной пневмокамерной муфты

лодки ведомому ободу, пневмокамера же в передаче вращающего момента не участвует. Пружина 4 при удалении воздуха из пневмокамеры возвращает фрикционные колодки в исходное положение.

Выбор муфты осуществляется по величине расчетного момента $T_{\text{расч}}$.

Представленная на рис. 4.33 номограмма дает возможность быстро находить требуемый размер колодочной пневмокамерной муфты. Для этого необходимо параллельно оси абсцисс провести прямую с ординатой, равной расчетному моменту, до пересечения с прямыми давления в пневмокамере. Абсциссы точек пересечения указывают необходимый типоразмер муфты.

Проектировочный расчет муфт этого вида сводится к определению характерных размеров муфты и пневмокамер, наименьшего диаметра впускного отверстия в системе управления, обеспечивающего оптимальное время нарастания вращающего момента, а также времени срабатывания муфты.

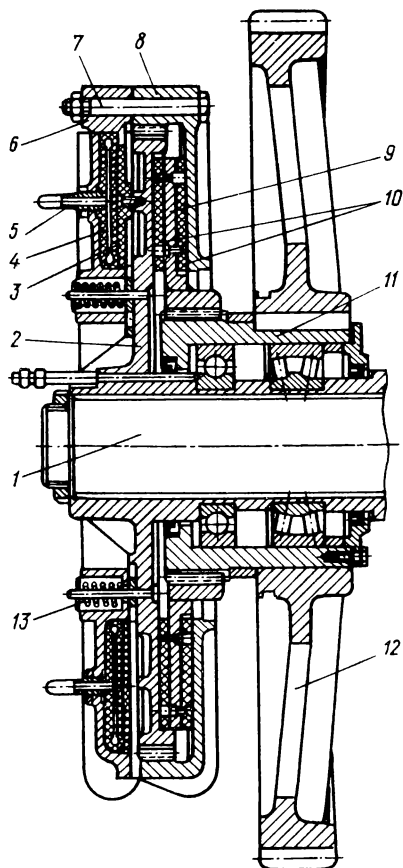


Рис. 4.34. Фрикционная дисковая пневмокамерная муфта

6 и 2 и, сжимая пневмокамеру 4, освобождают фрикционный диск 9.

Для лучшего отвода теплоты, выделяющейся во время работы в пневмокамерных фрикционных муфтах, ведомый шкив муфты изготовляют с ребрами, что увеличивает поверхность теплоотдачи. Радиальное расположение ребер обеспечивает более интенсивный теплообмен и более эффективное охлаждение. Для уменьшения потока теплоты к пневмокамере предусматривается воздушный зазор между фрикционной колодкой и пневмокамерой не менее 40 мм. Принудительный поток воздуха обеспечивается крыльчаткой. Расчет муфт см. в работе [7].

Муфта «Пневмафлекс». Пневматическая фрикционная муфта «Пневмафлекс» фирмы «Ломман-Штоль» ФРГ (рис. 4.35, табл. 4.20) является комбинацией фрикционной муфты с упругой. Она представляет двойную коническую фрикционную муфту, содержащую

Дисковая пневмокамерная муфта (рис. 4.34). На постоянно вращающемся валу 1 на шлицах закреплен диск 2, по наружным шлицам которого перемещаются подвижные диски 6 и 8, соединенные между собой болтами 7. На диске 6 крепится пневмокамера 4, имеющая два ниппеля 5 для впуска воздуха. Между неподвижными (относительно вала 1) диском 2 и подвижным диском 8 помещается ведомый диск 9 с фрикционными накладками 10. Диск 9 с помощью шлицев на стакане 11 подвижно соединен с зубчатым колесом 12. Между пневмокамерой 4 и диском 2 расположено теплоизолирующее кольцо 3. Включение муфты происходит следующим образом: при впуске воздуха пневмокамера, расширяясь, упирается в диск 2 и отодвигает диски 6 и 8 влево, зажимая ведомый диск 9 между дисками 2 и 8 и увлекая его во вращение. Осевая сила включения на вал не передается, она воспринимается болтами 7. При выключении возвратные пружины 13 сближают диски

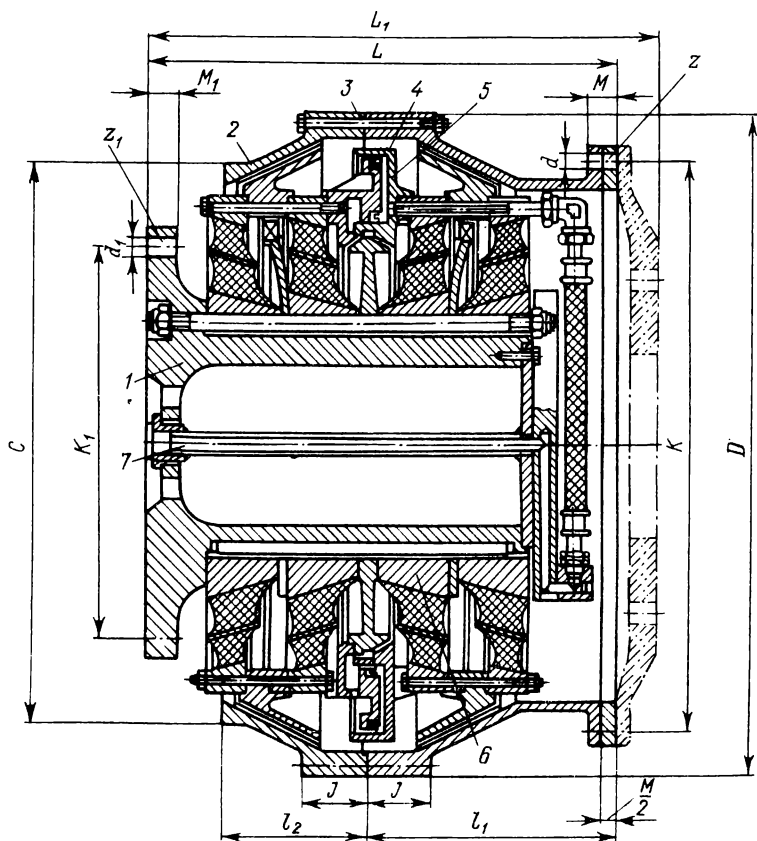


Рис. 4.35. Муфта «Пневмафлекс»

ведомую 1 и ведущую 3 полумуфты с поверхностями трения 2, пневмоцилиндр 5, поршень 4, воздухопроводы 7 и четыре упругих элемента 6 из резины, привулканизованной к металлическим кольцам. Упругие элементы расположены так, что при отсутствии сжатого воздуха в пневмоцилиндре поверхности трения разъединены. Фрикционные обкладки прикреплены к внутренним коническим поверхностям ведомой полумуфты. Образующаяся при включении теплота отводится в наружный кожух.

Муфта управляется сжатым воздухом при давлении 0,6—0,8 МПа. Как во всех пневматических муфтах, подвод сжатого воздуха регулируют дроссельным вентилем, благодаря чему скорость воздуха, подаваемого в муфту, можно менять в больших пределах и соответственно устанавливать потребное время включения. Благодаря большой сжимаемости воздуха, давление в цилиндре муфты нарастает достаточно плавно.

Т а б л и ц а 4.20. Размеры (мм) и параметры муфты «Пневмафлекс» (рис. 4.35)

Обозна- чение	$T_{\text{ном}}$	T_{max}	n_{max} , об/мин	Угол закручивания, град		Жесткость			D_0	P	P_1
				при $T_{\text{ном}}$	при T_{max}	крутильная C , Н·м/рад	радиальная $C_{\text{рад}}$	аксиальная C_a			
							Н/мм				
КА120	4 680	14 000	30 000	11,4	38	2 700	6 600	1820	470	425	290
КА140	6 000	18 000	25 000	11,4	38	3 600	7 200	1980	515	460	315
КА160	7 900	23 700	25 000	11,4	38	4 600	7 800	2200	555	500	340
КА180	10 300	30 900	25 000	11,4	38	6 000	8 400	2400	600	540	370
КА200	13 200	39 600	20 000	11,4	38	7 800	9 200	2600	650	585	400
КА220	17 200	51 600	20 000	11,4	38	10 000	10 000	2800	710	640	445
КА240	22 300	66 900	20 000	11,4	38	13 200	11 000	3100	765	680	480
КА260	28 640	86 400	20 000	11,4	38	17 200	12 000	3300	820	720	530
КА280	38 000	114 000	15 000	11,4	38	22 000	13 200	3600	900	800	580
КА300	50 000	150 000	15 000	11,4	38	30 000	14 400	4000	990	870	620
КА320	63 600	190 000	15 000	11,4	38	38 000	15 000	4400	1090	980	680
КА340	79 000	237 000	10 000	11,0	37	47 200	16 500	4640	1180	1030	750
КА360	104 000	312 000	10 000	11,0	37	62 000	18 200	5100	1300	1170	840
КА380	135 000	405 000	10 000	11,0	37	80 600	19 800	5580	1400	1260	900
КА400	156 000	468 000	10 000	11,0	37	93 000	27 300	7650	1400	1170	840
КА420	202 500	607 500	10 000	11,0	37	120 000	29 700	8370	1500	1260	900

Продолжение табл. 4.20

Обозначение	L	L_1	l_1	l_2	K	K_1	C	J	M	M_1	d	d_1		ε_1	Расход воздуха на включение, л	Масса, кг
КА120	415	465	230	127	400	260	385	75	28	24	9	11	12	12	1,5	205
КА140	430	480	235	133	435	285	410	73	28	26	9	13	12	12	1,8	235
КА160	445	500	240	140	475	310	445	73	30	28	11	15	12	12	2,1	290
КА180	480	540	250	150	510	340	480	73	30	30	13	15	12	12	2,5	360
КА200	520	585	278	160	555	370	525	83	32	32	13	15	12	16	3,0	475
КА220	545	615	285	190	605	410	570	82	32	34	15	18	12	12	3,7	575
КА240	575	650	300	180	650	440	620	82	36	36	15	18	16	16	4,3	740
КА260	605	680	315	195	690	490	660	82	36	38	15	18	16	16	5,0	880
КА280	650	735	325	215	760	530	730	90	40	42	18	22	16	16	6,0	1150
КА300	720	810	367,5	240	830	570	800	105	44	46	18	22	16	16	7,2	1590
КА320	810	910	420	270	945	620	910	120	48	50	18	28	24	16	9,0	2150
КА340	865	975	440	290	980	680	940	120	52	55	22	28	16	16	13,0	2800
КА360	945	1065	480	320	1110	760	1050	130	56	60	28	28	16	16	16,0	3700
КА380	1030	1160	520	350	1200	820	1130	150	60	65	28	34	16	16	19,0	4620
КА400	1320	1460	660	470	1110	760	1050	210	80	90	28	28	24	24	23,0	5400
КА420	1450	1600	720	530	1200	820	1140	245	90	100	28	34	24	24	27,0	7000

При подаче сжатого воздуха в пневмоцилиндр 5 осуществляется перемещение в осевом направлении конусов ведомой полумуфты 1 до сцепления с коническими поверхностями трения 2 ведущей полумуфты 3. В таком положении осуществляется передача муфтой нагрузки. Упругие элементы оказываются в напряженном состоянии. При выпуске сжатого воздуха из пневмоцилиндра под действием сил упругих деформаций элементов происходит расцепление ведомой и ведущей полумуфт. При этом подвижные в осевом направлении детали ведомой полумуфты фиксируются на конусообразном кольце. Таким образом, все части муфты как во включенном, так и в выключенном положении зафиксированы в радиальном и осевом направлениях, а следовательно, препятствуют возникновению дополнительных усилий. Кроме того, муфты снабжены ограничителем от проворачивания полумуфт. Муфта отличается легкостью ремонта при малой трудоемкости и удобством в эксплуатации. Основное применение описанные муфты находят в судостроении.

Выбор типоразмеров муфт производится по мощности и частоте вращения.

4.8. Электромагнитные муфты сцепления¹

В электромагнитных муфтах вращающий момент передается силами трения, возникающими на поверхностях фрикционных дисков при их сжатии электромагнитом. Наиболее распространены электромагнитные фрикционные и порошковые муфты, а также муфты скольжения² (индукционные). Основные достоинства электромагнитных муфт: удобство дистанционного и автоматического управления; быстроедействие; возможность точного регулирования передаваемого момента; отсутствие неуравновешенных сил.

Сравнительные свойства названных видов муфт характеризуются следующим образом.

1. Наименьшую перегрузочную способность имеют электромагнитные дисковые фрикционные муфты, для которых она составляет 0,9. Для порошковых муфт указанное отношение в среднем равно 0,75. Для индукционных муфт величина отношения зависит от конструкции их и колеблется в пределах от 0,2 до 0,9.

2. По быстрдействию электромагнитные многодисковые фрикционные и порошковые муфты различаются незначительно. Их время включения колеблется в пределах 0,03—0,25 с, а время отключения — в пределах 0,01—0,35 с; индукционные муфты в этой группе наименее быстродействующие.

Электромагнитные дисковые фрикционные муфты. В электромагнитных дисковых муфтах сцепление фрикционных дисков,

¹ Основные термины и их определения см. в ГОСТ 18306—72 «Муфты электромагнитные с механической связью».

² Конструкции и расчет муфт скольжения рассмотрены в работе [88].

связывающих ведомую и ведущую части муфты, происходит под действием сил электромагнита, возникающих при пропускании тока через обмотку возбуждения. Муфты, являясь в основном сцепными, обладают предохранительными свойствами.

Наибольшее применение нашли многодисковые фрикционные муфты, как более компактные при одинаковом передаваемом моменте по сравнению с муфтами с одной плоскостью трения. По сравнению с электромагнитными порошковыми и индукционными муфтами фрикционные муфты имеют наименьшие габаритные размеры при одинаковом передаваемом моменте. Они надежнее в работе, чем порошковые муфты.

Недостатком электромагнитных дисковых фрикционных муфт помимо недостатков, присущих механическим фрикционным муфтам, является увеличение времени отключения муфты из-за остаточного магнетизма и наличия масляной пленки на дисках, вследствие чего необходима установка пружин для развода дисков. Эти муфты применяются в качестве пусковых и реверсирующих, в коробках передач для переключения ступеней чисел оборотов, в приводах для управления циклами перемещений рабочих органов машин, в системах следящего привода.

Электромагнитные многодисковые муфты выполняют с вынесенными дисками и с магнитопроводящими дисками.

На рис. 4.36 представлена конструкция муфты с вынесенными дисками; в этом случае магнитный поток не проходит через диски. При прохождении управляющего постоянного тока через катушку 3 якорь 4, притягиваясь к корпусу 2, соединенному с внутренней полумуфтой 1, перемещает тягами 9 нажимной диск 8 и сжимает внутренние 5 и наружные диски 6, соединенные соответственно с внутренней полумуфтой 1 и внешней полумуфтой 7. Подвод тока осуществляется через контактные кольца 10.

Муфты с вынесенными дисками применяют при работе с большим выделением теплоты и при необходимости повышенного быстрого действия. Эти муфты могут работать как в масле, так и без применения смазочных материалов для фрикционных поверхностей.

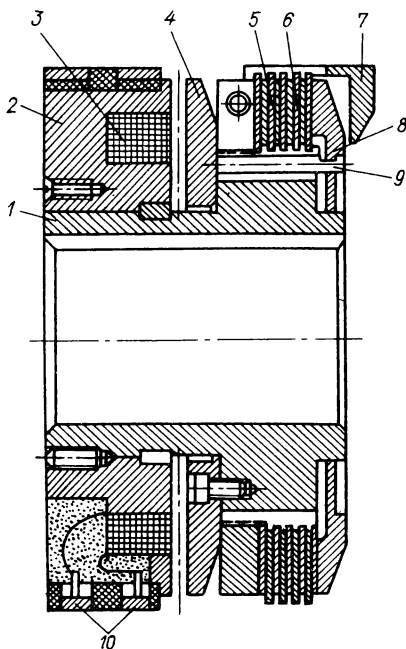


Рис. 4.36. Сухая многодисковая муфта с электромагнитным управлением и вынесенными дисками

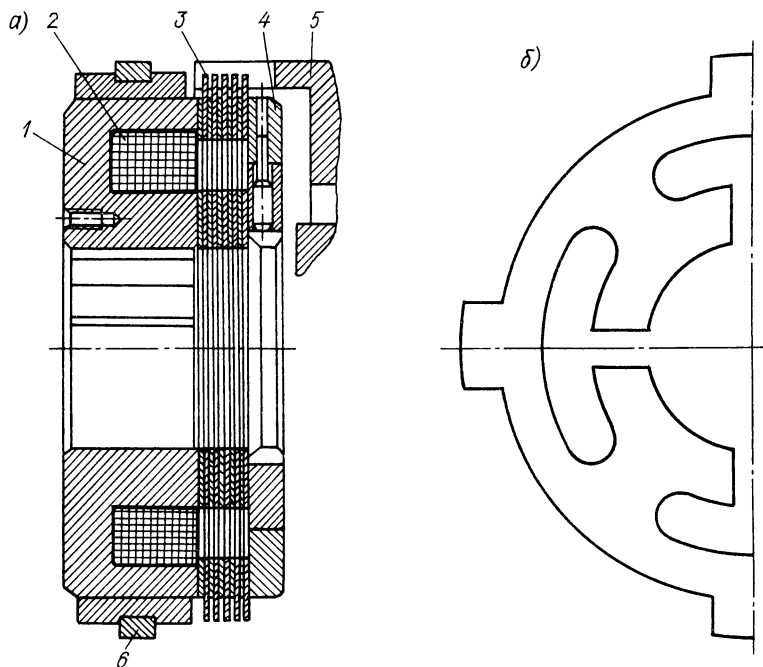


Рис. 4.37. Муфта с магнитопроводящими дисками

На рис. 4.37, а представлена конструкция муфты с магнито-проводящими дисками. Муфта состоит из внутренней полумуфты (корпуса) 1, катушки 2, пакета фрикционных дисков 3, якоря 4, наружной полумуфты 5. При прохождении постоянного тока управления через катушку 2 возникает кольцевой магнитный поток, который пересекает диски и замыкается на якоре 4, притягивая якорь и сжимая диски. Постоянный ток подводится через контактное кольцо 6, соединенное с одним выводом катушки, а второй вывод соединен с корпусом.

Фрикционные диски по мере изнашивания приобретают некоторую конусность, поэтому якорь 4 выполняют из двух колец — наружного и внутреннего, что обеспечивает лучшее прилегание его к дискам. Для того чтобы магнитный поток не замыкался через диски, в них выполняют отверстия по кольцевому пояску, располагая его против катушки (рис. 4.37, б).

Эти муфты отличаются от муфт с вынесенными дисками большей компактностью и саморегулируемостью при изнашивании дисков; работают в масле. Корпус муфты и якорь изготавливают из мягкой стали Ст3 или армко-железа, диски — из марганцовистой стали 65Г с твердостью 40—45 HRC₉.

ГОСТ 21573—76 предусматривает изготовление многодисковых фрикционных муфт для моментов от 2,5 до 2500 Н·м. Предусмо-

трены следующие типы муфт с магнитопроводящими дисками:

- 1) муфты с контактным токоподводом, тип ЭИМ ... 2;
- 2) муфты с бесконтактным токоподводом, тип ЭИМ 4;
- 3) муфты тормозные с ведомыми внутренними дисками, тип ЭИМ 6;
- 4) муфты тормозные с ведомыми наружными дисками, тип ЭИМ 8.

Электромагнитные муфты серий ЭИМ и Е2М с магнитопроводящими дисками [89]. Электромагнитные муфты серий ЭИМ и Е2М можно использовать при разгоне, торможении и реверсировании нагрузки, переключении ступеней передач; для кратковременного импульсного регулирования частоты вращения; ограничения пиковых нагрузок в передачах.

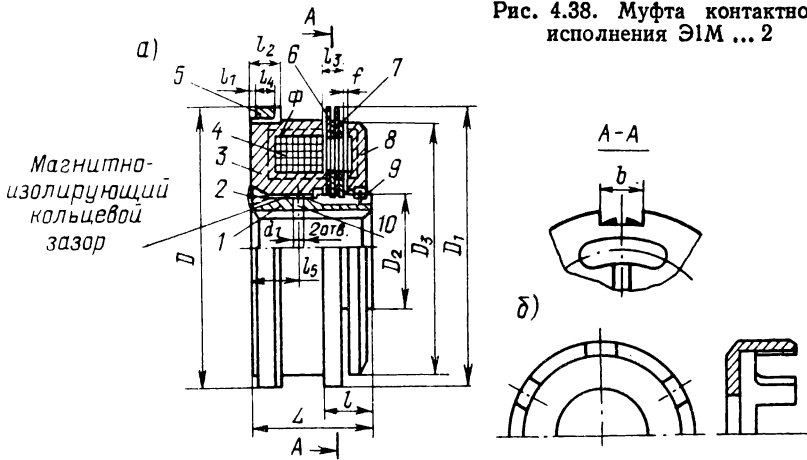
Электромагнитные муфты серии ЭИМ. Эти муфты выпускают трех исполнений: контактного ЭИМ ... 2 (рис. 4.38), бесконтактного ЭИМ 4 (рис. 4.39) и тормозного ЭИМ 6 (рис. 4.40). Муфты данной серии характеризуются следующими основными параметрами: максимальным моментом $T_{\max}$, т. е. значением момента, передаваемого электромагнитной муфтой при номинальном сигнале управления; вращающим моментом $T_{\text{в}}$, т. е. моментом, развиваемым электромагнитной муфтой при скольжении в исполнительном органе; передаваемым моментом $T_{\text{п}}$, т. е. наибольшим моментом, который способна передать электромагнитная муфта при отсутствии скольжения в исполнительном органе; номинальным моментом $T_{\text{ном}}$, т. е. установленным нормативным документом значением момента электромагнитной муфты, равным максимальному передаваемому моменту муфты, разделенному на коэффициент запаса; остаточным вращающим моментом $T_{\text{ов}}$, т. е. моментом, развиваемым электромагнитной муфтой при заданной скорости скольжения и разомкнутом исполнительном органе; остаточным передаваемым моментом $T_{\text{оп}}$, т. е. наибольшим моментом электромагнитной муфты, которым можно нагрузить муфту после снятия сигнала управления и окончания электромагнитного переходного процесса, не вызывая проскальзывания в исполнительном органе; статической характеристикой $T_{\text{п}}(J)$, т. е. зависимостью между установившимися значениями вращающего момента и сигнала управления муфты; динамической характеристикой электромагнитной муфты по вращающему моменту при включении (отключении) — $T(t)$ или $T_{\text{в.отк}}(t)$, т. е. зависимостью вращающего момента от времени при неуставившихся электромагнитных процессах при включении (отключении); временем запаздывания электромагнитной муфты $t_{0\text{,}}$, т. е. интервалом времени между началом изменения сигнала управления и началом нарастания передаваемого или вращающего момента, определяемого по динамической характеристике; временем спадания момента электромагнитной муфты $t_{0,1}$, т. е. временем от начала изменения сигнала управления до точки динамической характеристики

Т а б л и ц а 4.21. Параметры электромагнитных муфт серий Э1М и Е2М (рис. 4.38, 4.39, 4.40, 4.41)

Обозначение	$T_{\text{ном}}$	$T_{\text{в}}$	$I_{\text{н}}^*$, А, при 20 °С		$P_{\text{к}}^*$, Вт, при 20 °С		$T_{\text{ов}}^*$, Н·м	$\epsilon_{0,1}$, с	$\omega_{\text{шак}}^*$, рад/с	ΔP , Вт		$t_{0,9}$	
	Н·м												
	Исполнение												
II, IV, VI			II, VI	IV	II, VI	IV	II, IV, VI		II	IV, VI	II, VI	IV	II, IV
04	16	10	0,340	0,30	8,16	7,2	0,10	0,03	600	800	50	75	—
05	25	16	0,467	0,51	11,2	12,2	0,15	0,04	500	700	80	120	0,17
06	40	25	0,50	0,65	12,0	15,5	0,25	0,06	450	600	100	150	0,20
07	63	40	0,872	0,86	20,9	20,6	0,40	0,07	400	500	140	210	0,24
08	100	63	0,71	0,91	17,0	21,9	0,70	0,08	350	450	180	270	0,28
09	160	100	0,98	1,39	23,5	33,4	1,0	0,10	300	400	210	315	0,32
10	250	160	1,34	1,55	32,2	37,2	1,2	0,12	280	360	250	375	0,34
11	400	250	1,65	2,37	39,7	57,0	2,0	0,14	250	330	300	450	0,36
12	360	400	1,50	3,25	36,0	78,0	2,5	0,20	220	300	350	525	0,38
13	1000	630	2,83	3,70	68,0	88,8	4,0	0,28	200	290	470	705	0,40
14	1600	1000	3,57	5,06	86,0	121,0	6,5	0,36	180	270	600	900	0,45
15	2500	1600	4,60	7,28	110,0	175,0	10,0	0,60	160	250	750	1125	—
16	4000	2500	5,42	6,55	130,0	157,0	8,0	0,90	140	214	1000	1500	—

Примечания: 1. Номинальное напряжение питания постоянным (выпрямленным) током для муфт всех габаритных размеров 24 В. 2. Для муфт 04, 15 и 16 приведенные данные — предварительные. 3. Звездочкой обозначены справочные данные.

Рис. 4.38. Муфта контактного исполнения ЭИМ ... 2



$T_{в. отк}(t)$ при отключении электромагнитной муфты, соответствующей значению 0,1 от номинального вращающего момента, установленного нормативным документом; максимальной допустимой частотой вращения $n_{\max}$; средней теплорассеивающей способностью электромагнитной муфты ΔP , т. е. значением мощности, рассеиваемой электромагнитной муфтой при предельно допустимой температуре катушки, измеренной методом сопротивления в стационарном режиме.

В табл. 4.21 приведены некоторые основные параметры муфт серии ЭИМ.

Муфты контактного исполнения ЭИМ 2. На рис. 4.38, а (табл. 4.22) приведена конструкция муфты контактного исполнения ЭИМ 2, состоящая из ведомой втулки 1, соединенной с корпусом 3 торцевым немагнитным сварным швом 2; внутренних фрикционных дисков 6, соединенных эвольвентными шлицами с втулкой 1; наружных дисков 7, имеющих пазы для зацепления с поводком (рис. 4.38, б) — соединительной деталью механизма, в котором используется муфта; катушки 4, якоря 8, токоподводящего кольца 5.

При прохождении постоянного тока через катушку 4 рабочий магнитный поток замыкается по контуру Φ , якорь 8 и пакет дисков 6 и 7 притягиваются к корпусу 3. Таким образом, момент со втулки 1 через диски 6 и 7 передается на поводок. Расцепление дисков при отключении муфты обеспечивается упругими наружными дисками, имеющими волнообразную форму, при этом якорь отходит вправо до упора в бронзовое кольцо 9. Масло подается вдоль вала и через радиальные отверстия 10.

Муфты бесконтактного исполнения ЭИМ ... 4. На рис. 4.39 (табл. 4.23) представлена конструкция бесконтактной муфты исполнения ЭИМ 4, отличающаяся от муфты ЭИМ ... 2 (рис. 4.38) наличием составного магнитопровода, образуемого корпусом 2

Т а б л и ц а 4.22. Размеры (мм) муфт контактного исполнения ЭИМ ... 2 (рис. 4.38)

Обозначение	D (пред. откл. по Н9)	D_1 (пред. откл. по h11)	D_2	D_3	Δ	l	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l	d_1	b (пред. откл. по Н12)	Число пазов n	Число* дисков
04	72	72	28	67	$30_{-0,17}$	10,7	1,5	13	4,9	10	7	1,0	3	10	4	3/4
05	80	78	32	70	$32_{-0,17}$	11	1,5	14	4,9	10	7	1,1	3	10	6	3/4
06	90	88	35	80	$35_{-0,17}$	12,5	1,5	16	5,6	12	10	1,2	3	12	6	3/4
07	100	98	42	90	$38_{-0,17}$	15	1,5	16	7,2	12	10	1,6	3	12	6	4/5
08	110	110	50	100	$42_{-0,17}$	16	1,5	18	7,2	14	10	2,1	4	12	6	4/5
09	120	120	55	110	$45_{-0,17}$	18,5	1,5	20	9,0	16	10	2,3	4	16	6	4/5
10	135	135	60	125	$52_{-0,2}$	22	1,5	22	11,0	18	12	3,2	4	16	6	5/6
11	150	150	70	140	$60_{-0,2}$	23,5	2,0	25	10,8	20	12	3,3	4	16	8	5/6
12	170	170	80	160	$68_{-0,2}$	27	2,0	28	13,2	22	13	4,1	4	20	8	6/7
13	190	190	100	180	$78_{-0,2}$	32,5	2,0	31	17,6	25	18	3,6	5	20	8	6/7
14	215	215	110	200	$90_{-0,25}$	37,5	2,0	34	20,8	28	18	4,0	5	20	8	6/7
15	240	240	130	220	$100_{-0,25}$	43	2,0	38	24,0	32	20	5,5	6	25	8	7/8
16	270	270	140	250	$110_{-0,25}$	49	2,0	42	27,2	35	20	7,3	6	25	10	8/9

* В числителе условной дроби приведено число наружных дисков, в знаменателе — внутренних.

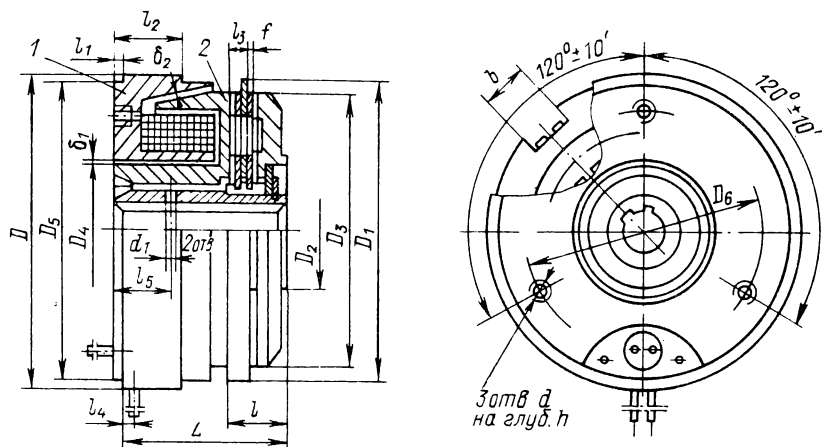


Рис. 4.39. Муфта бесконтактного исполнения ЭИМ ... 4

и катушкодержателем 1, разделенным балластными зазорами. Катушкодержатель 1 неподвижно крепят к деталям рабочего механизма, что дает возможность не применять элементы токоподвода. Наличие зазора между корпусом 2 и катушкодержателем 1 улучшает условия охлаждения катушки и обуславливает высокую эксплуатационную надежность этих муфт при тяжелых режимах работы.

Муфты тормозные исполнения ЭИМ ... 6. На рис. 4.40 (табл. 4.24) представлена муфта тормозная исполнения ЭИМ, име-

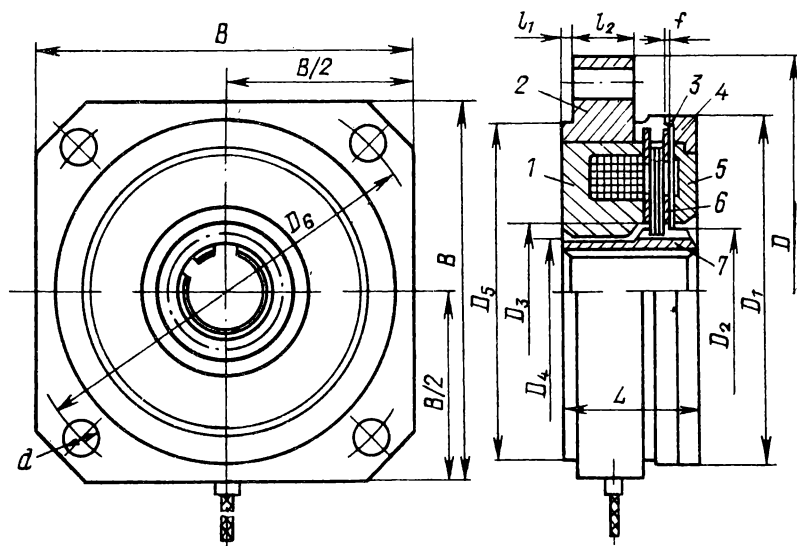


Рис. 4.40. Муфта тормозная исполнения ЭИМ ... 6

Т а б л и ц а 4.23. Размеры (мм) муфты бесконтактного исполнения ЭИМ...4 (рис. 4.39)

Обозначение	D (пред. откл. по h6)	D_1 (пред. откл. по h11)	D_2	D_3	D_4 (пред. откл. по h8)	D_5 (пред. откл. по h6)	D_6	Δ	l	l_1	l_2
04	72	72	28	67	37,5	65	50	$36_{-0,17}^{0,0}$	10,7	2	15
05	80	78	32	70	41,0	75	60	$38_{-0,17}^{0,0}$	11	2	15
06	90	88	35	80	46,5	85	70	$42,5_{-0,17}^{0,0}$	12,5	2	18
07	100	98	42	90	54,0	95	80	$45_{-0,17}^{0,0}$	15	3	20
08	110	110	50	100	61,4	100	90	$48_{-0,17}^{0,0}$	16	3	24
09	120	120	55	110	69,0	110	100	$55_{-0,2}^{0,0}$	18,5	3	26
10	135	135	60	125	78,2	125	110	$60_{-0,2}^{0,0}$	22	3	26
11	150	150	70	140	90,0	140	120	$68_{-0,2}^{0,0}$	23,5	4	32
12	170	170	80	160	104,2	160	140	$74_{-0,2}^{0,0}$	27	4	39,5
13	190	190	100	180	123,2	180	165	$86_{-0,23}^{0,0}$	32,5	5	32
14	215	215	110	200	132,2	200	180	$100_{-0,23}^{0,0}$	37,5	5	42,5
15	240	240	130	220	152,0	220	200	$110_{-0,23}^{0,0}$	43	5	58
16	270	270	140	250	168,0	250	230	$120_{-0,23}^{0,0}$	49	5	55

Обозначение	l_1	l_2	l_3	δ_1	δ_2^*	l	d	d_1	n , не более	b	h	Число дисков **
04	4,9	3	7	$-0,25^{+0,05}$	$0,25^{+0,07}$	1,2	M5	3	4	10	4	3/4
05	4,9	3,3	7	$0,25^{+0,05}$	$0,3^{+0,08}$	1,1	M5	3	4,5	10	6	3/4
06	5,6	3,3	10	$0,25^{+0,05}$	$0,3^{+0,08}$	1,2	M5	3	5	12	6	3/4
07	7,2	3,8	10	$0,3^{+0,08}$	$0,35^{+0,07}$	1,6	M5	3	5	12	6	4/5
08	7,2	4,5	10	$0,3^{+0,08}$	$0,35^{+0,07}$	2,1	M5	4	7	12	6	4/5
09	9	4	10	$0,3^{+0,08}$	$0,35^{+0,07}$	2,3	M5	4	6	16	6	4/5
10	11	4	12	$0,4^{+0,08}$	$0,4^{+0,08}$	3,2	M6	4	6,5	16	6	5/6
11	10,8	5,5	12	$0,4^{+0,08}$	$0,4^{+0,08}$	3,3	M6	4	9	16	8	5/6
12	13,2	5,5	13	$0,4^{+0,07}$	$0,45^{+0,09}$	4,1	M6	4	9	20	8	6/7
13	17,6	5,5	18	$0,4^{+0,08}$	$0,45^{+0,08}$	3,6	M8	5	11	20	8	6/7
14	20,8	5,5	18	$0,4^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	4	M8	5	14	20	8	6/7
15	24	5,5	20	$0,5^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	5,5	M8	6	14	25	8	7/8
16	27,2	5,5	20	$0,5^{+0,08}$	$0,5^{+0,09}$	7,0	M10	6	18	25	10	8/9

* Размер действителен при совмещении торцов T_1 (катушкодержателя) и T_2 (корпуса) в одну плоскость. T допустимое суммарное — монтажное и эксплуатационное смещение торца T_1 относительно торца $T_2 \pm 0,5$ мм независимо от габаритных размеров.

** В числителе основной дроби приведено число наружных дисков, в знаменателе — внутренних.

ющая деталь 2, охватывающую корпус 1. Якорь 5 подвешен на детали 2 через деталь 4. Наружные диски 3 соединены с деталью 2 поводком. Наличие зазора между якорем 5, корпусом 1 и шлицевой втулкой 7 позволяет свободно вращаться внутренним дискам 6 с втулкой 7 при отключении муфты.

При включении муфты к шлицевой втулке 7 прикладывается тормозной момент, равный вращающему моменту муфты. Усилие

Т а б л и ц а 4.24. Размеры (мм) тормозных муфт исполнения Э1М...6 (рис. 4.40)

Обозначение	D (допуск $-0,5$)	D_1 (пред. откл. по h9)	D_2 (пред. откл. по h9)	D_3 (пред. откл. по H11)	D_4	D_5 (пред. откл. по h6)	D_6 (допуск $\pm 0,2$)	Δ	B	l_1 (пред. откл. по H12)	l_2 (допуск $-0,2$)	d (допуск $+0,2$)	t	Число дис-ков *
04	105	75	28	29	25	70	90	$30_{-0,17}^{+0,14}$	80	3	15,5	9	1,0	4/3
05	115	85	32	33	29	80	100	$32_{-0,17}^{+0,17}$	90	3	16	9	1,1	4/3
06	125	95	35	36	32	90	110	$35_{-0,17}^{+0,17}$	100	3	16	9	1,2	4/3
07	140	105	42	43	37	100	123	$38_{-0,17}^{+0,17}$	110	3	16	11	1,8	5/4
08	150	115	50	51	44	110	133	$42_{-0,17}^{+0,17}$	120	4	16	11	2,3	5/4
09	170	130	55	57	50	120	150	$45_{-0,17}^{+0,17}$	135	4	16	13	2,5	5/4
10	185	145	60	62	56	135	165	$52_{-0,2}^{+0,2}$	150	4	20	13	3,5	6/5
11	215	165	70	72	65	150	190	$60_{-0,2}^{+0,2}$	170	5	20	17	3,2	6/5
12	235	185	80	82	76	170	210	$68_{-0,2}^{+0,2}$	190	5	20	17	4,3	7/6
13	255	205	100	103	97	190	230	$78_{-0,2}^{+0,2}$	210	5	25	17	4,0	7/6
14	290	225	110	112	106	210	256	$90_{-0,23}^{+0,23}$	230	5	25	21	4,2	7/6
15	310	245	130	134	126	230	276	$100_{-0,23}^{+0,23}$	250	5	25	21	5,5	8/7
16	355	280	140	144	136	265	312	$110_{-0,23}^{+0,23}$	285	5	25	21	7,3	9/8

* В числителе условной дроби приведено число наружных дисков, в знаменателе — внутренних.

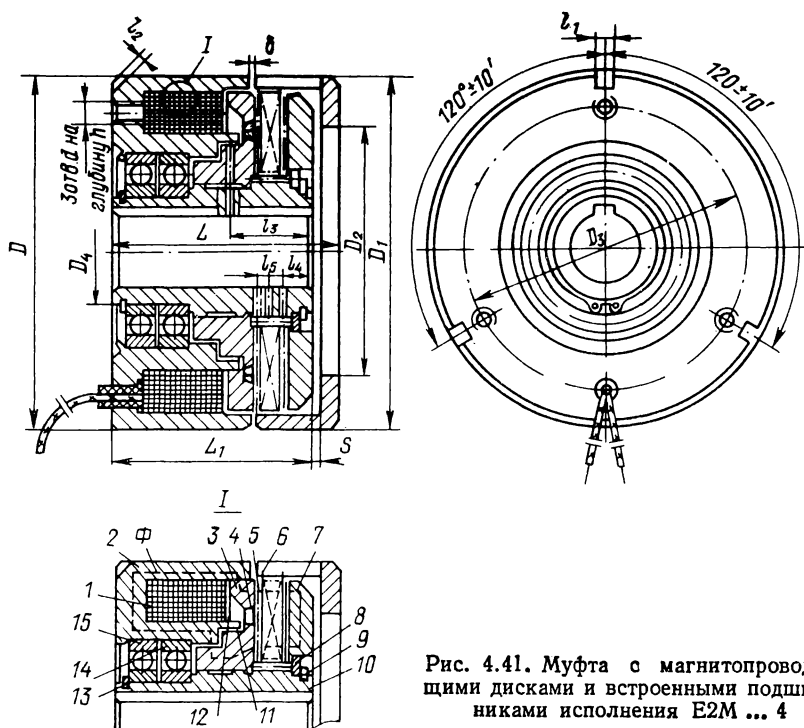


Рис. 4.41. Муфта с магнитопроводящими дисками и встроенными подшипниками исполнения Е2М ... 4

Т а б л и ц а 4.25. Размеры (мм) муфты исполнения Е2М...4 (рис. 4.41)

Обозначение	D (пред. откл. по h6)	D_1 (пред. откл. по h9)	D_{2min} (пред. откл. по H7)	$D_3 \pm 0,2$	$D_4 \max$	L	L_1	S
054	80	80	40	60	25	48,5	42	2,5
064	90	90	45	70	30	55,5	48	2,5
074	100	100	55	80	35	57,5	50	2,5
084	110	110	65	90	45	63,0	55	3
094	120	120	70	100	50	70,0	60	3,5
104	135	135	75	110	55	79,0	69	4
114	150	150	95	120	65	85,0	74	4
124	170	174	105	140	75	97,0	85	4
134	190	192	125	165	90	112,0	98	5
144	215	215	135	180	100	121,0	107	5

Обозначение	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	d	$h_{\max}$	δ
054	4	3,0	18	7,0	3,0	M5	$5+0,9$	0,8
064	4	4,0	23	7,0	4,2	M5	$5+0,8$	1,0
074	5	4,0	26	8,5	5,0	M5	$5+0,8$	1,5
084	6	4,0	27	8,4	$2 \times 3,3$	M5	$6+0,8$	1,5
094	6	4,5	28	9,0	$2 \times 3,7$	M5	$6+0,8$	1,5
104	8	4,5	30	10,0	$2 \times 4,0$	M6	$6,5+1,0$	2,0
114	8	6,0	33	11,5	$2 \times 4,7$	M6	$9+1,0$	2,5
124	8	6,0	41	12,0	$3 \times 4,0$	M6	$9+1,0$	5,0
134	10	7,0	44	14,0	$3 \times 5,0$	M8	$11+1,0$	3,0
144	10	7,0	47	15,0	$3 \times 6,0$	M8	$14+1,0$	4,5

торможения замыкается на корпус узла через наружные диски 3 и деталь 2.

Муфты тормозные исполнения Е2М 4¹. Муфты данной серии предназначены для применения в основном в автоматических коробках передач с корпусами, имеющими разъем по главной плоскости симметрии. Их целесообразно применять в механизмах подачи станков в труднодоступных для осмотра местах.

Исполнение Е2М ... 4 включает в себя 10 основных габаритных размеров серии (от 0,5 до 14) на номинальные моменты 16—1000 Н·м.

На рис. 4.41 (табл. 4.25) представлена электромагнитная муфта с магнитопроводящими дисками и встроенными подшипниками качения исполнения Е2М 4. Муфта состоит из катушки 1, размещенной в пазу катушкодержателя 2 без специального каркаса; корпуса 3 с полюсами, соединенными магнитоизолирующим швом 4; несущей втулки 10, на которой монтируются подшипники 15; внутренних дисков 5, наружных дисков 6, якоря 7 и

¹ Муфты разработаны совместно с Польским исследовательско-конструкторским бюро муфт и тормозов (ИКБМТ).

вспомогательных деталей 8 и 9 крепления якоря. Подшипники установлены с небольшим осевым натягом, обеспеченным комбинированной упорной шайбой 14 и стопорным кольцом 13.

При подаче напряжения к обмоткам катушки 1 рабочий магнитный поток замыкается по контуру Φ . Переход магнитного потока с неподвижной части магнитопровода на вращающуюся осуществляется через балластные зазоры 11 и 12. За исключением конфигурации этих зазоров и повышенного рассеяния потока через подшипники и ступицу во втулку, магнитные системы муфт исполнения Е2М ... 4 и ЭИМ 4 (ГОСТ 21573—76*) аналогичны. Параметры муфт Е2М 4 совпадают с аналогичными параметрами муфт ЭИМ 4 (см. табл. 4.23) с небольшими отклонениями времени запаздывания электромагнитной муфты $t_{0,1}$ и допустимых значений средней теплорассеивающей способности ΔP , ограничиваемой температурными условиями работы подшипников.

Выбор электромагнитных муфт. Данная методика предложена ЭНИМСом [89]. Муфты оцениваются по следующим параметрам: статическому (передаваемому) моменту; динамическому (вращающему) моменту; времени переходного процесса в приводе; средней мощности потерь; единичной энергии; остаточному передаваемому моменту. В некоторых случаях оценки, практически не влияющие на выбор муфты для конкретного механизма, можно опускать.

Предлагается следующий порядок подбора муфты.

1. Оценка по статическому моменту. Номинальный момент $T_{\text{ном}}$ муфты должен превышать максимальное значение приведенного статического момента нагрузки $T_{\text{ст. макс}}$, прикладываемого после включения муфты,

$$T_{\text{ном}} < k T_{\text{ст. макс}}, \quad (4.42)$$

где k — коэффициент запаса ($k = 1,1 \div 1,6$ — меньшие значения берутся при более плавном изменении нагрузки).

2. Оценка по динамическому моменту. Вращающий момент $T_{\text{в}}$ муфты должен превышать максимальное значение приведенного момента трогания $T_{\text{трог}}$ механизма

$$T_{\text{в}} > T_{\text{трог}}. \quad (4.43)$$

3. Оценка по времени переходного процесса.

На рис. 4.42, а представлена фактическая и расчетная динамическая характеристика муфты. Эта нелинейная зависимость при расчетах заменяется кусочно-линейной (рис. 4.42, б), а при «длинных» разгонах механизмов принимается постоянной (рис. 4.42, в). В последнем случае время разгона t_p механизма с приведенным моментом инерции J ($\text{кг} \cdot \text{м}^2$) при изменении частоты вращения ведущего вала от n_1 до n_2 (об/мин) при приведенном моменте сопротивления движению T_0 ($\text{Н} \cdot \text{м}$) равно

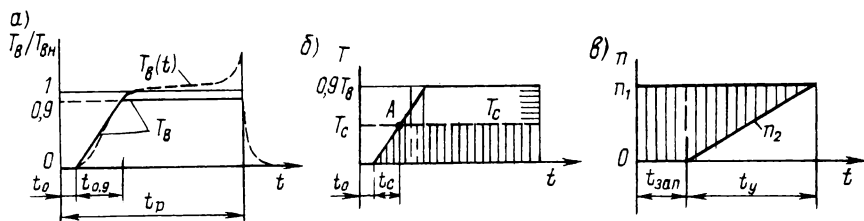


Рис. 4.42. Динамическая характеристика муфты

$$t_p = \frac{J}{9,55} \frac{n_2 - n_1}{0,9T_B - T_c}; \quad (4.44)$$

время торможения от n_2 до n_1

$$t_T = \frac{J}{9,55} \frac{n_2 - n_1}{0,9T_B - T_c}; \quad (4.45)$$

время реверса от $+n_2$ до $-n_2$

$$t_{\text{рев}} = t_p + t_T, \quad (4.46)$$

где t_p и t_T вычисляются по формулам (4.44) и (4.45) при $n_1 = 0$.

Следует выбирать муфту, значение T_B которой обеспечивает необходимые для данного механизма t_p , t_T , $t_{\text{рев}}$.

Если расчетные величины t_p , t_T , $t_{\text{рев}}$ соизмеримы со временем запаздывания муфты при включении $t_a = t_o + 0,5t_{0,9}$, то они определяются с учетом кусочно-линейной характеристики муфты. При этом считают, что время разгона складывается из интервала нарастания вращающего момента муфты до значения момента сопротивления (на рис. 4.42 точка A) и времени, прошедшего до установления выходной скорости.

Кусочно-линейная характеристика муфты описывается функцией вида:

$$T_B(t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq t < t_o; \\ 0,9T_B t/t_{0,9} & t_o < t < t_{0,9}; \\ 0,9T_B & t > t_{0,9}; \end{cases} \quad (4.47)$$

$$t_p = t_{\text{TP}} + t_y; \quad (4.48)$$

$$t_{\text{TP}} = t_o + 1,11t_{0,9}T_c/T_B. \quad (4.49)$$

Время установления

$$t_y = \frac{J(n_2 - n_1)}{9,55(0,9T_B - T_c)} + \frac{(0,9T_B - T_c)t_{0,9}}{0,9T_B^2}. \quad (4.50)$$

Время торможения от n_2 до n_1

$$t_T = \frac{J(n_2 - n_1)}{9,55(0,9T_B - T_c)} + \frac{0,9T_B(t_o + t_{0,9}/2)}{0,9T_B + T_c}. \quad (4.51)$$

Время реверса от $+n_2$ до $-n_2$ вычисляется по формуле (4.46), слагаемые которой определяются по выражениям (4.47)—(4.50) при $n_1 = 0$.

Параметры t_0 , $t_{0,9}$ приведены в табл. 4.21.

4. Оценка по средней мощности потерь. Средние потери $\Delta P_{\text{ср}}$ определяются выражением

$$\Delta P_{\text{ср}} \approx \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_0 (1 - \text{ПВ}/100) + P_{\text{к}} \text{ПВ}/100, \quad (4.52)$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ — потери на трение; $P_{\text{к}}$ — джоулевы потери в обмотке; ПВ — относительная продолжительность включения муфты, %.

При разгоне

$$\Delta P_{\text{тр.р}} \approx \frac{J (n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_{\text{в}}}{0,9T_{\text{в}} - T_{\text{с}}} \frac{z}{3600}, \quad (4.53)$$

при торможении

$$\Delta P_{\text{тр.т}} \approx \frac{J (n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_{\text{в}}}{0,9T_{\text{в}} + T_{\text{с}}} \frac{z}{3600}; \quad (4.54)$$

при реверсе ($n_1 = 0$)

$$\Delta P_{\text{тр.рев}} = \Delta P_{\text{тр.р}} + 3\Delta P_{\text{тр.т}}, \quad (4.55)$$

где z — число включений в час; ΔP_0 — потери холостого хода, Вт,

$$\Delta P_0 = 0,105T_{\text{ов}}n_{\text{отн}}, \quad (4.56)$$

$n_{\text{отн}}$ — относительная частота вращения дисков при отключенной муфте.

Величина $\Delta P_{\text{ср}}$ должна удовлетворять неравенству

$$\Delta P_{\text{ср}} < \Delta P. \quad (4.57)$$

Значения $T_{\text{ов}}$ и $P_{\text{к}}$ при 20 °С для данной муфты берутся из табл. 4.21.

При установке муфты на вертикальном валу норму ΔP необходимо уменьшить.

При «коротких» разгонах, торможениях, реверсах вместо выражений (4.53)—(4.55) мощность потерь рассчитывают по формулам

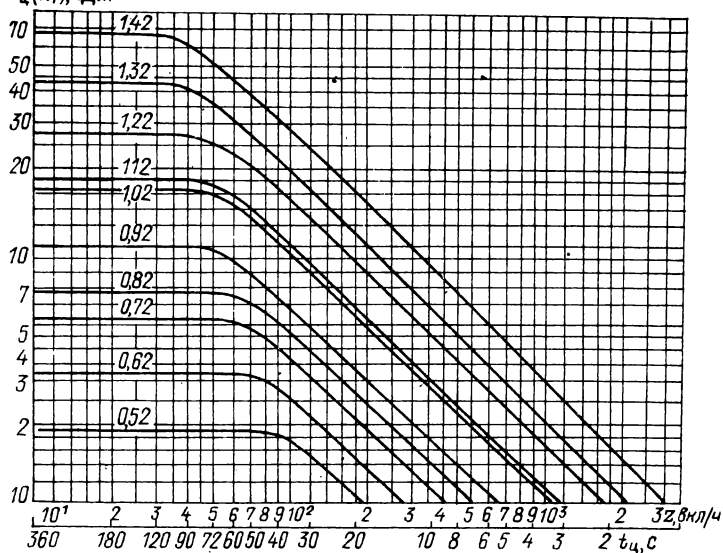
$$\Delta P'_{\text{р}} = \left\{ \frac{J (n_2 - n_1)^2}{182} \frac{0,9T_{\text{в}}}{0,9T_{\text{в}}T_{\text{с}}} + \frac{T_{\text{с}} (n_2 - n_1) t_{0,9}}{19,1} \right\} \frac{z}{3600}; \quad (4.58)$$

$$\begin{aligned} \Delta P'_{\text{т}} = & \left\{ \frac{J}{2} \left[\frac{n_2 - n_1}{9,55} - \frac{T_{\text{с}} (2t_0 + t_{0,9}) + 0,9T_{\text{в}}t_{0,9}}{2J} \right]^2 \frac{0,9T_{\text{в}}}{0,9T_{\text{в}} + T_{\text{с}}} + \right. \\ & \left. + \frac{0,9T_{\text{в}}t_{0,9}}{2} \left[\frac{n_2 - n_1}{9,55} - \frac{2T_{\text{с}} (2T_0 + t_{0,9}) + 0,9T_{\text{в}}t_{0,9}}{4J} \right] \right\} \frac{z}{360}; \quad (4.59) \end{aligned}$$

$$\Delta P'_{\text{рев}} = \Delta P'_{\text{р}} + 3\Delta P'_{\text{т}}. \quad (4.60)$$

Слагаемые в правой части формулы (4.59) вычисляются при $n_1 = 0$. Если частота включений $z \geq z_{\text{нар}}$ ($z_{\text{нар}}$ — частота вклю-

а) $A_u(A_1), \text{кДж}$



б)

$A_u(A_1), \text{кДж}$

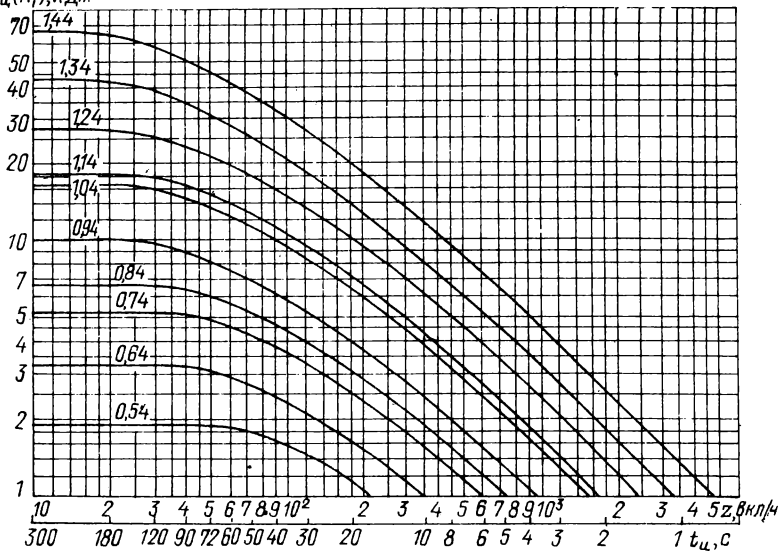


Рис. 4.43. Графики для определения энергии цифровых потерь муфт ЭИМ ... 2 (а) и ЭИМ ... 4 (б)

чений, обеспечивающая усреднение потерь, τ^{-1}), то суммарная средняя мощность потерь $\Delta P_{\text{ср}}$ по-прежнему должна удовлетворять условию (4.57).

Для меньших значений частоты в случае, когда

$$z_{\min} < z < z_{\text{нор}}, \quad (4.61)$$

условие усреднения во времени нарушается, поэтому допустимая величина ΔP понижается с уменьшением z . Для z по формуле (4.61) расчетная средняя мощность потерь должна удовлетворять неравенству

$$\Delta P_{\text{ср}} < A_{\text{ц}} z / 3600, \quad (4.62)$$

где энергия цикловых потерь $A_{\text{ц}}(z)$ определяется по графикам, приведенным на рис. 4.43.

Для значений z в интервале $z_{\min} < z < z_{\text{нор}}$ условие (4.62) действует независимо от того, по каким формулам рассчитывались потери — по (4.52)—(4.55) или по (4.58)—(4.60).

5. Оценка по единичной энергии. Для $z < z_{\min}$ понятие средней мощности потерь не имеет смысла вследствие больших интервалов между двумя соседними энергетическими импульсами. Здесь ограничивающим фактором является предельная энергия, воздействие которой за одно включение еще не вызывает необратимых тепловых деформаций дисков, т. е. единичная энергия A_1 . Расчетная величина действующего импульса энергии определяется по следующим выражениям:

при разгоне

$$A_p = \frac{J n^2}{182} \frac{0,9 T_{\text{в}}}{0,9 T_{\text{в}} - T_{\text{с}}}; \quad (4.63)$$

при торможении

$$A_{\text{т}} = \frac{J n^2}{182} \frac{0,9 T_{\text{в}}}{0,9 T_{\text{в}} + T_{\text{с}}}; \quad (4.64)$$

при реверсе

$$A_{\text{рев}} = A_p + 3 A_{\text{т}}. \quad (4.65)$$

При этом должно выполняться неравенство

$$A_p \text{ (или } A_{\text{т}}, A_{\text{рев}}) < A_{\text{т}}. \quad (4.66)$$

Погрешность расчета энергии по формулам (4.62)—(4.65) тем меньше, чем ниже $T_{\text{с}}$ и больше продолжительность процесса. Если $T_{\text{с}} = 0$, то результат точен независимо от соотношения величин t_p , $t_{\text{т}}$, $t_{\text{рев}}$ и $t_{0,9}$. При $T_{\text{с}} \neq 0$ формула (4.63) дает положительную погрешность (т. е. заниженные значения энергии), а формула (4.64) — отрицательную (расчетные потери выше фактических). Поэтому для приводов с достаточно большим приведенным моментом ($T_{\text{с}}/T_{\text{в}} \approx 0,3 \div 0,8$) и относительно коротким временем t_p , $t_{\text{т}}$, $t_{\text{рев}}$ рекомендуется вместо формул (4.63) и (4.64)

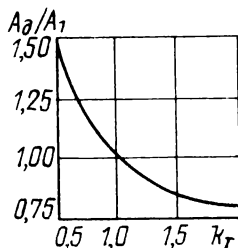


Рис. 4.44. График для определения допустимой энергии A_d по единичной энергии A_1 при растянутом $k_T < 1$ и форсированном ($k_T > 1$) торможении

пользоваться выражениями (4.58) и (4.59), представляющими собой уточненные соотношения для расчета A_p и A_T соответственно. Особенно это целесообразно, когда результат приближенного расчета находится на границе допустимого, т. е. A_p (A_T , $A_{pев}$), ибо уточнение может повлиять на выбор габаритного размера муфты.

Все изложенное относится также к расчету средней мощности потерь ΔP_p и ΔP_T в повторно-кратковременном режиме.

В связи с тем что радиальное распределение температуры в дисках при мощных теплоимпульсных нагрузках зависит от соотношения масштабов тепло-

вого и механических процессов, допустимая величина при более плавном, «растянутом», торможении увеличивается (при резком торможении уменьшается) по сравнению со значениями, приведенными на графиках рис. 4.43. Поправочный коэффициент определяется по графику, приведенному на рис. 4.4. Значения тепловой постоянной T_c для дисков муфт 07—14 приведены ниже:

Обозначение	T_c
07	0,60
08	0,75
09	0,92
10	1,51
11	1,67
12	1,91
13	1,87
14	2,75

Увеличение (уменьшение) продолжительности торможения должно обеспечиваться соответствующим выбором передаточного отношения от муфты к нагрузке (но не понижением напряжения питания катушки).

6. Оценка по остаточному передаваемому моменту. Условие отсутствия самопроизвольного перемещения механизма под действием остаточного передаваемого момента (только для ведущих муфт):

$$T_{c \min} > (1,5 \div 2) T_{оп}, \quad (4.67)$$

где $T_{c \min}$ — минимальный момент сопротивления механизма при движении на холостом ходу, приведенный к валу муфты.

При реверсировании T может уменьшаться вследствие раскрытия люфтов, приводящего к разрыву непосредственной кинематической связи между ведомой частью муфты и нагрузкой. Значения остаточного момента $T_{оп}$ приведены в табл. 4.21. Муфта,

выбранная на основе оценок по пп. 1—5, проверяется по п. 6. Если условие (4.67) не выполняется, а уменьшить $T_{оп}$ не представляется возможным, то в механизме необходимо обеспечить дополнительное подтормаживание или ввести тормозную муфту.

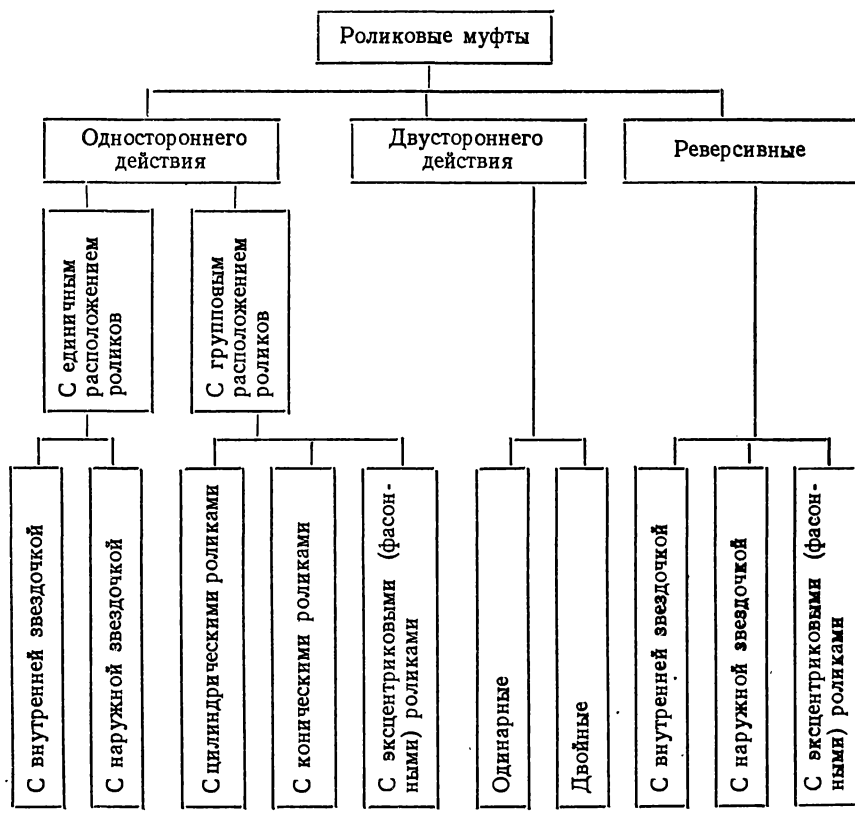
Г л а в а 5

МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА

Муфты свободного хода¹ служат для передачи момента только в заданном направлении при равенстве скоростей вращения ведущего и ведомого звеньев; если скорость ведомого звена пре-

С х е м а

Классификация фрикционных муфт свободного хода



¹ В литературе встречаются также названия «обгонные муфты», «механизмы свободного хода».

высит скорость ведущего звена, муфта автоматически разобщит соединенные агрегаты.

По принципу действия различают два вида муфт свободного хода: фрикционные и храповые. Наибольшее распространение получили первые благодаря способности работать при высоких скоростях, любом числе включений, малому мертвому ходу, бесшумности.

В машино- и приборостроении широко используют фрикционные роликовые муфты, обладающие малыми размерами: детали их технологичны, обслуживание сводится к периодической замене смазки, промывке. Диапазон передаваемых ими моментов весьма широк: от 0,1 до 100 000 Н·м; диаметр посадочного отверстия внутренней обоймы колеблется от 5 до 1800 мм, а диаметр отверстия наружной обоймы — от 20 до 580 мм.

Недостатками фрикционных муфт свободного хода являются: отсутствие ремонтпригодности; обязательность строгой соосности ведущей и ведомой деталей; отсутствие возможности регулирования.

На схеме представлена классификация роликовых фрикционных муфт свободного хода [43].

5.1. Основные типы фрикционных роликовых муфт

Принципиальная схема роликовой муфты свободного хода представлена на рис. 5.1.

Муфта состоит из обоймы 2 и звездочки 4, являющихся полу-муфтами, роликов 3 и прижимных устройств 1. Число роликов — от 3 до 8, а иногда и больше. При значительной длине ролика может быть установлено по два прижимных устройства на каждый ролик. Известны, впрочем, конструкции муфт, не имеющие прижимных устройств. Во избежание перекоса роликов необходимо

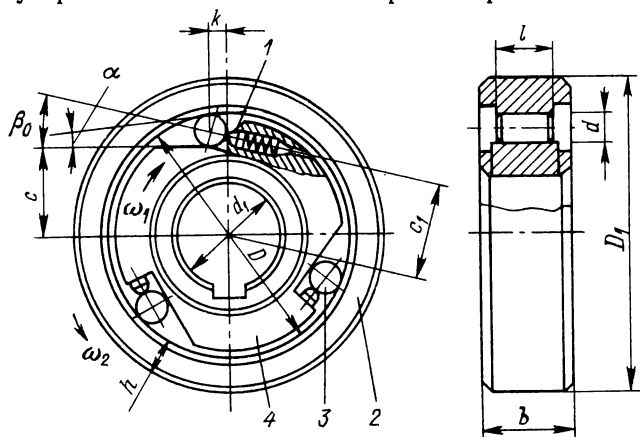


Рис. 5.1. Схема роликовой муфты свободного хода

применять сепараторы. Обычно внутренняя поверхность обоймы выполняется как поверхность цилиндра. Для получения постоянных по величине углов заклинивания роликов рабочая контактная поверхность звездочки 4 делается цилиндрической, эксцентричной относительно оси звездочки или профилируется по логарифмической спирали. Однако по соображениям простоты изготовления и отсутствия надобности в специальной оснастке при обработке и контроле большее распространение получили муфты с профилированием звездочки по прямой.

Ведущим звеном муфты может быть как звездочка, так и обойма. При направлении вращения согласно рис. 5.1 ведущей может быть только звездочка, так как только в этом случае ($\omega_1 > \omega_2$) ролик окажется втянутым в сужающуюся часть клина. Главным параметром муфты является угол заклинивания α , обычно $\alpha = 6 \div 10^\circ$. В нормальных принято $\alpha = 6^\circ$.

Геометрические параметры муфты могут быть предварительно определены из соотношений

$$D \approx 7,7 \sqrt[3]{T_{\text{расч}}/z},$$

где $T_{\text{расч}}$ — расчетный вращающий момент, Н·м; z — число роликов; D , мм — на рис. 5.1;

$$c = [\cos \alpha (D - d) - d]/2, \quad (5.1)$$

а при обычно принимаемом $D/d \approx 8$

$$c = [d (7 \cos \alpha - 1)]/2; \quad \cos \alpha = (2c + d)/(D - d); \quad (5.2)$$

$$\beta_0 \approx 15^\circ; \quad D_1 = D + 2h; \quad l \approx 1,5d;$$

$$k \approx 0,5 \sqrt{D^2 - 4(c + d)^2}; \quad c_1 = [0,5 (2c + d) - k \operatorname{tg} \beta_0] \cos \beta_0;$$

$$h_{\min} = \sqrt{30 T_{\text{расч}} (D_1 + D) \varepsilon k_i / (D B f_c [\sigma]_n)},$$

где D , D_1 и B — в мм; ε — коэффициент, учитывающий влияние числа роликов на деформацию обоймы, $\varepsilon = 1/(2z) [z/\pi - \operatorname{ctg} (180^\circ/z)]$; f_c — коэффициент трения скольжения по стали при наличии смазки, для пары сталь—сталь $f_c \approx 0,06$; для стали 20Х $[\sigma]_n = 200$ Н/мм²; k_i — коэффициент, учитывающий влияние радиуса кривизны обоймы на ее деформацию. Для выбора k_i предварительно определяют параметр $(D_1 + D)/(4h)$:

k_i	2,89	2,13	1,79	1,63	1,52	1,3	1,2	1,12	1,09	1,07
$(D_1 + D)/(4h)$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2	3	4	5

Толщину обоймы h принимают: для малых муфт $1/5D$, для больших — $1/8D$.

Кинематическая схема одинарной муфты одностороннего действия, соответствующая схеме, приведенной на рис. 5.1, показана на рис. 5.2, а.

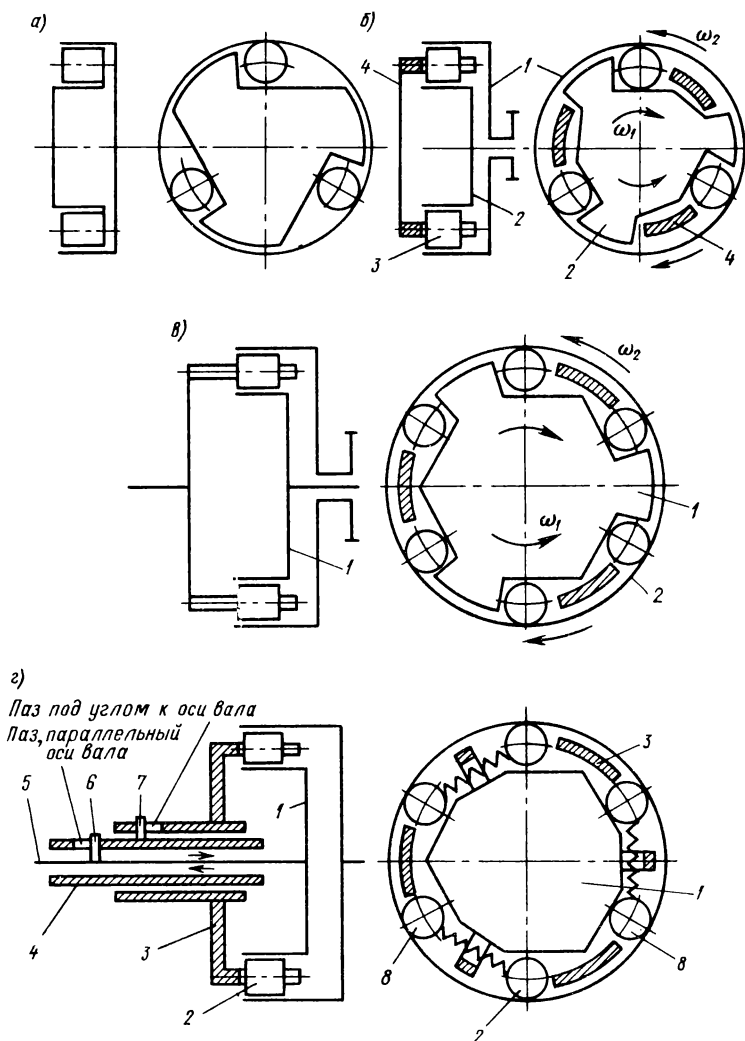


Рис. 5.2. Кинематические схемы роликовых муфт свободного хода

Одинарная муфта двустороннего действия (рис. 5.2, б). Муфты этого типа связывают три кинематические цепи и служат для передачи движения и момента ведомому валу попеременно от одной из двух кинематических цепей. Отличаются от муфт одностороннего действия наличием вилки (сепаратора) 4. Вилка имеет самостоятельный источник движения. Ведущим может быть любое из звеньев, т. е. либо обояма 1, либо вилка 4, либо звездочка 2. Между вилкой и звездочкой имеется жесткая кинематическая связь, и, следовательно, они всегда вращаются совместно.

Если ведет обойма 1, то, вращаясь по часовой стрелке, она увлекает ролики в узкую часть клина. С момента заклинивания наступает равенство $\omega_1 = \omega_2$; с этой угловой скоростью будет вращаться вся система, причем благодаря прорезям заклиненные ролики 3 ведут вилку. Однако если момент, приложенный к вилке, окажется достаточным для преодоления сопротивления роликов расклиниванию, произойдет разъединение обоймы и звездочки. Вращаясь против часовой стрелки со скоростью $\omega_2 > \omega_1$, обойма не ведет. Вилка не может передавать вращение обойме при любом направлении вращения. Если ведет звездочка, то при движении против часовой стрелки происходит заклинивание роликов, и вся система вращается как одно целое со скоростью ω_1 . При движении по часовой стрелке звездочка вызовет расклинивание системы.

Муфта двоянная двустороннего действия (рис. 5.2, в). Сдвоенная муфта отличается от одинарной удвоенным числом роликов и рабочих заклинивающих поверхностей. Заклинивание происходит при вращении как звездочки 1, так и обоймы 2 в любую сторону. Если ведущей является обойма, то полный вращающий момент передается звездочке и ограниченный — вилке в соответствии с сопротивлением последней. Вилка может вести только звездочку, звездочка передает вращение как обойме, так и вилке.

Реверсивная муфта (рис. 5.2, г). Как и муфта одностороннего действия, она соединяет две кинематические цепи. В зависимости от включения она может передавать момент в обоих направлениях: ролики 2 заклинивают муфту в прямом направлении, ролики 8 — в обратном. Ролики 2 и 8 расположены попарно на рабочих поверхностях прямого и обратного ходов и имеют общую распорную (прижимную) пружину, установленную в отверстии специального выступа на звездочке. Между каждой парой роликов, противоположных роликам с распорной пружинкой, расположен зуб вилки переключателя 3. Если повернуть и зафиксировать зуб переключателя относительно звездочки так, чтобы он переместил ролик 2 (на правой проекции рис. 5.2, г) по часовой стрелке, то ролик окажется в широкой части клина, т. е. в положении холостого хода. Наоборот, правый ролик 8 при движении звездочки против часовой стрелки заклинит муфту и передаст момент того же направления. Схема механизма переключения может быть, например, такой: на валу 5 на скользящей посадке установлена втулка 4, которая может скользить вдоль оси вала, направляемая штифтом 6 (ось паза втулки параллельна оси вала). Втулка 4, в свою очередь, имеет штифт 7, который скользит в косом пазу ступицы переключателя 3 при осевом перемещении втулки 4. Так как паз в ступице расположен под углом к оси вала 5, то осевое движение втулки 4 вызывает поворот на некоторый угол переключателя 3 относительно звездочки 1.

Управление переключением может осуществляться вручную или автоматически (дистанционно или непосредственно).

5.2. Геометрия роликовых муфт

Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. 5.3). Положение ролика с центром в F_1 — рабочее (заклиненное) положение; положение ролика с центром в F_2 — положение его в период свободного хода (расклиненное состояние); S — зазор между роликами и внутренней поверхностью обоймы в расклиненном состоянии, обеспечивающий свободный ход.

К соотношениям (5.1) и (5.2) добавляются:

$$\cos(\alpha/2) = \sqrt{(D + 2c)/[2(D - d)]}; \quad (5.3)$$

$$b = [(D - d)/2] \sin \alpha; \quad c_1 = [(D - d)/2] \sin \beta.$$

Из уравнений (5.2) и (5.3) видно, что с увеличением c и d угол заклинивания α уменьшается, с увеличением D — увеличивается. На угол α существенно влияют погрешности изготовления деталей муфты. Если обозначить индексами b и m наибольшее и наименьшее предельные отклонения размеров деталей, то формулу (5.2) можно записать так:

$$\cos \alpha_m = (2c_b + d_b)(D_m - d_b); \quad (5.4)$$

$$\cos \alpha_b = (2c_m + d_m)(D_b - d_m). \quad (5.5)$$

Между величинами a и S имеется связь:

$$a = 0,5 \{ d [1 - \cos(\alpha + \beta)] / [\sin(\alpha + \beta)] - \\ - (D - d - 2S) \sin \varphi \};$$

$$\cos \varphi = [(D - d) \cos \alpha] / (D - d - 2S).$$

Предельные отклонения размеров c и c_1 принимают следующие значения — табл. 5.1.

Если принять, например, $D = 200$, то $D_m = D_{ном} = 200$; $D_b = 200 + 0,045 = 200,045$; $d_m = 25,0 - 0,014 = 24,986$; $d_b = d_{ном} = 25,0$; $c_m = 74,52 - 0,14 = 74,38$; $c_b = 74,52$ (для роликов предельное отклонение и разница между $\cos \alpha_m$ и $\cos \alpha_b$ [см. формулы (5.4) и (5.5)] составит около 1°). Следует иметь в виду, что кроме погрешностей изготовления на величину угла α оказывают влияние также деформации деталей и их износ.

Муфта с цилиндрическими роликами и неплоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. 5.4). Чем больше угол заклинивания α , тем больше, при прочих равных условиях, нагрузочная способность муфты. Отсюда вытекает естественное стремление к выбору возможно большего допустимого угла и такой конструкции, которая обеспечивала бы стабильность угла заклинивания, несмотря на изменение некоторых размеров вследствие изнашивания. На рис. 5.4 изображена муфта, рабочая часть профиля звездочки которой для обеспечения постоянства угла заклинивания очерчена по дуге окружности. Центр этой окружности смещен

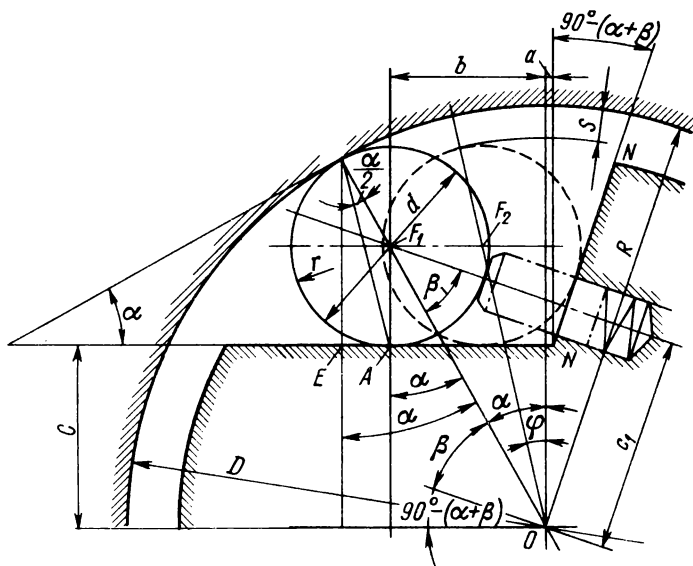


Рис. 5.3. Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки

относительно центра обоймы на величину e . Для построения профиля имеются зависимости:

$$r_e = D/2 - d; \quad e = (D - d) \sin(\alpha/2). \quad (5.6); (5.7)$$

При выбранных D , d , α находим r_e и e .

С целью увеличения износостойкости наиболее напряженного звена — ролика — диаметр его на рис. 5.4 увеличен.

Постоянство угла заклинивания позволило за счет большей его величины ($\alpha = 10^\circ$) снизить контактные напряжения в местах касания роликов и обойм и вместе с тем обеспечило равномерное распределение нагрузки между роликами.

Испытания опытных образцов описанной муфты, по свидетельству автора В. Ф. Мальцева [43], показали их высокую долговечность при нагрузках, в семь раз превышающих допускаемые.

Т а б л и ц а 5.1. Размеры c и c_1 (мм) с предельными отклонениями

D (пред. откл. по Н7)		c_1	D (пред. откл. по Н7)		
32	11,92 _{-0,01}	13,0 _{-0,2}	100	36,76 _{-0,06}	40,5 _{-0,5}
40	14,90 _{-0,01}	16,3 _{-0,2}	125	46,20 _{-0,08}	50,8 _{-0,5}
50	18,87 _{-0,02}	21,2 _{-0,3}	160	59,61 _{-0,13}	62,5 _{-0,6}
65	24,34 _{-0,03}	26,6 _{-0,3}	200	74,52 _{-0,14}	81,5 _{-0,6}
80	29,80 _{-0,04}	32,6 _{-0,3}	—	—	—

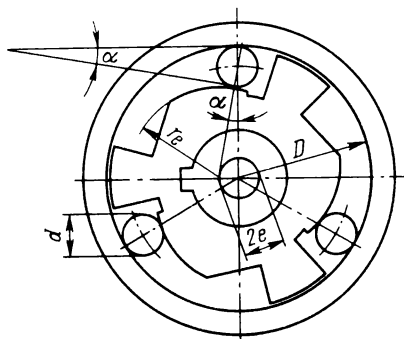


Рис. 5.4. Муфта с рабочим участком звездочки, очерченным дугой окружности (муфта с постоянным углом заклинивания)

тельно должны быть одинаковы; наоборот, для снижения контактных напряжений желательно, чтобы $r_2 > r_1$, где r_2 и r_1 — радиусы поверхности ролика, обращенной соответственно к внутренней и наружной обоймам.

В рассматриваемой муфте главным параметром является угол φ (рис. 5.5). Эксцентриситет находим из выражения

$$e = \sqrt{(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - 2(R_1 - r)(R_2 + r) \cos \beta}. \quad (5.8)$$

Вследствие малости угла β можно принять $\cos \beta = 1$, тогда:

$$\left. \begin{aligned} e &\approx \sqrt{R_2^2 + 4r^2 + R_1^2 + 4rR_2 - 4rR_1 - 2R_1R_2} = R_2 + 2r - R_1; \\ \sin \varphi &= OB \sin \beta / (AB) = R \sin \beta \sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \beta}. \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

Величина $\cos \beta$ может быть найдена из выражения (5.8)

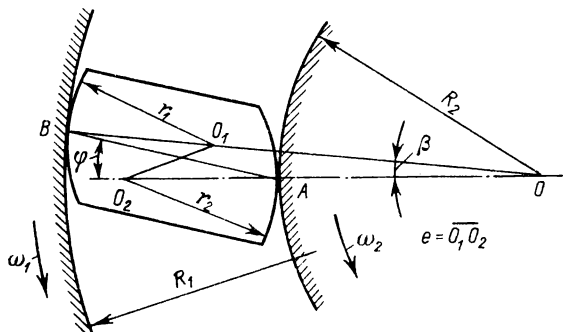


Рис. 5.5. Муфта с эксцентриковыми роликами

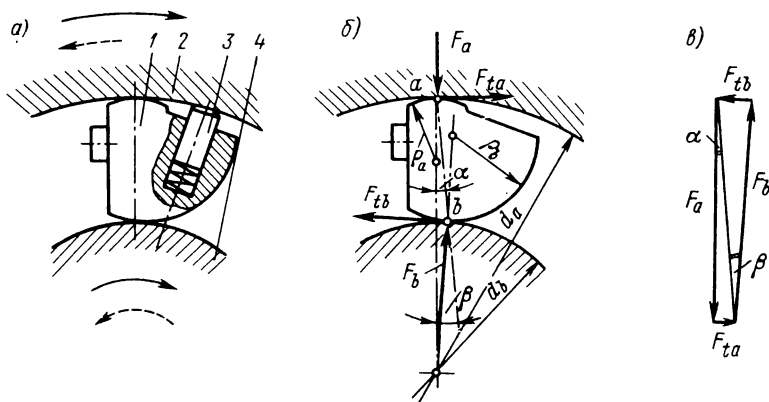


Рис. 5.6. Конструкция и схема сил, действующих на эксцентриковый ролик двойной кривизны

$$\cos \beta = [(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - e^2] / [2 (R_1 - r) (R_2 + r)].$$

Муфта с эксцентриковыми (фасонными) роликами различной кривизны рабочих поверхностей (рис. 5.6). Между наружной 2 и внутренней 4 обоймами (рис. 5.6, а) с гладкими цилиндрическими поверхностями расположены фасонные ролики 1, в которых установлены подпружиненные толкатели 3. Силы, действующие на ролик 1 при заклинивании, зависят от геометрии. Центры кривизны рабочих поверхностей с радиусами ρ_A и ρ_B расположены так, что расстояние между точками контакта А и В всегда больше расстояния по радиусу между кольцами (рис. 5.6, б). План сил, действующих на ролик в заклиненном состоянии, показан на рис. 5.6, в. Подобно муфте, представленной на рис. 5.4, муфта с фасонными роликами имеет постоянный угол заклинивания.

Сила трения $F_{тр}$ в месте контакта ролика с обоймой f зависит от величины нормальной силы F и коэффициента трения f

$$F_{тр} = Ff.$$

Условием работоспособности муфты является

$$F_{тр} > F_t,$$

где

$$F_{tB} = F_B \operatorname{tg} \beta; \quad F_{tA} = F_A \operatorname{tg} \alpha. \quad (5.10)$$

Отсюда $f > \operatorname{tg} \alpha$ — основное условие работоспособности муфты.

Так как углы заклинивания в точках А и В различны, то должно выполняться соотношение $\beta > \alpha$. Из формулы (5.10) видно, что с ростом угла заклинивания (β или α) и нормальной силы F_A или F_B передаваемый муфтой момент возрастает. Однако это связано с увеличением нагрузки на ролик.

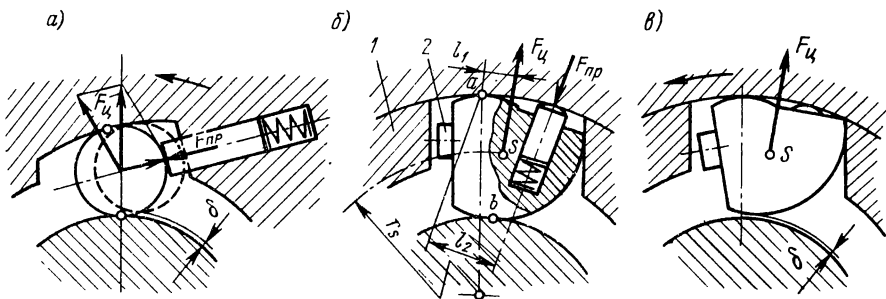


Рис. 5.7. Силы, действующие на ролик при его отделении от обоймы

Момент, передаваемый муфтой,

$$T = zF_{tA}d_a/2. \quad (5.11)$$

Положительной особенностью рассматриваемой муфты, как и муфты, показанной на рис. 5.8, является возможность исключения трения роликов о внутреннюю обойму при свободном ходе. Из рис. 5.7, а видно, что если ролик движется вместе с наружной обоймой (на рис. 5.7, б за счет сепаратора 1, соединенного с внешней обоймой), то при некоторой частоте вращения центробежная сила переместит ролик, преодолевая силу пружины таким образом, что между ним и внутренней обоймой образуется зазор δ .

Отрыв роликов от внутреннего кольца наступает при условии (рис. 5.7, б): $F_{цl_1} > F_{пpl_2}$. Центробежная сила $F_{ц}$ на ролике

$$F_{ц} = (G/g)r_s\omega_a, \quad (5.12)$$

где G — вес ролика; g — ускорение свободного падения; r_s — радиус расположения центра массы ролика; ω_a — угловая скорость перемещения точки S .

Из (5.12) можно получить выражение частоты вращения внешней обоймы, при которой начнется отрыв роликов от внутренней обоймы (рис. 5.7, в),

$$n_a = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{F_{пpl_2}g}{Gl_1r_s}},$$

где $F_{пp}$ — сила действия пружины; l_1 , l_2 и r_s — см. на рис. 5.7, б.

Муфта с фасонными роликами обладает высокой надежностью и ресурсом даже при отсутствии смазки. Ресурс муфты значительно возрастает благодаря дополнительному упругому опиранию роликов о сепаратор (на рис. 5.7, б 1 — сепаратор, 2 — упругий упор).

5.3. Расчет на контактную прочность муфт с цилиндрическими и эксцентриковыми роликами

Нагрузочная способность муфты определяется наибольшими касательными напряжениями τ , возникающими в зоне контакта ролика с обоймой или звездочкой.

Т а б л и ц а 5.2. Допустимые напряжения

z	Число циклов нагружения	$[\tau]$, МПа
3	$(26 \div 32) 10^6$	350
5	$(30 \div 40) 10^6$	
3	$(14 \div 16) 10^6$	500
5	$(16 \div 20) 10^6$	
3	$(8 \div 10) 10^6$	620
5	$(9 \div 14) 10^6$	

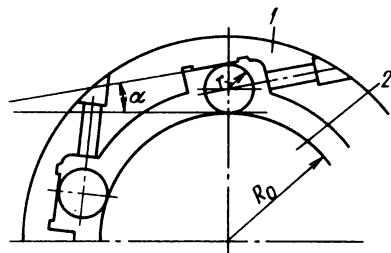


Рис. 5.8. Муфта с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности

Полагаем, что модули упругости материалов звездочки, обоймы и ролика одинаковы, т. е. $E_a = E_o = E_p = E$. Тогда для муфты с внутренней звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности, касательное напряжение в зоне контакта ее с роликом

$$\tau_{\max} = 0,142 \sqrt{T_{\text{расч}} E / [R l r z \operatorname{tg} (\alpha/2)]}; \quad (5.13)$$

$$T_{\max} = 50 [\tau]^2 R l r z \operatorname{tg} (\alpha/2) / E, \quad (5.14)$$

где z — число роликов.

Для муфты с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности (рис. 5.8), напряжение в зоне контакта ролика со звездочкой

$$\tau_a = 0,142 \sqrt{T_{\text{расч}} E / [R_o l r z \operatorname{tg} (\alpha/2)]}, \quad (5.15)$$

где R_o — радиус внутренней обоймы (рис. 5.8).

Напряжение в зоне контакта ролика с обоймой 2

$$\tau_o = 0,142 \sqrt{T_{\text{расч}} E (R_o + r) / [R_o^2 l r z \operatorname{tg} (\alpha/2)]}. \quad (5.16)$$

Напряжения τ_a и τ_o неодинаковы: $\tau_a < \tau_o$. Однако для муфт с частым включением решающее значение имеет износ, поэтому следует учитывать τ_a в соответствии с формулой (5.15).

Из формул (5.15) и (5.16) получаем максимально допустимый момент:

$$T_{\max} = 50 [\tau]^2 R_o l r z \operatorname{tg} (\alpha/2) / E; \quad (5.17)$$

$$T_{\max} = 50 [\tau]^2 R_o^2 l r z \operatorname{tg} (\alpha/2) / [E (R_o + r)]. \quad (5.18)$$

Для муфты с эксцентриковыми роликами (см. рис. 5.5):

$$\tau = 0,142 \sqrt{T_{\text{расч}} E (R_2 + r) / (R_2^2 l r z \operatorname{tg} \varphi)}; \quad (5.19)$$

$$T_{\max} = 50 [\tau]^2 R_2^2 l r \operatorname{tg} \varphi / E (R_2 + r). \quad (5.20)$$

Величина допустимого напряжения $[\tau]$ зависит от числа циклов нагружения и числа роликов z и может быть выбрана из табл. 5.2 [43].

В формулах (5.13)—(5.20) расчетный момент

$$T_{\text{расч}} = T_{\text{ном}} (k_d + k_p) k_t,$$

где $T_{\text{ном}}$ — номинальный момент привода; k_d — коэффициент динамичности, зависящий от типа двигателя; k_p — коэффициент динамичности, зависящий от типа рабочей машины; k_t — коэффициент точности, учитывающий погрешности изготовления деталей муфты, ведущие к неравномерному распределению нагрузки на ролики. Численные значения коэффициентов в зависимости от типа соединяемых муфтой агрегатов и профиля звездочки приведены ниже [43]:

	k_d
Электродвигатели, гидроприводы . . .	0,25
Двигатели внутреннего сгорания с числом цилиндров:	
12 .	0,30
6 .	0,40
4 .	0,50
	k_p
Легкие станки для обработки металла и дерева, конвейеры, элеваторы, подъемники	1,20
Долбежные и шлифовальные станки, прессы, ножницы, компрессоры, подвесные дороги	1,40
Тракторы, молоты, очистные барабаны, мельницы, шахтные вентиляторы	1,60
Краны, экскаваторы, ковочные прессы, землечерпалки, лифты, камнедробилки, бегуны	2,00
Тяжелые прокатные станы, мельницы барабанные и шаровые	2,80
	k_t
Прямой профиль рабочей поверхности звездочки	1,10—1,50
Криволинейный профиль рабочей поверхности звездочки	1,0—1,25

Для муфты с фасонными роликами (см. рис. 5.6) напряжения смятия (давление)

$$p = F/(2pb),$$

где F — нормальная сила; ρ_A, ρ_B — приведенный радиус кривизны в точках контакта A и B ролика с обоймой, $\rho_A = r_2 R_2 / (r_2 + R_2)$; $\rho_B = r_1 R_1 / (r_1 + R_1)$; b — длина ролика.

Видно, что в результате соответствующего подбора радиусов кривизны ρ_A и ρ_B можно уравнивать напряжения смятия на внутренней и наружной обоймах. Наружная обойма испытывает сложное напряженное состояние под действием нормальной и тангенциальной сил, изгибающего момента.

Нормальное напряжение

$$\sigma = [F/(2bS)] \varphi_1,$$

где F — нормальная сила, определяемая по величине вращающего момента T [см. формулы (5.11) и (5.10)]; S — толщина наружной обоймы; $\varphi_1 = \pi/z$; z — число роликов.

Касательное напряжение

$$\tau = F/(2bS).$$

Напряжение изгиба

$$\sigma_{\text{из}} = [3Fr_a/(bS^2)] (\operatorname{ctg} \varphi_1 - 1/\varphi_1); \quad r_a = (d_a + S)/2.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{эKB}} = \sqrt{(\sigma + \sigma_{\text{из}})^2 + (1,5\tau)^2}.$$

5.4. Рекомендации по конструированию муфт и выбору материалов

Работа муфты свободного хода состоит из этапов: свободный ход — самозаклинивание — заклиненное состояние — саморасклинивание — свободный ход. Правильный выбор параметров муфты, среди которых главным является угол заклинивания, и должен обеспечить безотказность выполнения указанных этапов.

Для муфт с цилиндрическими роликами условие самозаклинивания имеет вид

$$\alpha < 2\rho,$$

где ρ — угол трения скольжения.

Условие саморасклинивания:

$$\alpha \geq 2\rho.$$

Условие самозаклинивания муфты с эксцентриковыми роликами:

$$\varphi < \rho.$$

Принимают $\varphi \leq 4^\circ$.

Условие самозаклинивания муфты с фасонными роликами (рис. 5.6):

$$f > \operatorname{tg} \alpha.$$

В табл. 5.3 и 5.4 [43] приведены рекомендуемые углы заклинивания, числа роликов и значения параметров k_1 и k_2 ($k_1 = D/d$; $k_2 = b/d$, где D — диаметр расточки обоймы; b — длина ролика; d — диаметр ролика). При использовании в качестве тел заклинивания роликов стандартных подшипников можно пользоваться табл. 5.5, в которой указаны предельные отклонения диаметров и длин роликов.

Угол наклона оси прижимного штифта, проходящей через ось ролика, принимают около 15° , т. е. $\alpha + \beta = 75^\circ$. Сила пружины, действующая на ролик, должна обеспечивать постоянное прижатие ролика к обойме и звездочке. Приближенно $F_{\text{пр}} = m\omega^2 (R - r) \sin \rho$, где m — масса ролика; ω — угловая ско-

Т а б л и ц а 5.3. Рекомендуемые углы заклинивания

Разновидность службы муфт	Угол заклинивания α , град		
	Прямолинейный профиль звездочки		Криволинейный профиль звездочки
	внутренний	наружный	
Зажимные (стопорные) муфты	1	2—3	1—2
Редкое включение муфт с непродолжительным свободным ходом	6—8	8—10	7—10
Муфты с продолжительным свободным ходом обычного типа бесконтактные	4—5	6—8 8—10	5—7 7—10
Муфты с частым включением и повышенной долговечностью	4—6	8—10	10

рость звездочки; $R - r = R_0$ — радиус расположения центра ролика, м; ρ — угол трения (скольжения).

Большую роль в обеспечении надежности муфт играет шероховатость поверхности контактирующих поверхностей звездочки, обоймы и ролика.

Ролики подвергают термической обработке. Сплошной закалке надо предпочесть цементацию с закалкой или закалку с нагревом ТВЧ, чтобы твердость сердцевины была в пределах 35—45 HRC_a. Для изготовления обоймы применяют сталь 20X с глубиной цементации δ (59—60 HRC_a) в зависимости от ее диаметра:

D , мм	32—40	40—75	75—125	125—200
δ , мм	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,25	1,5—1,8

Реже используются стали: 40X (48 HRC_a), 12X3 (59 HRC_a), У10 (60—64 HRC_a), ШХ15 (59—64 HRC_a), 12ХН3А (59—62 HRC_a), 20ХГНР (60—63 HRC_a).

Т а б л и ц а 5.4. Число роликов z и параметры k_1 и k_2

Вид привода, устройства или машин		k_1	k_2
Токарные автоматы	3—6	7—9	1,5—3,0
Импульсные вариаторы	5—8	5—6	2—4
Роликовые остановы транспортеров и подъемных машин	3—4	8	1,25—1,50
Привод нагнетателя авиационного двигателя	8—10	7—9	1,00—1,25
Трансмиссии автомобилей	8—20	9—15	1,5—3,0
Втулка велосипеда	5	6	2
Автомобильные пусковые устройства	4—5	5—6	1,25—1,50
Самозажимные роликовые патроны и оправок	3	6—8	1,5

Т а б л и ц а 5.5. Предельные отклонения параметров роликов

Группа роликов	Диаметр роликов, мм		Допускаемые отклонения (для всех степеней точности), мкм	
	свыше	до	по диаметру	по длине
Высший класс (В)	{ — 10	10 50	—10 —20	—16 —20
Повышенный класс (П)	—	50	—30	—30
Нормальный класс (Н)	—	50	—50	—50
Разного назначения (Р)	—	50	—100	—100

Для звездочки, рабочий участок которой в большей степени подвержен усталостному разрушению, чем участок обоймы, рекомендуется большая глубина цементации:

D , мм	32—40	40—75	75—125	125 и более
δ , мм	1,0—1,2	1,2—1,5	1,5—1,8	1,8—2,0

Для звездочек, как и для обойм, чаще используется сталь 20Х (59—60 HRC_a) с указанной глубиной цементации; реже применяются стали 40Х (48—53 HRC_a), У10 (61 HRC_a), ШХ15 (59—63 HRC_a), 12ХНЗА (62—60 HRC_a), 20ХГНР (59—63 HRC_a). Для вставок звездочек толщиной $l = 0,5d$ (d — диаметр ролика) применяется твердый сплав Т15К6, что дает возможность увеличить долговечность звездочки на 50—100%. Ролики изготавливаются из стали: ШХ15 (59—63 HRC_a), У8А (60—62 HRC_a), У10А (59—62 HRC_a), ХВГ (62 HRC_a).

Муфты со звездочками с плоским профилем очень чувствительны к износу роликов: при износе ролика всего на 1,5% возможно появление пробуксовок. Поэтому ролики стандартных подшипников непригодны для муфт с плоским профилем, но вполне могут быть применены для звездочек с профилем, показанным на рис. 5.4. Обычно для роликов применяют сталь ШХ15, термически обрабатывая ее как и для роликоподшипников до 59—63 HRC_a. При небольшом числе включений используют сталь У8 (55—58 HRC_a). Применяются также стали У8А (60—62 HRC_a), У10А (59—62 HRC_a), ХВГ (62 HRC_a).

Долговечность муфт свободного хода тесно связана с отклонениями от соосности обоймы и звездочки, поэтому наряду с мерами по обеспечению соосности нужно обращать внимание на высокую долговечность подшипников и высокий класс точности их исполнения.

Смазка предназначена для уменьшения износа и потерь в муфтах при свободном ходе, а в быстроходных муфтах, кроме того, и для отвода теплоты. В последнем случае предполагается непре-

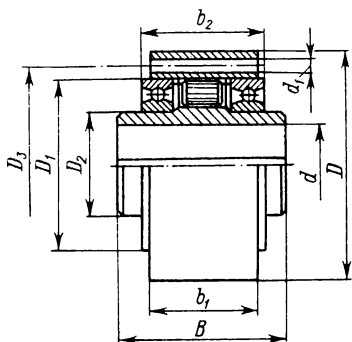


Рис. 5.9. Роликовая муфта с сепаратором

рывный подвод и отвод масла. Рекомендуется применять жидкие масла средней вязкости (например, И-20А) с кинематической вязкостью $\nu = 17 \div 23 \text{ мм}^2/\text{с}$. Для успешного проникновения масла к контактирующим площадкам применяют конструкции муфты с наружной звездочкой. При невысоких окружных скоростях и редких включениях применяют пластичные смазки, как в подшипниках качения: консталин (ГОСТ 1957 — 73*), литол-24 (ГОСТ 21150—75*). Предпочтение следует отдавать смазкам с более высокой рабочей температурой (до 130 °С).

5.5. Обзор конструкций муфт

Разнообразие задач, решаемых с помощью муфт свободного хода, и требований к ним обусловило появление большого числа различных конструкций этих муфт.

Роликовая муфта общего назначения без боковых крышек представлена на рис. 5.9 (табл. 5.6). На рис. 5.10 изображена муфта, смазываемая окунанием. Обойму 1 от поворота удерживает па-

Таблица 5.6. Основные размеры (мм) муфты роликовой с сепаратором (рис. 5.9)

T , Н·м	$n_{\text{тах}}$, об/мин	d	D	B	D_1	D_2	D_3	z *	d_1	b_1	b_2	Масса, кг
10	6500	12	62	42	42	20	51	3	5,8	20	27	0,46
25	6000	15	68	52	47	25	56	3	5,8	30	34	0,80
50	5200	20	75	57	55	30	64	4	5,8	34	39	1,10
80	4200	25	90	60	68	40	78	4	7,0	37	42	1,70
130	3800	20	100	68	75	45	87	6	7,0	44	49	2,40
200	3600	35	110	74	80	50	96	6	7,0	48	51	3,10
270	3200	40	125	86	90	55	108	6	9,0	56	62	4,60
400	3000	45	130	86	95	60	112	8	9,0	56	62	4,80
610	2600	50	150	92	110	70	132	8	9,0	63	69	7,30
760	2500	55	160	104	115	75	138	8	11,0	67	73	8,80
1 100	2300	60	170	115	125	80	150	10	11,0	78	87	11,30
1 640	2000	70	180	134	140	90	160	10	11,0	95	103	14,20
2 000	1800	80	200	144	160	105	180	10	11,0	100	108	19,80
4 000	1600	90	230	158	180	120	206	10	13,0	115	125	30,00
5 300	1350	100	270	182	210	140	240	10	17,0	120	131	45,00
8 000	1200	120	310	202	240	160	278	12	17,0	140	152	67,00
16 000	900	150	400	245	310	200	360	12	22,0	180	196	144,00

* Число отверстий во внешней обойме.

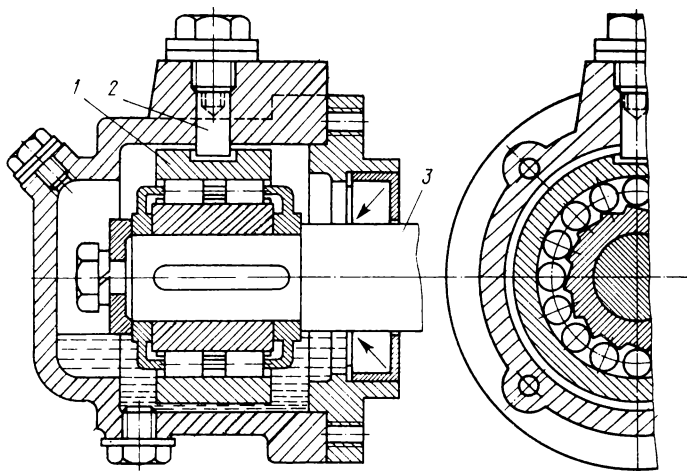


Рис. 5.10. Муфта с плавающей внешней обоймой

лец 2, с зазором входящий в углубление в обойме. Плавающая обойма допускает некоторый перекося вала 3 относительно корпуса.

На рис. 5.11 (табл. 5.7) представлено первое исполнение роликовой муфты в соответствии с ОСТ 27-60-721—84. Наружная 4 и внутренняя 3 обоймы соединяются тремя цилиндрическими роликами 2, поджимаемыми пружинами 1. В двух последних номерах муфт ролики контактируют с толкателями 8, которые направляются в отверстия. Щеки 7, удерживающие ролики, фикси-

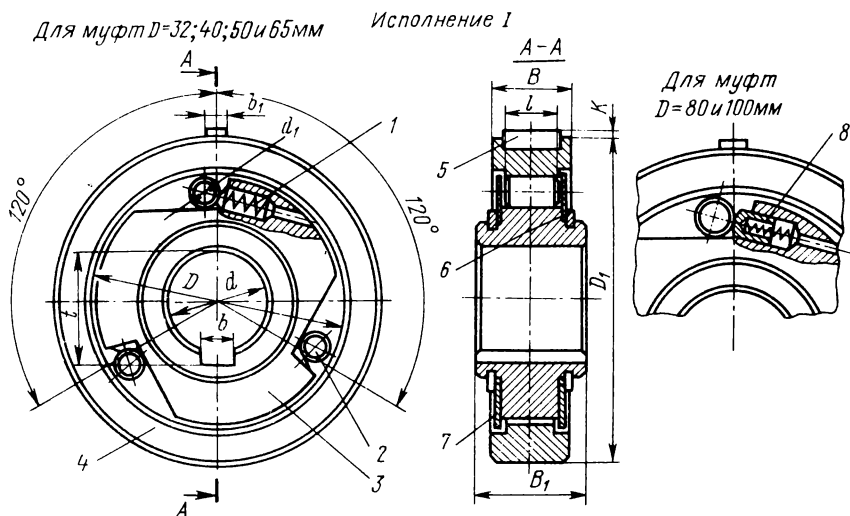


Рис. 5.11. Муфта трехроликовая по ОСТ 27-60-721—84

264 Таблица 5.7. Размеры (мм) и параметры трехроlikовой муфты

Обозначение	Т, Н·м	D (пред. откл. по Н7)	d (пред. откл. по Н7)	D ₁ (пред. откл. по R6)	d ₁ (пред. откл. по h6)	B		B ₁		b (пред. откл. по H8)	f (пред. откл. +0,12)	b ₁ (пред. откл. по h8)	l (пред. откл. по h8)	K	Масса, кг
						номин. размер	пред. откл.	номин. размер	пред. откл.						
I-32×10 I-32×12	2,5	32	10 12	45	4	12	—0,12	18	+0,24	3 4	11,1 13,7	3	8	1,2	0,14
I-32×14			14								15,6				
I-40—14	5,0	40	16	55	5	15	—0,12	22	+0,28	5	17,0 19,9	4	10	1,8	0,26
I-40×16			18								17,9				
I-40×18	8,0	50	16	70	6	18	—0,15	25	+0,28	6	19,9 22,3	5	12	2,3	0,55
I-50×20			20								22,3				
I-65—16	18,0	65	16	85	8	20	—0,15	28	+0,34	5	17,9 22,3	6	14	0,87	0,90
I-65×20			20								22,3				
I-65×25	35,5	80	25	105	10	25	—0,2	35	+0,34	8	27,6 32,6	7	18	2,6	1,65
I-80×20			20								32,6				
I-80×25	71,0	100	25	130	13	30	—0,2	45	+0,34	10	27,6 32,6	8	24	3,2	2,80
I-80×30			30								32,6				
I-80×35	71,0	100	35	130	13	30	—0,2	45	+0,34	12	37,9 42,9	8	24	3,2	2,90
I-100×25			25								42,9				
I-100×30	71,0	100	30	130	13	30	—0,2	45	+0,34	12	37,9 42,9	8	24	3,2	2,90
I-100×35			35								42,9				
I-100×40	71,0	100	40	130	13	30	—0,2	45	+0,34	12	37,9 42,9	8	24	3,2	2,90
I-100×40			40								42,9				

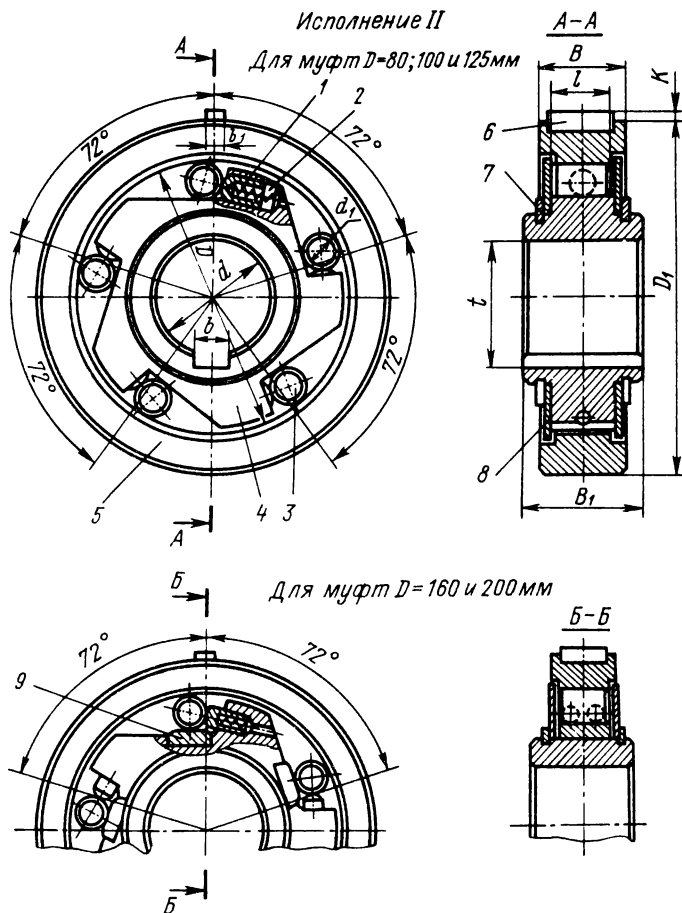


Рис. 5.12. Муфта пятироликовая по ОСТ 27-60-721—84

руют пружинными кольцами 6. Вращающий момент с наружной обоймы передает шпонка 5.

На рис. 5.12 (табл. 5.8) представлено второе исполнение роликовой муфты в соответствии с ОСТ 27-60-721—84. Наружная 5 и внутренняя 4 обоймы соединяются пятью цилиндрическими роликами 3, поджимаемыми пружинами 2 через толкатели 1. В двух последних номерах муфты применено по два толкателя на каждый ролик и в местах контакта внутренней обоймы с роликами вставлены твердосплавные пластинки 9 с высоким сопротивлением изнашиванию. Щеки 8, удерживающие ролики, фиксируют пружинными кольцами 7. Вращающий момент с наружной обоймы передает шпонка 6.

На рис. 5.13 (табл. 5.9) представлено третье исполнение роликовой муфты в соответствии с ОСТ 27-60-721—84. Наружная 4

Т а б л и ц а 5.8. Размеры (мм) и параметры пятироlikовой муфты (рис. 5.12)

Обозначение	Т, Н.м	D (пред. откл. по Н7)	d (пред. откл. по Н7)	D ₁ (пред. откл. по R6)	d ₁ (пред. откл. по h6)	B		B ₁		b (пред. откл. по H8)	f (пред. откл. + 0,12)	b ₁ (пред. откл. по h8)	l (пред. откл. по D11)	k	Масса, кг		
						номин. размер	пред. откл.	номин. размер	пред. откл.								
II-80×25	56	80	25	105	10	25	—0,15	35	+0,34	8	27,6	6	18	2,6	1,55		
II-80×30			30								32,6				1,62		
II-80×35			35								37,9						
II-100×30	125	100	30	130	13	30	—0,29	45		8	32,6	8	24	3,2	2,70		
II-100×35			35 40							10	37,9				2,80		
II-100×40										12	42,9						
II-125×35	224	125	35	160	16	35	—0,25	55	+0,40	10	37,9		28			5,60	
II-125×40			40							12	42,9						5,70
II-125×45			45 50							14	48,3						
II-125×50	50	16		53,6													
II-160×70	400	160	70	200	20	40	—0,30	60		20	74,3	12	32	3,8	9,10		
II-200×90	800	200	90	250	25	50		70		24	95,2		40		16,00		

Т а б л и ц а 5.9. Размеры (мм) и параметры трехроликовой муфты с вилкой (рис. 5.13)

Обозначение	Т, Н·м	D (пред. откл. по Н7)	d (пред. откл. по h7)	D ₁ (пред. откл. по K7)	d ₁ (пред. откл. по h6)	B		B ₁		b (пред. откл. по H8)	f (пред. откл. +0,12)	b ₁ (пред. откл. по h8)	l (пред. откл. по D11)	K	Размеры вилки			h	Масса, кг
						номин. размер	пред. откл.	номин. размер	пред. откл.						l ₁				
III-65×16	18,0	65	16	85	8	20		30	+0,28	5	17,9	5	14	2,3	21	27,5	31,5	22	0,73
III-65×20			20							6	22,3								0,82
III-65×25			25							8	27,6								
III-80×20	35,5	80	20	105	10	25	-0,15	35		6	22,3	6	18	2,6	25	33,5	39,0	27	1,37
III-80×25			25							8	27,6								
III-80×30			30							10	32,6								2,43
III-80×35			35								37,9								
III-100×25	71,0	100	25	130	13	30	-0,20	45	+0,34	8	27,6	8	24	3,2	31	41,0	49,0	33	2,29
III-100×30			30								32,6								2,33
III-100×35			35							10	37,9								
III-100×40			40								42,9								

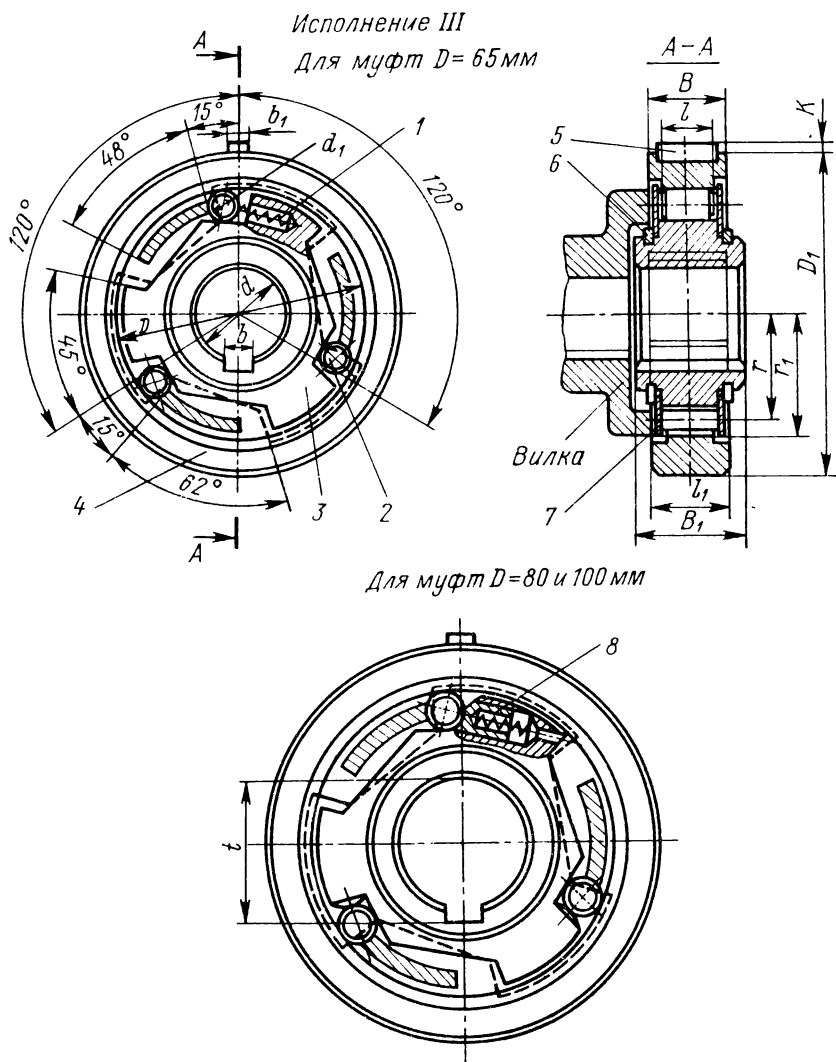


Рис. 5.13. Муфта трехроlikовая с управляющей вилкой по ОСТ 27-60-721—84

и внутренняя 3 обоймы соединяются тремя цилиндрическими роликами 2, поджимаемыми пружинами 1. В двух последних номерах муфты ролики контактируют с толкателями 8. Щеки 7, удерживающие ролики, фиксируются пружинными кольцами 6. Вращающий момент с наружной обоймы передает шпонка 5. В щеках 7 выполнены отверстия, в которые входят концы вилки, взаимодействующие с роликами согласно схеме, приведенной на рис. 5.2, б.

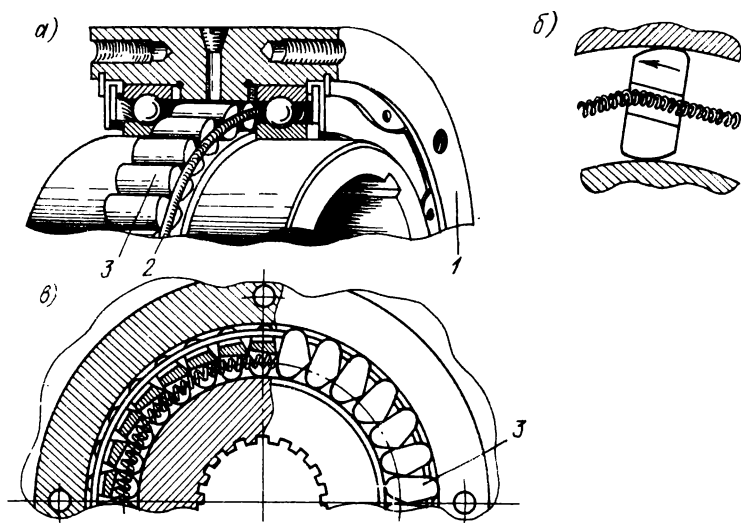


Рис. 5.14. Муфта с эксцентриковыми роликами

Все муфты по ОСТ 27-60-721—84 следует применять либо с плавающей наружной обоймой, либо с точным центрированием внешней обоймы относительно внутренней — подшипниками или другим образом.

На рис. 5.14 показаны муфты с эксцентриковыми роликами. Ролики 3 (рис. 5.14, а, в) с торцов имеют пазы, выполненные так (рис. 5.13, б), что общая браслетная пружина 2 всегда стремится повернуть ролики в состояние распора между цилиндрическими поверхностями обойм. Однако если угловая скорость внешней обоймы 1 больше, чем внутренней, то при движении ее по часовой стрелке силы трения скольжения по роликам наклоняют их в сторону, обратную заклиниванию. Муфта заклинивается при угловой скорости внешней обоймы относительно внутренней обоймы, направленной против часовой стрелки.

На рис. 5.15 (табл. 5.10) представлена муфта фирмы «Штибер» (ФРГ), в которой при достижении определенной частоты вращения наружной обоймой 1 ролики 3 под действием центробежных сил отходят от внутренней обоймы 2 (бесконтактная муфта). Фасонные ролики (см. рис. 5.7, б и в) автономно подпружинены и вращаются вместе с наружной обоймой, увлекаемые сепаратором 4.

На рис. 5.16 показана двусторонняя муфта свободного хода. Реверс этой муфты достигается с помощью жидкости, поступающей под давлением через канал *b* (*b'*) в полость *a* (*a'*). Действуя на поршеньки-вкладыши 3 (или 5), жидкость перемещает их и ролики в более широкую часть клина, преодолевая сопротивление пружины 7. Таким образом, если в широкую часть клина перемещен ролик 8, то заклиниваться будет ролик 6. При этом могут

Т _н , Н·м	n _б max **			d	D _a	L _S	D _F	D _L	O	D _n	L	B	K	Масса, кг
	n _н min **	n _н min **	n _н max **											
20	780	1200	9500	12	12	42	85	72	3	20	30,0	40	1,0	0,9
35	850	1300	9500	12	62	42	85	72	3	20	30,0	40	1,0	0,9
40	850	1300	8000	13	68	52	92	78	3	25	40,0	50	1,0	0,8
75	1000	1300	8000	13	68	52	92	78	3	25	40,0	50	1,0	0,8
60	850	1300	6000	20	75	57	98	85	4	30	44,5	55	1,0	0,8
120	1000	1500	6000	20	75	57	98	85	4	30	44,5	55	1,0	0,8
100	800	1200	5200	25	90	60	118	104	4	40	47,5	58	1,0	1,0
210	900	1400	5200	25	90	60	118	104	4	40	47,5	58	1,0	1,0
140	750	1150	5000	30	100	68	138	114	6	45	55,0	66	1,0	1,0
260	800	1250	5000	30	100	68	138	114	6	45	55,0	66	1,0	1,0
160	700	1100	4800	35	110	74	138	124	6	50	59,5	71	1,5	1,0
320	700	1100	4800	35	110	74	138	124	6	50	59,5	71	1,5	1,0
250	440	670	4500	40	125	86	160	142	6	55	69,5	83	1,5	1,5
370	440	670	4500	40	125	86	160	142	6	55	69,5	83	1,5	1,5
280	430	660	4200	45	130	86	165	146	8	60	69,5	83	1,5	1,5
450	430	660	4200	45	130	86	165	146	8	60	69,5	83	1,5	1,5
410	410	630	3600	50	150	92	185	166	8	70	73,5	88	2,0	1,5
720	410	630	3600	50	150	92	185	166	8	70	73,5	88	2,0	1,5
530	400	620	3300	55	160	104	204	182	8	75	83,5	100	2,0	2,0
830	400	620	3300	55	160	104	204	182	8	75	83,5	100	2,0	2,0
970	440	680	3100	60	170	114	214	192	10	80	94,0	110	2,0	2,0
1450	440	680	3100	60	170	114	214	192	10	80	94,0	110	2,0	2,0
1580	380	590	2800	70	130	134	234	212	10	90	112,5	130	2,0	2,0
2780	380	590	2800	70	130	134	234	212	10	90	112,5	130	2,0	2,0
2450	370	580	2300	80	210	144	254	232	10	105	120,0	140	2,0	2,5
3880	370	580	2300	80	210	144	254	232	10	105	120,0	140	2,0	2,5
3050	360	560	2000	90	230	158	278	254	10	120	134,0	153	2,5	3,0
5150	360	560	2000	90	230	158	278	254	10	120	134,0	153	2,5	3,0
4700	340	530	1800	100	270	182	335	305	10	140	148,0	176	3,0	3,0
7500	340	530	1800	100	270	182	335	305	10	140	148,0	176	3,0	3,0

П р и м е ч а н и е. Муфта поставляется в сборке, при которой при взгляде на боковую крышку малого диаметра наружная обойма в режиме свободного хода вращается по часовой стрелке.

* При кратковременном нагружении допустима 2,5-кратная перегрузка.

** n_б max — частота вращения свободного хода внутренней обоймы, она не должна превышать n_{нпн} более, чем на 65%;

n_{нпн} — частота вращения свободного хода наружной обоймы, при которой гарантируется отделение роликов от внутренней обоймы;

n_н max — максимальная частота вращения наружной обоймы, ограниченная условиями смазывания пластичным смазочным материалом.

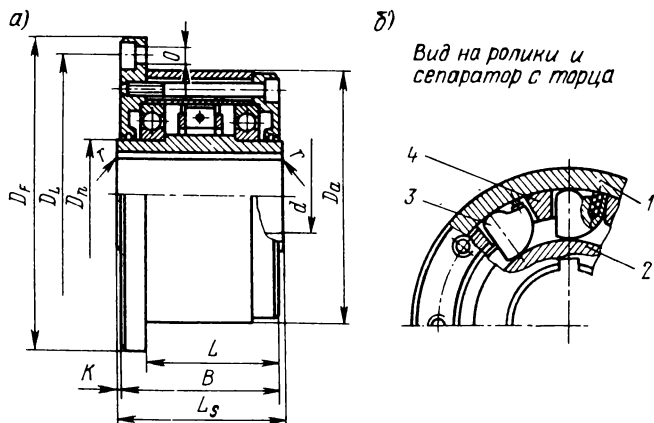


Рис. 5.15. Муфта фирмы «Штибер» (ФРГ) с фасонными роликами, отходящими от внутренней обоймы при свободном ходе

вести: звездочка 4, вращаясь против часовой стрелки, или обойма 9, вращаясь по часовой стрелке. Одновременное перемещение группы роликов 8 (или 6) достигается тем, что поршеньки-вкладыши 3 (или 5) соединены с шайбой 2 (или 1).

На рис. 5.17, а (табл. 5.11) представлена роликовая муфта фирмы «Мальмеди» (ФРГ). Высокие борта звездочки фиксируют ролики в осевом направлении. В муфте помимо специальной формы звездочки применены прижимные устройства роликов особой конструкции. Витая пружина 1 (рис. 5.17, б) нижней частью опирается на плоскую грань пятигранной звездочки и фиксируется цилиндрическим штифтом 3, проходящим через витки пружины (внизу) и отверстия в высоких бортах звездочки. Верхние витки

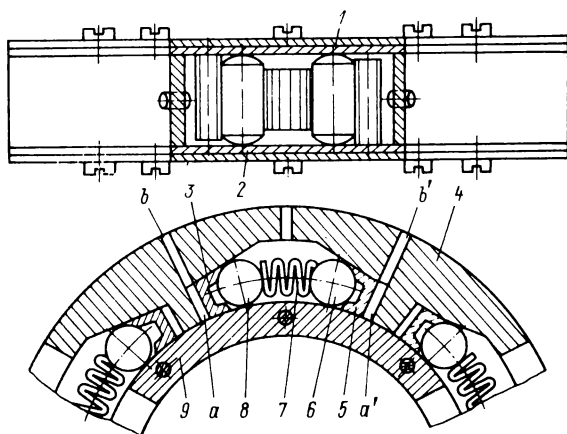


Рис. 5.16. Двусторонняя муфта свободного хода

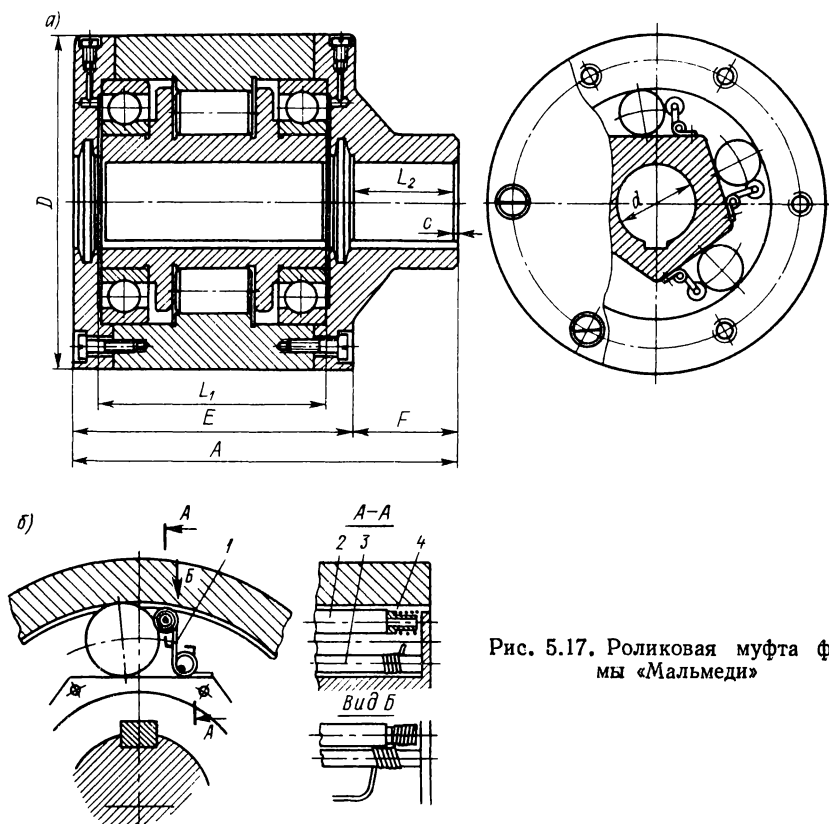


Рис. 5.17. Роликовая муфта фирмы «Мальмеди»

Таблица 5.11. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Мальмеди» (рис. 5.17, а)

T , Н·м	n , об/мин	d	D	L_1	L_2	A	E	F		Масса, кг
60	3080	20	90	48	35	93	64	29	1,5	3,0
90	2560	25	105	56	42	108	72	36	1,5	4,4
120	2390	30	110	50	42	103	66	37	1,5	4,9
160	2120	35	125	58	48	117	73	44	2,0	6,7
250	17	40	145	62	52	125	77	48	2,0	9,5
340	1660	45	155	70	60	142	85	57	2,0	12,5
480	1470	55	170	72	70	156	91	65	2,5	15,8
680	1270	65	195	76	75	164	94	70	2,5	22,0
1000	1190	70	220	96	95	205	114	91	2,5	33,5
1450	960	80	255	102	100	216	120	96	3,0	48,0
2100	910	90	270	116	116	246	134	112	3,0	56,0
2900	800	100	305	122	122	258	138	120	3,5	84,0
4000	755	110	330	145	145	306	165	141	3,5	119,0
5700	620	120	380	157	157	330	176	154	3,5	160,0

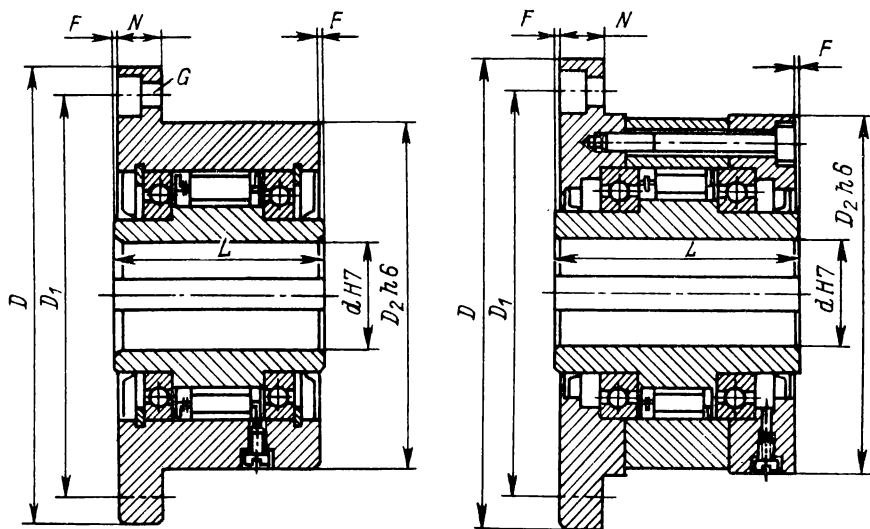


Рис. 5.18. Роликовая муфта фирмы «Рингшпанн» (ФРГ)

пружины надеты на втулки 4, которые являются опорами для цапф прижимного ролика 2. Таким образом, рабочие ролики муфты прижимаются к обойме и звездочке этими прижимными роликами.

На рис. 5.18 (табл. 5.12) представлены два исполнения муфт фирмы «Рингшпанн» (ФРГ), на внешней обойме которой выполнен фланец для закрепления на обойме деталей типа шкив, зубчатое колесо и др. Фирма выпускает муфты следующих исполнений (табл. 5.12).

1. Обычные обгонные (с круглыми или эксцентричными роликами); стопорные — для управляемого периодического вращения внутренней обоймы путем поворота внешней обоймы.

2. Стопорные с фасонными роликами (рис. 5.19), у которых поверхность контакта с внешней обоймой очерчена не дугой круга, а представляет многогранник. По мере изнашивания одной грани ролика последний при заклинивании поворачивается на некоторый угол, работая другой гранью. Линия контакта ролика с внутренней обоймой по мере изнашивания перемещается от точки *a* к точке *b*. Таким образом, изнашивание происходит на большей поверхности без изменения формы контура ролика — ресурс муфты существенно повышается.

3. Муфты повышенного ресурса. Ролики муфт, как и ролики подшипников качения, изготавливают из хромистых сталей, обладающих высокой контактной прочностью и высокой вязкостью, что благоприятно при заклинивании роликов. Однако в режиме свободного хода ролики изнашиваются. Для повышения ресурса роликов по износу их покрывают тонким слоем твердого металла.

Таблица 5.12. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Рингшпанн» (рис. 5.18, 5.19, 5.20, 5.21)

Обозначение	Отверстие d , мм		Конструктивное исполнение								D	D_1	F	G	L	N	D_1	Число отверстий под винты	Масса, кг
	по стан- дарту	паяж	1*	2*	3*	4*	5*												
			Вращающий момент, Н·м				Частота вращения на- чала отделения роли- ков от обоймы, об/мин	Вращающий момент, Н·м	Частота вращения на- чала отделения роли- ков от обоймы, об/мин										
24	12	14	45	19	45	—	—	—	—	85	62	1	50	10	72	M5	3	0,1	
29	15	17	80	31	80	—	—	—	—	82	68	1	52	11	78	M5	3	1,3	
37	14, 16, 17, 20, 22	22	200	120	200	110	850	—	—	98	75	0,5	48	11	85	M5	8	1,5	
44	20, 22, 25	25	320	180	320	180	800	160	800	118	90	0,5	50	12	104	M6	8	2,3	
57	25, 28, 30	32	630	310	630	430	1400	400	750	128	100	0,5	65	12	114	M6	12	3,2	
72	35, 38, 40	42	1 250	630	1 250	760	1220	720	700	160	125	1	74	14	142	M8	12	5,8	
82	45, 50	50	1 800	750	1 800	1 700	1480	900	670	180	135	2	75	16	155	M10	8	7,0	
107	60	65	2 500	1 250	2 500	2 500	1300	1 500	610	214	170	2,5	90	18	192	M10	10	12,6	
127	70	75	5 000	3 100	5 000	5 000	1200	2 500	380	250	200	3	112	20	225	M12	12	21,4	
140	90	95	10 000	6 300	10 000	10 000	950	5 000	320	315	250	5	150	22	280	M16	12	46,0	
200	110	120	20 000	12 500	20 000	20 000	680	20 000	240	370	300	5	160	25	335	M16	16	68,0	
270	140	150	40 000	25 000	40 000	37 500	600	40 000	210	490	400	6	212	32	450	M20	16	163,0	
340	180	240	80 000	50 000	80 000	80 000	540	—	—	615	500	7,5	265	40	560	M24	18	300,0	
440	220	300	160 000	100 000	160 000	160 000	470	—	—	775	630	7,5	315	50	710	M30	18	564,0	

Примечания: 1. Описания конструктивных исполнений см. на с. 273—275 (рис. 5.18—5.21).

2. Муфты поставляются со смазкой.

3. При заказе муфты исполнения 5 следует указать направление вращения после заклинивания, а также какая обойма является ведущей.

4. Муфты, у которых при достижении некоторой частоты вращения внешней обоймы фасонные ролики под действием центробежной силы отделяются от внутренней обоймы, преодолевая действие пружины (рис. 5.20).

5. Муфты, у которых при достижении некоторой частоты вращения внутренней обоймы фасонные ролики под действием центробежной силы взаимодействуют с опорным кольцом 1 (рис. 5.21) и отходят от внешней обоймы. Частота вращения, при которой происходит отход роликов (варианты 4 и 5), не должна превышать частоту вращения, при которой происходит заклинивание муфты более чем на 40%.

Наряду с фрикционными применяются также и муфты обгонные с профильным замыканием. Лабораторией стандартизации и нормализации ВИСХОМа разработан ГОСТ 12935—76* «Муфты обгонные сельскохозяйственных машин», представленный на рис. 5.22 (табл. 5.13). Наружная обойма 4 имеет внутренние скошенные зубья и фланец, к которому крепятся детали, насаживаемые на обойму. Внутренняя обойма 7 снабжена тремя пазами, в которых располагаются кулачки (сухарики) 5, отжимаемые к периферии муфты шариками 1 с пружинами 2. Щеки 3 и 6 удерживают кулачки от выпадания. При вращении наружной обоймы 4

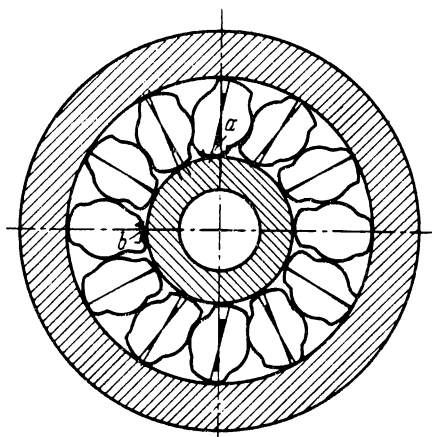


Рис. 5.19. Стопорная муфта с формой поверхности роликов, контактирующей с внешней обоймой в виде многогранника

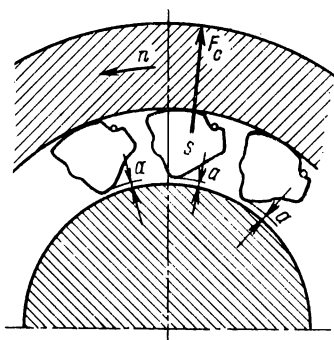


Рис. 5.20. Схема муфты с фасонными роликами, отходящими от внутренней обоймы при свободном ходе

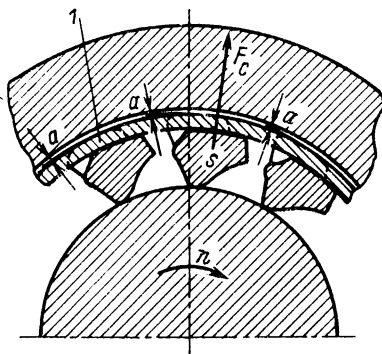


Рис. 5.21. Схема муфты с фасонными роликами, отходящими от внешней обоймы при свободном ходе

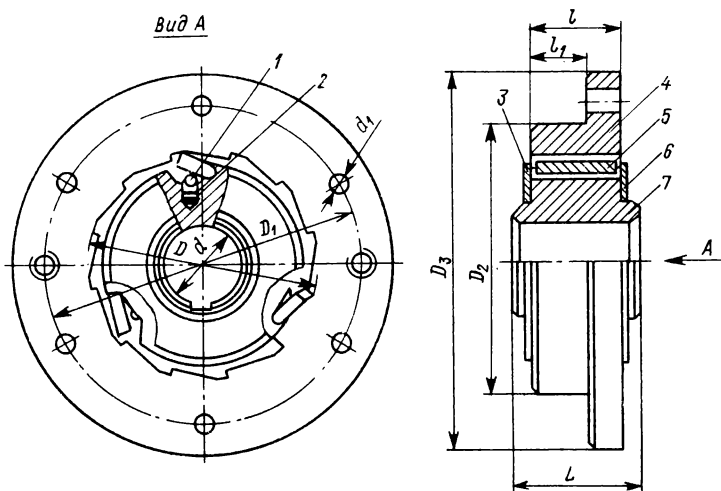


Рис. 5.22. Муфта обгонная для сельскохозяйственных машин по ГОСТ 12935—76*

относительно внутренней обоймы 7 по часовой стрелке кулачки зацепляются с зубьями храповика и передают вращающий момент с внешней обоймы на внутреннюю. При обратном направлении

Т а б л и ц а 5.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 5.22)

T , Н·м	d (пред. откл. по H8)	d_1	D	D_1	D_2 (пред. откл. по h8)	D_3	l	l_1	Δ	Шпоночный паз
160	30	9	90	126	110	145	35	24	45 *, 50	По ГОСТ 8790—79 *
315	35 40	11	100	138	120	160	40	27	50 *, 60 *	
500	45 48		130	179	160	200	45	30	65 *, 82 72 *, 82	По ГОСТ 10748—79 *
800	55 **	13		182		210			82	

Примечания: 1. За величину номинального вращающего момента принимают значение длительно действующего момента, на основании которого определяют долговечность муфты.

2. Направление вращения муфты определяют со стороны фланца обоймы, при этом за ведущий элемент следует принимать обойму: вращение обоймы по часовой стрелке определяет муфту правого вращения, против часовой — левого.

3. Максимальный угол свободного хода при вращении равен 30° ; $n_{\text{шах}} = 25 \text{ с}^{-1}$.

* Для вновь проектируемых машин; ** Размеры рекомендуемые.

вращения внешней обоймы кулачки выходят из зацепления. Для обеспечения надежной работы муфты обоймы 4 и 7 необходимо точно центрировать относительно друг друга. Поэтому представленную муфту необходимо доработать для обеспечения точного центрирования обойм.

Приведем пример условного обозначения муфты с $d = 40$ мм, длиной ступицы $L = 50$ мм правого вращения: *Муфта 40—50 ГОСТ 12935—76**; то же левого вращения: *Муфта 40—50 Л ГОСТ 12935—76**.

Муфта выбирается по ОСТ 27-60-721—84. Рабочая машина — конвейер, привод от электродвигателя. Номинальный момент, передаваемый муфтой, $T_{\text{ном}} = 280$ Н·м. Продолжительность рабочего цикла $t = 1,5$ мин. Число включений в час $i = 40$. Коэффициент использования механизма в течение смены $k_c = 0,8$. Число смен в сутках — 2; продолжительность смены — 8 ч. Рабочих дней в году — 250. Амортизационный срок — 8 лет. Общее число включений муфты до первого капитального ремонта машины $t_{\text{общ}} = 40 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 8 \approx 10^6$.

Следовательно (см. табл. 5.2), может быть допущено $[\tau] = 620$ Н/мм².

Расчетный момент

$$T_{\text{расч}} = T_{\text{ном}}(k_d + k_p) k_t.$$

Согласно принятым значениям коэффициентов $k_d = 0,25$; $k_p = 1,25$; $k_t = 1,30$, тогда $T_{\text{расч}} = 280 (0,25 + 1,25) 1,30 = 545$ Н·м.

Ближайшая по табл. 5.8 муфта с параметрами: $d_1 = 20$ мм; $l = 32$ мм; $z = 5$; $K = D/2 = 160/2 = 80$ мм; $\text{tg}(\alpha/2) = \text{tg} 3^\circ = 0,052$ имеет

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{max}} &= 0,142 \sqrt{T_{\text{расч}} E / [R l r z \text{tg}(\alpha/2)]} = \\ &= 0,142 \sqrt{545 \cdot 2,1 \cdot 10^6 / (8 \cdot 3,2 \cdot 1,0 \cdot 5 \cdot 0,052)} = 590 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Г л а в а 6

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Предохранительные муфты служат для предохранения деталей машин от воздействия перегрузок. Их применяют:

в машинах ударного действия в связи со сложностью точного расчета силы удара и наличием больших инерционных масс;

в машинах, обрабатывающих неоднородную среду с твердыми включениями (землеройные, почвообрабатывающие, дробильные и др.);

в автоматических машинах в связи с отсутствием непрерывного контроля за их работой;

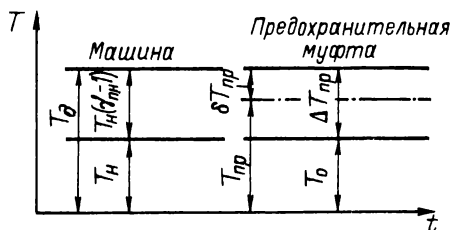


Рис. 6.1. Поле срабатывания предохранительной муфты

в ветвях кинематических цепей машин, передающих небольшую часть мощности приводного двигателя, в связи с невозможностью защиты двигателя в этом случае.

Требования, предъявляемые к предохранительным муфтам:

- 1) надежность и безотказность действия;
- 2) точность срабатывания, определяемая способностью разъединять кинематическую цепь при заданном вращающем моменте;
- 3) возможность регулирования величины предельного вращающего момента;
- 4) способность автоматически восстанавливать свою работоспособность после срабатывания.

Для подбора и сравнительной оценки предохранительных муфт используют следующие характеристики (табл. 6.1).

1. Коэффициент превышения номинальной нагрузки в машине $\gamma_{п.н}$, характеризующий степень использования прочностных возможностей деталей машин и интервал нагрузок, при котором должно срабатывать предохранительное устройство, чтобы передать номинальную нагрузку, но предотвратить поломку деталей (рис. 6.1),

$$\gamma_{п.н} = T_{д}/T_{ном}, \quad (6.1)$$

где $T_{ном}$ — номинальный момент (наибольший момент, потребный для работы машины); $T_{д}$ — наибольший момент, допускаемый слабым звеном машины.

Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать муфта,

$$T_{д} - T_{ном} = T_{ном} (\gamma_{п.н} - 1). \quad (6.2)$$

Защита машины обеспечивается в том случае, если вращающий момент, достигая своего допустимого значения, вызывает срабатывание муфты.

2. Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать предохранительная муфта (рис. 6.1),

$$\Delta T_{пр} = T_{пр} + \delta T_{пр} - T_0, \quad (6.3)$$

где $T_{пр}$ — предельная величина вращающего момента, при котором заканчивается срабатывание муфты; δ — относительная погрешность срабатывания; T_0 — вращающий момент, при котором начинается срабатывание муфты.

Запишем уравнение (6.3) в виде

$$\Delta T_{пр} = T_{пр} (1 + \delta - \gamma_{п.н}) = T_{пр} \gamma_{пр}, \quad (6.4)$$

Т а б л и ц а 6.1. Эксплуатационные характеристики предохранительных устройств

Предохранительные устройства	$\gamma_{\text{ч}}$	δ	$\gamma_{\text{т.с}}$	$\gamma_{\text{пр}}$	$\gamma_{\text{д.с}}$	$f_{\text{д}}$
Срезные штифты	0,70—0,85	0,10—0,15	1,22—1,35	0,40—0,45	0	В зависимости от скорости нарастания $19h \operatorname{tg} \alpha / (Dn)$
Кулачковые предохранительные муфты	0,85—0,90	0,09—0,10	1,25	0,20—0,24	>1	
Шариковые предохранительные муфты	1	0,08—0,15	1,21	0,08—0,15	>1	$1,5d_{\text{ш}}/(Dn)$
Конусные фрикционные предохранительные муфты с металлическими рабочими поверхностями	1	0,40—0,60	2,5—3,9	0,40—0,60	$f_{\text{дв}}/f_0 < 1$	0,004—0,014
То же, но с одним конусом из композиционного материала по стали или чугу-ну	1	0,07	1,15	0,07		0,004—0,014
Дисковые предохранительные муфты со стальными дисками	1	0,13—0,18	1,35	0,13—0,18		0,004—0,014
То же, но с дисками из накладок из композиционного материала	1	0,10	1,22	0,1		0,004—0,014

П р и м е ч а н и е. Размеры D и h см. на рис. 6.5; n — число кулачков; $d_{\text{ш}}$ — диаметр шарика.

где $\gamma_{\text{ч}}$ — коэффициент чувствительности муфты, $\gamma_{\text{ч}} = T_0/T_{\text{пр}}$; $\gamma_{\text{пр}}$ — относительная величина поля срабатывания муфты, $\gamma_{\text{пр}} = 1 + \delta - \gamma_{\text{ч}}$.

Из уравнений (6.1) и (6.3)

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{ном}} \gamma_{\text{п.н}} / (1 + \delta) = T_{\text{д}} / (1 + \delta). \quad (6.5)$$

Муфта защитит слабое звено машины при условии

$$T_{\text{ном}} (\gamma_{\text{п.н}} - 1) \leq T_{\text{пр}} \gamma_{\text{пр}}. \quad (6.6)$$

Относительная величина поля срабатывания из условия не-превышения нагрузки, допускаемой слабейшим звеном машины,

$$\gamma_{\text{пр}} = T_{\text{ном}} (\gamma_{\text{п.н}} - 1) / T_{\text{пр}}. \quad (6.7)$$

Из условия (6.6) следует

$$T_{\text{пр}} = \beta_{\text{ном}} T_{\text{ном}},$$

где $\beta_{\text{ном}} = (\gamma_{\text{п.н}} - 1) / \gamma_{\text{пр}}$. Обычно принимают $\beta_{\text{ном}} = 1,25$.

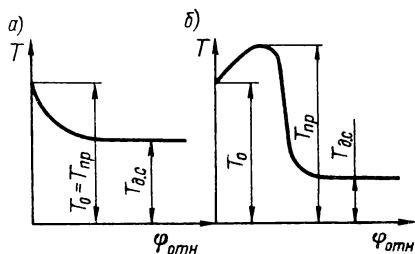


Рис. 6.2. Характер изменения вращающего момента при срабатывании предохранительных муфт

1) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения без прекращения передачи момента (рис. 6.2, а)

$$\gamma_{д.с} = f_{дв}/f_0,$$

где $f_{дв}$ — коэффициент трения движения; f_0 — коэффициент трения покоя;

2) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения после поворота на один шаг или целое число шагов кулачков (рис. 6.2, б)

$$\gamma_{д.с} > 1;$$

3) в муфтах, прекращающих поток энергии после срабатывания,

$$\gamma_{д.с} = 0.$$

4. Точность ограничения нагрузки муфтой характеризуется коэффициентом точности

$$\gamma_{тч} = T_{max}/T_{min},$$

где T_{max} и T_{min} — наибольший и наименьший вращающие моменты, при которых возможно срабатывание муфты.

Обычно $\gamma_{тч} \geq 1$; чем ближе $\gamma_{тч}$ к единице, тем выше надежность работы муфты, тем выше ее качество. В муфтах с разрушающимся элементом $\gamma_{тч} > 1$ вследствие отклонений в размерах и механических свойствах материала разрушающего элемента. Из-за непостоянства сил трения в сухих дисковых фрикционных муфтах в расчетах принимают $\gamma_{тч} \leq 2,5$, в масляных — $\gamma_{тч} \leq 1,5$. Учитывая непостоянство жесткости пружин и сил трения в пружинно-кулачковых муфтах, в расчетах принимают $\gamma_{тч} \approx 1,25 \div 1,5$.

5. Время действия предохранительной муфты $t_{д}$ считают от начала срабатывания до момента начала снижения нагрузки

$$t_{д} = t_{ав}/k,$$

где $t_{ав}$ — время, за которое наступает аварийное состояние машины; k — коэффициент безопасности ($k = 2 \div 3$).

3. Коэффициент, характеризующий действие предохранительной муфты при срабатывании (рис. 6.2),

$$\gamma_{д.с} = T_{д.с}/T_{пр},$$

где $T_{д.с}$ — вращающий момент, устанавливающийся после срабатывания муфты.

Величина коэффициента $\gamma_{д.с}$ зависит от принципа работы предохранительной муфты:

Подбор предохранительных муфт с учетом точности срабатывания осуществляется в следующем порядке. Зная номинальный момент $T_{\text{ном}}$ и коэффициент его превышения $\gamma_{\text{пн}}$, задаются относительной погрешностью срабатывания δ и по формуле (6.5) определяют $T_{\text{пр}}$. Затем по формуле (6.7) находят допустимую величину поля срабатывания $\gamma_{\text{пр}}$ и по ней выбирают муфту из табл. 6.1.

Предохранительные муфты целесообразно располагать в непосредственной близости к месту приложения нагрузки.

6.1. Муфты с разрушающимся элементом

Предохранительные элементы этих муфт чаще всего работают на срез; в этом случае их выполняют в форме цилиндрических штифтов или в виде призматических шпонок. Эти муфты отличает высокая несущая способность, простота конструкции, что и обусловило их широкое распространение несмотря на ряд присущих им недостатков:

- 1) постепенное снижение прочности предохранительного элемента вследствие накопления усталостных повреждений;
- 2) снижение точности срабатывания при числе предохранительных элементов более одного вследствие неравномерного их нагружения;
- 3) дополнительная нагрузка на валы и опоры при наличии одного предохранительного элемента;
- 4) необходимость замены предохранительного элемента после срабатывания муфты, что связано с остановкой машины;
- 5) зависимость точности срабатывания от ошибок изготовления и разброса прочности материала предохранительного элемента.

Такие муфты применяют в машинах с редкими случайными перегрузками.

На рис. 6.3, а (табл. 6.2) представлены конструкция и основные размеры места расположения предохранительного элемента муфты со срезным штифтом по нормали станкостроения. Обе полумуфты расположены на валу 1. Полумуфта 2 соединена с валом шпонкой, полумуфта 6 сидит на нем свободно, соединяясь шпонкой с деталью, расположенной на ее ступице. Полумуфты соединены цилиндрическим штифтом 4, расположенным во втулках 3 и 5, изготовленных из стали 40Х с последующей термообработкой до твердости 50—60 HRC_с. Во избежание повреждения торцов полумуфт заусенцем срезанного штифта на них предусмотрены кольцевые канавки шириной f и глубиной g . Для облегчения замены штифта на наружную поверхность полумуфт наносят риски, при совмещении которых оси отверстий втулок 3 и 5 совпадают. Вместо гладких штифтов могут применяться штифты с проточкой. Как показал эксперимент, они обладают более стабильными характеристиками и проще удаляются после разрушения (заусенец

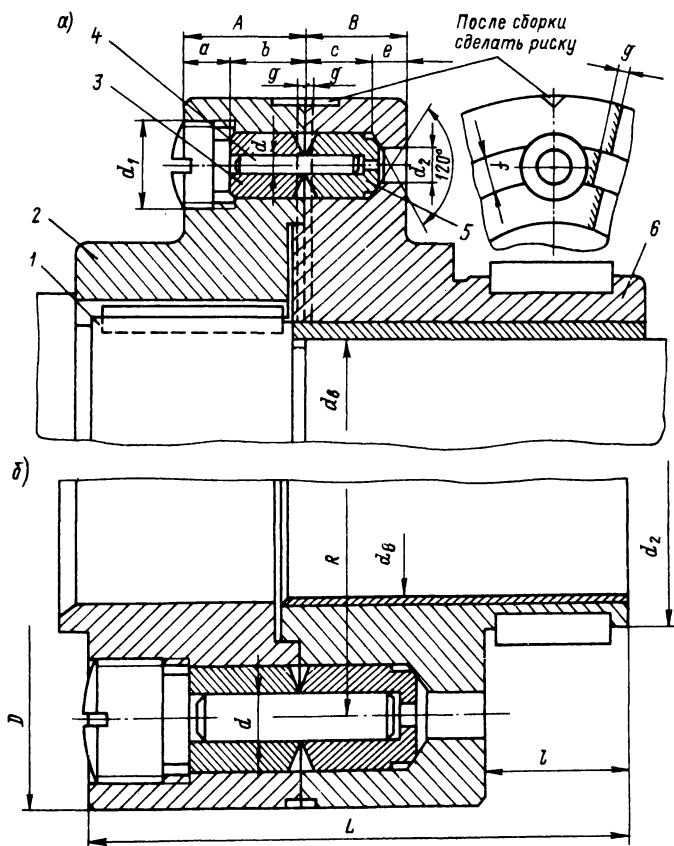


Рис. 6.3. Муфта со срезными штифтами

не выступает за пределы диаметра штифта). Штифты изготавливают из сталей марок У8А, У10А или 40, 45, 50.

Величина вращающего момента, ограничиваемого муфтой,

$$T_{вр} = A k_0 \sigma_{вр} R,$$

где A — площадь поперечного сечения штифта (или шпонки); k_0 — коэффициент пропорциональности, $k_0 = \tau_{в ср} / \sigma_{вр}$; $\tau_{в ср}$ — предел прочности при срезе; $\sigma_{вр}$ — предел прочности при растяжении материала предохранительного элемента; R — радиус, на котором расположен предохранительный элемент.

При проектном расчете определяют диаметр штифта

$$d = \sqrt[3]{4T_{пр} / (\pi k_0 \sigma_{вр} R)}.$$

Величину k_0 определяют механические свойства материала и в меньшей мере размеры. Значения k_0 для различных относительных удлинений при растяжении материала приведены

Т а б л и ц а 6.2. Размеры (мм) деталей муфт (рис. 6.3, а)

Срезающая сила (минимальная), Н	d	d_1	d_2	d_B^*	A	B	a	b	c	e	f	g
690 1275	1,5 2,0	M16	5	10	22	16	10	12	11	5	8	1
2 850 5 200 8 100	3,0 4,0 5,0											
11 770 20 600 32 360	6,0 8,0 —	M20	8	15	30	25	12	18	17	8	10	1,5
55 000 83 400 130 000	13,0 16,0 20,0											
		M30	12	25	50	45	22	28	26	19	16	2
		M48	18	40	75	64	33	42	39	25	28	3

* Предельное отклонение по Н7.

Т а б л и ц а 6.3. Значения коэффициента k_0 для штифтов

Диаметр штифта, мм	k_0 при удлинении, %			
	15—20	22—30	24—25	29,9—31,4
	для гладких штифтов		для штифтов с V-образной канавкой	
2—3	0,78—0,80	0,80—0,81	—	—
4—5	0,68—0,72	0,75—0,76	0,86—0,95	0,92—1,06
6—8	0,68—0,72	0,75—0,78	0,86—0,95	0,92—1,10

Примечание. Данные получены при испытаниях штифтов из сталей марки У8А, У10А, 45 и 50.

Т а б л и ц а 6.4. Размеры (мм) элементов муфт (рис. 6.3, б)

$T, Н \cdot м$	Срезающая сила, Н	d_B	d	d_2	D	R	L	l
30 30 50 50	690 690 1 275 1 275	25 28 28 30	1,5 1,5 2,0 2,0	45	100	35,0	70	25
155 155 270 270 430	2 850 2 850 5 200 5 200 8 100	35 40 40 45 45	3,0 3,0 4,0 4,0 5,0					
825 825 1300 1300 2050	11 770 11 770 20 600 20 600 3 236	50 55 55 60 60	6,0 6,0 8,0 8,0 10,0					

в табл. 6.3 для случая кратковременного действия нагрузки. При длительной работе в условиях статического нагружения, и особенно при пульсирующей нагрузке, значения k_0 отличаются от приведенных в табл. 6.3.

Для муфт со срезным штифтом $\gamma_{\text{ш}} = 0,6 \div 0,85$, со срезными шпонками $\gamma_{\text{ш}} = 0,7 \div 0,8$.

На рис. 6.3, б (табл. 6.4) представлены конструкция и основные размеры муфты со срезным штифтом. Материалы штифтов те же, что и у муфты, приведенной на рис. 6.3, а.

6.2. Пружинно-кулачковые муфты

Эти муфты используют при небольших скоростях, малых вращающих моментах и маховых массах соединяемых частей. При высоких скоростях и больших массах такие муфты не применяются, так как создают многократные перегрузки в момент повторных включений. Муфты этого типа основаны на одном принципе: полумуфты, снабженные на торцах кулачками (шариками), замыкаются с помощью пружин, поставленных с предварительным натяжением. При длительных перегрузках происходит срабатывание муфты, которое сопровождается значительными ударными нагрузками и характерным звуком, поэтому кулачковые муфты называют сигнальными.

В конструкциях с малым трением пружинно-кулачковые муфты обеспечивают высокую точность срабатывания, так как упругие свойства пружин достаточно стабильны. Существенное влияние на точность срабатывания оказывает состояние рабочих поверхностей кулачков: твердость, шероховатость и точность изготовления.

Муфты могут быть как осевого, так и радиального типов. Кулачки обычно имеют трапецеидальный или (реже) треугольный профиль (рис. 6.4, а). Рабочие поверхности кулачков могут быть винтовыми или плоскими. Первые обуславливают более благоприятные условия работы муфты (лучший контакт рабочих поверхностей, более высокую точность срабатывания), однако они сложнее в изготовлении, чем плоские поверхности.

Рабочие поверхности кулачков должны обладать достаточной твердостью, износостойкостью и способностью сопротивляться ударным нагрузкам. Кулачки изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости 56—57 HRC_a или из стали 40Х с закалкой той же твердости. Число кулачков рекомендуется делать нечетным. Это позволяет упростить процесс изготовления и повысить точность расположения кулачков. Число кулачков принимают равным 3—15.

При одинаковом шаге расположения кулачков на полумуфтах (рис. 6.4, б) каждый кулачок одной полумуфты может войти в зацепление с любым кулачком другой. Неточность изготовления в этом случае значительно влияет на характер распределения на-

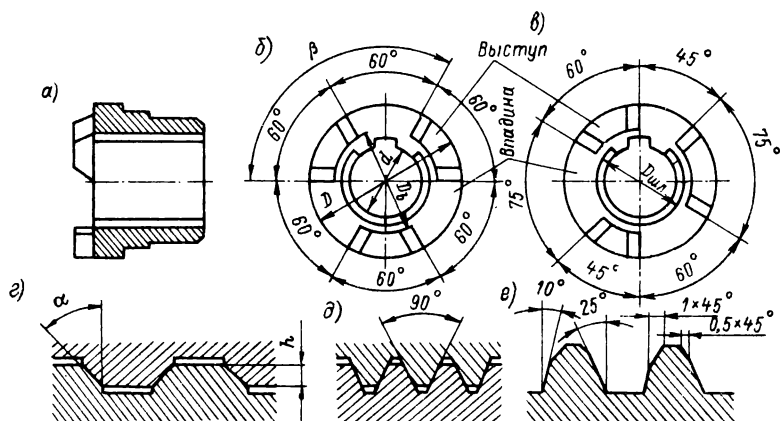


Рис. 6.4. Профили кулачков

грузки между кулачками и в конечном счете на точность срабатывания. Для повышения последней шаг расположения выступов и сопряженных впадин рекомендуется делать неодинаковым (рис. 6.4, в), что при проскальзывании полумуфт обусловит зацепление лишь одинаковой пары кулачков и впадин. На рис. 6.4, д, е показаны профили мелкозубых муфт.

Для стабилизации точности срабатывания производят приработку кулачковых муфт, состоящую в длительном срабатывании муфты (3—5 мин). В результате острые кромки кулачков обминаются, момент выключения муфты стабилизируется, пятно контакта с наружной стороны поверхностей кулачков распространяется на всю поверхность. Кулачки с винтовой рабочей поверхностью не нуждаются в приработке.

При наличии трех кулачков и равномерном шаге их расположения длина направляющей ступицы подвижной полумуфты должна быть небольшой для обеспечения самоустановки подвижной полумуфты по кулачкам неподвижной полумуфты. При неравномерном шаге расположения кулачков или при неравномерном их нагружении длина направляющей ступицы подвижной полумуфты должна быть значительной для лучшего направления полумуфты по валу.

Угол профиля α (рис. 6.4, г) принимают 30, 45 или 60°. Чем меньше угол, тем муфта менее чувствительна к изменениям коэффициента трения на кулачках и на шлицах подвижной полумуфты. Без смазки муфта с углом $\alpha = 30^\circ$ не выключается из-за самоторможения. Поэтому кулачковые муфты, работающие в условиях отсутствия стабильного смазывания кулачков и шлицев (машины сельскохозяйственной техники), имеют угол $\alpha = 60^\circ$. При полном отсутствии смазки момент выключения муфты возрастает почти вдвое [25]. Угол $\alpha = 45^\circ$ назначают при гаранти-

рованных условиях смазки (коробки передач металлорежущих станков).

Величина вращающего момента, действующего в приводе при срабатывании этой муфты, складывается из статического $T_{ст}$ и динамического $T_{д}$ моментов.

Статический момент определяется, в основном, усилием пружины (силы трения вследствие колебаний практически снимаются)

$$T_{ст} = F_{пр} D_{ср} / (2 \operatorname{tg} \alpha),$$

где $F_{пр}$ — сила пружины; $D_{ср}$ — средний диаметр расположения кулачков.

Динамический момент обусловлен ударом кулачков ведущей полумуфты по кулачкам ведомой полумуфты

$$T_{д} = (C/P_1) \omega \sin P_1 t, \quad (6.8)$$

где C — крутильная жесткость валопровода на участке от ведомой (подвижной) полумуфты до места возникновения перегрузки; P_1 — круговая частота собственных колебаний подвижной полумуфты, $P_1 = \sqrt{C/J}$; J — момент инерции массы подвижной полумуфты; ω — угловая скорость ведомой полумуфты после соударения кулачков (уменьшается с ростом угла α), $\omega = \omega_0 m / (m + m_1 \operatorname{tg} \alpha)$; ω_0 — угловая скорость ведущей полумуфты (приблизительно принимается постоянной); m — масса, приведенная к ведущей полумуфте (обычно превышает массу ведомой полумуфты более чем в 5 раз); m_1 — масса подвижной полумуфты, приведенная к среднему диаметру расположения кулачков, $m_1 = J / (D_{ср}/2)^2$.

Максимальная угловая скорость соударения полумуфт имеет место при встречном ударе кулачков (при $t_1 > t_2$): t_1 — время, необходимое для смещения подвижной полумуфты на величину высоты h кулачка, $t_1 = (1/P_2) \arccos [1 - h/(x_0 + h)]$; t_2 — время, за которое ведущая полумуфта повернется на угол смещения кромок у вершины и основания кулачков вследствие наклона рабочей поверхности кулачка, $t_2 = 2h \operatorname{tg} \alpha / (\omega_0 D_{ср})$;

$$\omega_{\max} = \omega_0 + (2P_2/D_{ср}) (x_0 + h) \operatorname{tg} \alpha \sin P_2 t_3, \quad (6.9)$$

где P_2 — круговая частота собственных осевых колебаний подвижной полумуфты, $P_2 = \sqrt{C_1/m}$; C_1 — жесткость пружины; x_0 — начальное натяжение пружины; t_3 — время, через которое наступает соприкосновение полумуфт, отсчитываемое от момента схода торцов кулачков одной полумуфты с торцов другой, определяемое из уравнения

$$(\omega_0 D_{ср}/2) t_3 = (x_0 + h) (1 - \cos P_2 t_3) \operatorname{tg} \alpha.$$

Значение $\omega_{\max}$ подставляют в (6.8) вместо ω и определяют максимум динамического вращающего момента $T_{д}$.

Возможность встречного удара полумуфт практически исключается при значении отношения силы пружины и силы тяжести

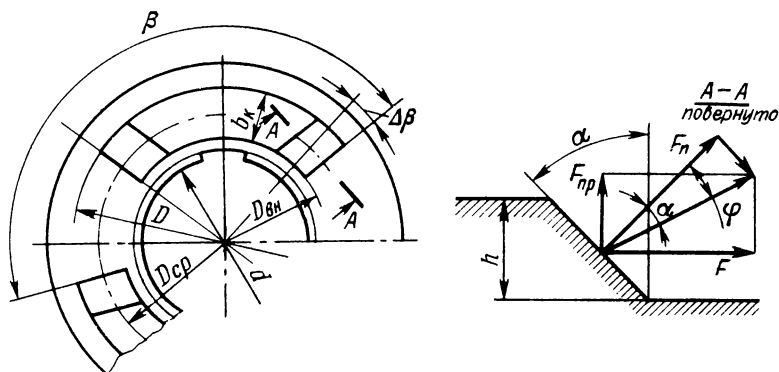


Рис. 6.5. Кулачки на полумуфте; схема сил взаимодействия кулачков

подвижной полумуфты более 40. В этом случае срабатывание муфты происходит без отрыва кулачков обеих полумуфт.

При высоких частотах вращения возможны резонансные явления при срабатывании муфты. В этом случае момент на муфте T следует умножать на коэффициент нарастания колебаний k_n

$$T_p = T k_n = \frac{T}{1 - [n_i / (9,55 P_1)]^2},$$

где n — частота вращения ведущей полумуфты, об/мин; i — число кулачков на одной полумуфте.

Во избежание появления больших значений динамического момента кулачковые муфты обычно применяют при относительных частотах вращения полумуфт не более 200—250 об/мин. Критериями работоспособности кулачковых муфт являются статическая прочность и долговечность кулачков по контактным напряжениям и изгибу.

Условное давление в предположении равномерной нагрузки всех кулачков

$$p = 2T / (D_{ср} z b_k h) \leq [p],$$

где T — передаваемый вращающий момент; z — число кулачков; остальные обозначения см. на рис. 6.5.

Допускаемое давление при закаленных поверхностях зубьев $[p] = 80 \div 120$ МПа.

Напряжение изгиба у основания кулачков для случая приложения силы к вершине кулачков (неполное включение)

$$\sigma_n = 2kTh / (D_{ср} z W) \leq \sigma_T / n,$$

где k — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между кулачками, равный 2—3 (меньшие значения — при большей точности изготовления и малом числе ку-

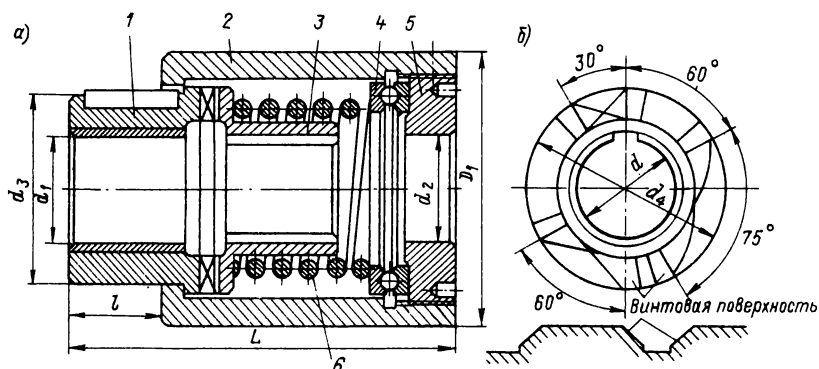


Рис. 6.6. Кулачковая предохранительная муфта

лачков); W — момент сопротивления опасного сечения кулачка у основания; n — коэффициент запаса ($n \geq 1,5$).

При определении потребной силы нажатия пружины различают два случая.

1. При кратковременных перегрузках силы трения на кулачках и в шлицевом или шпоночном соединении препятствуют размыканию муфты. Сила сжатия пружины находится из условия равновесия подвижной полумуфты (рис. 6.5)

$$F_{\text{пр}} = \frac{2T}{D_{\text{ср}}} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D_{\text{ср}} f}{d} \right],$$

где T — расчетный вращающий момент при кратковременных перегрузках; α — угол профиля кулачка; φ — угол трения между кулачками (обычно $\varphi = 5 \div 6$); d — диаметр вала; f — коэффициент трения в шлицевом или шпоночном соединении ($f \approx 0,15$).

2. При длительных перегрузках силы трения снимаются вследствие колебаний. В этом случае

$$F_{\text{пр}} = 2T_{\text{дл}} \operatorname{tg} \alpha / D_{\text{ср}},$$

где $T_{\text{дл}}$ — расчетный вращающий момент при длительной перегрузке.

Таблица 6.5. Размеры (мм) и параметры муфты предохранительной (рис. 6.6, а)

T , Н·м	Шлицевое отверстие $z \times d \times D$	D_1	d_1	d_2	d_3	L	l	Пружина	Размеры подшипника по ГОСТ 6874—75*	Шаг винтовой линии
6, 10, 13	6×21×25	70	25	25	45	110	25	4×50×100	35×52×12	125,6
16, 20, 25	6×26×30	80	30	30	50	120	30	5×55×100	45×65×14	157,0
32, 40, 50	8×36×40	100	40	40	65	130	—	7×65×70	55×78×16	196,2

Сила сжатия пружины не должна сильно меняться в начале и конце срабатывания муфты. Это обеспечивается пружинами малой жесткости или пружинами с нелинейной характеристикой.

На рис. 6.6, а (табл. 6.5) представлена кулачковая предохранительная муфта. Муфта монтируется на одном валу и состоит из полумуфт 1 и 3, имеющих торцевые кулачки, пружины сжатия 6, стакана 2, упорного подшипника 4 и винта 5. Зубчатое колесо или шкив устанавливается на полумуфте 1 на шпонке и соединяется с валом через торцевые кулачки, полумуфту 3 и шлицы. Полумуфта 3 свободно перемещается вдоль вала и поджимается к полумуфте 1 пружиной 6 с силой, регулируемой винтом 5. На рис. 6.6, б показаны вид с торца на полумуфту и развертка кулачков.

На рис. 6.7 (табл. 6.6) представлена кулачковая муфта по ГОСТ 15620—77. На втулке 1 установлены неподвижная 2 и подвижная 3 полумуфты с торцевыми кулачками. Сжатие пружин 4 осуществляется гайкой 6, перемещающей опорный стакан 5 по шлицам. Шпонка и пружинное упорное кольцо соединяют и удерживают деталь на неподвижной полумуфте 2. Предусмотрено два исполнения соединения втулки 1 с валом (I — со шпонкой, II — со шлицами).

6.3. Пружинно-шариковые муфты

В пружинно-шариковых муфтах трение скольжения на кулачках частично заменено трением качения шариков; эти муфты проще в изготовлении и отличаются большей надежностью срабатывания, чем кулачковые. На рис. 6.8 представлены возможные виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями второй полумуфты. Характер процесса выключения шариковых муфт зависит от вида сопряжений.

Муфты с подвижными шариками (рис. 6.8, б, в) обладают рядом преимуществ по сравнению с кулачковыми [25] — они технологичнее; условия трения шаров в отверстиях благоприятнее условий трения в шлицевом соединении; момент, при котором срабатывает муфта, мало зависит от изменения условий смазывания из-за наличия трения качения.

Надежность срабатывания муфты возрастает при размещении между шариками и пружинами подкладок (рис. 6.9, 6.10), так как крайние витки пружины при контакте с шариками разгибаются, вызывая заклинивание шариков в отверстиях, увеличение момента срабатывания муфты и повреждение шариков.

Шариковые муфты с подвижной полумуфтой (рис. 6.8, а) создают приблизительно такие же динамические нагрузки, что и кулачковые муфты, так как и в этом случае процесс срабатывания муфты связан с преодолением силы инерции подвижной полумуфты, обладающей значительной массой. По этой же причине муфты с подвижными шариками создают существенно мень-

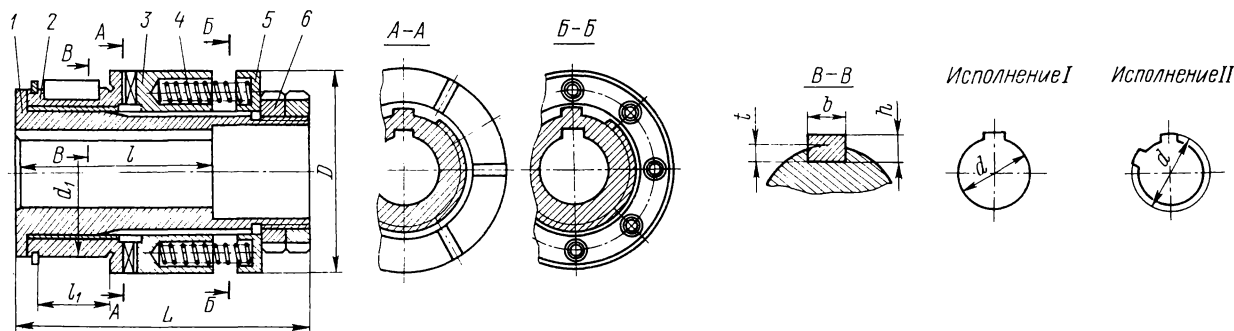


Рис. 6.7. Муфта предохранительная кулачковая по ГОСТ 15620—77*

Таблица 6.6. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 15620—77 (рис. 6.7)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	d (пред. откл. по Н7)			откл. d_1 (пред. по К6)	D	L	l (пред. откл. по h14)		l_1 , не более	b (пред. откл. по ГОСТ 23360—78*)	h (пред. откл. по h11)	t (пред. откл. по H12)	Допускаемая частота вращения, об/мин	Масса, кг, не более
	Исполнение						Исполнение							
	I	II	III				не более	I II и III						
	Шпонки	Шлицы												
4,0	8, 9 10	— —	— —	32	36	63	20 23	— —	12	3	3	1,8	1620	0,32
6,3	9 10, 11	— —	— —	38	48		20 23	— —	14	4	4	2,5	1260	0,5
10,0	11, 12, 13	14	12, 13	48	56	75	30	25	16	5	5	3,0		1020
16,0	12, 14	14	12, 13			80	40	28	18				0,90	
	16		15											

25,0	14		13	56	71	85	30	25	21	6	6	3,5	780	1,6
	16, 18, (19)	16	15, 17				40	28						
40,0	18, (19)	—	17			105	50	36	24					1,8
	20, 22													
63,0	20, 22, (24)	20, 22		65	85	110	50	36	28	8	7	4,0	600	2,5
	25						60	42						
100,0	(24)	—	—	80	100	140	50	36	32	10	8	5,0	480	5,0
	25, 28						60	42						
	(30)	—	30				80	58						
160,0	28, (30)	28	28, 30		125	160	60	42	36				7,50	
	(32)						80	58						
250,0	32, 36, (38)	32, (38)	32, 35, 38	90	140	180	80	58	42	12	420	10,0		
	40	—	40				110	82						
400,0	(38)	38		105	180	190	80	58	48	14	9	5,5	300	16,00
	40, (42), 45, (48)	42, 48	40, 42, 45				110	82						

Примечание. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

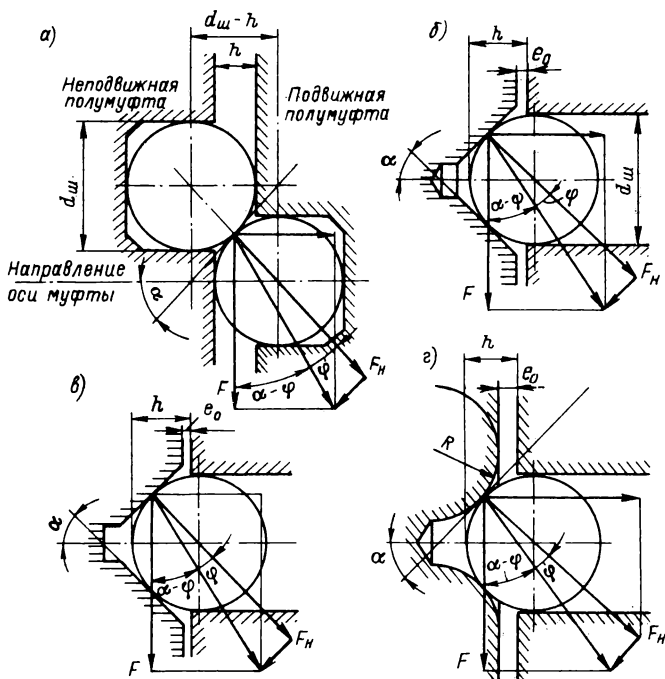


Рис. 6.8. Виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями

шие динамические нагрузки. Поэтому муфты с подвижными шариками применяют при более высоких частотах вращения (до 1000—1200 об/мин) по сравнению с кулачковыми муфтами [25].

Условие равновесия подвижной полумуфты для случая сопряжения шарика с шариком или шарика с тороидальной поверхностью

$$F_{\text{пр}} = F [\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - Df/d], \quad (6.10)$$

где $F_{\text{пр}}$ — сила сжатия пружины; F — окружная сила, действующая на шарик; ρ — угол трения между шариками; D — диаметр окружности, на которой расположены центры шариков; f — коэффициент трения в шлицевом соединении; d — средний диаметр шлицев; α — угол наклона касательной в точке касания шариков к оси муфты.

В процессе срабатывания муфты угол α изменяется по закону

$$\sin \alpha = (d_{\text{ш}} - h)/d_{\text{ш}}, \quad (6.11)$$

где $d_{\text{ш}}$ — диаметр шарика; h — расстояние, на которое выступает шарик из полумуфты.

Из формул (6.10) и (6.11) следует, что величина окружной силы $F = 2T/D$ зависит главным образом от взаимного рас-

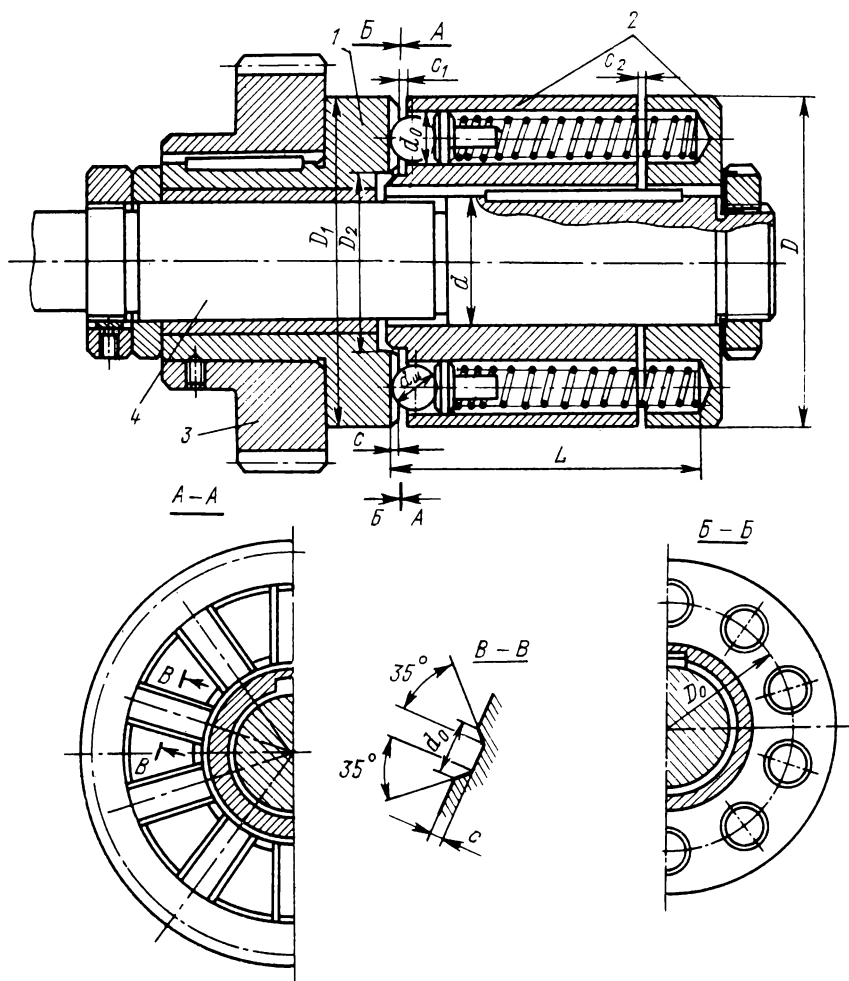


Рис. 6.9. Предохранительная шариковая муфта

положения шариков, определяемого углом α . В процессе срабатывания муфты размер h убывает, сила сжатия пружины возрастает, а угол α убывает. При этом сила F , определяющая величину вращающего момента, передаваемого муфтой, резко уменьшается. Таким образом, для полного выключения муфты (как это у кулачковых муфт) не требуется дополнительного увеличения нагрузки и, кроме того, при этом повышается точность срабатывания шариковых муфт, приведенных на рис. 6.8, а, г.

Муфты, в которых шарики контактируют с призматическими канавками или коническими отверстиями (рис. 6.8, б, в), имеют постоянный угол α и срабатывают подобно кулачковым муфтам.

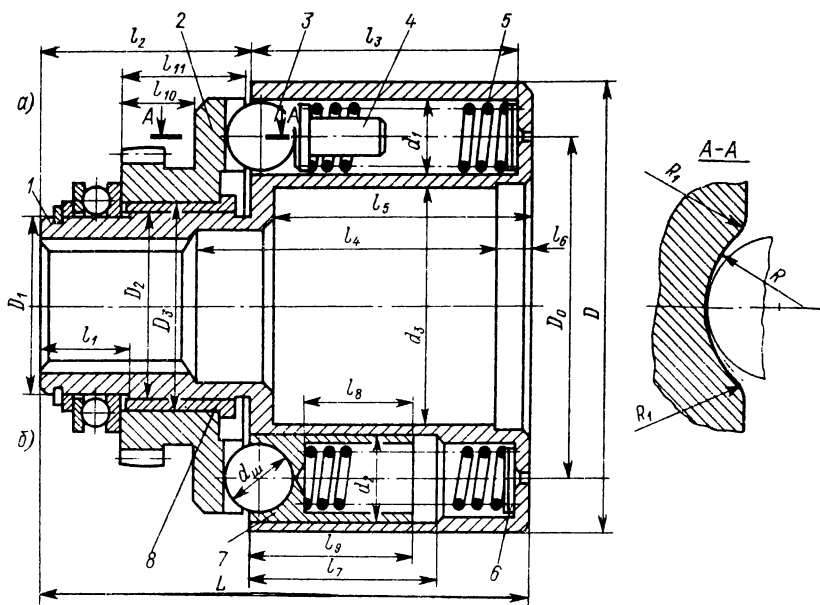


Рис. 6.10. Шариковая муфта

Для пружинно-шариковых муфт, у которых в процессе срабатывания перемещаются шарики, а не полумуфта (рис. 6.9), выражение (6.10) приобретает вид

$$F_{\text{пр}} = F [\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - 4/(\pi f)],$$

где ρ — угол трения между шариками и сопряженной поверхностью другой полумуфты; f — коэффициент трения между шариками и стенками отверстий.

Пружинно-шариковые предохранительные муфты работают удовлетворительно, если нормальная сила $F_{\text{н}}$ в месте контакта не превышает следующих значений (при наибольшем допустимом давлении на шарики $p = 3 \cdot 10^5$ МПа):

$d_{\text{ш}}$, мм	11	12	14	16	20	24	28	32
$F_{\text{н}}$, Н	160	180	200	220	280	340	400	500

На рис. 6.9 (табл. 6.7) представлена шариковая предохранительная муфта фирмы «Шисс» (ФРГ), состоящая из втулки 1, имеющей на торце кулачки и свободно сидящей на валу 4, и корпуса 2, в отверстиях которого располагаются шарики и пружины. Зубчатое колесо 3 соединяется с валом 4 через шпонку, кулачки, шарики, корпус и шпонку. Сила действия пружины на шарик может регулироваться осевым смещением правой части корпуса 2.

На рис. 6.10 (табл. 6.8) представлены два варианта (а и б) исполнения шариковой предохранительной муфты по отраслевому

Т а б л и ц а 6.7. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Шисс» (рис. 6.9)

T, Н·м	Число шариков z	D	L	D ₀	d	d _ш	d ₀	C	D ₁	D ₂	C ₁	C ₂	Пружины				
													D _{нар}	d _{прав}	l _{св}	l _{сж}	Число витков
13—14 23—32 46—64	8	65	70 70 110	50	32	11	11,5	3,0	60	40	1,0	3,0	10 10 10	1,5 2,0 2,5	80 68 108	55 54 94	33 26 36
24—30 33—57 65—104	8	75	75 75 120	58	36	13	13,5	3,5	70	46	1,0	4,0	12 12 12	2,0 2,5 3,0	80 70 115	57 57 101	27 22 32
25—29 56—86 89—141	8	85	95 95 120	65	40	16	16,5	4,5	78	52	1,5	4,5	15 15 15	2,0 3,0 3,5	119 90 113	73 72 97	34 23 27
50—63 67—103 107—170	8	100	95 95 120	78	48	16	16,5	4,5	92	65	1,5	4,5	15 15 15	2,5 3,0 3,5	100 90 113	72 72 97	28 23 27
59—68 108—186 157—248	9	115	100 100 120	88	55	20	20,5	5,5	105	72	1,5	5,5	19 19 19	2,5 3,5 4,0	121 93 112	72 72 92	28 20 23

Таблица 6.8. Размеры (мм) и параметры муфт (рис. 6.10)

Предельный вращающий момент ($\pm 5\%$), Н·м	$n_{\max}$ $\pm 5\%$, об/мин	$d_{\text{ш}}$	L	D	D_0	D_1	D_2	D_3	d_1	d_4	d_5	l_1	l_2	l_3
5,6	1510	7,14	62	48	32,5	17	18	20	7,5	10	22	15	29	31
6,4	1320	6,35	61	48	36,4	17	18	24	7,0	9	22	15	29	30
8,8	1200	7,14	65	52	40,6	20	22	28	7,5	10	26	17	32	31
12,5	1330	11,11	78	58	40,0	20	22	22	11,5	15	26	17	34	42
15,7	1240	11,91	85	62	43,2	25	22	24	12,5	15	26	17	34	49
22,2	1000	11,11	79	73	53,3	35	27	34	11,5	15	32	18	35	42
28,0	930	11,91	93	93	57,6	35	37	38	12,5	15	40	20	41	49
34,7	800	11,11	87	87	66,7	35	37	48	11,5	15	40	21	42	42
43,7	740	11,91	94	94	72,0	35	37	52	12,5	15	44	21	42	49
62,0	760	19,05	121	121	67,5	40	37	40	19,5	25	44	22	49	69
77,6	730	20,64	127	127	71,8	50	42	42	21,0	25	48	23	50	74
110,0	570	19,05	131	131	90,0	50	52	62	19,5	25	58	26	58	70
138,0	550	20,64	138	138	95,8	60	52	68	21,0	25	58	26	58	77
172,0	455	19,05	140	140	112,5	60	62	84	19,0	25	68	29	67	70
216,0	440	20,64	144	144	119,5	60	62	90	21,0	25	68	29	67	74
300,0	460	33,34	200	200	106,7	60	62	64	34,0	38	68	29	75	120
366,0	410	34,93	209	209	119,2	80	62	73	35,5	40	68	29	76	128
533,0	345	33,34	214	214	142,0	80	82	98	34,0	38	88	32	88	121
650,0	310	34,93	224	224	157,7	80	82	112	35,0	40	88	32	89	130
832,0	275	33,34	214	214	177,8	80	82	134	34,0	38	88	32	88	131
1015,0	250	34,93	222	222	197,0	80	82	152	35,5	40	88	32	89	128

Продолжение табл. 6.8

Предельный вращающий момент ($\pm 5\%$), Н·м	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	R	R_1	Номер пружин по ГОСТ 13771-66	Масса, кг	Шлицевое отверстие	
													$z \times d \times D$	b
5,6	43	30	7	24	13	20	10	15	5,14	1,93	290	0,5	6×11×14	3,0
6,4	43	29	7	23	11	18	10	15	4,70	1,75	279	0,5	6×11×14	3,0
8,8	43	30	7	24	13	20	11	16	5,14	1,93	290	0,5	6×13×16	3,5
12,5	58	40	7	36	17	30	11	17	8,00	3,00	347	1,0	6×13×16	3,5
15,7	65	47	10	37	17	30	11	17	8,65	3,24	362	1,0	6×13×16	3,5
22,2	55	40	10	32	17	27	11	17	8,00	3,00	347	1,0	6×16×20	4,0
28,0	61	47	10	39	17	27	14	21	8,65	3,24	362	2,0	6×23×28	6,0
34,7	54	40	12	31	17	27	14	21	8,00	3,00	347	2,0	6×23×28	6,0
43,7	61	47	12	37	17	30	14	21	8,65	3,24	362	2,0	6×23×28	6,0
62,0	82	67	15	53	28	43	16	26	13,70	5,15	435	4,0	6×23×28	6,0
77,6	92	72	15	59	28	47	16	26	14,85	5,57	446	4,0	6×28×34	7,0
110,0	89	68	15	55	28	43	21	31	13,70	5,15	435	6,0	8×32×38	6,0
138,0	97	75	15	62	28	47	21	31	14,85	5,57	446	6,0	8×32×38	6,0
172,0	89	68	15	55	28	43	26	37	13,70	5,15	435	7,0	8×42×48	8,0
216,0	95	72	20	54	28	43	26	37	14,85	5,57	446	8,0	8×42×48	8,0
300,0	147	118	20	100	48	73	27	43	24,00	9,00	507	14,0	8×42×48	8,0
366,0	155	125	20	109	48	73	27	43	25,00	9,40	103	16,0	8×42×48	8,0
533,0	140	119	20	102	48	73	35	53	24,00	9,00	507	20,0	8×62×72	12,0
650,0	147	126	20	111	51	77	35	53	25,00	9,40	103	25,0	8×62×72	12,0
832,0	140	119	20	102	51	77	35	53	24,00	9,00	507	25,0	8×62×72	12,0
1015,0	147	126	20	109	51	77	35	58	25,40	9,40	102	29,0	8×62×72	12,0

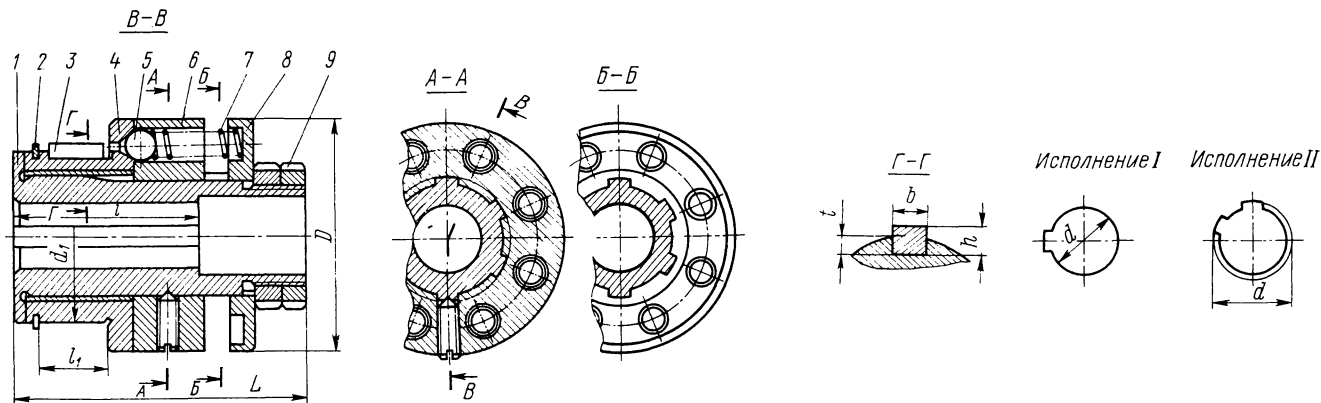


Рис. 6.11. Муфта предохранительная шариковая по ГОСТ 15621—77*

Т а б л и ц а 6.9. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 15621—77* (рис. 6.11)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	d (пред. откл. по Н7)			d_1 (пред. откл. по К6)	D	Δ	l (пред. откл. по h14)		l_1 , не более	b (пред. откл. по ГОСТ 23360—78*)	h (пред. откл. по h11)	l (пред. откл. по h12)	Допускаемая ча- стота вращения, об/мин	Масса, кг, не более
	Исполнение						Исполнение							
	I	II	III				I	II и III						
	Шпонки	Шлицы												
4,0	8, 9	—	—	36	45	67	20	—	12	3	3	1,8	1620	0,48
	10	—	—				23	—						
6,3	9	—	—	42	48	75	20	—	14	4	4	2,5	1260	0,60
	10, 11	—	—				23	—						

10,0	12, 14	14	12, 14	50	36	80	30	25	16	5	5	3	1020	0,91
16,0	16		15			90	40	28	18					1,05
25,0	14			65	71	100	30	25	21	6	6	3,5	780	1,80
	16, 18, (19)	16	15, 17				40	28						
40,0	18, (19)	—	17			120	50	36	24					2,00
	20, 22													
63,0	20, 22, (24)	20, 22		70	80	120	50	36	28	8	7	4,0	600	2,50
	25						60	42						
100,0	(24)	—	—	85	95	150	50	36	32	10	8	5	480	4,80
	25, 28						60	42						
	(30)	—	30				80	58						
160,0	23, (30), 32	28, 32	28, 30, 32		100	190	60	42	36				420	6,80
							80	58						
250,0	32, 36, (38)	38	35, 38	100	125	220	80	58	42	12	9	5,5	420	11,50
	40	—	40				110	82						
400,0	(38)	38			155	260	80	58	48	14			300	19,60
	40, (42), 45, (48)	42, 48	40, 32, 45				110	82						

Примечание. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

стандарту, отличающейся уменьшенными динамическими нагрузками в приводе, возникающими при срабатывании муфты. Вращающий момент с полумуфты 1 на полумуфту 2 передается шариками 3, поджимаемыми в гнезда полумуфты 2 пружинами 5 через стержень 4 или стакан 7. Силу нажатия пружины регулируют толщиной прокладок 6. Полумуфта 2 центрируется на ступице полумуфты 1 на опоре скольжения 8. Осевые силы, возникающие при срабатывании муфты, воспринимает упорный подшипник. Муфта во втором исполнении (рис. 6.10, б) отличается наличием бронзовых стаканов 7 вместо стержней 4, что приводит к повышению точности срабатывания муфты, так как на сферической поверхности стакана выполнены канавки для смазки (рекомендуется смазка ЦИАТИМ-203, ГОСТ 8773—73*). Специальный профиль гнезд на полумуфте 2 (сечение А—А) обеспечивает уменьшение динамических нагрузок при срабатывании муфты.

На рис. 6.11 (табл. 6.9) представлена предохранительная шариковая муфта на втулке по ГОСТ 15621—77*. На втулке 1, соединяемой с валом шпонкой (исполнение I) или шлицами (исполнение II), установлены свободно полумуфта 4 и на шлицах полумуфта 6. Полумуфты соединены шариками 5, которые поджимаются пружинами 7. Сжатие пружин 7 осуществляется гайкой 9, перемещающей опорный стакан 8 по шлицам. Шпонка 3 и пружинное упорное кольцо 2 соединяют и удерживают деталь на полумуфте 4. При перегрузках полумуфты 4 и 6 поворачиваются относительно друг друга, при этом шары перемещаются в отверстиях и сжимают пружины.

6.4. Фрикционные муфты

Эти муфты применяют при частых кратковременных перегрузках, главным образом при нагрузках ударного характера и значительных частотах вращения. Они передают вращающий момент за счет сил трения. При срабатывании муфта поглощает механическую энергию, преобразуя ее в тепловую, передача же вращающего момента не прекращается.

По форме трущихся поверхностей муфты различают: дисковые с плоскими поверхностями трения; конусные с коническими поверхностями трения; цилиндрические с поверхностями трения, очерченными круговым цилиндром; по условиям эксплуатации: сухие, работающие без смазывания; масляные, работающие в масляной ванне.

Сухие муфты применяются в местах, исключающих попадание смазки на трущиеся поверхности; они отличаются большей стабильностью срабатывания, чем масляные муфты.

Дисковые муфты. Дисковые фрикционные муфты получили наибольшее распространение благодаря следующим свойствам:

1) большой несущей способности при малых габаритных размерах, особенно по диаметру;

Т а б л и ц а 6.10. Давления, допускаемые на рабочих поверхностях фрикционных предохранительных муфт, и средние значения коэффициента трения покоя

Материал поверхностей трения	Конусные муфты		Дисковые муфты	
	[p], МПа	f ₀	[p], МПа	f ₀
<i>Со смазкой</i>				
Закаленная сталь по закаленной стали	—	—	0,2—0,4	0,1
Чугун по чугуну или по закаленной стали	0,1—0,12	0,15	0,2—0,4	0,15
Бронза по чугуну или стали	0,2—0,4	0,05	—	—
Фрикционная металлокерамика по стали	—	—	0,5	0,3
Ретинакс ФК-24А и ФК-16Л по стали	—	—	—	0,2—0,25
<i>Без смазки</i>				
Чугун по закаленной стали	0,3—0,4	0,2	—	—
Прессованный асбест, ферадо по стали или чугуну	0,1—0,2	0,3	0,1—0,20	0,3
Текстолит по стали или чугуну	0,2—0,4	0,2	—	—
Фрикционная металлокерамика по стали	—	—	0,5—0,7	0,3—0,4
Ретинакс ФК-24А и ФК-16Л по стали	—	—	—	0,3—0,35

2) возможности варьирования числа дисков, что существенно уменьшает номенклатуру муфт;

3) плавности срабатывания муфты;

4) простоте эксплуатации и ухода.

Эти муфты имеют следующие недостатки:

1) невысокую точность срабатывания, связанную с непостоянством коэффициента трения, прилипанием дисков и непостоянством вязкости смазочного материала в муфтах со смазыванием;

2) значительное выделение теплоты при срабатывании, вызывающее разогрев трущихся поверхностей и, как следствие, непостоянство их фрикционных свойств и снижение прочности.

Число пар поверхностей трения

$$z = \frac{8T_{\text{пр}}}{\pi (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2) D_{\text{ср}} [p] f_0},$$

где $T_{\text{пр}}$ — предельный вращающий момент, ограничиваемый муфтой; $D_{\text{н}}$ и $D_{\text{в}}$ — наружный и внутренний диаметры кольца контакта дисков, обычно $D_{\text{н}} = 3 \div 5 d_{\text{вала}}$, $D_{\text{в}} = (0,5 \div 0,6) D_{\text{н}}$; $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр контакта дисков, $D_{\text{ср}} = (D_{\text{н}} + D_{\text{в}})/2$; $[p]$ — допускаемое давление на трущихся поверхностях; f_0 — коэффициент трения покоя (табл. 6.10).

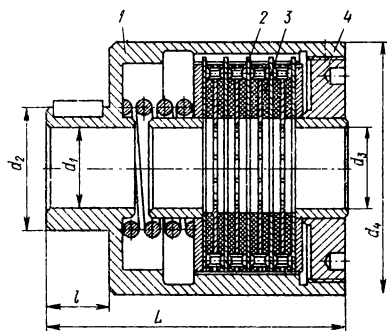


Рис. 6.12. Многодисковая предохранительная муфта

Сила сжатия пружины

$$F_{\text{пр}} = 2T_{\text{пр}} / (D_{\text{ср}} z f_0).$$

При точных расчетах и конструировании фрикционных предохранительных муфт следует учитывать влияние скорости нарастания нагрузки на величину коэффициента трения покоя $f_{0\text{п}}$.

Испытания дисковых муфт со смазыванием для стальных дисков показали, что момент трения покоя $T_{\text{п}}$ превышает момент трения скольжения $T_{\text{ск}}$ (соответственно $f_{0\text{п}} > f_{0\text{ск}}$) и зависит от

скорости нарастания нагрузки. С уменьшением скорости нарастания нагрузки значение $f_{0\text{п}}$ возрастает. Для фрикционных муфт без смазывания для пар трения ретинакс—сталь влияние изменения скорости нарастания нагрузки не обнаружено.

Настройка фрикционных предохранительных муфт обычно производится по статическому моменту $T_{\text{п}}$. Как показывают эксперименты, для муфт без смазывания момент выключения муфты при вращении муфты на 25—35% выше момента невращающейся муфты. Для муфт со смазыванием момент выключения муфты равен или меньше момента выключения неподвижной муфты. Точность ограничения нагрузки, характеризуемая коэффициентом $\gamma_{\text{тч}} = T_{\text{max}} / T_{\text{min}}$, для муфт со смазыванием зависит от скорости нарастания нагрузки и наличия смазочного материала.

Таблица 6.11. Размеры (мм) и параметры фрикционной предохранительной муфты (рис. 6.12)

T , Н·м	Шлицевое отверстие в дисках 3 $z \times d \times D$	d_3 (пред. откл. по Н7)	d_4 (пред. откл. по к6)	d_1	d_2	L	l	Число пар по- верхно- стей тре- ния	Пружина $d \times D \times H$
0,1 1,0 15,0 20,0 25,0	6×21×25	25	40	25	80	100	20	6	4×50×150 4×50×160 5×55×95 5×55×95 5×55×105
30,0 40,0 50,0 60,0	6×26×30	30	45	30	100	125	25	8	5×55×75 5×55×75 6×60×80 6×60×80
80,0 120,0 160,0 200,0	8×36×40	40	60	40	140	140	30	10	7×65×45 7×65×55 8×70×50 8×70×59

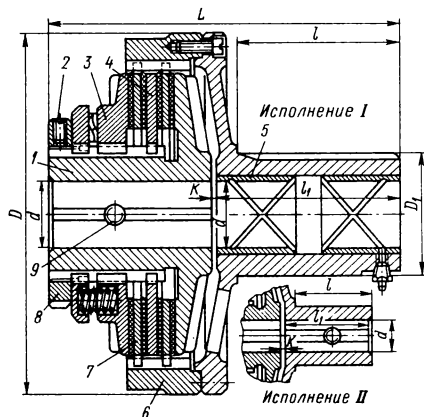


Рис. 6.13. Муфта с изменяемым числом фрикционных дисков

Т а б л и ц а 6.12. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.13)

Т (Н·м) при числе внутренних дисков			d	D	L при числе дисков			l	l ₁	K	D ₁	Масса (кг) при числе дисков		
1	2	3			1	2	3					1	2	3
52,5	105,0	157,0	19—32	146	122	135	148	54	63	1,6	50,8	5,4	5,9	6,4
178,0	356,0	534,0	25,4—38	187	167	181	195	83	95	1,6	74,6	11,0	12,0	13,0
395,0	790,0	1 185,0	25,4—50	260	218	232	253	111	127	2,4	87,3	22,0	25,0	29,0
780,0	1560,0	2 340,0	38—63	305	263	279	295	141	158	3,2	102,0	39,0	43,0	50,0
1 460,0	2920,0	4 380,0	50—89	356	347	372	398	202	222	4,0	146,0	64,0	72,0	86,0
2 300,0	4600,0	6 900,0	57—114	422	425	454	482	241	285	4,8	178,0	113,0	124,0	147,0
3 150,0	6300,0	9 450,0	63—127	483	472	507	542	270	314	5,6	197,0	186,0	204,0	238,0
4 550,0	9100,0	13 650,0	69—152	533	575	610	645	327	321	6,4	229,0	249,0	295,0	363,0
11 300,0	2260,0	33 900,0	76—203	685	730	762	803	438	518	6,4	305,0	386,0	454,0	544,0

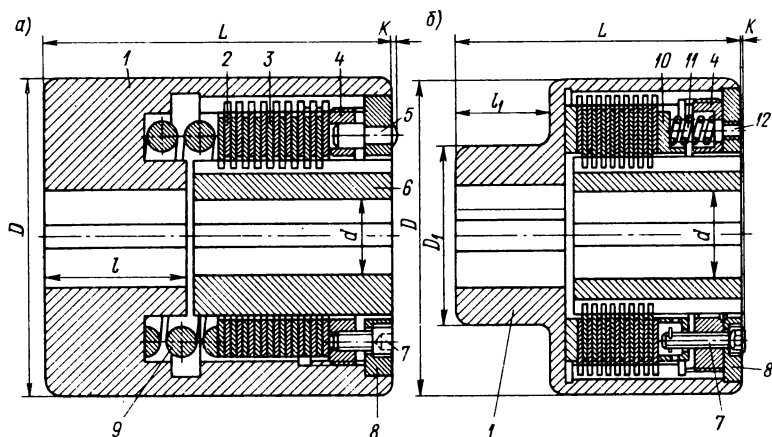


Рис. 6.14. Многодисковая муфта с малым наружным диаметром

Частота срабатывания и длительность скольжения не влияют на величину момента выключения муфты без смазывания для пары ретинакс—сталь. Для муфт со смазыванием со стальными дисками при повторных срабатываниях обнаружено повышение коэффициентов трения покоя ($f_{\text{оп}} = 0,3$) и скольжения ($f_{\text{оск}} = 0,12 \div 0,14$). Значения f_0 в табл. 6.10 соответствуют режиму покоя.

На рис. 6.12 (табл. 6.11) представлена многодисковая предохранительная муфта. На ступице полумуфты 1, сидящей на валу, на шпонке располагается зубчатое колесо (не показано). Наружные диски 2 шлицами соединяются с полумуфтой 1, внутренние диски 3 с приклепанными фрикционными накладками — с валом (не показан). Сила сжатия дисков создается пружиной сжатия и регулируется гайкой 4.

На рис. 6.13 (табл. 6.12) представлена муфта с изменяемым числом фрикционных дисков. Предусматривается два исполнения муфты. В исполнении I муфта устанавливается на одном валу. Полумуфта 1 соединяется с валом шпонкой и фиксируется от осевых смещений винтом 9. Внутренние диски 4 и нажимной диск 3 соединяются с полумуфтой 1 шлицами. Наружные диски 2 с приклепанными фрикционными накладками шлицами соединяются с полумуфтой 6, состоящей из двух деталей, соединяемых винтами. В полумуфте 6, свободно устанавливаемой на валу, предусмотрены бронзовые вкладыши 5 и система подвода смазки. На ступице полумуфты 6 на шпонке устанавливают зубчатое колесо (не показано), соединяемое с валом через муфту. Прижатие дисков создают пружины сжатия и регулирует гайка 8 со стопорным винтом 2. В исполнении II полумуфты устанавливают на концах соединенных валов. Число наружных дисков может быть различным, что позволяет ступенчато регулировать величину передаваемого муфтой момента.

Т а б л и ц а 6.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.14)

T , Н·м	d	D	L	l	l_1	D_1	K	GD^2 , Н·м²	Масса, кг
20	12—20	70	90	35	—	—	0,5	0,01	2,4
50	15—30	90	105	45	—	—	1,0	0,10	4,0
80	18—40	100	110	45	—	—	1,0	0,20	5,5
150	20—48	125	125	60	—	—	2,0	0,80	9,5
350	20—60	150	130	50	40	80	2,0	0,96	10,5
500	28—70	170	170	70	60	120	2,0	2,00	18,5
1400	30—80	210	195	80	65	130	2,0	5,40	31,0

На рис. 6.14, а (табл. 6.13) представлена многодисковая муфта с малым наружным диаметром. Полумуфты 1 и 6 устанавливаются на шпонках на концах валов. Наружные 2 и внутренние 3 диски выполняются металлическими и соединяются шлицами с полумуфтами. Сила прижатия дисков создается пружиной 9 и плавно регулируется гайкой 4. С помощью трех направляющих пальцев 5, запрессованных в крышку 8, установленную в полумуфте 1, обеспечивается направление торца гайки относительно торца диска. Три винта 7 стопорят гайку 4.

В муфте, представленной на рис. 6.14, б, сила прижатия дисков создается несколькими пружинами сжатия 11, расположенными по окружности в гнездах нажимного кольца 10, и гайки 4, регулирующей сжатие пружин. Три винта 7 служат: для стопорения гайки 4; для передачи движения от крышки 8 на гайку 4 и нажимное кольцо; для извлечения кольца 10 вместе с гайкой 4 и крышкой 8 при демонтаже. Резьбовые отверстия 12 предусмотрены для поворота крышки.

На рис. 6.15 (табл. 6.14) представлена многодисковая муфта, передающая большие вращающие моменты. Фрикционные диски 2 и 3 с металлокерамическим покрытием соединяются со ступицей 1 и гильзой 4 шлицами. Прижатие дисков создается пружинами сжатия 6, расположенными по окружности в гнездах нажимного

Т а б л и ц а 6.14. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.15)

T , Н·м	d	D	D_1	D_2	D_3	D	l	l_1	l_2	c	GD^2 , Н·м²	Мас- са, кг
1 400	30—80	250	210	230	105	115	110	12	—	—	5,5	22
2 000	50—80	310	260	260	245	130	128	15	12	2	14,7	39
4 500	70—110	370	315	315	295	140	135	15	15	2	31,9	61
5 500	70—130	430	370	370	345	165	155	20	20	5	72,0	99
10 000	70—170	500	435	435	410	195	185	20	20	5	162,0	165
15 000	85—190	550	490	490	465	205	195	20	20	5	277,0	224
25 000	100—200	750	650	650	620	200	205	25	30	5	97,0	454

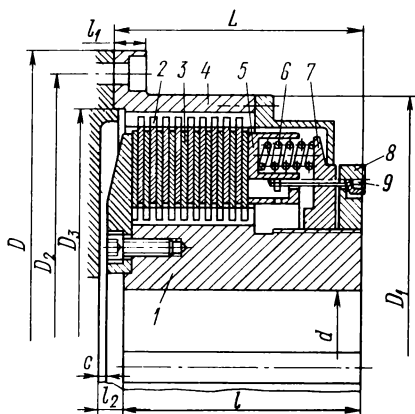


Рис. 6.15. Многодисковая муфта для передачи больших вращающих моментов

кольца 5, и регулируется гайкой 7. Гайка 7 поворачивается через гайку 8 и винты 9. Винты соединяют гайки 7 и 8 с нажимным кольцом 5, а также стопорят гайки в нужном положении.

На рис. 6.16, а (табл. 6.15) представлена муфта фирмы «Боленц» (ФРГ), работающая без смазывания при высоких и частых перегрузках благодаря хорошему теплоотводу. Диски 4 с приклеенными фрикционными накладками соединяются со ступицей 1 шлицами. Между рабочими поверхностями дисков располагается звездочка цепной передачи (или любая другая деталь).

Прижатие дисков 4 создается пакетом тарельчатых пружин 5 и гайкой 2 со стопорным винтом. Звездочка центрируется на износостойком кольце 3, соединенном со ступицей шлицами.

Муфта, представленная на рис. 6.16, б (табл. 6.16), работает без смазывания и применяется при средних и малых частотах вращения и редких перегрузках. В зависимости от расположения пары тарельчатых пружин (рис. 6.16, в) муфта передает различные моменты T : 1) $(0,25 \div 1,0) T$; 2) $(0,1 \div 0,5) T$.

На рис. 6.17 (табл. 6.17) представлены две модификации многодисковой предохранительной муфты фирмы «Боленц» (ФРГ). Рабочие поверхности дисков имеют металлокерамическое покрытие и работают без смазывания. Фрикционные диски 2 и 3 по-

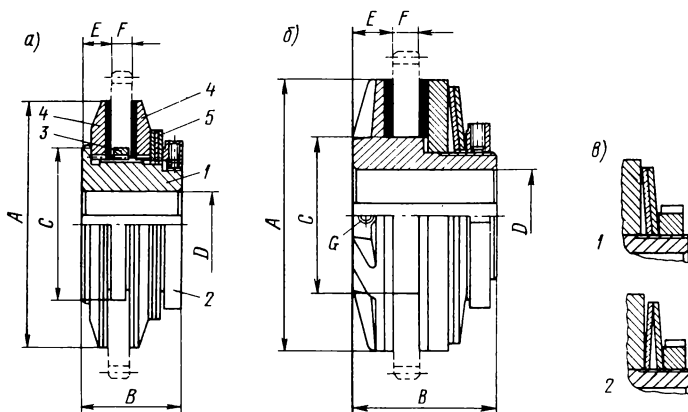


Рис. 6.16. Муфта фирмы «Боленц» (ФРГ)

Т а б л и ц а 6.15. Размеры (мм) и параметры фирмы «Боленц» (рис. 6.18, а)

Т, Н·м	А	В	С	Д	Е	Р	Масса, кг
25	65	40	45	11—20	10,0	9	0,5
63	85	46	57	14—30	12,0	9	1,0
160	115	52	80	18—45	14,5	9	3,0
250	135	62	80	18—45	17,5	11	3,5
400	160	67	100	24—55	19,5	13	5,0
630	180	82	120	28—65	23,0	17	8,0
1000	215	84	140	38—60	24,5	17	11,0
1600	270	100	155	48—90	27,5	21	18,0

Т а б л и ц а 6.16. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Боленц» (рис. 6.16, б)

Т, Н·м		А	В	С	D	E	F	G	Масса, кг
Исполнение									
I	II								
10—40	4—20	65	48	42	11—20	13	9	M4	0,5
25—100	10—50	90	55	52	14—26	15	9	M5	1,4
60—250	25—125	130	72	75	18—42	24	9	M8	3,2
100—400	40—200	145	80	85	24—50	26	11	M10	4,3
160—630	63—320	165	90	100	28—55	26	15	M10	6,2
250—1000	100—500	190	100	110	38—65	28	18	M10	8,8
400—1600	160—800	230	110	135	43—80	30	23	M10	14,5
600—2500	250—1250	280	140	175	58—100	30	30	—	22,0
1000—4000	400—2000	320	160	200	68—120	35	30	—	35,0

Т а б л и ц а 6.17. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.17)

Т, Н·м	А	С	Д	Е	Р	Q	Н	К	L ₁	N
25, 40, 63	70	45	10—20	58	6×M6	6	60	40	90	45
40, 63, 100	90	55	12—25	75	6×M8	8	80	55	125	60
63, 100, 160	100	65	14—35	90	6×M8	8	90	55	125	60
100, 160, 250	125	75	17—45	110	8×M10	10	110	60	140	70
160, 250, 400	135	75	17—45	110	8×M10	10	110	65	150	75
250, 400, 630	150	95	22—55	120	8×M12	12	125	75	180	95
400, 630, 1000	170	110	28—65	155	8×M12	12	140	85	200	100
630, 1000	195	125	33—70	165	8×M16	15	150	95	220	110
1000, 1600, 2500	210	140	38—60	180	8×M16	15	170	110	260	135

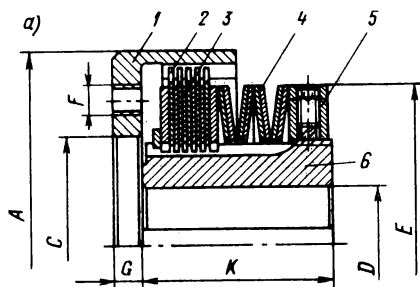
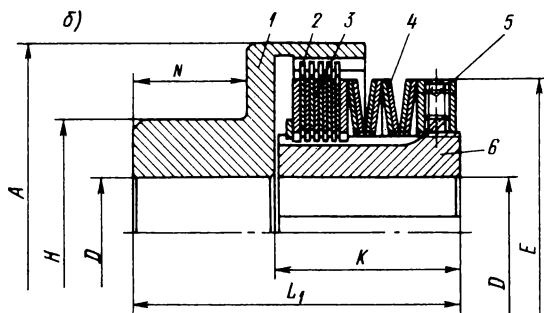


Рис. 6.17. Многодисковая фрикционная предохранительная муфта фирмы «Боленц»



движно соединяются с ведущей и ведомой полумуфтами 1 и 6 шлицами. Прижатие дисков создают пакетом тарельчатых пружин 4 и регулируют гайкой 5 со стопорным винтом. В отличие от муфты, показанной на рис. 6.17, а, муфта, представленная на рис. 6.17, б, соединяет два вала.

На рис. 6.18 представлены варианты расположения тарельчатых пружин, сжимающих фрикционные диски. Вариант I применяют при высоких угловых скоростях и частых перегрузках. Благодаря мягкой характеристике пружины изнашивание дисков не вызывает сильного изменения силы их сжатия. Вариант II применяют при средних угловых скоростях и нечастых перегрузках. В этом случае изнашивание дисков сильнее влияет на изменение силы их сжатия, поэтому необходима периодическая регулировка муфты. Вариант III применяют при малых угловых скоростях и редких перегрузках. В этом случае периодическая регулировка муфты обязательна. Указанные в табл. 6.17 три

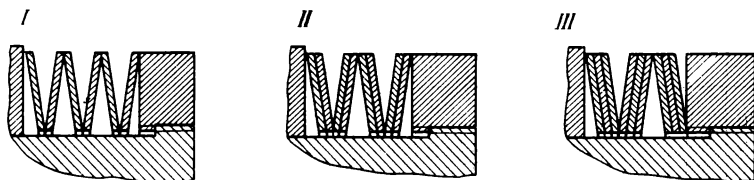
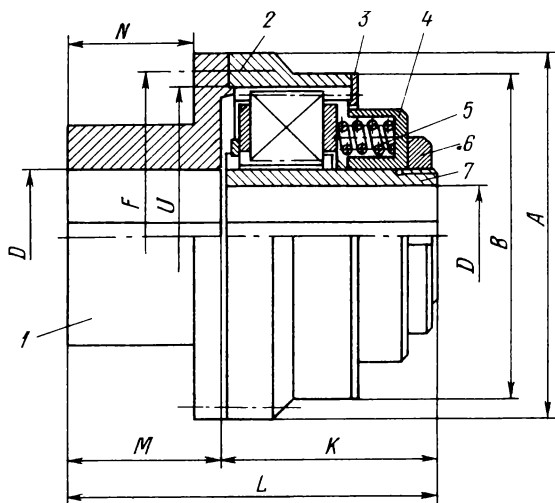


Рис. 6.18. Варианты расположения тарельчатых пружин

Рис. 6.19. Многодисковая предохранительная муфта фирмы «Боленц» (ФРГ)



значения предельного вращающего момента достигаются изменением расположения тарельчатых пружин.

На рис. 6.19 (табл. 6.18) представлена многодисковая предохранительная муфта фирмы «Боленц» (ФРГ) для передачи значительных вращающих моментов. Рабочие поверхности дисков имеют металлокерамическое покрытие и работают без смазки. Фрикционные диски соединяются шлицами с ведущей и ведомой полумуфтами 1 и 7. Прижатие дисков создается витыми пружинами сжатия 5, расположенными в гнездах кольца 4, и может регулироваться гайкой 6. При завинчивании гайки кольцо 4 удерживается от поворота выступами, входящими в пазы крышки 3. Винты 2 соединяют части полумуфты 1.

На рис. 6.20 показана предохранительная фрикционная муфта по ГОСТ 15622—77 (табл. 6.19). Полумуфты 3 и 9, установленные на один вал, соединяются силами трения на фрикционных ди-

Т а б л и ц а 6.18. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.19)

T, Н·м	A	B	D	K	L	M	N	F	U	Масса, кг	GD ² , Н·м ²	
											внутренних частей	наружных частей
4 000	285	260	50—100	178	368	190	190	260	245	70	7,9	15,5
8 000	335	315	60—115	182	397	215	215	310	295	105	17,5	35,0
13 000	395	370	70—135	226	441	215	215	365	345	185	39,0	73,5
25 000	460	435	70—150	255	470	215	215	430	419	310	100,0	135,0

Т а б л и ц а 6.19. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.20)

Номинальный вращающий момент $T_{ном}$, Н·м	d (пред. откл. по Н7)			d_1 (пред. откл. по К6)	D	Δ	l (пред. откл. по h14)		l_1 , не более	b (пред. откл. по ГОСТ 23360—78*)	h (пред. откл. по h11)	l (пред. откл. по h12)	Допускаемая ча- стота вращения, об/мин	Масса, кг, не более	
	Исполнение						Исполнение								
	I	II	III				I	II и III							
	Шпонка	Шлицы													
6,3	9	—	—	32	50	75	20	—	14	4	4	1,5	3000	0,64	
	10, 11	—	—				23	—							
10,0	11	—	—	38			80	20	—	16	5	5	2,0	2520	0,68
	12, 14	14	12, 13					30	25						

16,0	16		15				83	40	28	18					0,75					
25,0	14		13		45	60	90	30	25	21	6	6	2,5	1520	1,10					
	16, 18, (19)	16	15, 17					40	28											
40,0	18, (19)	—	17				95	50	36	24					28	8	7	4,0		1,20
	20, 22																			
63,0	20, 22, (24)	20, 22			55	85	120	60	42	28	8	7	4,0							2,00
	25																			
100,0	(24)	—	—		65	105	125	50	36	32	10	8	5,0	1020	3,60					
	25, 28			60				42												
	(30)	—	30					80	58											
160,0	28			70	115	150	60	42	36	8	5,0		780	3,80						
	(30), 32	30	30, 32				80	58												
250,0	32, 36, (38)	32, 38	32, 35, 38			135	160	110	82				42	12		600	5,00			
	40	—	40																	
400,0	(38)	38 ,			90	162	180	80	58	48	14	9	5,5	420	5,00					
	40, (42), 45, (48)	42, 48	40, 42, 45					110	82											

Пр и м е ч а н и е. Размеры в круглых скобках являются менее предпочтительными для применения.

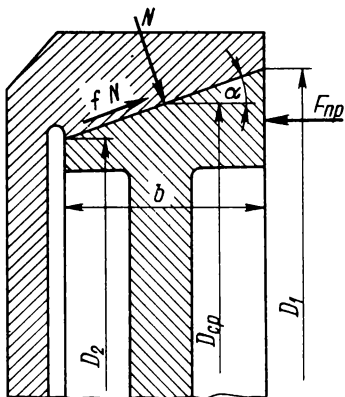


Рис. 6.21. Расчетная схема конусной фрикционной предохранительной муфты

сках 4 и 5. Внутренние диски 4 шлицами соединены с полумуфтой 9, внешние диски 5 — с полумуфтой 3. Сжатие дисков осуществляют пружинами 6 с силой, регулируемой поджатием пружин гайками 8 через опорный стакан 7, перемещающийся по шлицам. Шпонка 2 и пружинное упорное кольцо 1 соединяют и удерживают зубчатое колесо или подобную деталь (не показано) на полумуфте 3. Полумуфта 3 установлена на вал свободно; полумуфта 9 соединена с валом шпонкой либо шлицами.

Конусные муфты. Эти муфты отличаются хорошей расцепляемостью, однако имеют значительные радиальные размеры и

отличаются высокими требованиями к соосности соединяемых валов и точности изготовления рабочих поверхностей. На точность срабатывания этих муфт влияют: давление; шероховатость трущихся поверхностей; закон изменения нагрузки на муфту; продолжительность неподвижного контакта фрикционных поверхностей; нагрузка на муфту перед перегрузкой. Существенное влияние на точность срабатывания муфты оказывает шероховатость трущихся поверхностей: чем чище поверхность, тем сильнее оказывается влияние перечисленных выше факторов, поэтому не следует устанавливать слишком высокое значение параметра шероховатости трущихся поверхностей.

Конусные муфты могут работать как со смазыванием трущихся поверхностей, так и без него. При расчете конусных фрикционных муфт (рис. 6.21) определяют:

- 1) предельный вращающий момент, ограничиваемый муфтой,

$$T_{пр} = \pi D_{ср}^2 b [p] f_0 / 2,$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр поверхности трения; b — ширина поверхности трения; $[p]$ — допустимое давление на поверхности трения (см. табл. 6.10); f_0 — коэффициент трения;

- 2) ширину поверхности трения

$$b = 2T_{пр} / (\pi D_{ср}^2 f_0 [p]);$$

- 3) средний диаметр поверхности трения

$$D_{ср} = 2 \sqrt[3]{T_{пр} / (2\pi \psi f_0 [p])},$$

где

$$\psi = 2b / D_{ср} = 0,3 \div 0,5; \quad D_{ср} = (D_1 + D_2) / 2;$$

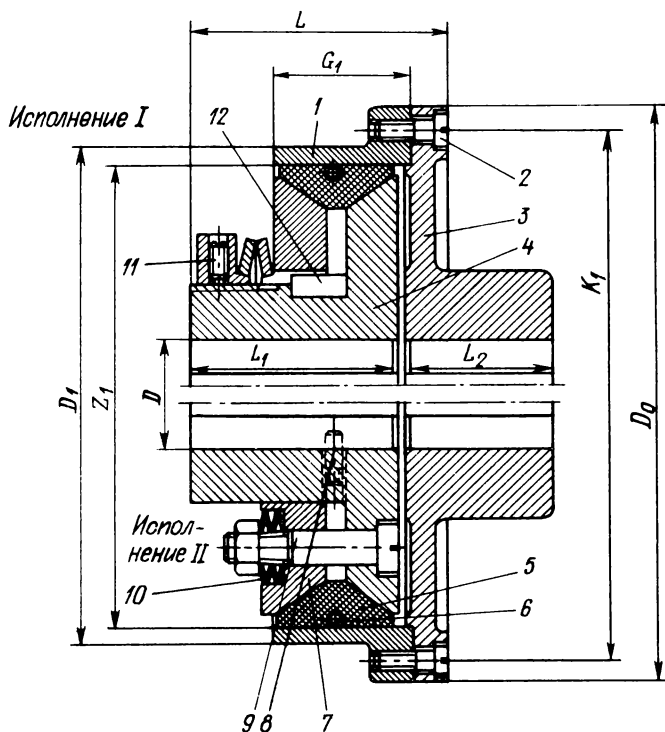


Рис. 6.22. Конусная фрикционная муфта фирмы «Деш» (ФРГ)

4) силу, создаваемую пружиной,

$$F_{\text{пр}} = 2T_{\text{пр}} \sin \alpha / (D_{\text{ср}} f_0),$$

где α — угол наклона образующей конуса: его задают исходя из условия $\alpha \geq \varphi$ (φ — угол трения). Для металлических поверхностей трения угол α принимают равным $8-10^\circ$, при использовании фрикционных обкладок — $12-15^\circ$ и более.

На рис. 6.22 (табл. 6.20) представлена муфта фирмы «Деш» (ФРГ), рабочие поверхности которой имеют форму конуса и цилиндра. Муфта работает без смазывания и выпускается в двух исполнениях: I — для ограничения малых и средних вращающих моментов, II — для ограничения больших моментов. Муфта состоит из фрикционного барабана 1, полу муфт 3 и 4, соединяемых с валами шпонками, фрикционного кольца 5, состоящего из отдельных сегментов, соединяемых спиральной пружиной 6, тарельчатых пружин 10, прижимающих через диск 7 фрикционное кольцо 5 к рабочим поверхностям полу муфт, гаек 11, регулирующих степень сжатия тарельчатых пружин, винта 8 для фиксации полу муфты на валу. В первом варианте конструкции подвижный вдоль оси диск 7 центрируется по ступице, имеющей направляю-

Т а б л и ц а 6.20. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Деш» (рис. 6.22)

$T_{\text{мах}},$ Н·м	$n,$ об/мин	D_0	D	D_1	G_1	K_1	L	L_1	L_2	Z_1
60	5400	92	22	70	25	80	60	34	25	62
120	4000	125	30	100	35	112	80	50	23	90
240	3280	152	38	125	40	138	94	60	33	115
360	2550	195	25—50	160	47	177	115	68	45	148
600	2120	235	30—60	200	58	217	143	80	60	186
960	1710	290	35—70	250	70	268	183	105	75	234
1 920	1360	365	40—90	315	96	340	223	130	90	295
3 000	1225	410	50—110	355	105	383	270	145	120	335
6 000	1080	460	60—125	400	130	430	335	180	150	396
12 000	885	580	80—150	500	165	536	386	210	170	472
24 000	700	710	90—180	630	200	670	468	250	210	534

щую шпонку 12, во втором — по болтам 9. Благодаря винтам 2, соединяющим части 1 и 3, упрощается монтаж и изготовление муфты. Фрикционные кольца изготавливают из материала на основе асбеста.

Имеется вариант исполнения, предусматривающий отключение электродвигателя при срабатывании муфты (рис. 6.23). На подвижном диске устанавливается штифт 1, вызывающий поворот собачки 4, сидящей на оси (винте) 2, которая действует на ролик конечного выключателя 5 в цепи электродвигателя. Тарельчатые пружины 3 обеспечивают напряженную фиксацию собачки.

На рис. 6.24 (табл. 6.21) представлена фрикционная муфта фирмы «Боленц» (ФРГ) с винтовой пружиной. Муфта монтируется на валу 2 и состоит из ведущей 3 и ведомой 1 полумуфт, соединенных между собой винтовой пружиной 5 с винтами прямоугольного поперечного сечения переменной величины. Пружина крепится к полумуфте 3 так, что с помощью регулировочного винта (не показан) обеспечивается относительное смещение ее концов в окружном направлении. При этом пружина подобно канату на ба-

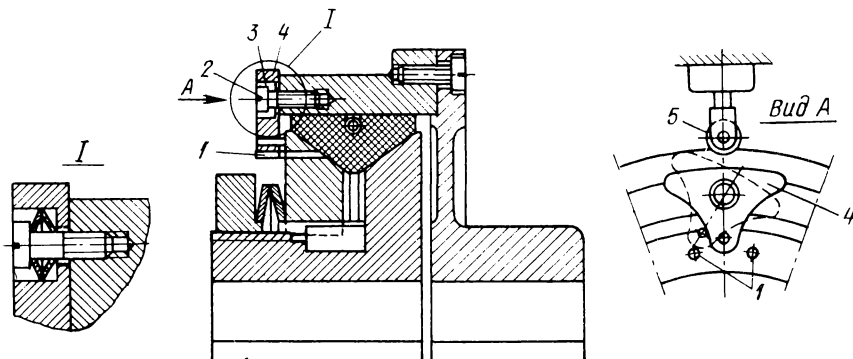


Рис. 6.23. Конструкция конусной муфты с отключением электродвигателя

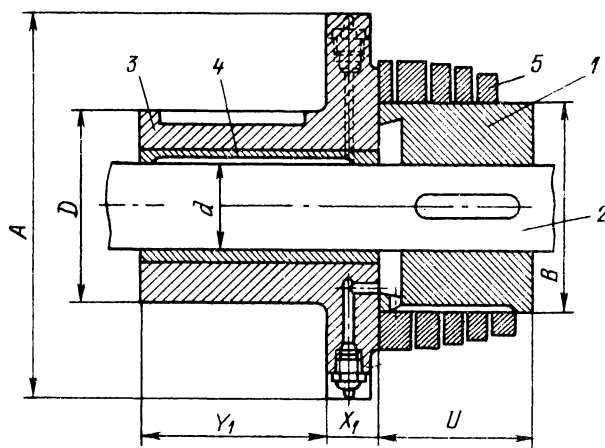


Рис. 6.24. Фрикционная предохранительная муфта с винтовой пружиной фирмы «Боленц» (ФРГ)

рабана охватывает наружную цилиндрическую поверхность полу-муфты 1. Полумуфта 3 свободно вращается на валу 2 на бронзовой втулке 4. Смазку к трущимся поверхностям пружины и опоры скольжения подводят через пресс-масленки.

На рис. 6.25 (табл. 6.22) представлена колодочная муфта фирмы «Карл Зигерс» (ФРГ), рабочая поверхность которой имеет форму кругового цилиндра. Муфта работает без смазки и состоит из полу муфт, трех тормозных колодок с фрикционными накладками, трех пакетов тарельчатых пружин, создающих прижатие

Таблица 6.21. Размеры (мм) и параметры муфты с винтовой пружиной (рис. 6.24)

T , Н·м	A	B	$d_{\max}$	U	X_1	Y_1	D	Масса, кг
180	175	80	40	35	17	70	80	9
250	200	90	45	60	20	80	85	12
360	215	100	50	80	20	90	90	21
720	245	125	60	90	25	95	100	28
1 000	300	150	80	110	30	120	120	50
1 430	330	175	90	120	30	144	110	69
2 150	385	200	105	135	35	155	160	98
3 000	425	225	120	150	40	160	170	135
5 000	480	250	130	165	45	180	180	186
6 100	520	275	145	170	50	200	200	234
6 800	575	300	160	185	55	215	220	285
7 900	600	325	170	200	60	220	230	352
10 000	640	350	185	220	65	225	240	411
12 900	680	375	200	235	70	240	260	507
15 000	720	400	220	250	75	250	270	680

316 Таблица 6.22. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.25)

$T, \text{ Н} \cdot \text{м}$	$n_{\text{тах}}, \text{ об/мин}$	A	a	B	C	D	$d_{\text{тах}}$	$d_{\text{пред}}$	M	H	S	E		K	l	Y_1	Y_2	Z	$p, \text{ МПа}$
16	5000	29	—	—	19	45	12	—	61	70	8	52	30	38	25	5	6	—	1,257
12	4800	49	—	—	35	75	24	10	94	105	10	83	50	59	45	6	8	—	0,156
50																			0,651
75																			0,976
30																			0,243
100	4500	50	84	98	36	95	40	12	116	128	10	105	70	79	50	8	8	4	0,811
150																			1,216
60																			0,261
200																			0,872
300	3700	59	99	117	41	120	50	12	143	160	11	130	90	100	60	10	10	4	1,308
105																			0,249
350																			0,832
525																			1,248
180	2400	71	139	159	51	185	85	30	215	240	14,5	199	140	156	90	16	14	4	0,256
600																			0,856
900																			1,284
360																			0,254
1 200	1870	86	181	204	63	240	115	40	273	300	14,5	256	185	207	120	18	16	6	0,834
1 800																			1,251
600																			0,244
2 000																			0,814
3 000	1530	96	218	244	70	300	150	55	337	370	14,5	320	240	253	150	20	20	8	1,221
900																			0,244
3 000																			0,815
4 500																			1,222
1 500	1320	106	258	284	80	340	170	65	382	420	17,5	362	265	292	180	20	20	8	0,253
5 000																			0,846
7 500																			1,269
3 000																			0,296
10 000	1000	144	328	352	120	450	200	85	497	550	17,5	476	310	372	210	20	20	8	0,987

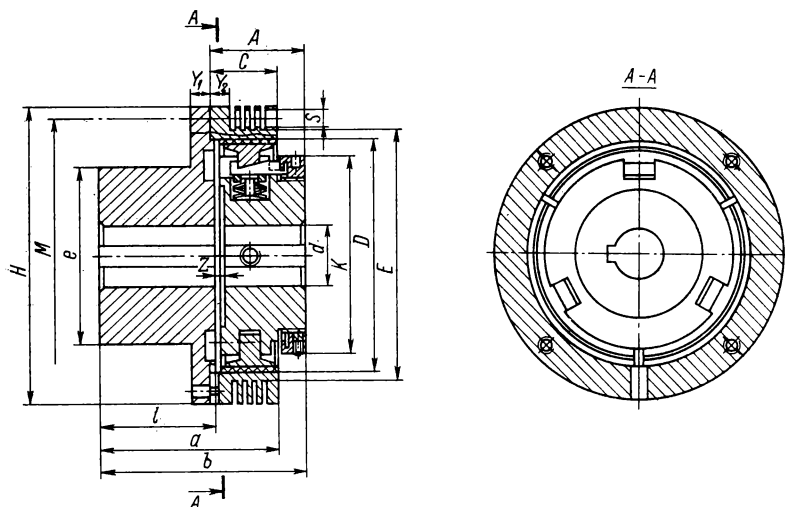


Рис. 6.25. Колодочная муфта фирмы «Карл Зигерст» (ФРГ)

трущихся поверхностей, регулировочных клиньев и гайки, соединенной буртиком с клиньями. Гайка стопорится тремя радиальными винтами. В зависимости от силы прижатия колодок муфта обладает различной несущей способностью при неизменных габаритных размерах.

При необходимости лучшего отвода теплоты у напряженно работающих муфт на наружной поверхности полумуфты выполняют кольцевые ребра. Муфта отличается пониженной чувствительностью к неточности взаимного расположения соединяемых валов.

6.5. Фрикционные предохранительные муфты с повышенной точностью срабатывания

Точность срабатывания этих муфт выше, чем у рассмотренных ранее, однако их отличает сложность конструкции. Создан ряд конструкций муфт этого типа, в основу которых положен следующий принцип: по мере превышения вращающим моментом некоторого предела происходит уменьшение давления, а вместе с тем и сил трения на фрикционных поверхностях, что ограничивает вращающий момент, передаваемый муфтой [55]. Описанные муфты имеют общий недостаток: они не могут полностью использовать преимущества новых фрикционных материалов с высокими коэффициентами трения ($f_0 > 0,2$), так как механизм обратной связи принудительно уменьшает силу прижатия фрикционных дисков. Однако создана и внедрена муфта повышенной точности срабатывания, не имеющая отмеченного недостатка.

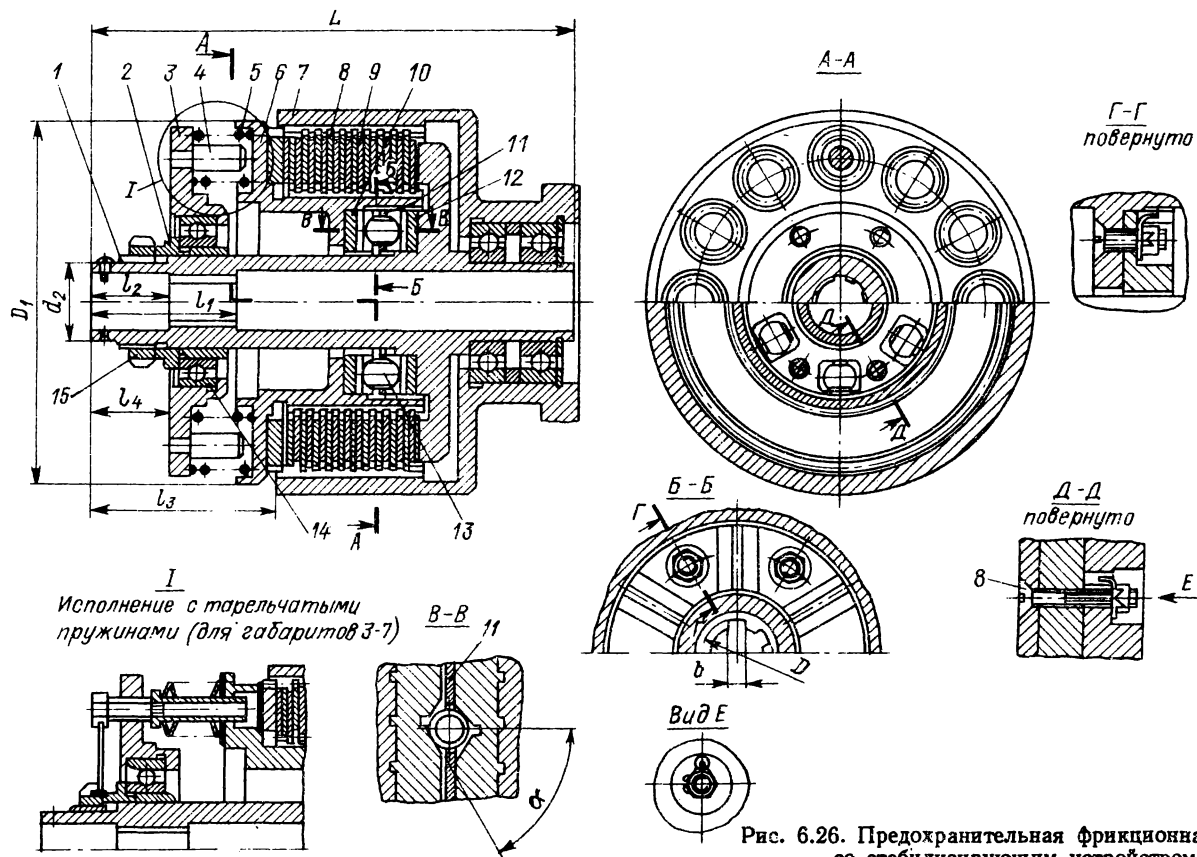


Рис. 6.26. Предохранительная фрикционная муфта со стабилизирующим устройством

На рис. 6.26 (табл. 6.23) представлена конструкция муфты со стабилизирующим устройством по отраслевому стандарту, разработанная в соответствии с авторским свидетельством № 193857 (авторы Я. Г. Требуков и В. И. Златкин) и проведенными испытаниями. Эта муфта состоит из упорного стакана 1, соединенного с ведущим валом шлицами, корпуса 7, связанного с ведомым валом, и нажимного стакана 6 с обоймой

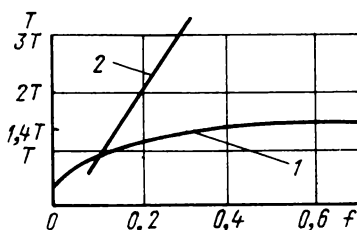


Рис. 6.27. Кривые изменения вращающего момента

10, в радиальных пазах которой помещены ролики 13, входящие в соответствующие пазы обоймы 12 на стакане 1 и определяющие положение стакана 6 относительно стакана 1. Внутренние диски 9 соединены с нажимными стаканами 6, наружные диски 8 — с корпусом 7. Нажимная крышка 3 с пружинами 5 на пальцах 4 установлена на радиально-упорном шарикоподшипнике 14, сидящем на втулке 2. Посредством гайки 15 регулируется степень сжатия фрикционных дисков 8 и 9. Обоймы 10 и 12 скреплены со стаканами 1 и 6 винтами и удерживаются от поворота микровыступами, внедряющимися в эти детали. Ролики 13 удерживаются от радиальных смещений под действием центробежных сил сепаратором 11, который крепится к обойме 12 винтами. При необходимости витые пружины сжатия 5 могут быть заменены пакетами тарельчатых пружин, установленными на втулке. При завинчивании винтов бурт втулки сжимает пружины, что увеличивает силу прижатия дисков.

Предусмотрено исполнение муфты для соединения упорного стакана 1 с валом через шпонку. Вращающий момент с упорного стакана 1 передается на нажимной стакан 6 через ролики 13, расположенные в пазах обойм, и далее через фрикционные диски 8 и 9 на корпус 7. При этом возникает распорная сила

$$F_1 = F_0 \operatorname{tg} \alpha,$$

где $F_0 = 2T/d$ — окружная сила на роликах; d — диаметр окружности, на которой расположены ролики; α — угол паза обоймы (сечение В—В).

С изменением вращающего момента на муфте растет и распорная сила, уменьшающая силу трения на фрикционных дисках. Благодаря этому повышается точность срабатывания муфты. На рис. 6.27 представлены кривые изменения вращающего момента для муфты с отжимным устройством (кривая 1) и без него (кривая 2). Стандартом также предусмотрено закрытое исполнение для муфт, работающих в агрессивных средах. У этих муфт продлевается корпус 7 и между ним и нажимной крышкой 3 (см. рис. 6.26) ставится уплотнение.

320 Таблица 6.23. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 6.26)

Обозначение	Исполнение со шлицами		d_2	D_1		l_1	l_2	l_3	l_4 , не менее	Предел регулирования		$n_{\max}$, об/мин	Маховой ** момент, Н·м ²	$\alpha_{\max}$ ***	$\beta_{\max}$ ****	Масса, кг
	D	b								$T_n \max^*$	$T_n \min$					
	Пред. откл.															
	H7	U4								Н·м						
МПФС21-0-20А МПФС21-0-20 МПФС21-0-22	20 — 22	4 — 5	M33×1,5	118	157	60 — 62	30	78	20	155	45	1900	0,35	1° 34'	6° 40'	5,05
МПФС22-0-22 МПФС22-0-22А МПФС22-0-25 МПФС22-0-25А МПФС22-0-28	22 — 25 — 28	5 — 5 — 6	M39×1,5	138	176	65 — 70 — 74	32	82		280	100	1600	0,74	1° 32'	6° 3'	8,2
МПФС22-0-28 МПФС23-0-28А МПФС23-0-30А	28 — —	6 — —	M48×1,5	158	203	77	35	90	23	530	130	1400	1,64	1° 64'	5°	12,9
МПФС23-0-32 МПФС23-0-34	32 34	6 7				82 85										
МПФС24-0-34 МПФС24-0-32А МПФС24-0-34А МПФС24-0-38	34 — — 38	7 — — 6	M52×1,5	175	203	85 — — 92	35	90	23	900	270	1300	2,65	1° 12'	4° 28'	16,3

Обозначение	Исполне- ние со шлицами		d_2	D_1	L	l_1	l_2	l_3	l_4 , не менее	Предел регу- лирования		n_{max} , об/мин	Маховой*** мо- мент, Н·м ⁴	α *** α_{max}	β **** β_{max}	Масса, кг
	D	b								$T_{\text{п max}}^*$	$T_{\text{п min}}^*$					
	Пред. откл.															
	H7	U4								Н·м						
МПФС25-0-38 МПФС25-0-40А МПФС25-0-42 МПФС25-0-42А МПФС25-0-48	38 — 42 — 48	6 — 7 — 8	M64×2	198	227	95 — 102 — 112	40	108	25	1360	360	1200	4,32	1° 12'	4° 28'	21,8
МПФС26-0-42 МПФС26-0-45А МПФС26-0-48 МПФС26-0-54	42 — 48 54	7 — 8 9	M68×2	212	238	102 — 112 120	40	115	25	1900	600	1100	6,35	1° 14'	3° 55'	28,1
МПФС27-0-54 МПФС27-0-60	54 60	9 10	M76×2	254	258	125	45	130	30	3300	1000	900	13,2	1°	3° 2'	40,3

* $T_n \text{ max}$ подсчитан исходя из допускаемой нагрузки на подшипник и ролики, при этом запас прочности наиболее нагруженных деталей $n \geq 2$.

** Маховой момент дан без учета корпуса (поводка) и деталей дисков.

*** Наибольшее значение мертвого хода в зубчатых соединениях дисков.

**** Угол возможного взаимного поворота стакана 1 относительно стакана 6.

Для уменьшения влияния динамики привода на величину вращающего момента и уменьшения нагрева муфты рекомендуется устанавливать на тихоходном валу. Муфты выбирают по предельному вращающему моменту $T_{\text{пр min}}$, передаваемому в начале срабатывания,

$$T_{\text{пр min}} \leq T_{\text{пр}} \leq T_{\text{пр max}}$$

и по частоте вращения вала n .

При тепловом расчете кратковременно перегружаемых муфт (теплоотдачу муфты не учитывают) определяют приведенную работу трения

$$A = T_{\text{пр}} n t \leq A_{\text{т}},$$

где $t = t_1 + t_2$ — время буксования муфты; t_1 , t_2 — время (с) буксирования муфты до выключения электродвигателя и после него. Предельные значения работы трения $A_{\text{т}}$ приведены ниже:

Диаметр муфты $D_{\text{т}}$, мм	118	138	158	175	198	212	254
$A_{\text{т}}$, Н·м	$194 \cdot 10^3$	$340 \cdot 10^3$	$528 \cdot 10^3$	$730 \cdot 10^3$	$865 \cdot 10^3$	$117 \cdot 10^3$	$163 \cdot 10^3$

В этом случае температура на поверхности фрикционных дисков без теплоотдачи не превышает 450°C . При частых перегрузках муфт расчет ведут с учетом теплоотдачи муфты исходя из допускаемой температуры нагрева дисков 500°C и муфты в целом 170°C . Эти муфты предназначены для работы при температуре внешней среды $\pm 50^\circ\text{C}$.

Г л а в а 7

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ (ПУСКОВЫЕ) МУФТЫ

7.1. Общие сведения

Муфты служат для автоматического соединения (или разъединения) валов при достижении ведущим валом заданной угловой скорости. По принципу действия они являются фрикционными, автоматически управляемыми центробежными силами.

При пусках машин с большими разгоняемыми массами центробежные муфты позволяют электродвигателю разогнаться без нагрузки и по достижении им определенной скорости осуществить плавный разгон рабочего органа. Эти муфты находят применение в транспортирующих машинах, в прессах, вентиляторах, компрессорах, центрифугах и т. д.

Широкое применение центробежных муфт объясняется их достоинствами: возможностью применения менее мощных двигателей за счет полного подключения нагрузки лишь при достижении за-

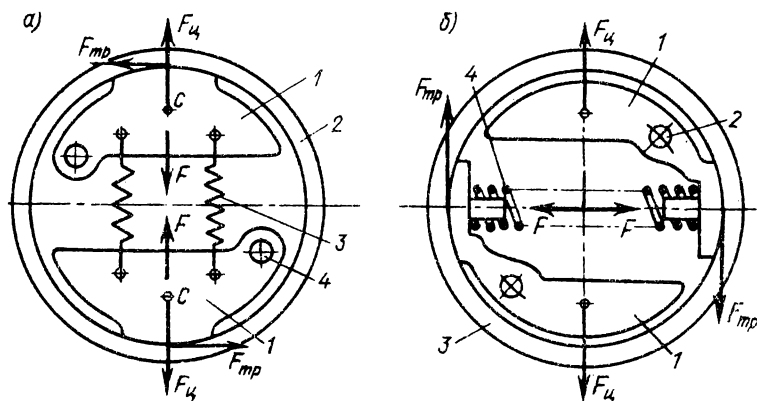


Рис. 7.1. Принципиальная схема колодочных муфт

данной угловой скорости; отсутствием перегрузок двигателя благодаря работе этих муфт в качестве предохранительных; отсутствием дополнительных устройств, обеспечивающих переключение обмоток электродвигателя со звезды на треугольник или изменение частоты питающего тока.

По виду рабочего элемента центробежные муфты делятся на колодочные и муфты с наполнителем. Наполнителем может быть стальная дробь, стальной порошок и т. п. Колодочные муфты делятся на нормально-разомкнутые и нормально-замкнутые. В первых рабочие элементы разжаты пружинами и замыкаются под действием центробежных сил, во вторых — наоборот.

Нормально-разомкнутые муфты используют в качестве пусковых для облегчения разгона машин двигателями с малыми пусковыми моментами (асинхронные двигатели, двигатели внутреннего сгорания) и получения плавной характеристики пускового режима. Нормально-замкнутые муфты используют для ограничения чрезмерного возрастания скорости рабочей машины. На рис. 7.1 представлены принципиальные схемы колодочных муфт. Нормально разомкнутая муфта (рис. 7.1, а) имеет на ведущей полумуфте колодки 1 с осью поворота 4 и пружины 3, отжимающие с силой F колодки от рабочей поверхности ведомой полумуфты 2. По мере разгона ведущей полумуфты центробежные силы $F_{ц}$, преодолевая силу пружины, прижимают колодки к рабочей поверхности ведомой полумуфты, вызывая появление силы трения $F_{тр}$. Нормально-замкнутая муфта (рис. 7.1, б) имеет на ведущей полумуфте колодки 1 с осью поворота 2, которые силой F пружины сжатия 4 прижимаются к рабочей поверхности ведомой полумуфты 3. При превышении ведущей полумуфтой допустимой скорости центробежные силы, преодолевая силу пружин, плавно отводят колодки от рабочей поверхности ведомой полумуфты.

На рис. 7.2 изображена принципиальная схема центробежной муфты с дробью. Ведущий вал 1 жестко соединен с разъемным

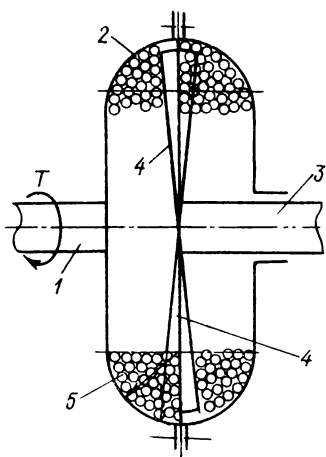


Рис. 7.2. Принципиальная схема муфты с дробью

корпусом 2 муфты. Ведомый вал 3 муфты жестко соединен с диском 4, выполняемым плоским или с гофрами и располагаемым внутри корпуса 2. Стальная дробь 5 под действием центробежных сил при вращении муфты отбрасывается к периферии корпуса и соединяет его с диском.

Достоинствами муфт с наполнителем являются совмещение хороших пусковых и предохранительных свойств. Недостатком муфт с наполнителем является повышенный нагрев и изнашивание деталей при скольжении в период неустановившегося движения, а также нестабильность характеристики.

Муфты с наполнителем выполняются с внутренним ведущим ротором (рис. 7.3, а и б) или с наружным ведущим кожухом (рис. 7.3, в). В качестве наполнителей применяется стальной, смешанный с графитом порошок, иногда с добавкой масла. Муфты с такими наполнителями называются порошковыми. В шариковых муфтах наполнителем является стальная дробь, в роликовых — цилиндрические ролики.

Центробежные муфты дают возможность ограничивать пусковой момент асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, который в приводах без центробежных муфт в несколько раз превышает момент, передаваемый при установившемся режиме работы. Они предохраняют приводные механизмы от больших инерционных нагрузок при разгоне и резком торможении [21].

На рис. 7.4 показан характер изменения угловой скорости при постоянной муфте при разгоне машины (кривая 1), а также характер изменения угловой скорости ведомой полумуфты центробежных муфт: колодочной нормально-разомкнутой с пружиной

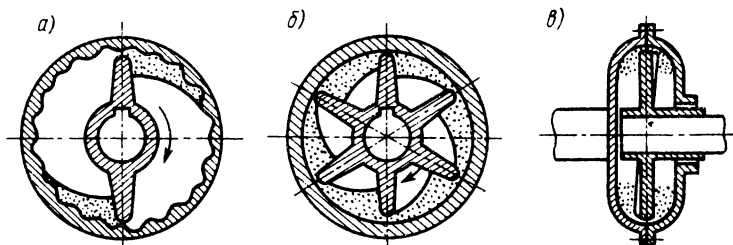


Рис. 7.3. Схемы центробежных муфт со свободным твердым наполнителем

(кривая 4); колодочной без отжимных пружин (кривая 2); муфты с дробью (кривая 3). Наибольшее время разгона машины и плавное сцепление обеспечивает муфта с дробью, наименьшее — обычная муфта.

На рис. 7.5 схематично представлен характер изменения частот вращения ведущей n_1 и ведомой n_2 полумуфт для колодочных муфт без пружин, вращающих моментов асинхронного короткозамкнутого электродвигателя T_d , момента муфты T_m и момента сопротивления T_c машины, характер изменения силы тока I при наличии пусковой муфты (кривая I) и без пусковой муфты (штриховая кривая I').

После пуска двигателя колодки муфты касаются ведомой полумуфты при частоте вращения n_1 , меньшей номинального значения. Движение ведомой полумуфты и разгон машины начинается, когда момент муфты T_m достигнет значения момента сопротивления T_c (точка S_1). При этом двигатель продолжает разгоняться (возрастают частоты n_1 и n_2), а сила тока имеет максимальное значение. С ростом частоты вращения двигателя момент муфты T_m возрастает до момента двигателя T_d (точка S_2'). Точка S_2' не должна находиться левее точки $T_{d \max}$, так как в этом случае двигатель

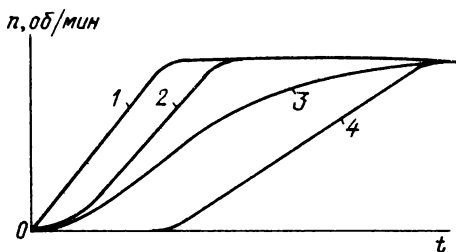


Рис. 7.4. Характер изменения угловой скорости муфты при разгоне машины

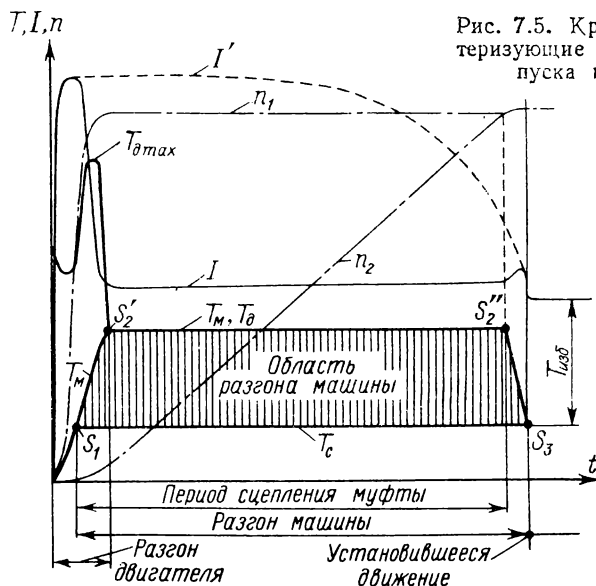


Рис. 7.5. Кривые, характеризующие процесс пуска привода

не сможет разогнаться до номинальной скорости без нагрузки. При этом продолжается процесс роста силы прижатия колодок к ведомой полумуфте (возрастает n_2) и плавный разгон машины. Это приводит к сокращению времени появления максимальной силы тока в обмотках двигателя (I уменьшается), что исключает его перегрев. Когда частота вращения n_2 ведомой полумуфты сравняется с n_1 процесс сцепления муфты закончится (точка S_2'). Далее заканчивается разгон машины, и момент двигателя T_d становится равным моменту сопротивления T_c (точка S_3); $T_{изг} = T_m - T_c$ — избыточный момент, который может передать муфта. Если момент сопротивления T_c превысит величину, соответствующую точкам S_2' , S_2' , то муфта начинает буксовать, выполняя функции предохранительной. Пусковая муфта, значительно увеличивая время разгона машины, снижает величину инерционных нагрузок на детали привода.

Для колодочных муфт с отжимными пружинами момент сил трения, развиваемый муфтой,

$$T_m = F_d f R_{тр} z, \quad (7.1)$$

где F_d — сила прижатия колодки к ведомой полумуфте, Н; f — коэффициент трения (см. табл. 4.4); $R_{тр}$ — радиус трения, м; z — число колодок;

$$F_d = G \pi^2 r (n^2 - n_0^2) / (900g), \quad (7.2)$$

где G — вес колодки, Н; r — расстояние от оси муфты до центра тяжести колодки, м; g — ускорение свободного падения, м/с²; n — частота вращения муфты после полного сцепления, об/мин; n_0 — частота вращения ведущей полумуфты, при которой центробежная сила колодки равна силе пружины, об/мин. Обычно пружины подбирают так, чтобы $n_0 = 0,75n$.

Сила пружины

$$F_{пр} = \pi^2 G r n_0^2 / (900 g). \quad (7.3)$$

Для колодочных муфт без отжимных пружин момент сил трения

$$T_m = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} n^2 f R_{тр} z. \quad (7.4)$$

Давление на колодках не должно превышать допустимого, определяемого ресурсом фрикционной накладки,

$$p = F_d / A \leq [p], \quad (7.5)$$

где A — площадь проекции рабочей поверхности колодки на диаметрально плоскость; $[p]$ — допустимое давление (см. табл. 4.4).

Время разгона рабочей машины определяют в предположении постоянства ускорения. Время разгона машины с беспружинной муфтой

$$t = \frac{\pi J_{\text{пр}} n}{30 (T_{\text{м}} - T_{\text{с}})} = \frac{GD^2 n}{375 (T_{\text{м}} - T_{\text{с}})}. \quad (7.6)$$

Требуемый момент муфты $T_{\text{тм}} = \frac{GD^2 n}{375 t} + T_{\text{с}}$, где $T_{\text{с}} = T_{\text{вых}}/(u\eta)$ — момент сил сопротивления, приведенный к валу муфты; $T_{\text{вых}}$ — момент сопротивления на выходном валу передаточного механизма; u — передаточное число от электродвигателя до выходного вала передаточного механизма к рабочей машине; η — КПД передаточного механизма; $J_{\text{пр}}$ — момент инерции разгоняемых масс, приведенный к валу муфты, $J_{\text{пр}} = J_{\text{д}} + J_1/u_1^2 + J_2/u_2^2 + \dots$; $J_{\text{д}}$ — момент инерции якоря электродвигателя; J_i — приводимый момент инерции; u_i — передаточное число от электродвигателя до детали с моментом инерции $J_i = GD^2/(4g)$; GD^2 — маховый момент.

Время разгона машины с пружинной муфтой рекомендуется определять по приближенной зависимости

$$t = \frac{GD_{\text{вед}}^2 n_0}{375 T_{\text{д}}} + \frac{GD^2 n}{375 (T_{\text{м}} - T_{\text{с}})}, \quad (7.7)$$

где $GD_{\text{вед}}^2$ — маховой момент электродвигателя и ведущей части муфты; GD^2 — суммарный маховой момент всей системы, приведенный к валу муфты.

Требуемый момент муфты

$$T_{\text{тм}} = \frac{GD^2 n T_{\text{д}}}{375 t T_{\text{д}} - GD_{\text{вед}}^2 n_0} + T_{\text{с}}. \quad (7.8)$$

Расчет центробежных муфт с наполнителем (см. рис. 7.2) производится исходя из закономерностей механики сыпучих тел. Контакт наполнителя и деталей муфты предполагается непрерывным и сплошным [45]. Существующие расчеты центробежных муфт с наполнителем являются весьма приближенными. Однако фирмами-изготовителями для отдельных конструкций муфт созданы эмпирически полученные номограммы, позволяющие сделать правильный подбор размера муфты по предварительному вращающему моменту и частоте вращения муфты.

7.2. Муфты с колодками без отжимных пружин

На рис. 7.6 (табл. 7.1) представлена муфта с колодками фирмы «Вулкан» (ФРГ) в двух исполнениях: встроенная в шкив плоскоременной передачи (рис. 7.6, а) и встроенная в шкив клиноременной передачи (рис. 7.6, б).

Муфта состоит из ведущей полумуфты 1, выполненной в форме втулки с радиальными ребрами, колодок 2 с фрикционными накладками и ведомой полумуфты 4, установленной на опорах качения и выполненной в форме шкива ременной передачи. По мере разгона

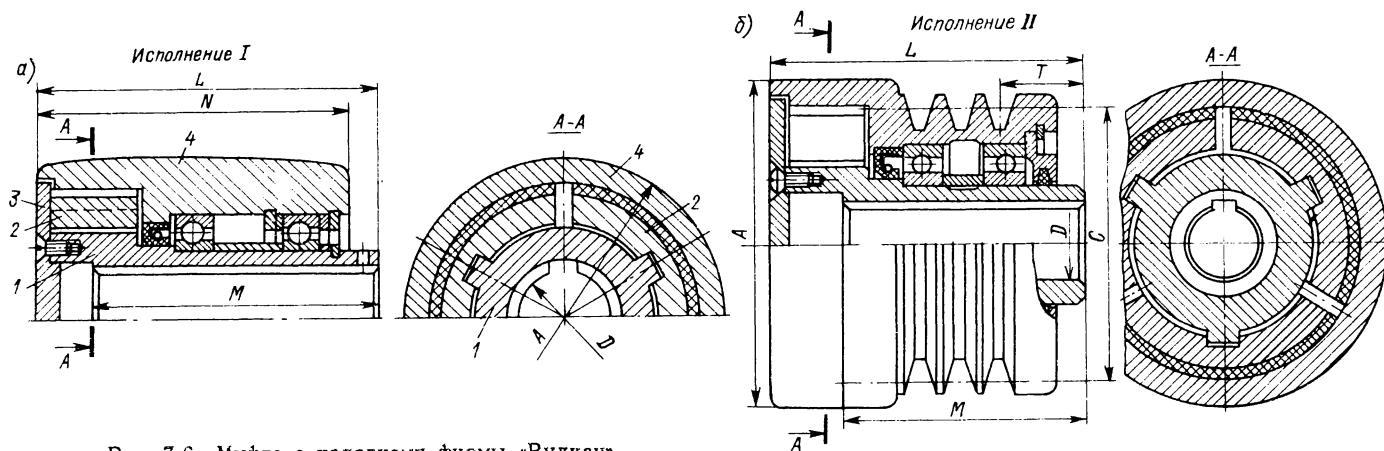


Рис. 7.6. Муфта с колодками фирмы «Вулкан»

Таблица 7.1. Мощность, передаваемая муфтами, и основные размеры (мм) муфты фирмы «Вулкан» (рис. 7.6)

Q *, ккал град	Мощность (кВт) при n, мин ⁻¹						A	D	L	M	N	A	G	D	L	M	T
	Исполнение I			Исполнение II													
	1000	1500	3000	1000	1500	3000											
6,55	—	0,150	1,140	—	0,150	1,140	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
6,55	—	0,198	1,5	—	0,198	1,5	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
6,55	0,045	0,287	—	0,045	0,287	—	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
8,00	0,132	0,441	—	0,132	0,441	—	98	20	86	75	76	96	89	20	86	75	19,0
10,20	0,170	0,574	—	0,170	0,544	—	98	20	93	75	83	96	89	20	93	75	19,0
8,00	0,257	0,882	—	0,257	0,882	—	118	27	92	82	116	109	27	27	92	82	19,0
9,50	0,346	1,176	—	0,346	1,176	—	118	27	91	87	87	116	109	27	97	87	19,0
11,00	0,438	1,434	—	0,438	1,434	—	118	27	102	90	92	116	109	27	102	90	19,0
12,45	0,522	1,765	—	0,522	1,765	—	118	27	107	90	97	116	109	27	107	90	19,0

12,00	0,158	0,536	4,338	0,158	0,536	—	125	30	95	85	85	125	106	30	88	78	24,5
12,00	0,221	0,735	5,956	0,221	0,735	—	125	30	100	90	90	125	106	30	88	78	24,5
12,00	0,316	1,066	—	0,316	1,066	—	125	30	100	90	90	125	106	30	84	78	24,5
14,40	0,434	1,434	—	0,434	1,434	—	125	30	100	86	90	125	106	30	94	80	24,5
16,30	0,522	1,765	—	0,522	1,765	—	125	30	108	89	98	125	106	30	99	80	24,5
18,35	0,625	2,132	—	0,625	—	—	125	30	113	89	103	125	106	30	104	80	24,5
22,60	0,809	2,794	—	0,809	—	—	125	30	127	92	117	125	106	30	115	80	24,5
26,90	1,044	3,566	—	1,044	—	—	125	30	136	92	126	125	106	30	126	80	24,5
30,80	0,522	1,765	—	0,522	1,765	—	170	50	135	122	120	170	150	50	111	98	32,5
35,70	0,676	2,280	—	0,676	2,280	—	170	50	135	122	120	170	150	50	117	104	32,5
40,50	0,809	2,794	—	0,809	2,794	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
40,50	1,176	—	—	1,176	3,971	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
40,50	1,728	—	—	1,728	—	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
46,00	2,059	—	—	2,059	—	—	170	50	145	123	130	170	150	50	130	110	32,5
52,50	2,426	—	—	2,426	—	—	170	50	152	125	137	170	150	50	138	110	32,5
77,50	1,728	5,735	—	1,728	5,735	—	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
77,50	2,353	8,088	—	2,353	8,088	—	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
77,50	3,456	11,765	—	3,456	11,765	—	220	80	165	152	150	220	125	80	146	133	30,5
92,50	4,706	—	—	4,706	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	155	142	30,5
121,00	6,838	—	—	6,838	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	172	159	30,5
139,00	—	—	—	8,088	—	—	220	80	170	157	155	220	225	80	207	160	30,5
151,00	—	—	—	9,412	—	—	220	80	175	160	160	220	225	80	207	160	30,5
102,50	10,662	—	—	10,622	—	—	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
123,00	14,706	—	—	14,706	—	—	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
142,00	—	—	—	18,015	—	—	240	90	235	190	220	240	315	90	192	160	45,5
161,00	—	—	—	—	—	—	240	90	235	180	220	240	315	90	205	160	45,5
182,00	—	—	—	—	—	—	240	90	235	170	220	240	315	90	219	160	45,5
202,00	—	—	—	—	—	—	240	90	249	160	234	240	315	90	233	160	45,5
241,00	—	—	—	—	—	—	240	90	275	170	260	240	315	90	296	190	45,5
115,00	23,162	—	—	23,162	—	—	290	110	305	285	290	290	450	110	218	200	48,0
143,00	33,088	—	—	33,088	—	—	290	110	305	280	290	290	450	110	233	215	48,0
178,00	—	—	—	45,588	—	—	290	110	305	265	290	290	450	110	252	220	48,0
234,00	—	—	—	—	—	—	290	110	305	240	290	290	450	110	282	220	48,0
296,00	—	—	—	—	—	—	290	110	305	220	290	290	450	110	317	220	48,0
332,00	—	—	—	—	—	—	290	110	305	220	290	290	450	110	335	220	48,0

* Теплоемкость муфты при однократном пуске в холодном состоянии.

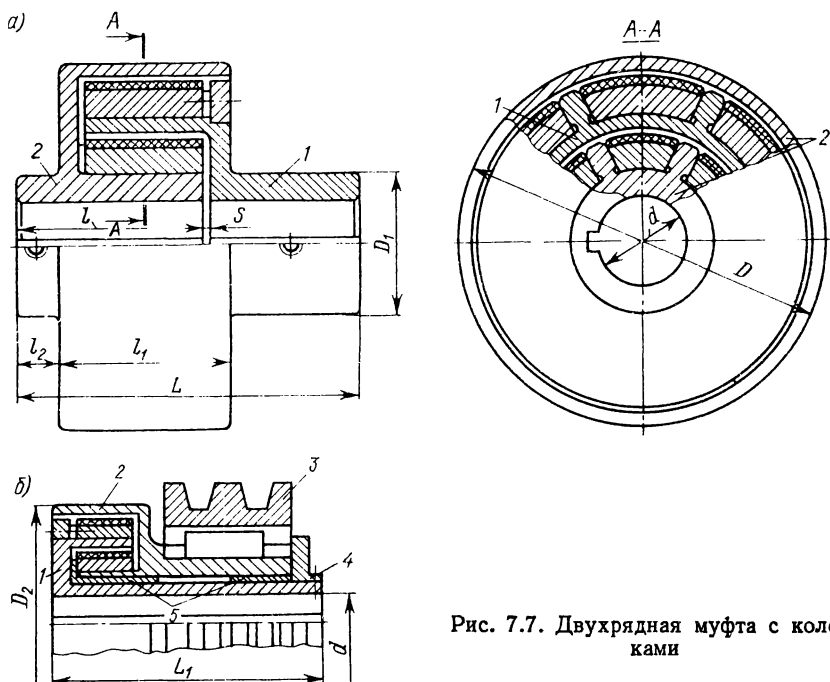


Рис. 7.7. Двухрядная муфта с колодками

ведущей полумуфты колодки под действием центробежных сил смещаются в радиальном направлении и прижимаются к рабочей поверхности ведомой полумуфты, создавая силу трения, необходимую для вращения ведомой полумуфты. Крышка 3 предохраняет колодки от осевых смещений. Конструкция муфты позволяет замену колодок без ее полного демонтажа, для этого достаточно снять крышку 3.

На рис. 7.7, а (табл. 7.2) представлена двухрядная колодочная муфта для соединения валов. Полумуфты 1 и 2 имеют радиальные

Т а б л и ц а 7.2. Размеры (мм) и масса муфты двухрядной колодочной (рис. 7.7)

d	D	D_1	D	l	l_1	l_2	S	D_1	L_1	Масса, кг
28	111	44	105	58	52	12	16	111	148	4,54
41	165	76	159	76	76	63	3,2	165	203	11,3
60	222	108	222	105	105	91	3,2	222	287	29,4
73	273	130	222	105	105	91	3,2	273	322	45,4
89	330	159	289	140	140	124	4,8	330	386	90,8
121	438	216	336	172	168	143	4,8	438	467	192,0
143	520	254	360	178	175	158	4,8	520	530	272,0
178	647	317	512	254	251	234	4,8	—	—	595,0

Т а б л и ц а 7.3. Размеры (мм) и параметры колодных муфт типа МКЦ (рис. 7.8)

Обозначение	Передаваемая мощность, кВт	n, об/мин	Время разгона машины, с	d_{max}	d_{min}	l	D	Δ	D_0	L_p	$R_{\text{гp}}$	Радиус центра тяжести колодки	Угол обхвата колодки, град	Ширина колодки B_1	Масса колодки, кг	Общая масса муфты без колодок, кг
МКЦ-1	8,2	750	150	55	35	110	269	165	250	150	95	75	80	105	2,15	43
	18	1000	70												2,00	
	24	1500	50												7,5	
МКЦ-2	16	750	150	65	50	140	318	220	300	205	110	85	80	145	3,15	73
	36	1000	70												2,95	
	42	1500	60												1,00	
МКЦ-3	30	750	110	75	55	140	338	255	320	245	120	90	80	180	5,10	109
	47	1000	70												3,30	
	55	1500	60												12,0	
МКЦ-4	45	750	90	75	55	140	398	255	380	245	150	120	80	180	5,00	130
	55	1000	70												2,65	

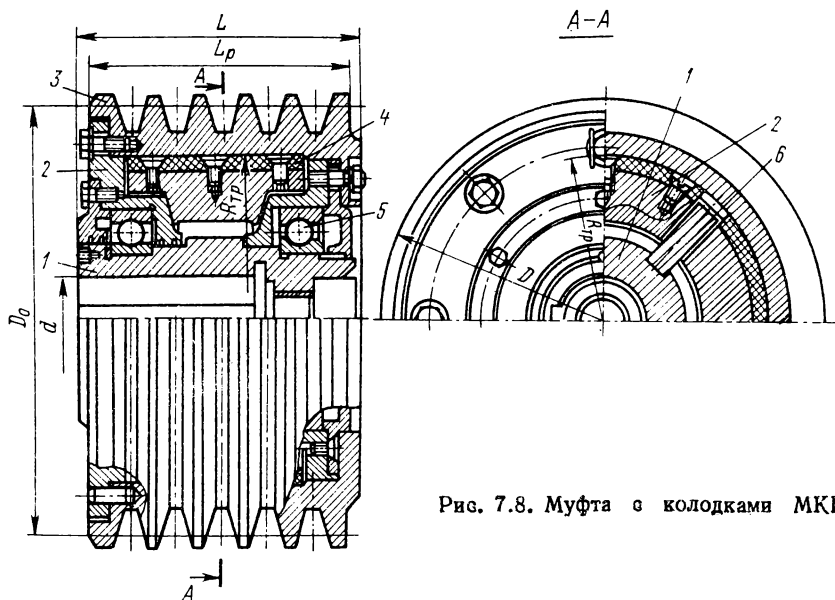


Рис. 7.8. Муфта с колодками МКЦ

ребра, между которыми свободно располагаются колодки с фрикционными накладками. Каждый ряд колодок соединен со своей полумуфтой, поэтому любая полумуфта может быть ведущей. Процесс сцепления муфты состоит из двух этапов: после разгона ведущей полумуфты происходит сцепление полумуфт одним рядом колодок; сцепление полумуфт вторым рядом колодок осуществляется после разгона ведомой полумуфты. Благодаря этому процесс сцепления происходит более плавно.

На рис. 7.7, б представлена муфта, соединяющая с валом шкив ременной передачи. Полумуфта 1 устанавливается на валу на шпонке; полумуфта 2, на которой устанавливается шкив 3, центрируется по полумуфте 1 на опорах скольжения 5. Кольцо 4 фиксирует полумуфту 2 и шкив 3 от осевых смещений.

На рис. 7.8 (табл. 7.3) приведена муфта со свободными колодками (МКЦ — муфта центробежная с колодками). Полумуфта 1 выполнена в форме втулки с приваренными к ней четырьмя ребрами 6, между которыми свободно вложены сегментные колодки 2 с фрикционными накладками 4. Ведомой полумуфтой является шкив 3 клиноременной передачи, посаженный на муфту на шарикоподшипниках 5. При вращении полумуфты 1 вместе с валом колодки 2, увлекаемые ребрами, прижимаются центробежной силой к внутренней поверхности шкива.

7.3. Муфты с колодками с отжимными пружинами

На рис. 7.9 (табл. 7.4, табл. 7.5) представлена схема и основные размеры муфты с колодками фирмы «Суно» (ФРГ) в двух

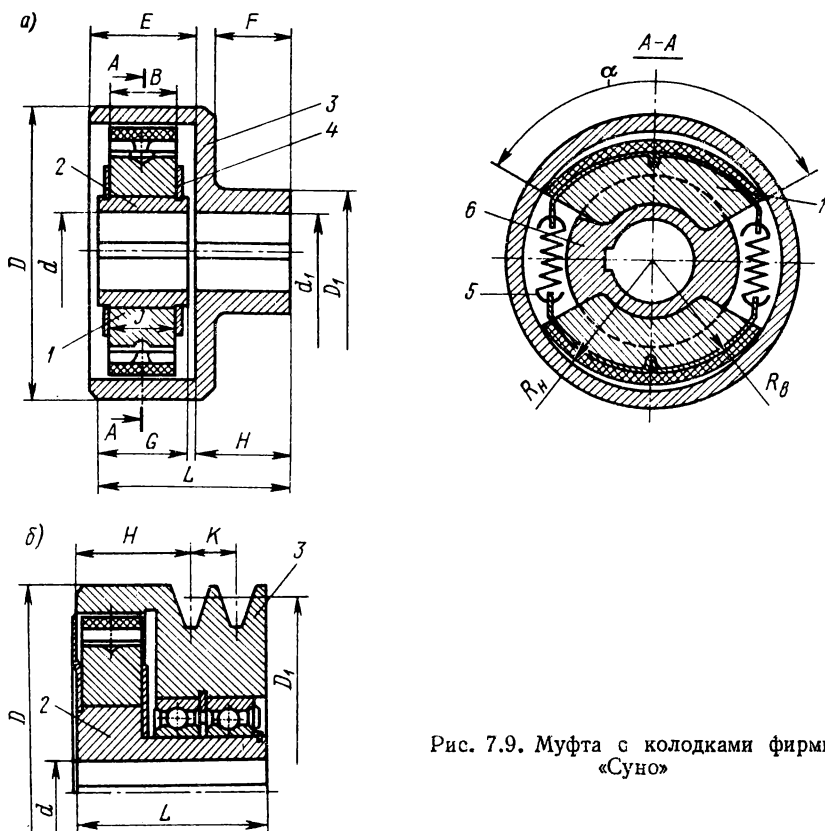


Рис. 7.9. Муфта с колодками фирмы «Суно»

исполнениях: для соединения валов (рис. 7.9, а) и для соединения со шкивом клиноременной передачи (рис. 7.9; б).

Две колодки 1 с фрикционными накладками 6 вращаются вместе с ведущей полумуфтой 2. Пружины 5 отжимают колодки от ведомой полумуфты (шкива) 3. Осевому перемещению колодок препятствуют кольца 4.

На рис. 7.10 (табл. 7.6) представлена муфта с колодками фирмы «Крофтс» (Великобритания). В первой модификации (рис. 7.10) на ведущей полумуфте 1 предусмотрены направляющие ребра 4, между которыми расположены колодки 5 с фрикционными накладками. С помощью винта 2 и пружины сжатия 3 колодка постоянно поджимается к полумуфте 1. Ведомая полумуфта 6 выполняется либо цельной, либо состоящей из двух частей, что упрощает монтаж и уход за муфтой. Во второй модификации (на рис. 7.10 не предусмотрена) колодки 5 расположены свободно (винты 2 и пружины 3 отсутствуют). Строгое соблюдение параллельности направляющих поверхностей ребер и тщательная пригонка колодок исключают перекос последних при работе.

Таблица 7.4. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Суно» (рис. 7.9, а)

Вращающий момент, Н·м	Частота вращения, об/мин	d	d_1	D	D_1	E	F	G	H	Δ
11	3200	14	—	—	—	—	—	24	—	20
15	3500	14	10	85	25	26	12	24	19	20
26	3200	19, (14)	12	90	30	29	22	26	30	20
37	3900	24, (19)	16	110	40	34	20	31	25	25
40	2500	28, (24)	20	110	35	35	26	36	36	30
80	2000	28	25	125	55	47	28	46	38	40
320	1800	38	30	140	—	42	—	65	10	25
450	1500	38, (28)	35	140	—	66	—	53	9	50
400	1200	42, (38)	38	160	—	60	—	70	10	40
		48, (42)	45	160	—	85	—	68	10	65
		55, (42)	48	220	105	75	35	67	54	60
		60, (55)	58	220	120	105	65	95	90	90
		55, (42)	48	220	105	75	35	67	54	60
		60	58	230	120	105	65	95	90	90
		75	65	250	125	110	78	100	100	90
		75	85	250	150	140	105	130	110	120
		80	85	260	150	170	105	160	110	150

Примечание. Размеры в круглых скобках являются предпочтительными для применения.

Таблица 7.5. Размеры (мм) и параметры муфты фирмы «Суно» (рис. 7.9, б)

Вращающий момент, Н·м	Частота вращения, об/мин	D_1	D	d	H	K	Δ
3	4500	{ 35 57	{ 50 62	{ 12,00 14,00	{ 6 25	{ — —	{ 29 33
5	3200	{ 56 66	{ 72 72	{ 12,00 11,00	{ 29 26	{ — —	{ 40 33
11	3500	{ 81 124 144	{ 85 90 90	{ 19,00 19,00 19,00	{ 25 23 25	{ — — 12	{ 33 33 44
15	3200	{ 82 86 89 120	{ 95 95 92 95	{ 19,00 24,00 24,00 24,00	{ 31 29,5 28 29,5	{ — — — —	{ 34 37 37 37
26	2900	{ 104 112 116 120 120 148	{ 110 110 105 110 127 110	{ 28,00 19,00 19,00 25,00 25,40 25,40	{ 35 35 12,5 37 33 30	{ — — — 15 19 17,5	{ 50 50 50 63 63 63

Вращающий момент, Н·м	Частота вращения, об/мин	D_1	D	d	H	K	L
37	2500	100	115	25,40	38	—	50
		100	120	25,40	39	—	50
		108	114	19,00	32	—	50
		115	120	24,00	38	—	63
		125	120	25,40	30	16	63
		128	114	25,40	12	—	50
		135	120	19,00	31	12	50
		140	116	25,40	38	—	50
80	2200	139	145	31,75	40	15	66
		140	156	28,55	42,5	29	90
		135	190	50,00	57	20	112
320	1800	135	190	40,00	56	15	112
		139	190	50,00	55	15	112
		158	190	40,00	56	15	112

В табл. 7.7 даны значения мощности, передаваемой муфтами с пружинами сжатия в зависимости от частоты вращения и числа колодок.

На рис. 7.11 (табл. 7.8) представлен вариант муфты с колодками, соединяющей шкив ременной передачи с валом.

Колодки 1, имеющие фрикционные накладки, отжимаются от рабочей поверхности ведомой полумуфты 4 с помощью винтовых пружин сжатия 3, регулируемых винтами 2. Существует вариант конструкции без пружин 3 и винтов 2. Предусмотрен подвод смазки к опоре скольжения.

На рис. 7.12 представлена центробежная дисковая муфта с двумя поверхностями трения 6. Муфта состоит из ведущей полу-

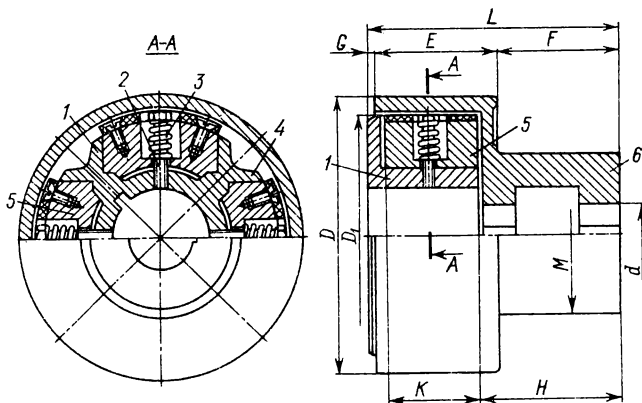


Рис. 7.10. Муфта с колодками фирмы «Крофтс»

Т а б л и ц а 7.6. Размеры (мм) муфты с колодками фирмы «Крофтс» (рис. 7.10)

Обозначение	D	d _{max}	D ₁	Δ	E	F	H	K	M
1	100	22	81	84	54	33	41	48	44
2	127	31	113	108	62	40	51	55	63
3	152	38	136	124	70	50	60	62	76
4	178	44	160	138	81	52	66	70	81
5	203	54	184	147	84	58	73	73	108
6	254	70	233	160	92	63	79	79	133
7	304	81	282	181	101	70	89	89	165
8	356	101	330	200	114	78	98	98	190
9	406	114	378	225	127	90	111	111	210
10	456	133	426	244	135	98	120	120	241
11	508	146	470	270	149	108	133	133	266
12	610	178	565	295	165	117	146	146	330

муфты 1, выполненной в виде втулки, которая через шпонки 8 связана с вспомогательными грузами 3 и дисками 7 с фрикционными накладками 5. Грузы 3 охвачены кольцом 2, в которое запрессованы штифты, входящие в колодки 5. Накладки стянуты пружинами 9. Муфта встроена в шкив 4 клиноременной передачи. При вращении вала вместе с полумуфтой 1 вращаются диски 7 и вспомогательные грузы 3, которые под действием центробежной силы прижимаются к кольцу 2 и силами трения приводят его во вращение. При вращении кольца 2 штифты увлекают за собой колодки 5. По мере роста частоты вращения вала колодки 5, преодолевая усилие пружин 9, под действием центробежной силы перемещаются по радиусу и раздвигают диски 7.

При частоте вращения вала $n_0 = (0,7 \div 0,8) n$ (где n — максимальная частота вращения вала) диски 7 с фрикционными накладками касаются торцов шкива, но не давят на них, так как центробежная сила колодок при этом уравновешена усилиями

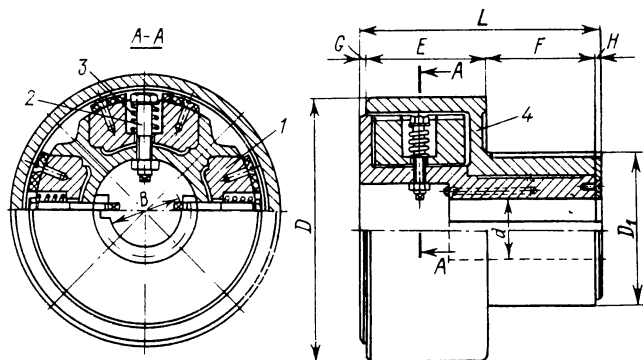


Рис. 7.11. Муфта с колодками для соединения шкива с валом

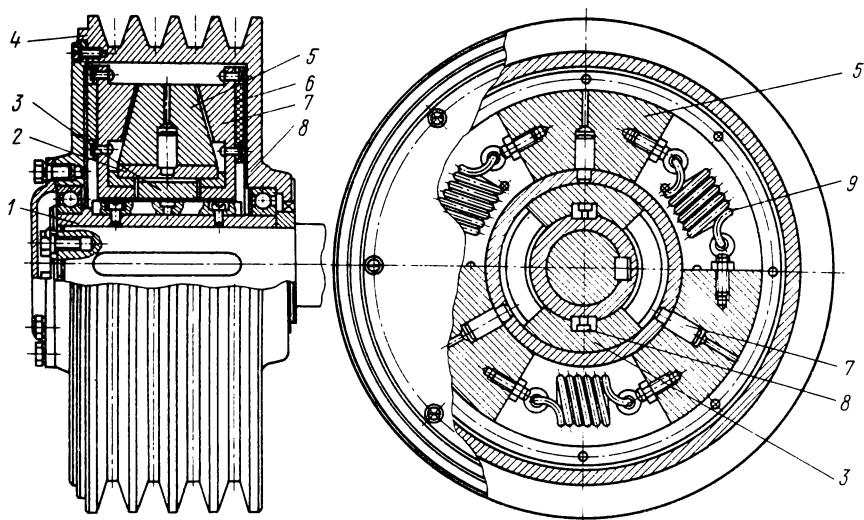


Рис. 7.12. Фрикционная центробежная дисковая муфта с двумя поверхностями трения

в пружинах. При дальнейшем увеличении частоты вращения вала появляется давление колодок на диски 7 и под действием сил трения возникающих между дисками и торцами шкива 4, последний начинает вращаться.

Силы, действующие на фрикционные накладки, колодки и пружины, а также перемещения колодок, дисков и пружин показаны на рис. 7.13.

Нормальная сила (H), действующая на диск от одной колодки,

$$F_d = [G\pi^2 r (n^2 - n_0^2)]/[1800g \operatorname{tg}(\alpha + \beta)], \quad (7.9)$$

где G — вес колодки, Н; r — расстояние от центра тяжести колодки до оси вала, м; g — ускорение свободного падения, м/с²; α — угол между вертикалью и образующей поверхности кониче-

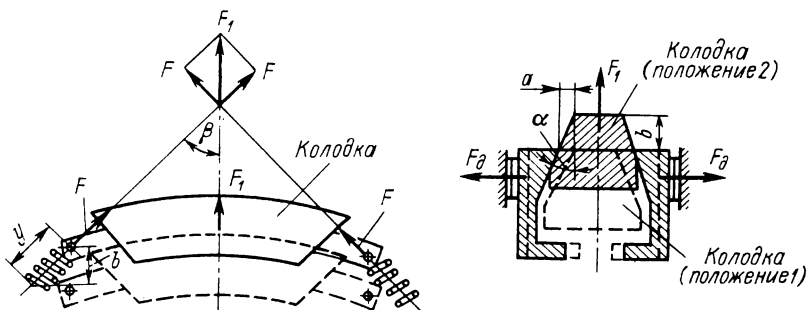


Рис. 7.13. Схема сил и перемещений колодок, дисков и пружин в центробежной муфте с двумя поверхностями трения

Таблица 7.7 Мощность, передаваемая муфтами с пружинами сжатия (рис.

Обозначение	Число ко- лодок	Наруж- ный диа- метр	Диаметр отверстия под вал	Мощность (кВт)						
				мм						
				300	400	500	600	700	800	900
1	2 4	100	28	—	—	—	—	—	0,06 0,11	0,08 0,16
2	2 4	127	32	—	—	—	—	0,05 0,18	0,13 0,26	0,19 0,38
3	2 4	152	38	—	—	—	—	0,24 0,50	0,37 0,74	0,54 1,07
4	2 4	178	45	—	—	—	0,37 0,74	0,62 1,25	0,96 1,91	1,40 2,72
5	2 4	203	54	—	—	0,37 0,74	6,62 1,32	0,96 1,91	1,47 2,94	2,13 4,26
6	2 4	254	70	—	0,55 1,10	1,10 2,21	1,84 3,68	2,94 5,88	4,41 8,82	6,25 12,50
7	3 6	304	81	0,55 1,10	1,29 2,57	2,57 5,15	4,41 8,82	6,98 13,97	10,29 20,58	14,70 29,40
8	4 6	356	100	1,54 2,35	3,68 5,59	7,35 3,68	11,76 18,38	19,11 29,40	29,40 44,10	41,90 63,21
9	4 6	406	114	3,09 4,63	7,35 11,03	13,97 21,32	24,26 36,75	38,96 58,80	58,00 88,20	82,32 125,00
10	6 8	456	133	5,88 8,09	13,96 18,38	27,20 36,02	46,31 61,74	73,5 98,49	110,3 147,0	132,30 176,40
11	6 8	508	146	9,56 12,50	22,05 29,40	42,63 57,33	73,50 99,83	117,6 158,03	177,87 238,14	— —
12	6 8	610	178	21,32 24,26	49,38 67,62	99,23 131,60	170,50 228,10	242,60 323,40	— —	— —

Примечание. Значение мощности для промежуточных значений определяется

7.10)

при n , об/мин											K
1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2500	3000	
0,11 0,22	0,15 0,29	0,19 0,38	0,24 0,49	0,30 0,60	0,36 0,74	0,45 0,90	0,66 1,29	0,88 1,76	1,76 3,45	2,94 5,78	0,11 0,22
0,26 0,53	0,37 0,74	0,48 0,96	0,59 1,18	0,74 1,47	0,88 1,76	1,10 2,20	1,47 2,94	2,13 4,26	4,12 8,23	7,35 14,70	0,26 0,53
0,74 1,47	0,98 1,96	1,10 2,57	1,62 3,23	2,02 4,04	2,50 4,92	3,50 6,03	4,12 8,53	5,88 11,76	11,76 23,52	—	0,74 1,47
1,84 3,68	2,43 4,92	3,23 6,39	4,04 8,08	5,07 10,07	6,25 12,50	7,50 15,06	11,03 21,32	14,7 29,4	18,40 36,75	—	1,84 3,68
2,87 5,73	3,90 7,72	5,15 10,29	6,62 13,23	8,09 16,17	9,92 19,85	12,50 24,26	16,90 33,81	22,79 45,57	—	—	2,87 5,73
8,45 16,90	11,39 22,79	14,7 29,4	18,38 36,75	23,52 47,04	28,67 57,33	33,04 66,15	—	—	—	—	8,45 16,90
20,58 41,16	27,20 54,39	35,28 70,56	44,10 88,20	—	—	—	—	—	—	—	20,58 41,16
57,33 86,73	76,44 115,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57,33 86,73
121,30 162,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	121,28 162,00
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	195,51 260,92
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	310,90 372,65
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	720,30 962,85

по формуле $P = K \left(\frac{n}{10\ 000} \right)^3$.

Т а б л и ц а 7.8. Основные размеры (мм) муфты с колодками (рис. 7.11)

Обозначение	D	d	D_1	B	E	F	H
1	100	12—22	57—66	117	54	57	3,2
2	127	19—32	70—82	143	62	63	4,8
3	152	25—38	76—91	155	70	76	4,8
4	178	28—44	85—100	181	80	80	4,8
5	203	28—54	92—117	195	84	100	4,8
6	254	38—70	100—146	228	92	127	4,8
7	304	41—80	136—184	268	100	152	6,3
8	356	48—100	155—210	303	114	178	6,3
9	406	57—114	171—228	348	127	203	9,5
10	456	63—133	190—260	384	135	228	9,5
11	508	70—146	210—286	428	143	254	12,7
12	610	80—178	254—343	495	165	304	12,7

ского диска; $\beta = \arctg f$ — угол трения; f — коэффициент трения между колодкой и диском (см. табл. 4.4).

Момент (Н·м), который передает муфта,

$$T_M = 2F_d R_{тр} f z / k, \quad (7.10)$$

где $R_{тр}$ — средний радиус трения, м; f — коэффициент трения; z — число колодок; $k = 1,3 \div 1,5$ — коэффициент запаса сцепления.

Давление на поверхности диска

$$p = 12F_d / [\pi (D^2 - D_1^2)] \leq [p], \quad (7.11)$$

где D и D_1 — наружный и внутренний диаметры фрикционных накладок; $[p]$ — допустимое давление (см. табл. 4.4).

Подбор пружин проводят по величине силы F , действующей вдоль оси пружины,

$$F = F_1 / (2 \cos \beta), \quad (7.12)$$

где $F_1 = G \pi^2 n_0^2 r / (900g)$ — центробежная сила, развиваемая колодками в момент касания дисками торцов шкива.

Перемещение одного конца пружины (рис. 7.13)

$$y = a \cos \beta / \tg \alpha. \quad (7.13)$$

На рис. 7.13 показано два положения колодки и дисков.

На рис. 7.14 (табл. 7.9) показана колодочная муфта [24], состоящая из ведущей полумуфты 1, соединенной шпонкой с валом и имеющей направляющие кулачки 7 для колодок 3 с фрикционными накладками 4, и ведомой полумуфты 2, являющейся шкивом плоскоремненной передачи. Шкив установлен на ступице полумуфты 1 на опорах качения. Через колодку проходит пластинчатая пружина 6, концы которой расположены в пазах кулачков 7. Винтами 5 выбираются зазоры и создается предварительный натяг пружины.

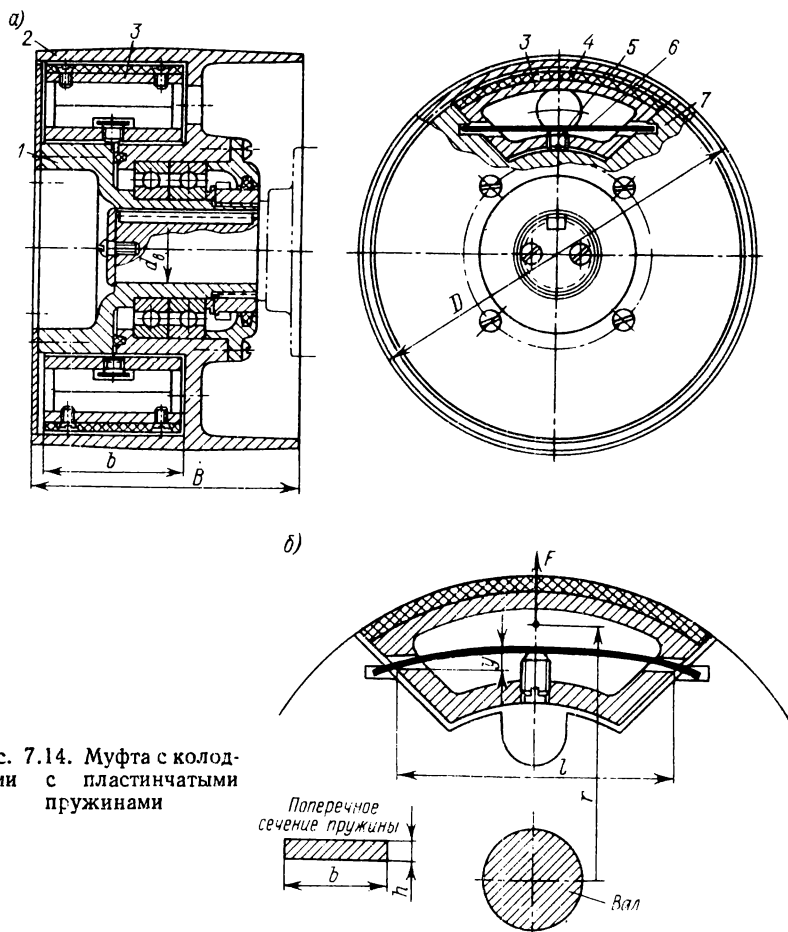


Рис. 7.14. Муфта с колодками с пластинчатыми пружинами

Сначала шкив неподвижен, а ведущая полумуфта вращается вместе с валом, увлекая за собой колодки. С ростом скорости вращения ведущей полумуфты колодки под действием центробежных сил, преодолевая силу пружин, начнут перемещаться в радиальном направлении и при частоте вращения $n_0 = (0,7 \div$

Т а б л и ц а 7.9. Размеры (мм) и параметры муфты с пластинчатыми пружинами (рис. 7.14, а)

$P/n,$ кВт/(об/мин)	$d_{\text{в}}$	D	B	b	$P/n,$ кВт/(об/мин)	$d_{\text{в}}$	D	B	b
0,169	20	100	75	45	1,540	50	180	125	70
0,243	30	125	75	60	4,120	65	230	165	80
0,639	40	150	100	65	7,350	80	280	180	90

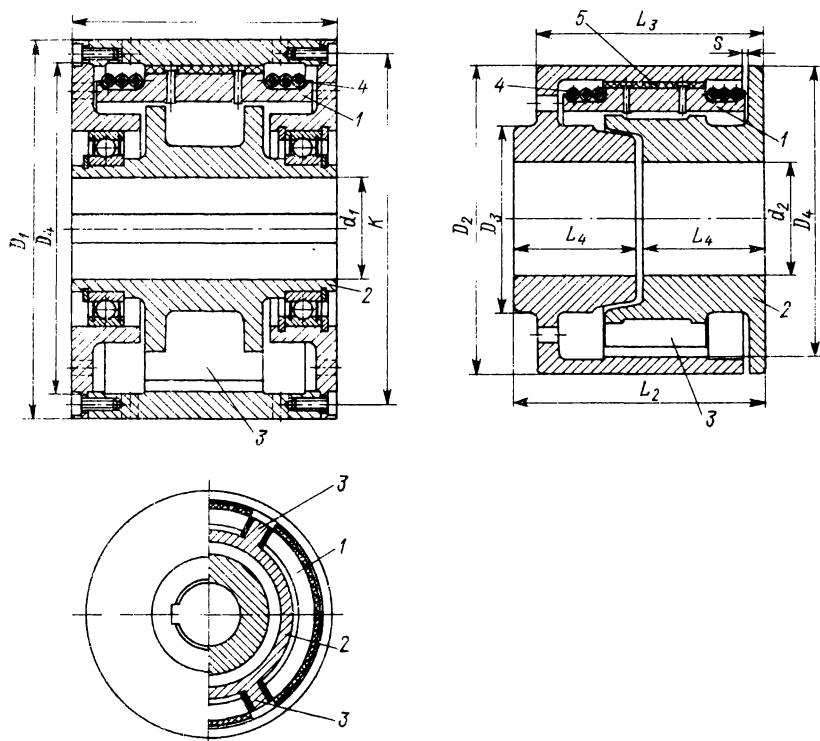


Рис. 7.15. Муфта с колодками

Таблица 7.10. Размеры (мм) и параметры муфты с колодками (рис. 7.15)

Обозначение	D_1	D_2	d_1 max	d_2 max	D_3	K	Винт	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	S	Допустимая работа сил трения, кН·м	
														за одно включение	за 1 час (средняя)
12	144	135	35	48	80	132	M5	122	100	112	97	55	2—3	36,5	774
13	155	148	40	55	86	143	M5	133	107	122	106	60	2—3	134,5	938
14	167	162	44	60	96	155	M5	145	116	133	116	65	2—3	183,0	1110
15	184	178	55	65	106	170	M6	159	128	142	127	69	2—4	247,0	1337
17	200	195	55	70	116	186	M6	175	140	154	139	75	2—4	317,0	1600
19	223	214	60	76	126	206	M8	191	153	172	155	84	2—4	443,0	1940
21	240	232	65	85	138	223	M8	208	165	185	168	90	2—4	536,5	2300
23	261	255	75	95	154	244	M8	229	180	205	183	100	3—5	698,0	2770
25	288	280	85	100	164	268	M10	250	200	225	200	110	3—5	935,0	3310
27	311	305	100	110	184	291	M10	237	216	245	220	120	3—6	1185,0	3980
30	338	338	110	120	205	318	M10	300	235	266	240	130	3—6	1670,0	4760
32	370	370	115	130	220	348	M12	328	258	293	263	143	3—6	2260,0	5750

÷0,8) n коснутся обода шкива. Давления на шкив еще не будет, так как центробежная сила колодки уравнивается силой пружины. При дальнейшем увеличении частоты вращения электродвигателя колодка будет давить на обод шкива с силой (Н)

$$F_d = \frac{G\pi^2 r}{g900} (n^2 - n_0^2), \quad (7.14)$$

где G — вес одной колодки, Н; r — расстояние от центра тяжести колодки до оси вала, м; g — ускорение свободного падения, м/с²; n — частота вращения ведущей полушфты, об/мин.

Момент, передаваемый муфтой, определяется по формуле (7.1).

Размеры сечения пружины (рис. 7.14, б) определяют из вы-
ражений:

$$h = [\sigma]_h l^2 / (6yE); \quad b = 3Fl / (2h^2 [\sigma]_h), \quad (7.15); (7.16)$$

где y — стрела прогиба пружины при частоте вращения n_0 (обычно ее принимают 0,8—1,5 мм); F — центробежная сила, действующая на колодку при частоте вращения n_0 , $F = Gv_0^2/(gr)$; v_0 — скорость центра тяжести колодки, м/с, $v_0 = \pi r n_0 / 30$; остальные обозначения — см. на рис. 7.14, б.

На рис. 7.15 (табл. 7.10) приведено два исполнения муфты с колодками фирмы «Вулкан» (ФРГ): для встройки в шкив ременной передачи; для соединения соосных валов. Три колодки 1 с фрикционными накладками 5 вращаются вместе с ведущей полушфтой 2, увлекаемые радиальными ребрами 3. Браслетные кольцевые пружины 4 отжимают колодки от ведомой полушфты.

На рис. 7.16 представлена номограмма для выбора размера этих муфт по табл. 7.10 в зависимости от величины вращающего момента и частоты вращения.

7.4. Муфты с поворачивающимися колодками

На рис. 7.17 представлена двухколодочная центробежная муфта, состоящая из ведомого барабана 1, двух колодок 2 с фрикционными накладками 3, поворачивающихся на осях 4. Последние закреплены в ведущей траверсе 5. При вращении ведущего вала 6 под действием центробежных сил колодки прижимаются к рабочей поверхности барабана 1. Колодки могут быть пу-

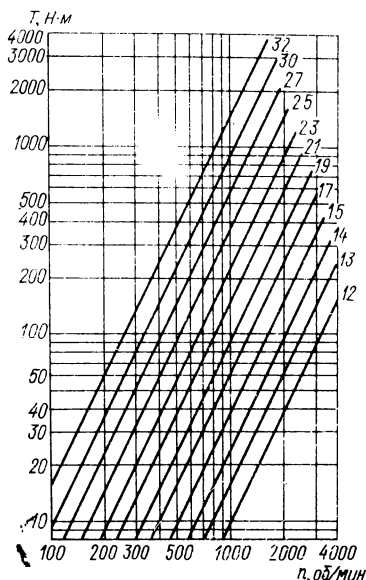


Рис. 7.16. Номограмма для подбора муфт с колодками

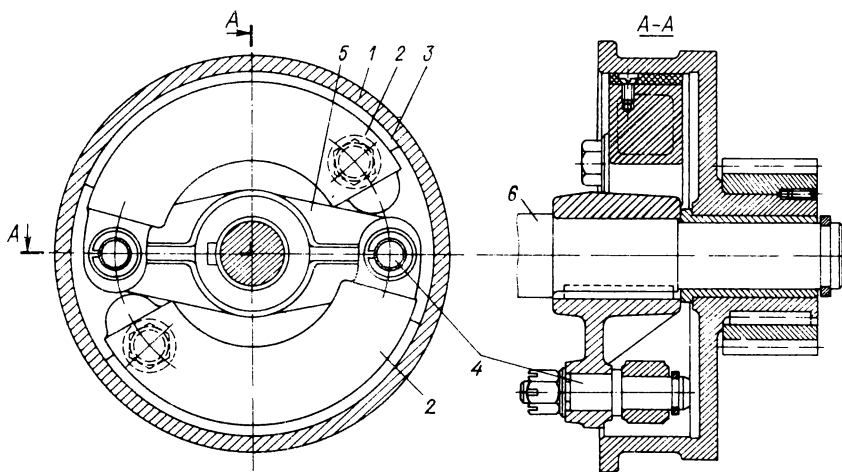


Рис. 7.17. Двухколодочная беспружинная муфта с поворачивающимися колодками

стотелыми, и тогда количество засыпаемой в колодки дроби будет определять величину передаваемого муфтой вращающего момента. Для засыпки дроби в колодках предусмотрены отверстия с пробками. Давление, возникающее на поверхности фрикционных накладок, зависит от точки приложения силы и является неравномерным по длине накладки. Чтобы износ получался по возможности равномерным, колодки должны быть достаточно жесткими. Расчет ведут по давлению на рабочей поверхности накладки

$$p = F/lb \leq [p], \quad (7.17)$$

где F — центробежная сила; l — длина колодки; $[p]$ — допустимое давление (см. табл. 4.4); b — ширина колодки.

При эксплуатации центробежной муфты без удерживающих пружин работа муфты начинается с началом вращения ведущей полумуфты и двигатель получает нагрузку от тормозящего действия муфты, поэтому более широкое распространение получили центробежные пружинные муфты с поворачивающимися накладками.

На рис. 7.18 представлена центробежная двухколодочная муфта [24], встроенная в шкив клиноременной передачи. На вал 1 двигателя посажена на шпонке 8 ступица с диском 7, в котором закреплены два пальца 6. На пальцах свободно сидят корытообразные колодки 11 с прикрепленными к ним фрикционными накладками 9. Колодки стянуты пружинами 10, закрепленными на осях 4, вставленных в колодки 11; для предотвращения жесткого удара и стука колодок о втулки при выключении муфты на свободных концах колодок прикреплены резиновые накладки 12.

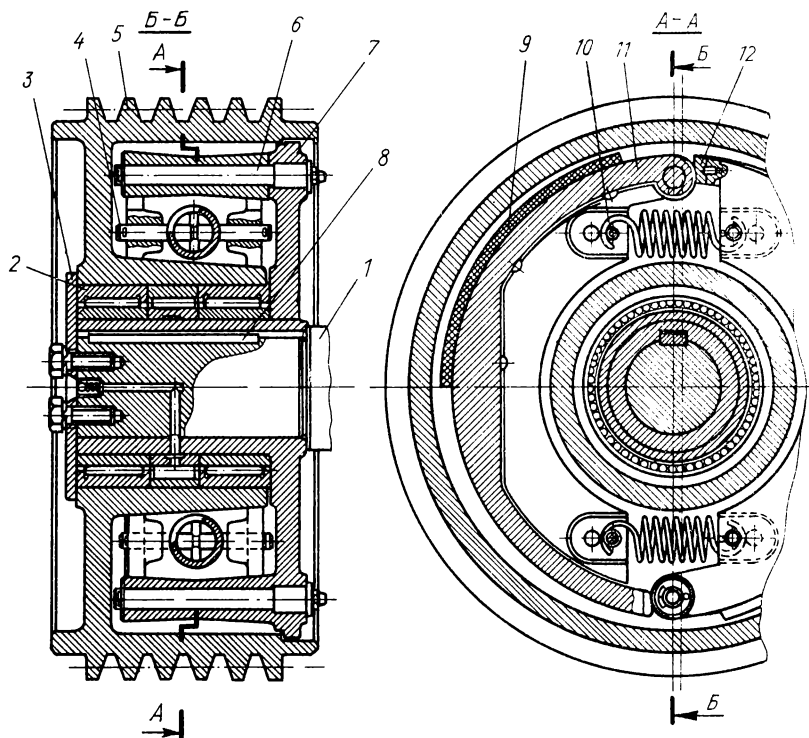


Рис. 7.18. Двухколодочная муфта, встроенная в шкив клиноременной передачи

На ступицу 7 на игольчатых подшипниках 2 посажен шкив 5 клиноременной передачи, являющейся ведомой полумуфтой. Осевое смещение шкива предотвращается шайбой 3.

При частоте вращения n_0 центробежная сила колодок преодолевает действие пружин и они касаются шкива. При дальнейшем повышении частоты вращения центробежная сила (Н)

$$F = mr \pi^2 n^2 / 900,$$

где m — масса колодки, кг; r — расстояние от оси до центра тяжести колодки, м; n — частота вращения, об/мин.

7.5. Муфты с дробью

Эти муфты обеспечивают более плавное включение, чем муфты с колодками, и обладают большей надежностью в качестве предохранительных. Они имеют почти такую же характеристику, что и гидромукты, в то же время они лишены ряда присущих им недостатков. Эти муфты при сравнительно малых габаритных размерах способны передавать значительные вращающие моменты и с успехом могут применяться в приводах, работаю-

Т а б л и ц а 7.11. Размеры (мм) и масса муфты для соединения валов (рис. 7.20)

Обозначение	D	B	L	P	d ₁	D ₁	d ₁	T	F	M	C	K	d	Масса, кг
200	210	203	116	45	102	210	104	10	92	14	2	85	55—65	28,5
220	230	226	134	45	114	230	114	9	112	13	2	90	60—75	35
250	260	258	157	51	120	260	128	9	112	26	2	109	75—80	52
280	290	309	187	51	150	272	142	10	152	25	2	120	80—100	58
300	310	329	207	51	150	272	150	10	172	25	2	120	90—100	73

щих в режиме частого пуска. Недостатком муфт с дробью является усиленный нагрев при длительном буксовании. В связи с этим предусматривается установка термореле для отключения электродвигателя при длительном буксовании [14].

На рис. 7.19 представлена муфта фирмы «Шутц» (ФРГ). Муфта состоит из ведущей полумуфты 1 с двумя диаметрально расположенными лопастями, ведомой полумуфты 6, являющейся ободом шкива ременной передачи, крышек с бронзовыми втулками 7 и торцевыми уплотнениями 2, пробки 9, стопорных колец 4 и пресс-масленки 8. Во внутренней полости муфты находится смесь стальной калиброванной дроби с графитом. Ведущая полумуфта 1 соединяется с валом шпонкой. Ведомая полумуфта 6 центрируется по ступице ведущей полумуфты через крышки 3. Для лучшего сцепления с дробью на внутренней поверхности ведомой полумуфты 6 выполнены продольные канавки. Рабочая смесь засыпается через отверстие с пробкой 5. В процессе пуска лопасти увлекают дробь и через нее — ведомую полумуфту. По мере разгона ведомой полумуфты дробь под влиянием центробежной силы превращается

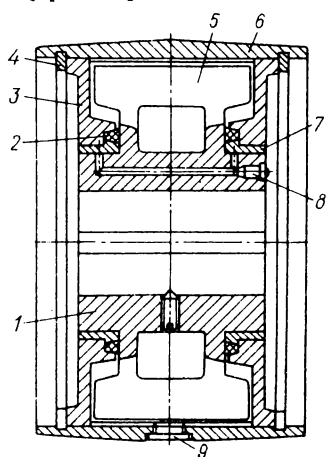


Рис. 7.19. Муфта фирмы «Шутц» для шкива

в плотную массу, жестко соединяющую полумуфты при некоторой угловой скорости. При перегрузках силы трения в дроби становятся недостаточными, и муфта пробуксовывает. На рис. 7.20 показано исполнение этой муфты для соединения валов. Оно отличается от первого исполнения тем, что ведомая полумуфта 2 соединена с корпусом через пальцы 1 резиновыми втулками, что допускает некоторое смещение соединяемых валов. В табл. 7.11 приведены основные размеры муфты по рис. 7.20, а в табл. 7.12 — параметры муфт обоих исполнений (рис. 7.19 и 7.20).

На рис. 7.21 (табл. 7.13) изображена муфта фирмы «Металлук» (ФРГ), состоящая из ведущей полумуфты 1, вы-

полненной в форме ступицы с лопатками, и ведомой полумуфты, состоящей из цилиндрического корпуса 2 с крышками 3 и 7, пальцев 6 с резиновыми втулками, ступицы с фланцем 5, имеющим отверстия под резиновые втулки. Ведомая полумуфта центрируется по ступице ведущей полумуфты через бронзовые вкладыши 4, возможно исполнение с опорами качения. Внутренняя полость муфты, разделенная лопатками, заполняется стальными шариками диаметром 5—10 мм. Для уменьшения износа шарики смазываются маслом. Камеры внутренней полости муфты необходимо равномерно заполнять шариками, периодически добавлять смазку.

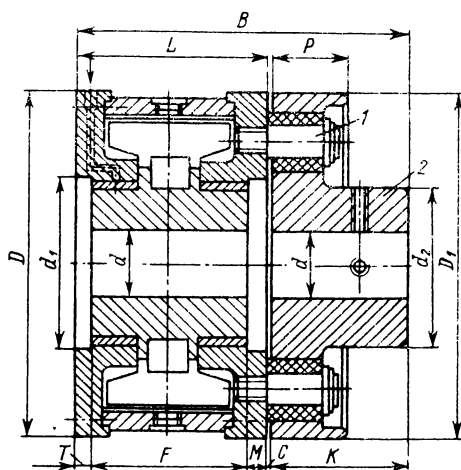


Рис. 7.20. Муфта фирмы «Шуцц» для соединения валов

На рис. 7.22 представлена муфта фирмы «Штрамаг» (ФРГ). Она состоит из ведущей полумуфты, включающей ступицу 1, соединенную с валом шпонкой, и корпуса 3, составленного из двух частей, отлитых из легкого сплава, с ребрами охлаждения 4. На внутренней поверхности корпуса имеются радиальные ребра, обеспечивающие лучшее сцепление с рабочей смесью. Ведомая полумуфта состоит из ступицы 8, соединенной винтами 7 с деталью 6, к которой крепится диск 5 с лопастями. Внутренняя полость муфты заполняется рабочей смесью крошки стальной проволоки с графитом. Пробка 9 закрывает отверстие, через которое засыпается рабочая смесь. Деталь 6 устанавливается на ступице 1

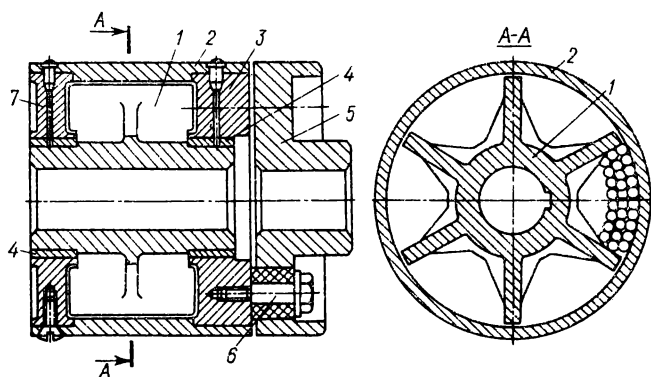


Рис. 7.21. Муфта фирмы «Металлук»

348 Таблица 7.12. Параметры муфты фирмы «Шутц» (рис. 7.19 и 7.20)

Обозначение	Мощность (кВт) при n , об/мин					Масса, кг	
	500	750	1000	1500	3000	рис. 7.19	рис. 7.20
120	—	0,368—0,662	0,441—1,176	0,809—3,162	3,676—18,382	3,5	3,0
180	—	0,515—1,250	1,103—2,206	2,941—6,25	18,382—40,441	12,0	20,0
200	—	1,25—2,941	2,574—5,515	6,618—14,706	40,441—95,882	13,0	28,5
220	0,353—1,838	1,838—4,412	3,676—8,088	10,294—24,265	73,529—147,059	18,0	35,0
250	1,618—2,941	4,412—16,176	8,088—16,176	24,265—47,794	—	25,0	52,0
280	2,941—6,250	8,824—16,912	16,912—35,294	48,529—110,294	—	35,0	68,0
300	5,515—9,559	14,706—25,0	25,735—55,147	80,882—183,824	—	41,0	73,0
350	9,559—18,382	25,0—51,470	51,470—120,0	161,76—477,941	—	63,0	120,0
400	13,971—32,353	44,118—95,588	99,265—202,206	294,118—625,0	—	110,0	145,0
450	33,088—66,176	91,912—183,824	202,206—397,059	625,0—1176,470	—	160,0	200,0
500	66,176—117,647	183,824—360,294	393,382—735,294	—	—	220,0	260,0
550	95,588—191,176	286,765—514,706	514,706—1176,470	—	—	270,0	400,0
600	154,412—294,118	426,470—808,824	941,176—1397,059	—	—	—	500,0
650	235,294—422,794	647,059—1286,765	1323,529—3051,470	—	—	—	650,0

Т а б л и ц а 7.13. Размеры (мм) и масса муфты фирмы «Металлук» (рис. 7.21)

Обозначение	A	D	d ₁	d ₂	L	M	N	E	F	Масса, кг
85	85	95	16	28	97	35	12	10	69	4
110	110	120	20	32	111	55	25	12	72	7
135	135	145	32	40	112	60	25	12	76	11
165/1	165	185	40	50	121	75	30	15	79	20
165/2	165	185	40	50	156	75	30	15	79	22
215/1	215	235	55	60	134	90	40	18	86	36
215/2	215	235	55	60	149	90	40	18	86	38
265/1	265	285	65	75	156	100	55	15	95	62
265/2	265	285	65	75	186	100	55	15	95	67
315/1	315	340	75	85	191	120	60	22	125	108
315/2	315	340	75	85	231	120	60	22	125	118
360/1	360	390	85	100	242	150	70	22	141	175
360/2	360	390	85	100	297	150	70	22	141	192
415/1	415	445	100	125	305	175	70	34	154	265
415/2	415	445	100	125	365	175	70	34	154	290
500/1	500	530	135	150	317	210	70	46	177	390
500/2	500	530	135	150	377	210	70	46	177	425

Т а б л и ц а 7.14. Техническая характеристика муфт (рис. 7.22 и 7.23)

Частота вращения двигателя, об/мин	Время разгона, с	Число пусков до замены рабочей смеси	Частота вращения двигателя, об/мин	Время разгона, с	Число пусков до замены рабочей смеси
750	3	270 000	1500	3	130 500
	5	160 000		5	80 000
	20	40 000		20	20 000
	60	13 500		60	7 000
1000	3	200 000	3000	3	70 000
	5	120 000		5	40 000
	20	30 000		20	10 000
	60	10 000		60	3 500

Т а б л и ц а 7.15. Размеры (мм) муфт фирмы «Штромаг» (рис. 7.22 и 7.23)

Обозначение	d		D	M	N	H	I	F	E	L	B	S	O	I ₁	R
	min	max													
12	14	30	158,5	40	40	—	60	61	50	110	65	97	41	3	5
15	20	38	194	59	56	35	55	70	55	138	78	90	42	5	5
19	25	42	242	71	67	48	71	90	72	167	100	112,5	54	7	8
23	30	55	292	89	85	60	78	106	85	181	120	162	90	7	10
28	35	70	348	95	91,5	75	90	140	100	214	150	195	115	7	10
35	45	90	430	112	100	96	105	180	130	239	155	270	180	10	15
45	60	105	560	140	120	120	121	220	170	280	220	395	280	10	15

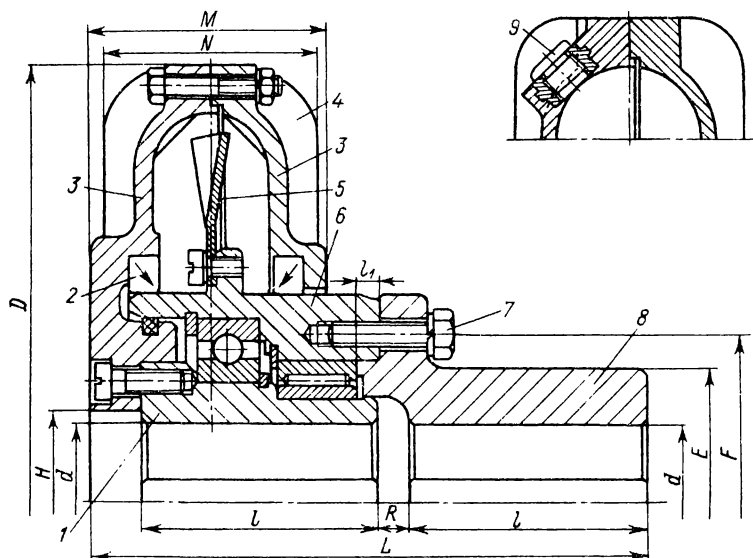


Рис. 7.22. Муфта фирмы «Штрмаг»

на двух опорах качения. Уплотнение 2 предохраняет от попадания грязи в корпус.

С увеличением количества рабочей смеси в муфте увеличивается ее несущая способность, однако сокращается время полного сцепления полумуфт. Заполнение муфты рабочей смесью произ-

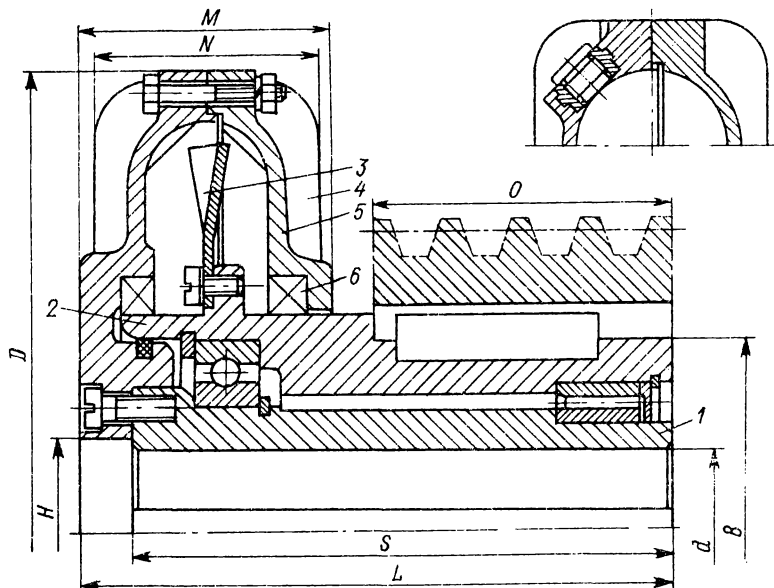


Рис. 7.23. Муфта фирмы «Штрмаг» со шкивом

Т а б л и ц а 7.16. Передаваемый момент муфтой (рис. 7.22 и 7.23) в зависимости от массы наполнителя и частоты вращения

Обозначение	Масса на- полнителя, кг	Передаваемый момент (Н·м) при n, об/мин								Масса муфты без рабочей смеси, кг	
		600	750	900	1000	1200	1500	1800	3000	рис. 7.22	рис. 7.23
12	0,2	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,07	0,1	0,25	3	2,5
	0,4	0,25	0,4	0,5	0,7	1,0	1,5	2,2	6,0		
	0,6	1,1	1,8	2,6	3,1	4,6	7,1	10,2	28,0		
	0,7	1,7	2,7	4,0	4,8	7,0	11,0	16,0	43,0		
15	0,5	1,6	2,6	3,7	4,5	6,6	10	15	40	5	6
	0,7	3,5	5,5	8,0	9,8	14	22	32	87		
	1,0	5,8	9,2	13	16	24	37	53	145		
	1,1	1,1	6,8	11	15	19	27	43	170		
19	1,0	6,1	9,7	14	17	25	39	56	160	9	12
	1,5	13	20	29	36	52	81	115	320		
	2,0	20	32	47	57	83	130	185	510		
	2,3	24	37	53	63	98	150	220	610		
23	2,0	6,4	10	15	18	26	41	58		13	15
	3,0	19	30	43	53	77	120	170			
	4,0	37	58	84	105	150	235	335			
	5,0	58	90	130	160	230	360	520			
28	3,0	12	19	27	33	48	75	110		22	28
	4,0	27	42	60	74	110	170	240			
	5,0	47	74	105	130	190	300	430			
	6,0	72	115	165	200	290	450	650			
	7,0	100	160	230	280	410	640	910			
35	5,0	28	45	65	80	115	180			41	55
	7,5	86	140	195	240	350	550				
	10,0	170	270	390	480	700	1090				
	12,5	280	440	630	770	1130	1750				
	15,0	390	620	900	1100	1600	2500				
45	10,0	74	120	170	210	300				63	105
	15,0	250	390	560	690	1000					
	20,0	520	820	1180	1450	2100					
	25,0	870	1380	1980	2400	3500					
	30,0	1300	2050	2900	3590	5200					
	35,0	1700	2700	3900	4800	7000					

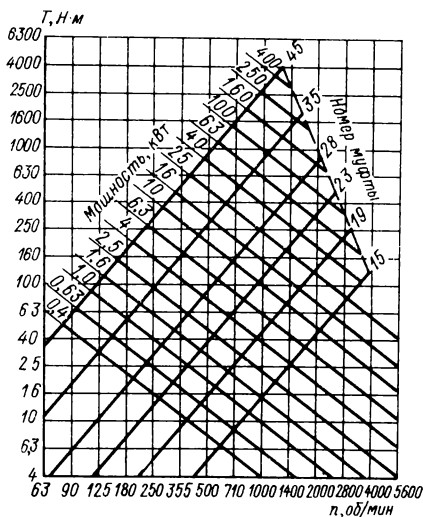


Рис. 7.24. Зависимость вращающих моментов и мощности муфты фирмы «Штрoмаг» от частоты вращения

новлена на ступице 1 на двух опорах качения с уплотнениями 6.

В табл. 7.14 приведено число пусков муфты до замены рабочей смеси в зависимости от частоты вращения ведущей полумуфты и времени разгона машины. В табл. 7.15 и 7.16 приведены размеры и параметры муфты, показанные на рис. 7.22 и 7.23. Передаваемые муфтами вращающие моменты и мощности в зависимости от рабочей частоты вращения определяют по номограмме, показанной на рис. 7.24. Например, при $n = 1000$ об/мин и $P = 2,5$ кВт необходима муфта 19, которая передает момент 40 Н·м.

Время разгона машины и избыточный вращающий момент в зависимости от момента двигателя, момента сопротивления, рабочей частоты вращения и махового момента разгоняемых масс определяют по номограмме, приведенной на рис. 7.25. Например, при вращающем моменте двигателя $T = 160$ Н·м, моменте сопротивления $T_c = 100$ Н·м, рабочей частоте вращения 1400 об/мин и маховом моменте $GD^2 = 100$ Н·м² время разгона $t = 6$ с и избыточный вращающий момент, вызывающий ускорение машины, $T_{изб} = 6,3$ Н·м.

7.5. Другие разновидности центробежных муфт

На рис. 7.26 показана оригинальная центробежная муфта, которая может быть применена для привода двух механизмов с различными скоростями от двухскоростного двигателя. Включение того или иного механизма производится муфтой

вводят в таком порядке: сначала в собранную муфту засыпают 2/3 рабочей смеси и запускают машину на малых оборотах, затем постепенно, частями добавляют рабочую смесь до получения нужного времени разгона машины. С течением времени рабочая смесь изнашивается и ее заменяют новой.

На рис. 7.23 дана такая же муфта, соединяющая шкив ременной передачи с валом. Ведущая полумуфта состоит из ступицы 1, соединенной с валом шпонкой, и корпуса 5 с ребрами охлаждения 4. Ведомая полумуфта состоит из ступицы 2, на которой крепится диск 3 с лопастями. Ведомый шкив ременной передачи соединен шпонкой со ступицей 2, которая уста-

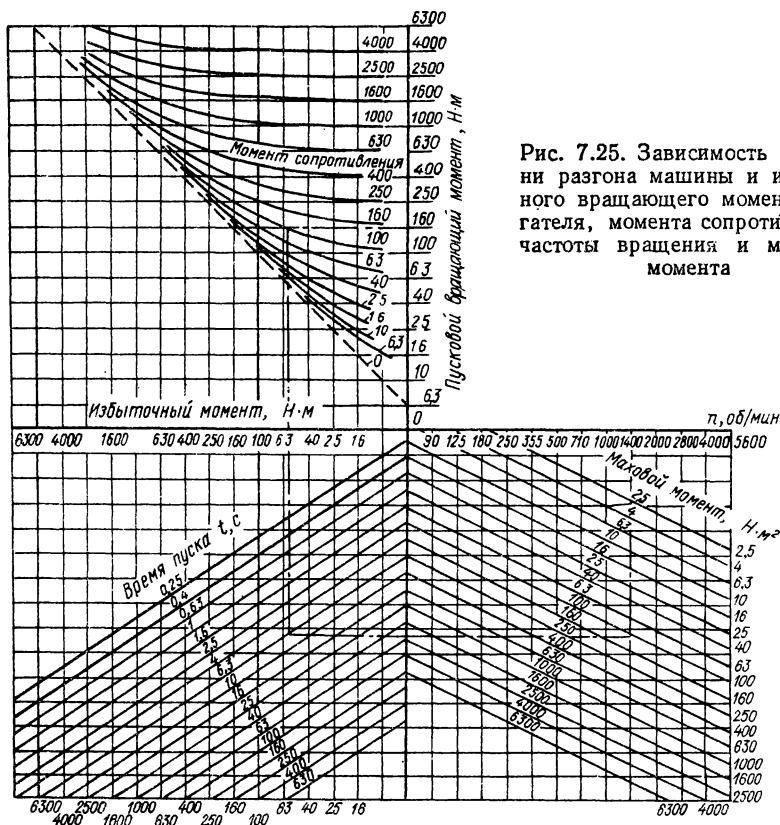


Рис. 7.25. Зависимость времени разгона машины и избыточного вращающего момента двигателя, момента сопротивления, частоты вращения и махового момента

автоматически, в зависимости от скорости ведущего вала. На ведущем валу 1 при помощи шпонки закреплены диски 3, 8. Шкивы 2 и 4 установлены на валу свободно и вращаются на втулках 7 (фиксирование шкивов в осевом направлении на рисунке не показано). У шкивов на внутренней цилиндрической поверхности обода имеются зубья, с которыми могут сцепляться собачки 11, 17, 12 и 14, вращающиеся на осях 5 и 9, закрепленных на диске 3. Пружины 6 и 10, собранные с различным предварительным натяжением, удерживают собачки от зацепления со шкивами при неподвижном вале.

Воздушные амортизаторы 16 и 15, соединенные с собачками штифтами, замедляют движение собачек к зубьям шкивов. Сопротивление движению зависит от величины выходного отверстия для воздуха в крышках 18 и 13 амортизаторов. Одновременное включение обоих шкивов невозможно из-за наличия на концах собачек блокирующих выступов. При вращении вала с меньшей скоростью собачка 17, преодолев сопротивление амортизатора и пружины 10, войдет в сцепление со шкивом 2. Включению со-

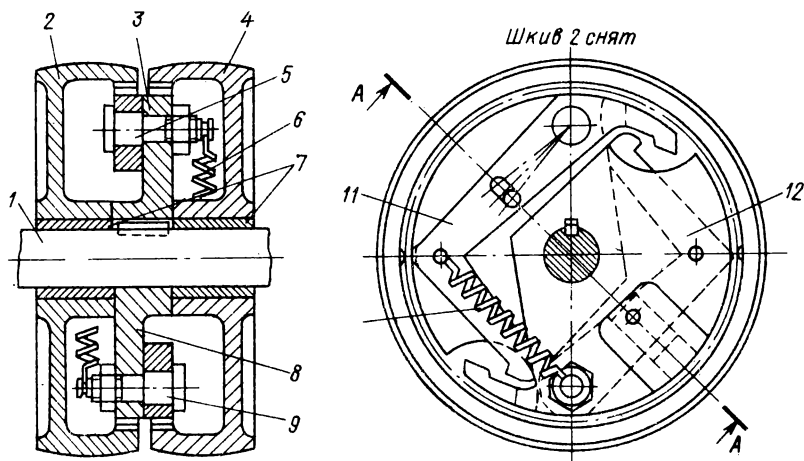
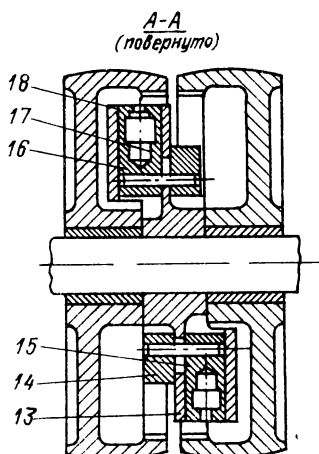


Рис. 7.26. Центробежная муфта для привода от двухскоростного двигателя

бачки 14 препятствует сила пружины 6, превышающая центробежную силу. Если после остановки вал вращать с большей скоростью, то с зубьями шкива 4 сцепится собачка 14. Собачка 17 отстает от собачки 14 вследствие большого сопротивления амортизатора. Включиться позднее она не сможет из-за блокирующих выступов на концах собачек. Так как включение муфты происходит с ударом, то для переключения механизмов необходима остановка ведущего вала.

На рис. 7.27 и 7.28 приведены конструкции муфт, обеспечивающих плавное нарастание передаваемого момента. Они с успехом могут быть применены в приводах ленточных транспортеров [54].

На рис. 7.27 представлена схема муфты с гидравлическим замедлителем. Муфта состоит из ведомого шкива 1, ведущей полу-муфты 7, колодок 5 с фрикционными накладками 4. В цилиндрической части колодок перемещаются поршни 6; во время их перемещения масло через зазоры и калиброванные отверстия в поршнях перетекает из одной полости цилиндра в другую. В начале пуска поршни удерживаются пружинами 2, а колодки — охватывающей пружиной 3. По мере возрастания угловой скорости под действием центробежной силы поршень начинает перемещаться. Включение муфты соответствует угловой скорости ведущей полу-муфты, при



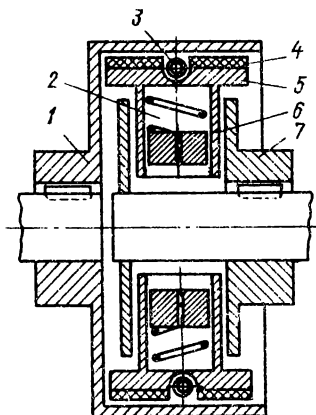


Рис. 7.27. Муфта с гидравлическим замедлителем

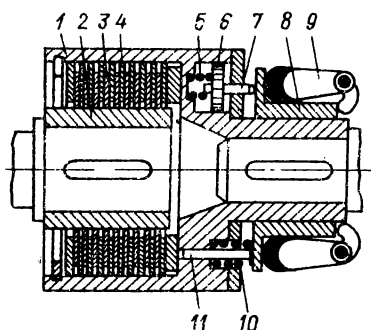


Рис. 7.28. Многодисковая муфта с гидравлическими замедлителями

которой под действием центробежной силы поршни преодолевают сопротивление пружины 3, — колодки раздвинутся. Длительность перемещения поршней и связанная с этим длительность периода сцепления муфты зависит от скорости перетекания масла и может регулироваться.

На рис. 7.28 показана многодисковая фрикционная муфта с гидравлическими замедлителями, включаемая под действием центробежных сил. Муфта состоит из ведущей 1 и ведомой 2 частей, дисков 3 и 4, рычагов с грузами 9, втулки 8, стержней 11 с пружинами 10, поршня замедлителя 6 со штоком 7 и пружиной 5. При разгоне ведущей части под действием центробежных сил рычаги стремятся повернуться и передвигают втулку 8, которая включает муфту. Втулка при передвижении перемещает поршни гидравлического замедлителя и поэтому осуществляет плавное включение муфты. При остановке привода втулка, рычаги и поршни под действием пружин возвращаются в исходное положение. Регулировка времени включения муфты производится дресселем.

Представленная на рис. 7.29 муфта предназначена для снижения перегрузок как электродвигателя, так и рабочей машины во время неустановившегося движения. Муфта состоит из ведущей полумуфты 1, фрикционных дисков 2 и ведомой полумуфты 3. Механизм включения содержит шарики 4, помещенные между упорным 5 и нажимным 6 дисками. Диски имеют возможность перемещаться в осевом направлении соответственно по ведущей и ведомой полумуфтам.

Упорный, нажимной и фрикционные диски, а также шарики поджаты в осевом направлении пружиной 7, опирающейся на подшипники 8 и упорный диск 5. Для равномерного распределения шариков по окружности они заключены в свободно установленный сепаратор 9. Для обеспечения зазора между фрикционными дис-

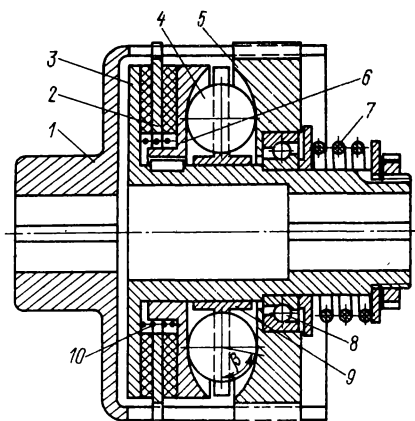


Рис. 7.29. Муфта грузами в виде шариков

та 1 вращается от двигателя и заставляет вращаться диск 5. В это время фрикционные диски разъединены пружиной 10 и не передают движения ведомой полумуфте 3. Так как запуск двигателя осуществляется без нагрузки, то частота вращения его быстро достигает значения, при котором центробежная сила, действующая на шарики, становится достаточной для сжатия фрикционных дисков и начала движения ведомой полумуфты. С ростом скорости шариков они перемещаются в положение, соответствующее передаче номинального вращающего момента, а ведомая и ведущая полумуфты начинают вращаться как одно целое.

При случайной перегрузке машины произойдет проскальзывание фрикционных дисков. Нажимной диск 6 замедлит вращение, скорость вращения шариков вокруг оси муфты уменьшится, они сместятся в положение, более близкое к оси муфты. Перегрузка деталей машины будет уменьшена.

Расчет фрикционного узла муфты принципиально не отличается от расчета обычных фрикционных дисковых муфт (см. гл. 4). Число дисков 2 следует брать не более 1—2. Оптимальное число шариков 4—6 (до 8).

7.7. Расчет муфты с колодками

Рассчитать центробежную муфту (рис. 7.9) к приводу, показанному на рис. 7.30 для данных:

число пусков в смену не более 4;

электродвигатель 4А160-2, $P = 15$ кВт, $n = 2940$ об/мин, диаметр вала $d_{з.д} = 32$ мм, длина вала $l_{з.д} = 110$ мм, $GD_{з.д}^2 = 73 \cdot 10^{-3}$ Н·м²;

редуктор: передаточное число $u = 4$, диаметр вала-шестерни $d_1 = 40$ мм, $l_1 = 100$ мм, диаметр колеса $d_2 = 160$ мм, ширина

колеса $b_2 = 12$ мм, $l_2 = 130$ мм, маховой момент массы $7 GD_7^2 = 239 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, диаметр выходного вала $d_{\text{вых}} = 45$ мм, вращающий момент на выходном валу $T_{\text{вых}} = 170 \text{ Н} \cdot \text{м}$, КПД редуктора 0,96;

маховой момент упругой муфты $GD_{\text{му}}^2 = 0,23 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.

Определяем момент, развиваемый электродвигателем,

$$T_{\text{э.д}} = 9555 P / n = \\ = 9555 \frac{15}{2940} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определяем требуемый момент, который должна передать муфта,

$$T_{\text{тм}} = (1,2 \div 1,4) T_{\text{э.д}} = 1,3 \cdot 50 = 65 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При конструировании муфты принимают:

$$R_{\text{в min}} = 0,75 d_{\text{э.д}}; \quad R_{\text{н}} = (1,3 \div 3,5) R_{\text{в}}; \quad \alpha = 90 \div 120^\circ; \quad z = 2.$$

$$\text{Принимаем } R_{\text{н}} = 2 R_{\text{в}} = 70 \text{ мм}; \quad \alpha = 120^\circ; \quad z = 2.$$

Назначаем материал фрикционной накладки и из табл. 4.4 выбираем f и $[p]$.

Примем барабан муфты стальным, материал фрикционной накладки — на основе асбеста. Муфта работает без смазывания, тогда $f = 0,35$, $[p] = 0,3 \text{ МПа}$.

Из формулы (7.1) определяем силу давления колодки на ведомую часть муфты, предполагая, что $R_{\text{тр}} \approx R_{\text{н}}$.

Определяем размеры колодки.

Проекция длины контакта колодки с барабаном на диаметр

$$l = 2 R_{\text{н}} \sin \alpha / 2 = 2 \cdot 70 \sin 120 / 2 = 121 \text{ мм}.$$

Ширина колодки

$$B = F_{\text{д}} / (l [p]) = \frac{1326}{121 \cdot 0,3} = 36 \text{ мм}.$$

Обычно ширину колодки назначают такой:

$$B_{\text{min}} = 10 \text{ мм}, \quad B_{\text{max}} = 0,7 l_{\text{эд}}.$$

Из формулы (7.2) находим

$$Gr = \frac{1326 \cdot 9,8 \cdot 900}{\pi^2 [2940^2 - (0,75 \cdot 2940)^2]} = 0,306 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

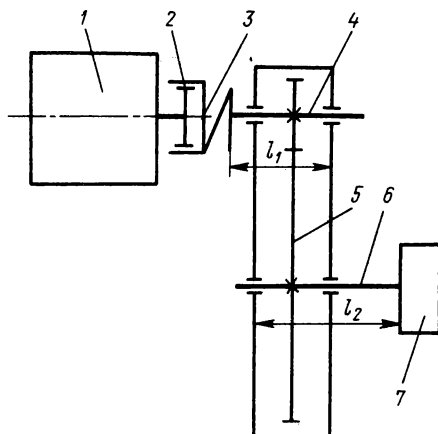


Рис. 7.30. Схема привода:

1 — электродвигатель; 2 — центробежная муфта; 3 — упругая компенсирующая муфта; 4 — вал-шестерня редуктора; 5 — зубчатое колесо; 6 — выходной вал редуктора; 7 — маховая масса рабочей машины, приведенная к выходному валу редуктора

Для сегментной колодки $G \approx \frac{\alpha\pi}{360} (R_H^2 - R_B^2) B\gamma$. При $\alpha = 120^\circ$ $G = 1,04 (R_H^2 - R_B^2) B\gamma$, где γ — удельный вес материала колодки (для стали $\gamma = 7,8 \cdot 10^4$ Н/м³);

$$r = \frac{2}{3} \frac{R_H^3 - R_B^3}{R_H^2 - R_B^2} \frac{\sin \alpha/2}{\alpha/2}.$$

При $\alpha = 120^\circ$ $= 0,55 (R_H^3 - R_B^3)/(R_H^2 - R_B^2)$ (для муфт с прямоугольными колодками $r \approx (R_H + R_B)/2$).

Получаем $Gr = 0,57 (R_H^3 - R_B^3) B\gamma$.

Определяем внутренний радиус колодки

$$R_B = \sqrt[3]{\frac{0,57 R_H^3 B\gamma - Gr}{0,57 B\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 0,07^3 \cdot 0,036 \cdot 78\,000 - 0,306}{0,57 \cdot 0,036 \cdot 78\,000}} = 0,053 \text{ м.}$$

Обычно $R_B \geq 0,75d_a$, т. е. что обусловлено прочностью муфты. Определяем вес груза

$$G = 1,04 (0,07^2 - 0,053^2) 0,036 \cdot 78\,000 = 6,1 \text{ Н.}$$

Определяем силу пружины

$$F_{\text{пр}} = \pi^2 Gr n_0^2 / (g 900) = [0,306 (0,75 \cdot 2940)^2] / (9,8 \cdot 900) = 1653 \text{ Н.}$$

Определяем время разгона машины по формуле (7.7), предварительно определив маховые моменты, приведенные к валу муфты

$$GD_{\text{вед}}^2 = GD_{\text{эд}}^2 + GD_{\text{вед.м}}^2$$

где $GD_{\text{вед.м}}^2$ — маховой момент ведущей части муфты (момент инерции цилиндра $J = mr^2/2$),

$$GD_{\text{вед.м}}^2 \approx (\pi/8) D_{\text{вед.м}}^4 B\gamma = (\pi/8) 0,14^4 \cdot 0,036 \cdot 78\,000 = 0,41 \text{ Н} \cdot \text{м}^2;$$

$$GD_{\text{вед}}^2 = 0,073 + 0,41 = 0,483 \text{ Н} \cdot \text{м}^2.$$

Приведенный маховой момент всех элементов привода (рис. 7.30)

$$GD^2 = GD_{\text{вед}}^2 + GD_{\text{му}}^2 + GD_4^2 + \frac{GD_5^2}{u^2} + \frac{GD_6^2}{u^2} + \frac{GD_7^2}{u^2}.$$

Маховой момент четвертого элемента (рис. 7.30)

$$GD_4^2 = (\pi/8) d_{11}^4 l_1 \gamma = (\pi/8) 0,04^4 \cdot 0,1 \cdot 78\,000 = 0,008 \text{ Н} \cdot \text{м}^2.$$

Аналогично определяют маховые моменты остальных элементов

$$GD_5^2/u^2 = 0,0162 \text{ Н} \cdot \text{м}^2; \quad GD_6^2/u^2 = 0,001 \text{ Н} \cdot \text{м}^2;$$

$$GD_7^2/u^2 = 14,9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2; \quad GD^2 = 15,4 \text{ Н} \cdot \text{м}^2.$$

Момент сопротивления, приведенный к муфте,

$$T_0 = T_{\text{вых}}/(\mu\eta) = 170/(4 \cdot 0,96) = 44,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Время разгона машины

$$t = \frac{1}{375} \left(\frac{0,483 \cdot 0,75 \cdot 2940}{50} + \frac{15,4 \cdot 2930}{65 - 44,2} \right) = 5,8 \text{ с}.$$

Г л а в а 8

КОМБИНИРОВАННЫЕ МУФТЫ

Комбинированные муфты применяют в тех случаях, когда необходимо расширить возможности отдельных муфт. Так, в случае применения фрикционной многодисковой предохранительной муфты для соединения валов машинных агрегатов эту муфту комбинируют с компенсирующей муфтой. При применении упругой муфты, успешно снижающей вредные колебания при установившемся рабочем процессе и неспособной снизить значительные динамические нагрузки в переходном режиме, эту муфту следует скомбинировать с фрикционной предохранительной муфтой, срезающей пиковые нагрузки при пуске и торможении машинного агрегата.

Ниже приведены некоторые конструкции комбинированных муфт. Однако возможности по созданию новых комбинаций муфт, диктуемых условиями работы конкретных машин, практически неограничены. Некоторые принципы создания комбинированных муфт имеются в работе [79].

8.1. Комбинированная муфта П. К. Гедыка (Уралмашзавод)

Муфта (рис. 8.1) является комбинацией двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой МУВП по ГОСТ 21424—75. В табл. 8.1 приведены основные размеры и параметры этой муфты.

Муфта состоит из полумуфт 1 и 7. В полумуфте 7 смонтировано предохранительное фрикционное устройство. Диск 3 соединен с полумуфтой 1 пальцами 2 с резиновыми втулками 4. Диск 3 шпонкой 5 соединен с двойным конусом 12, изготовленным из бронзы. С целью экономии цветного металла детали 12 и 3 выполнены раздельно. Двойной конус 12 охватывается с двух сторон нажимным конусом 10 и упорным 11. Упорный конус 11 крепится в полумуфте 7 сухарями и соединен с нажимным конусом выступом, который входит в паз на нажимном конусе. Последний соединен с полумуфтой 7 шпонкой 6. Силовое замыкание фрикционных поверхностей осуществляется пружинами 8, помещенными в стаканах 9, позволяющих регулировку натяга пружины

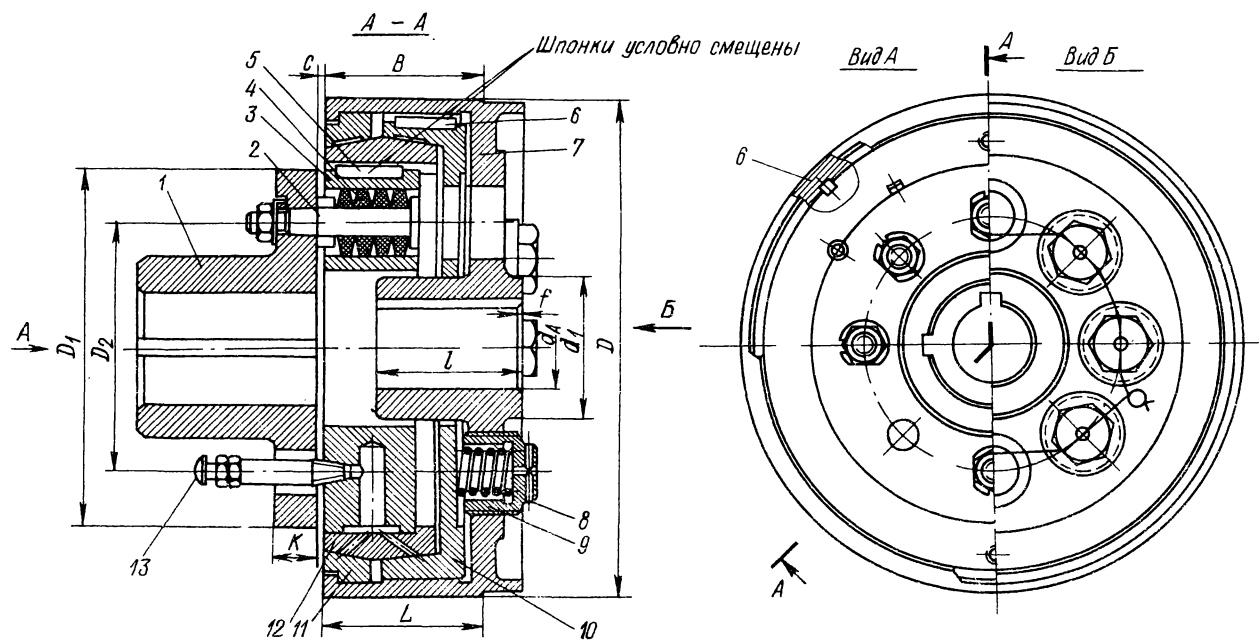


Рис. 8.1. Комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с МУВП

Т а б л и ц а 8.1. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.1)

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	D	d_A	d_1	B	I	Δ	D_1	D_2	K
50, 70, 90, 120	200	35	60	85	62	100	160	110	20
150, 200	250	40	75	90	82	100	190	140	20
250	300	50	90	90	85	110	240	175	28
500, 750, 1000	400	70	120	120	115	150	295	210	35
1500, 2000	500	80	160	200	145	200	365	265	40
3500, 5000	600	100	185	200	175	260	445	325	52
6000	700	110	200	250	175	270	500	380	52
6750, 9000	700	125	230	270	210	290	570	450	52

$T, \text{Н} \cdot \text{м}$	C	f	Число пальцев	$GD^2,$ $\text{Н} \cdot \text{м}^2$	Масса, кг	
					общая	в том числе цветного металла
50, 70, 90, 120	3,0	2,5	4	33,8	15,2	1,53
150, 200	3,0	2,5	6	79,0	21,0	2,75
250	4,0	3,0	4	182,0	38,0	3,20
500, 750, 1000	5,0	4,0	6	819,0	100,0	10,20
1500, 2000	6,0	4,0	6	2 650,0	196,0	21,60
3500, 5000	7,5	4,0	6	3 700,0	358,0	48,00
6000	7,5	5,0	6	13 350,0	427,0	65,30
6750, 9000	7,5	5,0	8	19 400,0	568,0	70,00

Для возможности замены резиновых втулок 4 в полумуфте 7 и нажимном конусе 10 предусмотрены окна. Смазку фрикционных поверхностей муфты производят через пресс-масленки 13.

После монтажа и регулировки муфты стаканы 9 стопорят проволокой. В момент срабатывания муфты происходит проскальзывание двойного конуса 12 относительно конусов 10 и 11.

Двойной конус изготовлен из Бр ОЦН 10—2—1,5, нажимной и упорный конусы — из стали 40Х с термообработкой до твердости 290—300 НВ.

8.2. Комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой с металлическими пружинами сжатия

На рис. 8.2 представлена комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой с металлическими пружинами сжатия (см. рис. 3.29). В полумуфту 1 (рис. 8.2) встроена фрикционная предохранительная муфта, включающая двухконусный диск 2, который зажимается по коническим поверхностям шайбой 3 с силой, создаваемой пружинами 4. Сила пружин регулируется гайкой 5, навинчивае-

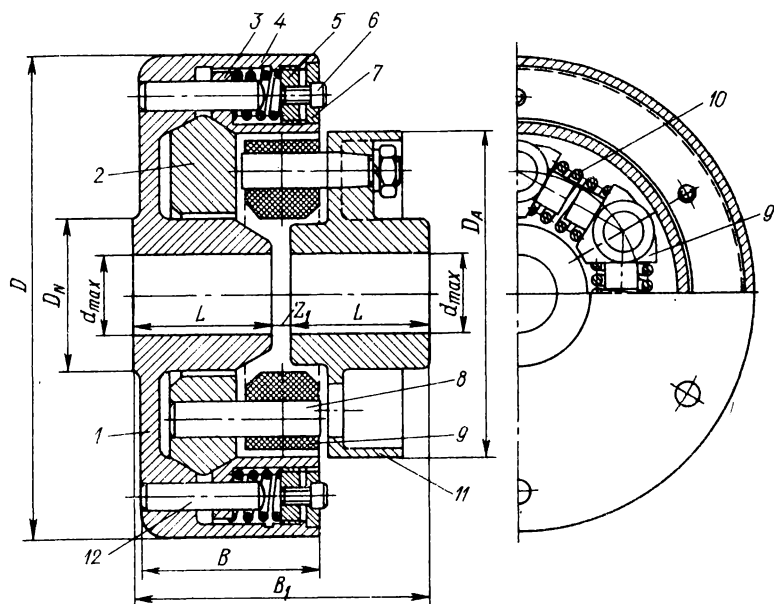


Рис. 8.2. Комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой

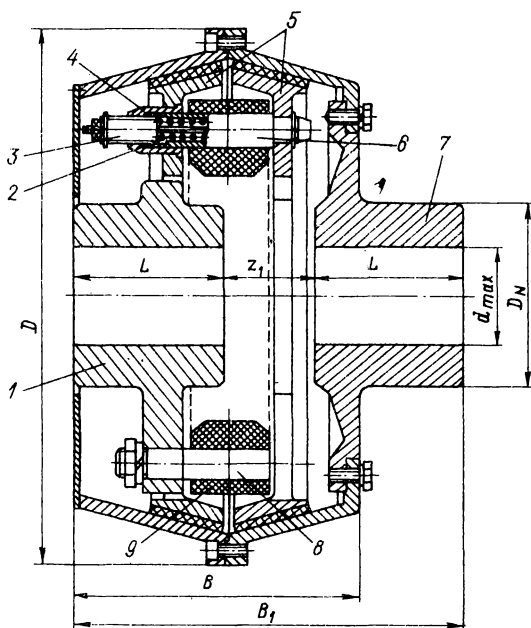


Рис. 8.3. Комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой для передачи больших моментов

Т а б л и ц а 8.2. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.2)

Вращаю- щий мо- мент, Н·м	n_{max} , об/мин	D	D_N	d_{max}	L		B	B_1	GD^2 , Н·м ²	Масса, кг
37,20	3800	150	45	25	45	8	60	98	0,87	8
55,80	3450	165	50	28	50	8	65	108	1,50	13
78,60	3100	185	70	32	55	8	75	118	2,70	15
108,87	2750	205	65	35	60	8	80	128	4,40	19

мой по внутреннему диаметру. Для сжатия пружин необходимо несколько (не полностью) вывернуть винты 6 и, вращая крышку 7, через винты повернуть гайку 5 на нужное число оборотов. Завинчиванием винтов 6 в гайку 5 до упора стопорят гайку на резьбе на детали 3. В диск 2 запрессованы пальцы 8, на которые надеты сухари 9, удерживающие пружины 10, через которые вращающий момент передается на полумуфту 11. Пальцы 12 центрируют детали 1 и 3.

Муфта, представленная на рис. 8.3, предназначена для передачи больших вращающих моментов, имеет большие габаритные размеры и поэтому позволяет встроить упругокомпенсирующую муфту внутрь предохранительной муфты. На пальцах 8, закрепленных в полумуфте 1, установлены сухари 9, удерживающие пружины сжатия (на чертеже не показаны), через которые окружающая сила передается на сухари 6, а через них — на диски 5 с коническими фрикционными поверхностями и далее силами трения — на полумуфту 7. Величину предельного момента, определяемого

Т а б л и ц а 8.3. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.3)

Вращаю- щий мо- мент, Н·м	n , об/мин	D	D_N	d_{max}	L		B	B_1	GD^2 , Н·м ²	Масса G , кг
1 360	2350	330	112	60	90	60	175	240	30,6	40
1 860	2060	370	125	70	100	65	195	265	35,6	60
2 430	1800	415	140	80	110	75	220	295	69,8	80
3 650	1500	470	160	90	125	80	245	330	132,6	115
5 150	1430	530	180	100	140	85	270	365	221,0	155
7 370	1290	590	200	110	160	100	310	420	394,0	225
10 750	1150	600	225	125	180	115	350	475	821,0	305
14 750	1030	740	250	140	200	120	390	520	1196,0	440
20 600	950	830	280	160	225	125	425	575	2160,0	600
29 000	810	940	315	180	250	130	465	630	3150,0	850
41 000	715	1060	355	200	280	130	505	690	3060,0	1260
61 000	640	1190	400	225	315	135	555	765	8440,0	1780
87 000	575	1320	450	250	355	150	625	860	1309,0	2450
117 500	510	1480	500	280	400	138	680	938	3861,0	3550

силами трения, регулируют сжатием пружины 2 винтом 3, ввинчиваемым во втулку 4. В табл. 8.2 и 8.3 представлены основные размеры и параметры описанных муфт.

8.3. Комбинация многодисковой фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей

На рис. 8.4 представлена комбинация многодисковой фрикционной предохранительной муфты (см. рис. 4.14) упругокомпенсирующей муфтой с резинотканевыми оболочками (см. рис. 3.64). Величину предельного момента регулируют сжатием пружины 1 путем завинчивания гайки 2. Для завинчивания гайки 2 отпускают винты 3 и вращением крышки 5 через штифты 4 вращают гайку 2. Штифты 4 запрессованы в крышку 5 и свободно входят в гайку 2. Завинчиванием винтов 3 до упора стопорят гайку 2 от вращения. Муфта отличается малыми габаритными размерами.

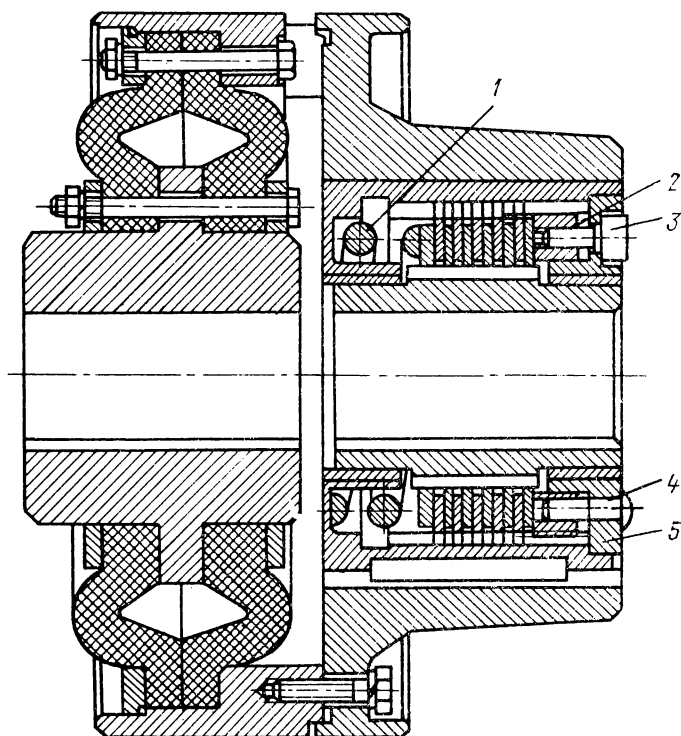


Рис. 8.4. Комбинация многодисковой фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой

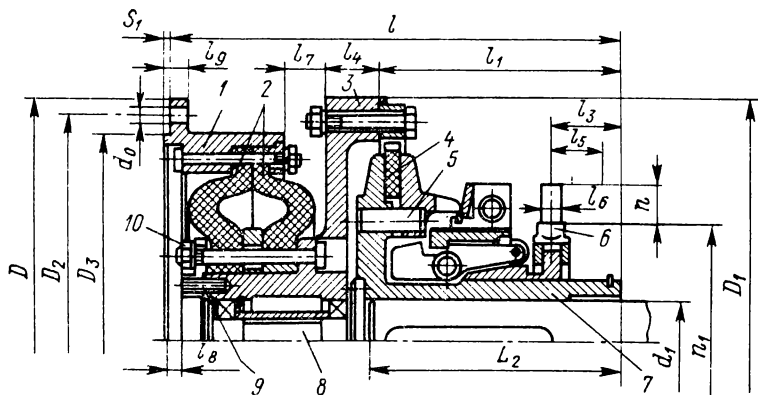


Рис. 8.5. Комбинация фрикционной муфты сцепления с упругокомпенсирующей муфтой

8.4. Комбинация однодисковой фрикционной муфты сцепления с упругокомпенсирующей муфтой с резинокордными оболочками

На рис. 8.5 представлена комбинация однодисковой фрикционной муфты сцепления с упругокомпенсирующей муфтой с резинокордными оболочками (см. рис. 3.64). Полумуфта 1 соединена с деталью 3 двумя резинокордными оболочками 2. Фрикционный диск 4, соединенный с деталью 3 зубчатым венцом, сжимается между опорным и нажимным дисками; последний направляется пальцами 5. Система втулок и рычагов 6, установленных на полумуфте 7, обеспечивает механическое управление муфтой сцепления. Ось 8, на которой на опорах качения установлена деталь 3, принята винтами к полумуфте 7. Штифты 9 служат для разгрузки винтов 10 от изгибных деформаций, существенно повышая их ресурс. В табл. 8.4 приведены основные размеры и параметры комбинированной муфты.

8.5. Комбинация двухдисковой фрикционной муфты сцепления с компенсирующей цепной муфтой

На рис. 8.6 представлена комбинация фрикционной предохранительной муфты с компенсирующей цепной муфтой. Предусмотрено два варианта предохранительной муфты: а) с плавным регулированием предельного вращающего момента; б) со ступенчатым регулированием. Полумуфта 1 соединена со звездочкой 5 силами трения благодаря сжатию фрикционных поверхностей пружинами 3, которые располагаются в детали 4, перемещающейся по полумуфте 1 по направляющей шпонке. Сила нажатия пружин, а с ней и величина предельного момента, плавно регули-

Таблица 8.4. Размер (мм) и параметры муфты (рис. 8.5)

Вращающий момент, Н·м	D	D ₁	d ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	n	l ₇	n ₁	l ₈	D ₂	D ₃	l ₉	S ₁	d ₂	Маховой момент, Н·м ² частей муфты			Масса, кг
																				1	3	7	
110	210	225	34	188	114	115	34	20	25,5	14	18	17	105	3,0	120	165	6	3	9	0,58	1,95	0,5	16,0
110	238	225	34	201	114	115	34	20	25,5	14	18	20	105	3,0	218	195	7	3	9	1,18	2,09	0,5	17,5
160	238	250	45	201	114	115	35	20	25,5	14	18	20	130	3,0	218	195	7	3	9	1,18	2,92	1,04	21,5
160	238	250	45	201	114	115	35	20	25,5	14	18	20	130	3,0	218	195	7	3	9	1,18	2,92	1,04	21,5
210	238	275	45	201	114	115	35	20	25,5	14	18	20	130	3,0	218	195	7	3	9	1,18	5,26	1,35	23,0
210	238	275	45	201	114	115	35	20	25,5	14	18	20	130	3,0	218	195	7	3	9	1,18	5,26	1,35	23,0
350	275	325	60	255	155	158	49	29	37,0	16	25	15	160	4,5	252	220	8	4	11	2,56	10,35	4,98	45,5
350	275	325	60	255	155	158	49	29	37,0	16	25	15	160	4,5	252	220	8	4	11	2,56	10,35	4,98	45,5
490	275	365	60	255	155	158	49	29	37,0	16	25	15	160	4,5	252	220	8	4	11	2,56	15,82	6,42	51,0
490	308	365	60	268	155	158	49	32	37,0	16	25	17	160	4,0	285	250	9	4	11	4,48	17,17	6,42	55,0
700	308	375	60	292	179	180	49	32	37,0	16	25	17	160	4,0	285	250	9	4	11	4,48	14,62	6,52	59,5
700	308	480	80	279	160	160	50	38	37,0	16	25	17	200	4,0	285	250	9	4	11	4,48	56,25	16,3	89,0
700	308	375	60	292	179	180	49	32	37,0	16	25	17	160	4,0	285	250	9	4	11	4,48	14,62	6,52	59,5
700	308	480	80	279	160	160	50	38	37,0	16	25	17	200	4,0	285	250	9	4	11	4,48	56,25	16,3	89,0
980	308	365	60	292	179	180	49	32	37,0	16	25	17	160	4,0	285	250	9	4	11	4,48	21,05	9,52	67,5
980	362	365	60	318	179	180	49	34	37,0	16	25	24	160	5,0	335	310	15	4	14	11,80	23,62	9,52	81,0
1050	362	530	90	344	205	205	65	57	50,0	20	30	21	230	5,0	335	310	15	4	14	11,80	98,60	41,2	143,6
1050	362	530	90	344	205	205	65	37	50,0	20	30	21	230	5,0	335	310	15	4	14	11,80	98,60	41,2	143,6
1400	362	480	90	323	184	185	49	37	37,0	16	25	21	200	5,0	335	310	15	4	14	11,80	68,00	21,7	114,8

Вращающий момент, Н·м	D	D ₁	d ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	n	l ₇	n ₁	l ₈	D ₂	D ₃	l ₉	S ₁	d ₀	Маховой момент, Н·м ² частей муфты			Масса, кг
																				1	3	7	
1440	362	585	100	344	205	205	65	38,5	50	20	30	19,5	250	5	335	310	15	4	14	11,8	133,3	53,5	161,5
1400	428	480	90	348	184	185	49	36,5	37	16	25	30,5	200	5	395	365	18	5	16	24,7	70,9	21,7	129,9
2100	428	530	100	399	235	235	65	38,5	50	20	30	28,5	230	5	395	365	18	5	16	24,7	117,6	52,7	183,0
1440	428	589	100	369	205	205	65	38,5	50	20	30	28,5	250	5	395	365	18	5	16	24,7	143,4	53,5	180,0
2100	428	480	90	372	208	210	49	38,5	37	16	25	28,5	200	5	395	365	18	5	16	24,7	79,1	27,1	146,8
2100	428	530	100	399	235	235	65	38,5	50	20	30	28,5	230	5	395	365	18	5	16	24,7	79,1	27,1	183,0
2100	428	480	90	372	208	210	49	38,5	37	16	25	28,5	200	5	395	365	18	5	16	24,7	117,6	52,7	146,8
2240	428	530	100	399	235	235	65	38,5	50	20	30	28,5	230	5	395	365	18	5	16	24,7	79,1	27,1	270,0
2870	428	480	90	372	208	210	49	38,5	37	16	25	28,5	200	5	395	365	18	5	16	24,7	308,6	116	210,0
2840	428	685	130	405	232	235	66	49,5	50	25	35	26,5	315	5	395	365	18	5	16	24,7	167,2	71,1	363,0
2870	428	585	110	399	235	235	65	38,5	50	20	30	28,5	250	5	395	365	18	5	16	24,7	434,9	201	238,0
2840	428	745	140	415	242	245	69	49,5	50	25	35	26,5	355	5	395	365	18	5	16	54,9	182,2	71,1	395,0
3150	490	585	110	424	235	235	65	47,5	50	20	30	31,5	250	4	455	420	20	5	18	54,9	464,7	201	233,0
3150	490	745	140	434	242	245	69	53,5	50	25	35	28,5	355	4	455	420	20	5	18	54,9	149,0	64,1	233,0
4310	490	530	100	454	265	265	65	47,5	50	20	30	31,5	230	4	455	420	20	5	18	54,9	149,0	64,1	274,0
4480	490	530	100	454	265	265	65	47,5	50	20	30	31,5	230	4	455	420	20	5	18	54,9	367,4	158	340,0
4310	490	585	110	454	265	265	65	47,5	50	20	30	31,5	250	4	455	420	20	5	18	115,0	145,7	88,7	300,0
4480	490	685	130	460	268	265	66	51,5	50	25	35	30,5	315	4	455	420	20	5	18	115,0	387	158	381,0
5670	565	585	110	501	265	265	65	53,0	50	20	30	48,0	250	16	525	490	23	5	20	115,0	535,2	270	484,0
5670	565	685	130	503	268	265	66	55,0	50	25	35	45,0	315	16	525	490	23	5	20	115,0	535,2	270	484,0

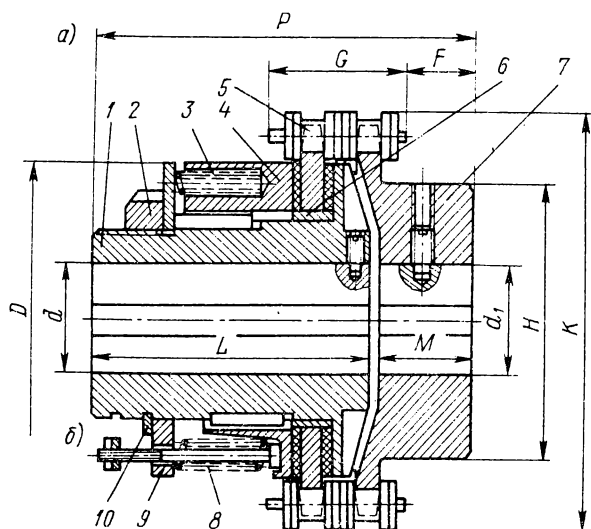


Рис. 8.6. Комбинация предохранительной фрикционной муфты сцепления с компенсирующей цепной муфтой

руются гайкой 2. Звездочка 5 центрируется на полумуфте 1 по бронзовой втулке 6, являющейся опорой скольжения. Полумуфта 7 выполнена заодно со звездочкой, соединяемой со звездочкой 5

Т а б л и ц а 8.5. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.6)

Вращающий момент T , Н·м	Частота вращения, об/мин	d	d_1	D	F	G	H	K	L	M	P
2—12	6300	8—16	10—24	40	15	23	35	61	35,5	19	55,5
4—25											
4—25	5300	9—20	13—30	50	16	25	45	70	45	21,5	67,5
8—50											
8—50	4250	9—25	17—44	63	17	33	60	94	56	25,5	83
16—100											
10—100	3350	15—32	17—50	80	19	33	70	106	71	25	57
20—200											
20—200	2650	25—40	17—58	100	25	38	80	137	90	30	123
40—375											
40—375	2120	30—55	26—75	125	25	75	100	180	105	46,5	154,5
75—750											
75—750	1700	40—70	26—82	160	35	75	110	211	130	51,5	184,5
150—1500											
150—1500	1320	50—90	26—105	200	37	113	140	280	160	70	233
300—3000											
300—3000	1120	55—115	26—120	250	55	129	160	336	185	90	280
600—6000											

цепью. Второй вариант позволяет создать два значения силы сжатия фрикционных поверхностей пружинами 8 перестановкой кольца 9. Положение кольца 8 фиксирует упорное кольцо 10. В табл. 8.5 приведены основные размеры и параметры муфты.

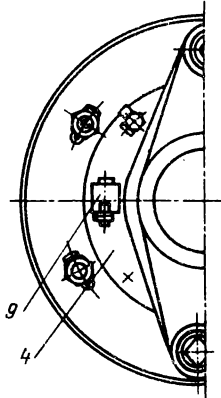
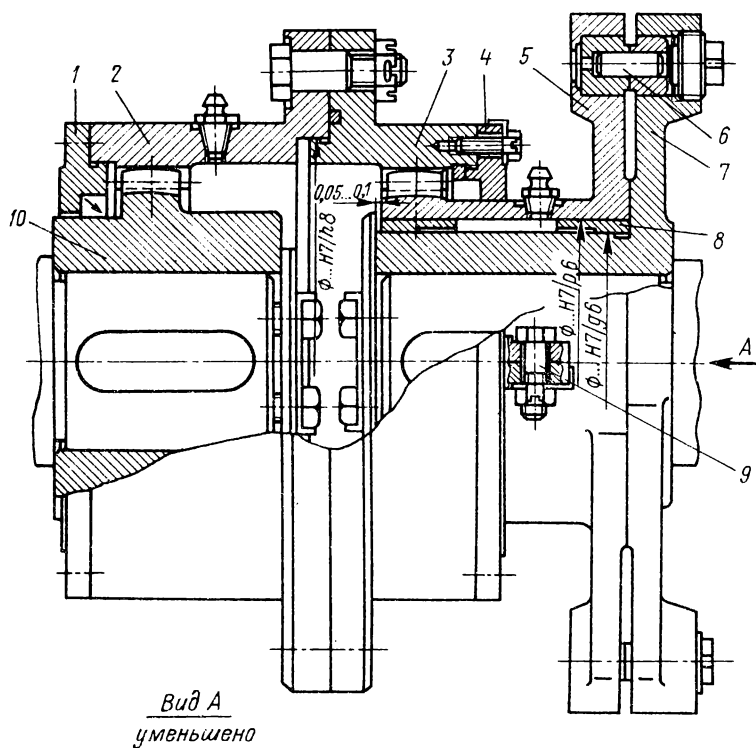


Рис. 8.7. Комбинация предохранительной муфты с компенсирующей зубчатой муфтой

8.6. Комбинация предохранительной муфты со срезными штифтами со сдвоенной зубчатой муфтой

На рис. 8.7 представлена комбинация предохранительной муфты с двумя срезными штифтами со сдвоенной зубчатой муфтой. Обоймы 2 и 3 соединены винтами, поставленными в отверстия без зазора. Втулка 10 и деталь 5 имеют бочкообразные зубчатые венцы, которыми они соединяются с обоймами 2 и 3. Благодаря наличию боковых зазоров между зубьями и бочкообразной форме зубьев каждая муфта допускает угловое взаимное смещение обоймы и втулки до $1^{\circ}30'$. Детали 5 и 7 соединены двумя штифтами 6, являющимися предохранительными элементами. Деталь 5 установлена на деталь 7 на бронзовых втулках 8. Для возможности удержания смазки внутри зубчатой муфты применяют специальные уплотнения, установленные в крышки 1 и 4. Для возможности монтажа крышку 4 делают из двух частей и соединяют винтами 9. При перегрузке муфты штифты 6 срезаются.

8.7. Комбинация центробежной муфты с дробью и упругой муфты

Представленная на рис. 8.8 (табл. 8.6) конструкция является комбинацией центробежной муфты с дробью и упругой муфты с торообразной оболочкой (см. рис. 3.48).

Центробежная муфта (см. рис. 7.22) включает ступицу 1, составной корпус 2, снабженный радиальными ребрами охлаждения 3. Для лучшего сцепления с рабочим телом (дробью) на внутренней поверхности корпуса 2 выполнены радиальные ребра. Упругокомпенсирующая муфта 7 допускает некоторую расцентровку валов и соединена винтами 6 с деталью 5, несущей фасонный диск 4. Радиальные гофры на диске 4 обеспечивают лучшее его сцепление с сыпучим рабочим телом.

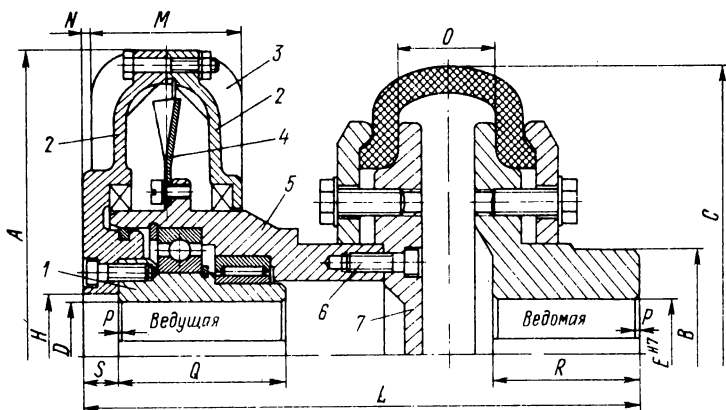


Рис. 8.8. Комбинация центробежной муфты с дробью с упругокомпенсирующей муфтой с тороидальной резинокордной оболочкой

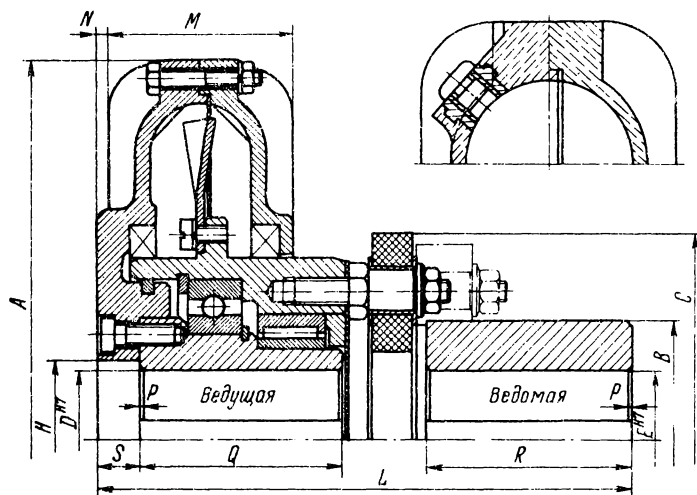


Рис. 8.9. Комбинация центробежной муфты с упругой муфтой с резиновым диском

Таблица 8.6. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.8 и 8.9)

T, (Н·м) при n, об/мин						A	D	H	M	N
600	750	1000	1250	1500	3000					
—	10	16	20	30	90	180	20	30—38	47	5
20	30	45	60	80	250	220	25	40—50	56	2
50	70	110	150	210	—	270	30	50—58	67	5
120	180	280	400	550	—	330	35	60—75	83	2
360	550	900	1150	1600	—	410	45	80—96	100	8
1250	1800	2800	3800	—	—	520	60	105—125	115	10
P	Q	S	n _{тах} , об/мин	Масса дробн, кг	B	C	E	L	R	Масса муфты без дроби, кг
1×45°	55	10	3800	0,9	55	98	20—30	155	55	15
1,5×45°	65	12	3000	1,6	70	126	25—40	180	65	20
2×45°	75	15	2500	3,3	85	148	30—50	195	75	25
2×45°	85	20	2000	5,8	100	196	35—60	235	85	44
2×45°	100	25	1600	10,5	130	237	45—80	275	100	75
2×45°	115	30	1250	26,0	170	283	60—105	310	115	130

На рис. 8.9 (табл. 8.6) представлена такая же центробежная муфта в сочетании с упругой муфтой с резиновым диском (см. рис. 3.39).

8.8. Комбинация роликовой муфты свободного хода с упругокомпенсирующей муфтой с резинометаллическим упругим элементом торoidalной формы

Представленная на рис. 8.10 (табл. 8.7) муфта является комбинацией роликовой муфты свободного хода с упругокомпенсирующей муфтой с резинометаллическим упругим элементом toroidalной формы, применяемой в качестве компенсирующей муфты. Полумуфта 1 через резинометаллический упругий элемент 6, состоящий из двух половин, соединена с деталью 5, к которой винтами 4 притянута обойма 3 муфты свободного хода. Внутренняя обойма 2 центрируется по наружной обойме подшипниками качения. Смазка в муфте свободного хода удерживается специальными уплотнениями.

Т а б л и ц а 8.7. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. 8.10)

T , Н·м	n , об/мин	A	B	C	D_1	D_2	E	D	G	L	Масса, кг
40	1700	67	60	50	30	16	35	110	32,0	127,0	3,3
100	1500	95	72	75	50	25	55	150	36,5	163,5	9,5
160	1400	105	75	85	55	28	60	175	44,0	179,0	13,5
250	1250	125	87	100	60	35	65	205	52,5	204,5	21,0
400	1100	135	87	115	70	40	75	240	62,5	224,5	31,0
630	960	150	100	130	80	45	85	275	70,5	255,5	42,0
1000	840	180	116	150	90	55	100	325	85,5	301,5	69,0

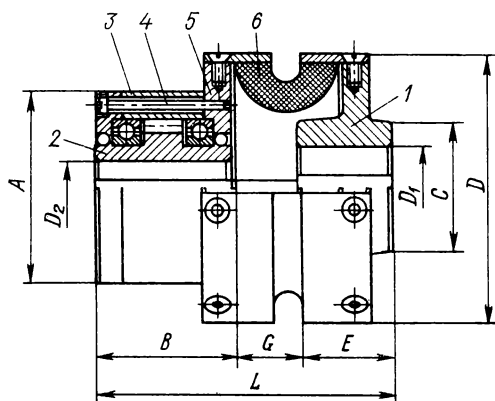
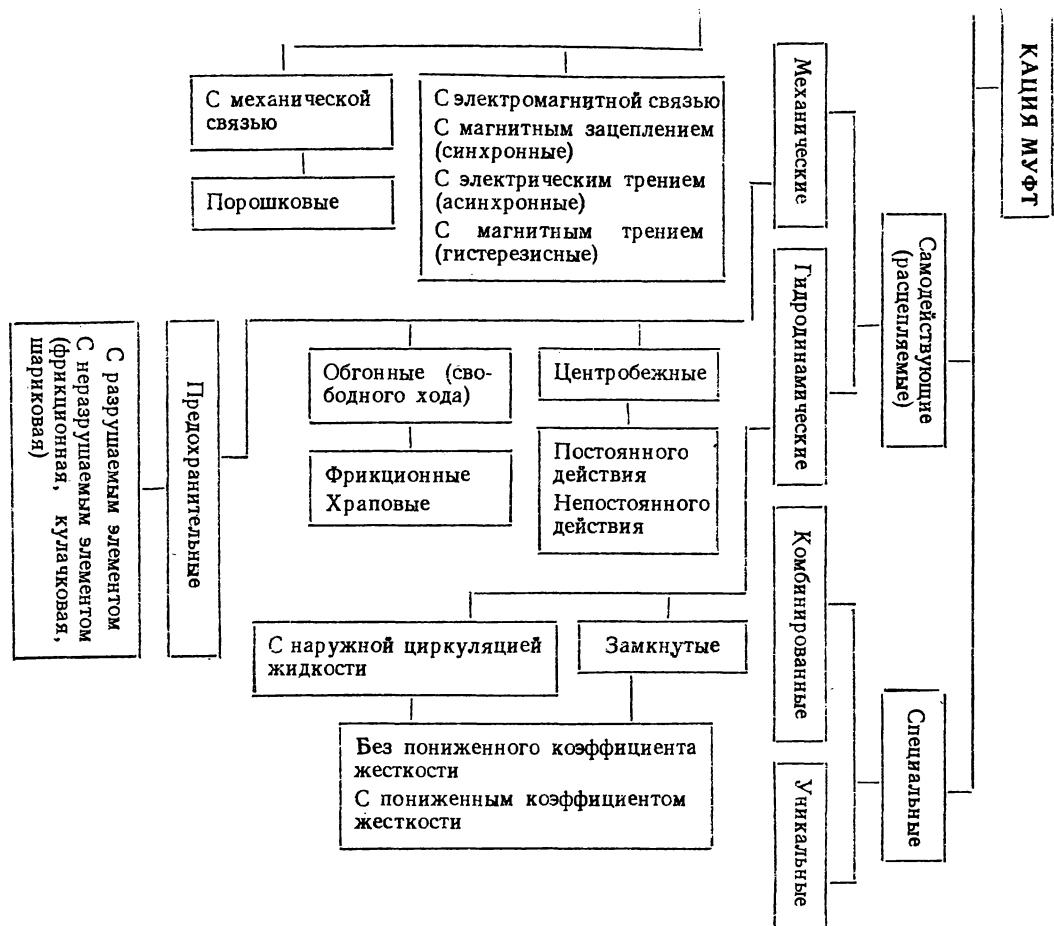


Рис. 8.10. Комбинация муфты свободного хода с упругой муфтой

ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕЖИМА k

Машины	Род двигателя			
	турбомашины	электродвигатель	поршневой двигатель	другие двигатели
Генераторы постоянного тока	1—1,5	1—2	1,5—2,5	—
Центробежные насосы	1,25	2—3	3—5	—
Воздуходувки	1—1,5	1,25—2,0	2,25—3,5	—
Поршневые насосы простого действия (число цилиндров 3)	—	2,0—3,5	5—6	—
Поршневые насосы двойного действия (число цилиндров 2)	—	1,75—3,0	4—5	—
Деревообделочные станки, ременные или цепные транспортеры	—	1,5—2,0	—	—
Текстильные машины	—	—	—	1,5—2,0
Поршневые компрессоры	1,5	2,25—3,5	4	—
Прокатные станы:				
муфта между мотором и маховиком	—	—	—	2,5
муфта между маховиком и станом	—	—	—	5—6
муфта между мотором и станом	—	—	—	4
рольганги	—	—	—	4
Металлорежущие станки	—	1,25—2,5	—	—
Станки с приводом от трансмиссии	—	—	—	1,5
Реверсивная передача у строгального станка	—	—	—	3
Мельницы-дробилки:				
муфта между мотором и передачей	—	—	—	2,5
муфта между передачей и машиной	—	—	—	4
Краны, подъемники, элеваторы	—	3—5	—	—
Автомобили	—	—	—	1,2—1,5



**РЯДЫ НОМИНАЛЬНЫХ ВРАЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ ПО
ГОСТ 19107—73**

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0,10	1,0	1,00	—	—	355
—	—	—	400	400	400
—	—	1,25	—	—	450
—	—	—	—	500	500
0,16	1,6	1,60	—	—	560
—	—	—	630	630	630
—	—	2,00	—	—	710
—	—	—	—	800	800
0,25	2,5	2,50	—	—	900
—	—	—	1 000	1 000	1 000
—	—	3,15	—	—	1 120
—	—	—	—	1 250	1 250
0,40	4,0	4,00	—	—	1 400
—	—	—	1 600	1 600	1 600
—	—	5,00	—	—	1 800
—	—	—	—	2 000	2 000
0,63	6,3	6,30	—	—	2 240
—	—	—	2 500	2 500	2 500
—	—	8,00	—	—	2 800
—	—	—	—	3 150	3 150
10	10,0	10,0	—	—	3 550
—	—	11,2	4 000	4 000	4 000
—	12,5	12,5	—	—	4 500
—	—	14,0	—	5 000	5 000
16	16,0	16,0	—	—	5 600
—	—	18,0	6 300	6 300	6 300
—	20,0	20,0	—	—	7 100
—	—	22,4	—	8 000	8 000
25	25,0	25,0	—	—	9 000
—	—	28,0	10 000	10 000	10 000
—	31,5	31,5	—	—	11 200
—	—	35,5	—	12 500	12 500
40	40,0	40,0	—	—	14 000
—	—	45,0	16 000	16 000	16 000
—	50,0	50,0	—	—	18 000
—	—	56,0	—	20 000	20 000
63	63,0	63,0	—	—	22 400
—	—	71,0	25 000	25 000	25 000
—	80,0	80,0	—	—	28 000
—	—	90,0	—	31 500	31 500
100	100	100	—	—	35 500
—	—	112	40 000	40 000	40 000
—	125	125	—	—	45 000
—	—	140	—	50 000	50 000
160	160	160	—	—	56 000
—	—	180	63 000	63 000	63 000
—	200	200	—	—	71 000
—	—	224	—	80 000	80 000
250	250	250	—	—	90 000
—	—	280	100 000	100 000	100 000
—	315	315	—	—	112 000

Продолжение прилож. III

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
—	125 000	125 000	—	—	560 000
—	—	140 000	630 000	630 000	630 000
160 000	160 000	160 000	—	—	710 000
—	—	180 000	—	800 000	800 000
—	200 000	200 000	—	—	900 000
—	—	224 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
250 000	250 000	250 000	—	—	1 120 000
—	—	280 000	—	1 250 000	1 250 000
—	315 000	315 000	—	—	1 400 000
—	—	355 000	1 600 000	1 600 000	1 600 000
400 000	400 000	400 000	—	—	1 800 000
—	—	450 000	—	2 000 000	2 000 000
—	500 000	500 000			

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айрапетов Э. Л., Косарев О. И. Зубчатые муфты. — М.: Наука, 1982. — 128 с.
2. Тормозные устройства/М. П. Александров, А. Г. Лысяков, В. Н. Федосеев и др.; Под общ. ред. М. П. Александрова — М.: Машиностроение, 1985. — 312 с.
3. Оптимизация параметров кулачковой предохранительной муфты/В. Я. Анилович, Ю. А. Манчинский//Вестн. машиностроения. — 1978. — № 12. — С. 14—16.
4. Ачеркан Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1968. — 745 с.
5. Автомобильные шины/В. Л. Бидерман, Р. Л. Гуслицер, С. П. Захаров и др.; Под общ. ред. В. Л. Бидермана. — М.: Госхимиздат, 1963. — 384 с.
6. Расчет крутильной податливости упруго-компенсирующей муфты лепестковой с учетом частот вращения/В. Л. Бидерман, О. А. Ряховский, М. П. Струпинский//Изв. вузов. Машиностроение. — 1983. — № 22. — С. 10—12.
7. Борисов С. М. Пневмокамерные фрикционные муфты. — М.: Машиностроение, 1971. — 295 с.
8. Варламов В. П. Исследование упругой муфты с торообразным элементом вогнутого профиля: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/МВТУ им. Н. Э. Баумана. — М., 1976. — 174 с.
9. Вейц В. Л. Динамика машинных агрегатов. — Л.: Машиностроение, 1969. — 383 с.
10. Динамика машинного агрегата, имеющего нелинейную муфту с кусочно-линейной упругой характеристикой/Е. П. Вейц, В. Л. Мартыненко//Механика машин. — 1968. — № 13—14. — С. 4—7.
11. Волков Д. П., Крайнев А. Ф. Трансмиссии строительных и дорожных машин: Справочное пособие. — М.: Машиностроение, 1974. — 424 с.
12. Вульфсон И. И., Коловский М. З. Нелинейные задачи динамики машин. — Л.: Машиностроение, 1968. — 282 с.
13. Гузенков П. Г. Детали машин. — М.: Высш. шк., 1982. — 352 с.
14. Детали машин: Справочник/Под ред. Н. С. Ачеркана. — М.: Машиностроение, 1968. — 333 с.
15. Детали машин: Атлас конструкций/Под ред. Д. Н. Решетова. — М.: Машиностроение, 1979. — 367 с.
16. Детали механизмов металлорежущих станков/Под ред. Д. Н. Решетова. — М.: Машиностроение, 1972. — 472 с.
17. Дмитриев В. А. Детали машин. — Л.: Машиностроение, 1970. — 792 с.
18. Детали машин/В. А. Добровольский, К. И. Заблонский, С. Л. Зак и др. — М.: Машиностроение, 1972. — 503 с.
19. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Курсовое проектирование. — М.: Высш. шк., 1984. — 334 с.
20. Дьяченко С. К., Киркач Н. Ф. Предохранительные муфты. — Киев: Гостехиздат УССР, 1962. — 120 с.
21. Есин Г. Д. Основы теории механизмов с центробежными связями и исследование влияния их на снижение динамических нагрузок в машинах: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. — 1970. — 38 с.
22. Заблонский К. И. Детали машин. — Киев: Высш. шк., 1985. — 518 с.

23. Иванов Б. С. Теоретическое и экспериментальное исследование муфт с неметаллическими упругими элементами: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/ЛПИ им. М. И. Калинина. — Л., 1979. — 133 с.
24. Иванов Е. А. Муфты приводов. — М.: Машгиз, 1954. — 248 с.
25. Иванов М. Н. Детали машин. — М.: Высш. шк., 1984. — 336 с.
26. Иванов С. С. Исследование упругой муфты высокой компенсирующей способности: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/МВТУ им. Н. Э. Баумана. — М., 1972. — 202 с.
27. Иосилевич Г. Б. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.
28. Киндрацкий Б. И., Комаров М. С. О методике расчета шариковых предохранительных муфт с профильным замыканием//Детали машин: Респ. межвед. научно-техн. сб. — 1982. — № 34. — С. 57—62.
29. Клубник П. Ф. Быстродействующие индукционные муфты в системах автоматического регулирования. — М.: Машгиз, 1962. — 220 с.
30. Кожевников С. Н., Перфильев П. Д. Карданные передачи. — Киев: Техника, 1978. — 254 с.
31. Колоский М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем. — М.: Машиностроение, 1966. — 317 с.
32. Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов. — М.: Машиностроение, 1965. — 515 с.
33. Крайцберг М. И., Милач М. Б. Электромагнитные муфты скольжения в промышленном приводе. — М.: Информэлектро, 1970. — 76 с.
34. Кудрявцев В. Н. Детали машин. — Л.: Машиностроение, 1980. — 464 с.
35. Куликов Н. К. Клиновые механизмы свободного хода. — М.: Машиностроение. 1954.—Вып. 75. — 68 с.
36. Лапин И. И. Вероятностный расчет распределения нагрузки между роликами муфты свободного хода//Исследование и расчет деталей машин: Труды МВТУ им. Н. Э. Баумана. — 1978. — № 278 — С. 151—154.
37. Леликов О. П., Варламова Л. П. Методика определения нагруженности упругих элементов муфт, вызванной смещениями валов//Сб. научно-методич. статей по деталям машин. — М.: Высш. шк., 1981. — Вып. 4. — С. 17—32.
38. Лопаткин М. Г. Точность предохранительных муфт с профильным замыканием//Станки и инструменты. — 1967. — № 1. — С. 17—19.
39. Лопаткин М. Г. Динамические нагрузки в приводе с шариковой предохранительной муфтой//Изв. вузов. Машиностроение. — 1969. — № 3. — С. 61.
40. Лопаткин М. Г. Испытания фрикционных предохранительных муфт//Изв. вузов. Машиностроение. — 1966. — № 10. — С. 63.
41. Лысов А. А. Динамический синтез бесконтактных синхронных муфт в составе машинных агрегатов: Дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1983. — 160 с.
42. Малаховский Я. Э., Лапин А. А., Веденеев Н. К. Карданные передачи. — М.: Машиностроение, 1962. — 156 с.
43. Мальцев В. Ф. Роликовые механизмы свободного хода. — М.: Машиностроение, 1968. — 416 с.
44. Некоторые вопросы расчета центробежных муфт/И. И. Марголин//Вестн. машиностроения. — 1964. — № 8. — С. 12—16.
45. Менькова Н. М. К расчету центробежных муфт со свободным твердым наполнителем/Вестн. машиностроения. — 1963. — № 8. — С. 14—18.
46. Михайлов Ю. К. Вопросы расчета и проектирования пальцевых муфт с дисками: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/ЛПИ им. М. И. Калинина. — Л., 1968. — 236 с.
47. Михайлов Ю. К. Основы теории, методы расчета и проектирования муфт с упругими элементами из эластомерных материалов: Дис. ... докт. техн. наук. — Л., 1985. — 320 с.
48. Михайлов Ю. К., Иванов Б. С. Муфты с неметаллическими упругими элементами. — Л.: Машиностроение, 1987. — 145 с.
49. Могилевский В. Г. Электромагнитные порошковые муфты и тормоза. — Л.: Машиностроение, 1987. — 120 с.
50. Муфты упругие с торообразной резиновой оболочкой/Под ред. И. Н. Френкеля. — М.: ВНИИИмаш, 1976. — 48 с.

51. Нестеров А. Р. Исследование муфты с резино-металлическим упругим элементом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/МВТУ им. Н. Э. Баумана. — М., 1976. — 191 с.
52. Пилипенко М. Н. Механизмы свободного хода. — М.: Машиностроение, 1966. — 286 с.
53. Поздеев А. Д., Розман Я. Б. Электромагнитные муфты и тормоза с массивным якорем. — Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 104 с.
54. Поляков В. С., Барбаш Н. Д. Муфты. — Л.: Машиностроение, 1973. — 336 с.
55. Поляков В. С., Барбаш Н. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам. — Л.: Машиностроение, 1974. — 343 с.
56. Расчеты на прочность в машиностроении/С. Д. Понамарев, В. Л. Бидерман, К. К. Лихарев и др. — 2-е изд. испр. и доп.; Под общ. ред. С. Д. Понамарева. — М.: Машиностроение, 1958. — Т. 2. — 972 с.
57. Потураев В. Н., Дырда В. И. Резиновые детали машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 216 с.
58. Приводы машин: Справочник/В. В. Длоугий, Т. М. Муха, А. П. Цупиков и др. — Л.: Машиностроение, 1982. — 383 с.
59. Решетов Д. Н. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1990. — 655 с.
60. Решетов Д. Н., Иванов А. С., Фадеев В. З. Надежность машин. — М.: Высш. шк., 1988. — 238 с.
61. Демпфирование колебаний в компенсирующих муфтах/Д. Н. Решетов, С. В. Палочкин//Изв. вузов. Машиностроение. — 1981. — № 12. — С. 13—18.
62. К расчету муфт с торообразным резинокордным упругим элементом/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский//Вестн. машиностроения. — 1965. — № 4. — С. 5—7.
63. Исследование демпфирующих свойств муфт с неметаллическими упругими элементами/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский//Изв. вузов. Машиностроение. — 1966. — № 5. — С. 12—14.
64. Исследование компенсирующих свойств муфты/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, А. Р. Нестеров//Изв. вузов. Машиностроение. — 1970. — № 1. — С. 28—31.
65. К вопросу расчета муфты с торообразным резиновым упругим элементом/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, С. С. Иванов//Изв. вузов. Машиностроение. — 1970. — № 3. — С. 22—26.
66. Тепловой расчет муфты с торообразным резиновым упругим элементом/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, С. С. Иванов//Изв. вузов. Машиностроение. — 1969. — № 12. — С. 25—27.
67. Динамические нагрузки в приводе с кулачковой предохранительной муфтой/Д. Н. Решетов, М. Г. Лопаткин//Изв. вузов. Машиностроение. — 1967. — № 2. — С. 40—43.
68. К вопросу расчета муфты с торообразным резиновым упругим элементом/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, С. С. Иванов и др.//Изв. вузов. Машиностроение. — 1970. — № 3. — С. 22—26.
69. Компенсирующая способность муфты с торообразным упругим элементом/Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, С. С. Иванов//Вестн. машиностроения. — 1974. — № 2. — С. 16—18.
70. Ривин Е. И. Динамика привода станков. — М.: Машиностроение, 1966. — 204 с.
71. Ряховский О. А. Разработка конструкций, исследования, расчеты и стандартизация муфт с неметаллическими упругими элементами: Дис. ... докт. техн. наук: 05.02.02/МВТУ им. Н. Э. Баумана. — М., 1985. — 302 с.
72. Упругие муфты с резиновой торообразной оболочкой/О. А. Ряховский, В. П. Варламов, С. С. Иванов и др.//Вестн. машиностроения. — 1988. — № 1. — С. 31—33.
73. Ряховский О. А., Богачев В. Н. Определение крутильной податливости и компенсирующей способности лепестковых муфт с резинокордным упругим элементом//Труды МВТУ им. Н. Э. Баумана. — 1988. — Вып. 333. С. 118—151.

74. Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи торообразного резинового упругого элемента муфты/О. А. Ряховский, С. С. Иванов, А. Р. Нестеров//Изв. вузов. Машиностроение. — 1972. — № 6. — С. 39—42.
75. Ряховский О. А., Лукин А. Б. Расчет упруго-компенсирующей муфты с изогнутыми металлическими серьями//Труды МВТУ им. Н. Э. Баумана. — 1988. — Вып. 514. — С. 86—99.
76. Исследование муфты с резино-кордным упругим элементом/О. А. Ряховский, Д. Н. Решетов, А. Р. Нестеров//Изв. вузов. Машиностроение. — 1970. — № 1. — С. 28—31.
77. Свечников И. И. Вопросы расчета упругих муфт с торообразной оболочкой: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02/ЛПИ им. М. И. Калинина. — Л., 1975. — 173 с.
78. Сухарев И. П. Прочность шарнирных узлов машин. — М.: Машиностроение, 1977. — 166 с.
79. Татур О. Н. Электромагнитные порошковые муфты. — М.: Машиностроение, 1963. — 214 с.
80. Тепинкичев В. К. Предохранительные устройства от перегрузки. — М.: Машиностроение, 1968. — 110 с.
81. Тривайло П. М. Исследование демпфирования колебаний механических систем, включающих соединительные упругие муфты: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1980. — 26 с.
82. Ушинский А. П. Дифференциальные электромагнитные муфты и коробки передач. — М.: Энергия, 1972. — 80 с.
83. Тарабасов Н. О., Учаев П. Н. Цепные муфты. — М.: Машиностроение, 1987. — 225 с.
84. Хабенский М. Я. Электромагнитные порошковые муфты. — М.: Машиностроение, 1968. — 131 с.
85. Проектирование механических передач/С. А. Чернавкий, Г. А. Снесарев, Б. С. Козинцев и др. — М.: Машиностроение, 1984. — 558 с.
86. Щербаков В. Т. Вопросы расчета и проектирования линейных муфт со змеевидными пружинами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 1971. — 16 с.
87. Щетинин Т. А. Электромагнитные муфты скольжения. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 271 с.
88. Щетинин Т. А. Электропривод с индукционными муфтами и тормозами. — М.: Машиностроение, 1971. — 320 с.
89. Электромагнитные муфты серий Э1М и Е2М с магнитопроводящими дисками/ЭНИМС. Методические рекомендации. — М.: ОНТИ ЭНИМС, 1987. — 38 с.
90. Altmann F. G. Drehfedernde Kupplungen//VDI. — 1963. — N 9; B. 80. — S. 16—18.
91. Pampel Kupplungen. — Berlin: Maschinenbau, 1958. — S. 340.
92. Der Schaltuargang einer druckluftbetätigten Reibung Kupplungen/W. Pinnekamp//Maschinenmark. — 1972. — N 27. — S. 14—19.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Муфты жесткие неподвижные	5
1.1. Муфты втулочные	—
1.2. Муфты фланцевые (поперечно-разъемные)	8
1.3. Муфты продольно-разъемные	13
Глава 2. Муфты жесткие компенсирующие	15
2.1. Зубчатые муфты	16
2.2. Муфты с промежуточным подвижным элементом	31
2.3. Цепные муфты	37
2.4. Дисковые муфты	42
2.5. Полужесткие дисковые муфты	47
2.6. Шарнирные муфты	49
Малогабаритные шарнирные муфты	53
Крупногабаритные шарнирные муфты	58
Синхронные муфты	59
2.7. Карданные валы	61
Глава 3. Муфты упругие компенсирующие	69
3.1. Основные свойства	—
3.2. Расчет нагрузок, действующих на муфты	72
Нагрузки при жесткой муфте	—
Нагрузки при упругой муфте	73
Определение нагрузок на муфту в приводах с трехфазным асинхронным короткозамкнутым электродвигателем	78
Нагрузки при упругой нелинейной муфте, вызванные действием периодического момента	81
О применении упругих муфт в приводах с порошковыми двигателями внутреннего сгорания	86
3.3. Муфты с металлическими упругими элементами	91
Муфты с пакетами пластинчатых пружин	—
Муфты со змеевидными пружинами	98
Муфты с винтовыми пружинами	102
Муфты с упругими элементами в виде стержней	107
3.4. Муфты с неметаллическими упругими элементами	112
Муфты со звездочкой	113
Муфты пальцевые с упругим диском	119
Муфты с торообразным упругим элементом	134
Муфты с оболочкой выпуклого профиля (рис. 3.48)	—
Муфты с оболочкой вогнутого профиля (рис. 3.49)	145
Муфты со сферическими и цилиндрическими вкладышами	160
Другие разновидности муфт с неметаллическими элементами	166

4.1. Кулачковые сцепные муфты	173
Основные профили кулачков .	—
Материалы для изготовления кулачковых муфт .	174
Расчет кулачковых муфт	—
Конструкции кулачковых муфт	176
4.2. Зубчатые муфты	177
4.3. Фрикционные муфты	178
Материалы, для изготовления фрикционных муфт .	180
Процесс включения и выключения фрикционных муфт .	181
Процесс выключения муфты	186
Расчет фрикционных муфт	188
Тепловой расчет дисковых муфт	192
Конструкции фрикционных муфт	194
4.4. Шинно-пневматические муфты	205
Радиальные шинно-пневматические муфты .	206
Шинно-пневматические муфты фирмы «Биндер»	210
Осевые шинно-пневматические муфты .	222
4.5. Пневмокамерные муфты	223
Колодочная разжимная муфта (МН 5019—63)	—
Дисковая пневмокамерная муфта (рис. 4.33)	226
Муфта фирмы «Пневмафлекс»	—
4.6. Электромагнитные муфты сцепления	230
Электромагнитные дисковые фрикционные муфты	—
Электромагнитные муфты серий Э1М и Е2М с магнитопроводящими дисками [89]	233
Выбор электромагнитных муфт	241

Глава 5. Муфты свободного хода

247

5.1. Основные типы фрикционных роликовых муфт . . .	248
Одинарная муфта двустороннего действия (рис. 5.2, б) .	250
Муфта двоянная двустороннего действия (рис. 5.2, в)	251
Ревверсивная муфта	—
5.2. Геометрия роликовых муфт	252
Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. 5.3)	—
Муфта с цилиндрическими роликами и неплоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. 5.4)	—
Муфта с эксцентриковыми роликами (рис. 5.5)	254
Муфта с эксцентриковыми (фасонными) роликами различной кривизны рабочих поверхностей (рис. 5.6)	255
5.3. Расчет на контактную прочность муфт с цилиндрическими и эксцентриковыми роликами	256
5.4. Рекомендации по конструированию муфт и выбору материалов	259
5.5. Обзор конструкций муфт	262

Глава 6. Предохранительные муфты

277

6.1. Муфты с разрушающимся элементом	281
6.2. Пружинно-кулачковые муфты	284
6.3. Пружинно-шариковые муфты	289
6.4. Фрикционные муфты	300
Дисковые муфты	—
Конусные муфты	312
6.5. Фрикционные предохранительные муфты с повышенной точностью срабатывания	317
	383

Глава 7. Центробежные (пусковые) муфты	322
7.1. Общие сведения . . .	—
7.2. Муфты с колодками без отжимных пружин .	327
7.3. Муфты с колодками с отжимными пружинами	332
7.4. Муфты с поворачивающимися колодками .	343
7.5. Муфты с дробью .	345
7.6. Другие разновидности центробежных муфт .	352
7.7. Расчет муфты с колодками	356
Глава 8. Комбинированные муфты	359
8.1. Комбинированная муфта П. К. Гедыка (Уралмашзавод) .	—
8.2. Комбинация двухконусной фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей муфтой с металлическими пружинами сжатия .	361
8.3. Комбинация многодисковой фрикционной предохранительной муфты с упругокомпенсирующей	364
8.4. Комбинация однодисковой фрикционной муфты сцепления с упругокомпенсирующей муфтой с резинокордными оболочками	365
8.5. Комбинация двухдисковой фрикционной муфты сцепления с компенсирующей цепной муфтой .	—
8.6. Комбинация предохранительной муфты со срезными штифтами со сдвоенной зубчатой муфтой	370
8.7. Комбинация центробежной муфты с дробью и упругой муфты	—
8.8. Комбинация роликовой муфты свободного хода с упругокомпенсирующей муфтой с резинометаллическим упругим элементом тороидальной формы	372
Приложения	373
Список литературы	378

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Ряховский Олег Анатольевич,
Иванов Сергей Сергеевич**

СПРАВОЧНИК ПО МУФТАМ



Редактор *Р. Н. Михеева*
 Переплет художника *В. Э. Нефедович*
 Художественный редактор *А. Н. Волкогонова*
 Технический редактор *А. И. Казаков*
 Корректоры: *А. И. Лавриненко, Ю. М. Махмутова, Н. В. Соловьева*

ИБ № 5652

Сдано в набор 25.07.90. Подписано к печати 14.01.91. Формат 60×90¹/₁₆.
 Бумага офсетная № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,0.
 Усл. кр.-отт. 24,0. Уч.-изд. л. 25,24. Тираж 26 000 экз. Заказ 130. Цена 5 р.
 Издательство «Политехника», 191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10.
 Типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
 издательства «Машиностроение» при Государственном комитете СССР по печати.
 193144, г. Ленинград, ул. Мойсеенко, 10