

В. С. ПОЛЯКОВ, И. Д. БАРБАШ, О. А. РЯХОВСКИЙ

СПРАВОЧНИК по МУФТАМ

**Второе издание,
исправленное и дополненное**

**Под редакцией
профессора В. С. ПОЛЯКОВА**

**ЛЕНИНГРАД
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1979**



ББК 34.445я2

П54

УДК 621.825 (031)

Рецензент Н. И. ЗУБАРЕВ

П54 В. С. Поляков, И. Д. Барбаш, О. А. Ряховский
Справочник по муфтам/Под ред. В. С. Полякова. 2-е изд.,
испр. и доп. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние,
1979. — 344 с., ил.

1 р. 50 к.

Справочник содержит сведения по конструкциям механических, пневматических, гидродинамических и электромагнитных соединительных муфт, широко применяемых в отечественном и зарубежном машиностроении. Справочник снабжен большим количеством примеров расчета муфт.

Первое издание справочника (1974 г.) получило положительную оценку в печати, 2-е издание дополнено новым разделом «Гидродинамические муфты», а также сведениями по ряду новых конструкций муфт.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников заводов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов различных отраслей машиностроения. Он также может быть полезен студентам машиностроительных вузов.

П $\frac{31302-010}{038(01)-79}$ 10-79

2702000000

ББК 34.445я2

6П5.3 (083)

Издательство «Машиностроение», 1979 г.

Решениями XXV съезда КПСС предусмотрено создание и внедрение принципиально новых орудий труда, материалов, технологических процессов, превосходящих по своим технико-экономическим показателям лучшие отечественные и мировые достижения, повышение эффективности оборудования, улучшение качества и надежности его. Решение этой важнейшей народнохозяйственной задачи во многом зависит от повышения долговечности деталей и узлов машин.

Муфты, входящие во многие механизмы и машины, являются ответственными узлами, часто определяющими надежность и долговечность всей машины. Основное их назначение — передача вращения и момента (без изменения его величины и направления) с одного вала на другой или с вала на свободно сидящую на нем деталь (шків, зубчатое колесо, звездочка и т. п.) и обратно.

Разнообразие задач, решаемых с помощью муфт, и требований, предъявляемых к ним в соответствии с условиями эксплуатации машин и агрегатов, в состав которых входят муфты, — все это вместе взятое вызвало к жизни большое количество конструкций муфт различных видов. При этом нередко встречаются сложные комбинированные муфты, объединяющие в себе свойства нескольких типов простейших муфт. Эти обстоятельства, а также разбросанность по различным источникам необходимых сведений о муфтах при решении практических вопросов их применения ставят инженерно-технических работников, связанных с конструированием, изготовлением и эксплуатацией муфт, в затруднительное 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 общезвестными конструкциями муфт в ней рассмотрено значительное количество 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 использованы данные, опубликованные в отечественной и зарубежной научно-технической литературе, и опыт проектирования и эксплуатации муфт, накопленный в конструкторских бюро заводов и в научно-исследовательских и проектных институтах. В книге отражены также результаты теоретических и экспериментальных исследований различных типов муфт, выполненных в лабораториях кафедр деталей машин ЛПИ им. М. И. Калинина и МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Многообразие существующих конструкций муфт чрезвычайно затрудняет проведение строгой типизации их и приводит к созданию сложных систем классификации. В данной работе принята следующая классификация муфт, упрощенная, но достаточно удобная для практических целей, определившая и рубрикации книги: глухие, подвижные (жесткие и упругие); сцепные (кулачковые и фрикционные, в том числе пневматические и порошковые); свободного хода (обгонные); предохранительные; центробежные; комбинированные и специальные.

В приложении I приведена классификация, рекомендуемая Комитетом технической терминологии АН СССР.

При расчете муфт исходным обычно является максимальный крутящий момент, передаваемый муфтой. В тех случаях, когда этот момент может быть точно выявлен с учетом динамических нагрузок и возможных эксплуатационных перегрузок, он берется в качестве расчетного момента. В остальных случаях последний определяется путем умножения номинального крутящего момента на коэффициент режима работы K . Этим коэффициентом учитывается влияние ряда факторов: вид двигателя, характер рабочей машины, величина разгоняемых масс и т. п.; как правило, он вводится в расчет при проектировании муфт любых конструкций. Значения коэффициента режима определяются на основании экспериментальных данных и опыта эксплуатации муфт.

— Многие авторы и зарубежные фирмы (см., например, [23, 27, 50, 65, 106]) рекомендуют различные величины коэффициентов режима, однако до настоящего

времени нет единой, общепринятой методики его определения. В приложении II приведена таблица их значений, широко и давно используемая в отечественном машиностроении [92]. Вместе с тем сочли полезным поместить в справочнике и другие данные об этом коэффициенте, рекомендуемые некоторыми фирмами. Заслуживает, в частности, внимания метод определения величины этого коэффициента, предложенный немецкой фирмой «Флендер» [106], в котором коэффициент режима принимается равным сумме двух коэффициентов

$$K = k_1 + k_2,$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий тип двигателя; k_2 — коэффициент, учитывающий тип рабочей машины. Значения этих коэффициентов приведены в приложении III.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность сотрудникам и аспирантам кафедры деталей машин Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина товарищам Ю. К. Михайлову, И. И. Свечникову, В. Т. Щербану, Б. А. Виленскому, О. Б. Корытко и Б. Д. Кукаленко за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

2-е издание книги дополнено описаниями ряда новых конструкций муфт, сведениями о новых ГОСТах на муфты и некоторыми рекомендациями расчетного характера; в книгу также внесены исправления в соответствии с отзывами читателей.

ГЛУХИЕ МУФТЫ

Глухие муфты предназначаются для постоянного жесткого соединения строго соосных валов. При использовании этих муфт допускаемая величина смещений осей валов лежит в пределах 0,002—0,05 мм [65]; нормами на монтаж корабельных валопроводов допускается радиальное смещение 0,05 мм и перекос 0,05 мм на 1 м длины (угол перекоса $5 \cdot 10^{-6}$ рад) [24]. Глухие муфты помимо крутящего момента передают изгибающие моменты, перерезывающие и осевые усилия. С целью разгрузки муфт от действия изгибающего момента их целесообразно располагать вблизи опор.

Глухие муфты применяются преимущественно в приводах и передачах, где требуется жесткое и надежное соединение отдельных валов в длинный составной вал с тем, чтобы он работал как цельный. Применяются они также в передачах, работающих с переменной скоростью в режиме частого пуска, где сравнительно небольшой маховой момент является важным их достоинством.

1. ВТУЛОЧНЫЕ МУФТЫ

Втулочные муфты — наиболее простой вид глухих муфт.

На рис. I.1 показаны четыре разновидности втулочных муфт по нормам машиностроения: втулочная муфта со штифтами — а (МН 1067—60); втулочная муфта со шпонками (призматическими б или сегментными в, МН 1068—60); втулочная муфта со шлицами — г (МН 1069—60). Размеры и основные параметры муфт приведены в табл. I.1.

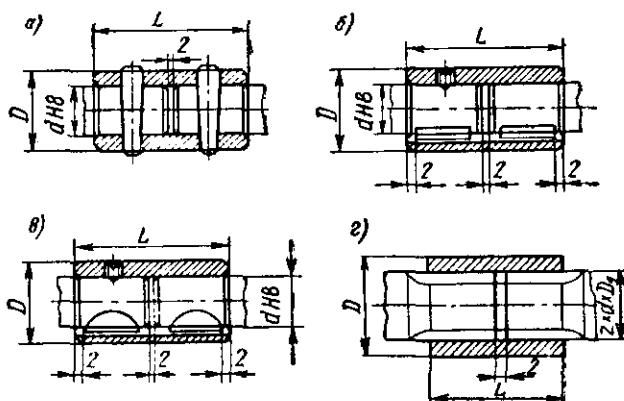


Рис. I.1. Муфты втулочные со штифтами и со шпонками

Достоинствами муфты являются простота конструкций и изготовления, малые габаритные размеры и низкая стоимость. Недостаток — сложность монтажа и демонтажа, связанная с необходимостью перемещения валов или муфты вдоль вала. По этой причине при гладких цилиндрических концах валов для соединения их с муфтами используется только напряженная посадка.

Применение втулочных муфт ограничивается валами диаметром $d \leq 100$ мм. Максимальный передаваемый крутящий момент $M_{кр}$ (кгс·м):

Для муфт со штифтами	400
» » с призматическими шпонками	560
» » со шлицами	1250

Т а б л и ц а 1.1. Р а з м е р ы (мм) и п а р а м е т р ы м у ф т ы (р и с. 1.1)

a	D	L	z x d x D, D	D	L	Д о п у с к а е м ы й M _{кp} (кг. м) д л я м у ф т п о н о р м а л и				M а с с а (кг) д л я м у ф т ы п о н о р м а л и				
						MH 1067-60	MH 1068-60	Исполне- ние I	Исполне- ние II	MH 1067-60	MH 1068-60	Исполне- ние I	Исполне- ние II	
Р и с. 1.1. a—e						Р и с. 1.1. z								
4	b	15	6x21x25	35	45	0,03	—	—	—	15	0,004	—	—	—
5	10	20	6x23x28	40	50	0,08	—	—	—	25	0,010	—	—	—
6	12	25	6x26x32	45	55	0,10	—	—	—	36	0,02	—	—	—
8	15	30	6x28x34	45	60	0,22	—	—	—	42	0,03	—	—	—
10	18	35	8x32x38	50	70	0,45	—	0,8	—	65	0,06	—	0,05	0,56
12	22	40	8x36x42	55	80	0,75	—	2,0	—	90	0,09	—	0,09	0,74
(14)	25	45	8x42x48	60	90	1,60	—	2,8	—	125	0,13	—	0,13	0,88
16	28	45	8x46x54	70	100	2,50	—	4,0	—	200	0,16	—	0,16	1,48
(18)	32	55	8x52x60	80	110	3,20	—	5,6	—	250	0,25	—	0,25	2,22
20	35	60	8x56x65	90	120	5,00	1,1	9,0	9,0	325	0,31	0,30	0,30	3,33
(22)	35	65	8x62x72	100	130	5,60	9,0	11,0	9,0	475	0,30	0,30	0,30	4,44
25	40	75	10x72x82	110	150	11,20	12,5	16,0	16,0	750	0,47	0,46	0,47	5,68
(28)	45	80	10x82x92	120	170	12,70	17,0	22,0	22,0	1000	0,63	0,62	0,63	7,24

Продолжение табл. 1.1

a	D	L	z × d × D ₁	D	L	Рас. 1.1 з	Допускаемая M _{кр} (кгс·м) для муфт по нормали			Масса (кг) для муфты по нормали			
							MH 1067-60	MH 1068-60	MH 1069-60	MH 1067-60	MH 1068-60	MH 1069-60	
Рас. 1.1. а—г							Исполнение I	Исполнение II	Исполнение I	Исполнение II	Исполнение I	Исполнение II	
30	45	90	10 × 92 × 102	130	190	—	13,20	21,2	28,0	1250	0,65	0,73	8,83
(35)	50	105	—	—	—	—	25,00	35,5	45,0	—	0,84	0,86	—
40	60	120	—	—	—	—	28,00	45,0	—	—	1,52	1,50	—
(45)	70	140	—	—	—	—	53,00	71,0	—	—	2,58	2,52	—
50	80	150	—	—	—	—	60,00	85,0	—	—	3,71	3,64	—
(55)	90	160	—	—	—	—	63,00	106,5	—	—	5,15	5,07	—
(60)	100	180	—	—	—	—	106,00	150,0	—	—	7,50	7,21	—
(70)	110	200	—	—	—	—	125,00	224,0	—	—	9,15	9,00	—
80	120	220	—	—	—	—	224,00	315,0	—	—	11,30	11,10	—
(90)	130	240	—	—	—	—	250,00	400,0	—	—	13,60	13,30	—
100	140	280	—	—	—	—	400,00	560,0	—	—	17,60	16,70	—

Примечания: 1. Размеры d, вошедшие в нормаль, но не рекомендуемые к применению, заключены в скобки. 2. Размеры в скобках по возможности не применять. 3. z — число зубьев; d — внутренний диаметр шлица; D₁ — наружный диаметр шлица.

При отсутствии ударных нагрузок частота вращения не ограничивается. Для валов диаметром $d = 4 \div 16$ мм применяются только втулочные муфты со штифтами. Материал втулок — сталь 45 (для муфт со шлицами — сталь 45 улучшенная; твердость $HRC\ 24-30$).

Соотношение между размерами муфты:

Наружный диаметр муфты D	$(1,5 \div 2) d$
Длина L	$(2,8 \div 4) d$

Наружный диаметр муфты может быть проверен из условия равнопрочности втулки и вала.

2. ФЛАНЦЕВЫЕ МУФТЫ (ПОПЕРЕЧНО-СВЕРТНЫЕ)

Фланцевая муфта является наиболее надежным и распространенным видом глухих муфт. Она состоит из двух полу муфт с фланцами, насаживаемыми на концы валов; фланцы стягиваются болтами.

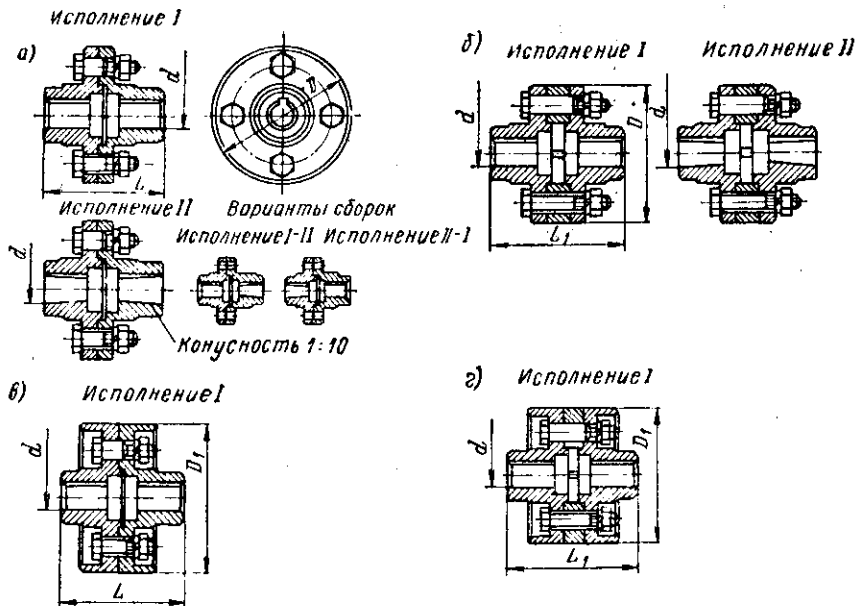


Рис. 1.2. Муфты фланцевые

На рис. 1.2 показаны четыре разновидности фланцевых муфт: открытые (а), открытые с промежуточными полукольцами (б), закрытые (в) и закрытые с промежуточными полукольцами (г).

Для обеспечения соосности полу муфты центрируются либо выступом на одном фланце и выточкой на другом (рис. 1.2, а, в), либо промежуточными полукольцами (рис. 1.2, б, г). В последнем случае при монтаже и демонтаже не требуется осевого смещения валов, но зато снижается точность центрирования. Для большей точности сопряжения и предотвращения изгиба валов в муфтах должна быть обеспечена строгая перпендикулярность торцовых поверхностей полу муфт к оси вала. Материал полу муфт — сталь 40 и 35Л (ГОСТ 977—75); при окружной скорости $v \leq 35$ м/с полу муфты допускается изготавливать из марки чугуна СЧ 21-40.

Для соединения полу муфт с валом (цилиндрическим) в нормальных условиях предусмотрена напряженная посадка. При тяжелых условиях работы (реверсивная

Т а б л и ц а 1.2. Размеры и параметры муфты (рис. 1.3)

Номинальный кру- тящий момент $M_{кр}$ (кгс.м)		d (предпочтительное отклонение по 118)		D , не более	l , не более		L , не более	
		Исполнение				1	2	1	2
Сталь	Чугун	1-й ряд	2-й ряд		1	2	1	2
1,60	0,80	12	—	80	—	25	—	53
		14	—					
3,15	1,60	16	—	90	—	28	—	60
		18	—					
		—	19					
		20	—					
6,30	3,15	22	—	100	—	36	—	76
		24	—					
		25	—					
		28	—					
12,50	6,30	30	—	110	—	42	—	83
		32	—					
		—	35					
		25	—					
25,00	12,50	32	—	140	80	58	170	120
		—	35					
		—	38					
		40	—					
40,00	20,00	42	—	150	110	82	230	170
		45	—					
		—	35					
		—	38					
40,00	20,00	40	—	150	80	58	170	120
		—	35					
		—	38					
		40	—					
40,00	20,00	45	—	150	110	82	230	170
		—	42					
		—	48					
		50	—					

Номинальный крутящий момент $M_{кр}$ (кгс-м)		d (предпочтительное отклонение по Н8)		D , не более	l , не более		L , не более	
					Исполнение			
Сталь	Чугун	1-й ряд	2-й ряд		1	2	1	2
63,00	31,50	45	—	170	110	82	230	170
		50	48					
		55	—					
		—	56					
		60	—		140	105	290	220
100,0	50,0	50	—	180	110	82	230	170
		55	—					
		—	56					
		60	—		140	105	290	220
		—	63					
		—	65					
		70	—					
160,00	80,00	55	—	190	110	82	230	170
		—	56					
		60	—		140	105	290	220
		—	63					
		—	65					
		70	—					
		—	71					
		—	75					
		80	—					
250,00	125,00	70	—	220	170	130	350	270
		—	71					
		—	75					
		80	—		210	165	430	340
		—	85					
		90	—					
		—	95					
		100	—					
400,00	200,00	80	—	240	170	130	350	270
		—	85					
		90	—					
		—	95					
		100	—		210	165	430	340
		110	—					

работа и т. п.) применяется неподвижная (легкопрессовая) посадка или посадка на конусные концы. В некоторых машинах вместо полумуфт применяются фланцы, привариваемые к валу или изготовляемые за одно целое с валом. Достоинствами муфты являются: удобный монтаж и демонтаж, особенно для муфт с промежуточными полукольцами; точное, жесткое и надежное соединение валов; способность передавать значительные крутящие моменты.

Допускаемая максимальная окружная скорость: для муфт из стали $v \leq 70$ м/с, для муфт из чугуна $v \leq 35$ м/с.

Закрытые муфты могут быть использованы в качестве тормозных барабанов или шкивов ременных передач. За исключением этих случаев, предпочтение надо отдавать открытым муфтам (они меньше по длине и более удобны для затяжки болтов).

На рис. 1.3 представлена муфта фланцевая по ГОСТ 20761—75, а в табл. 1.2 даны размеры муфт для диаметров от $d = 12+110$ мм. Значения номинального крутящего момента указаны для муфт с постоянными по величине и направлению нагрузками.

Полумуфты соединяются поочередно полуконическими болтами, вставленными в отверстия с зазором, и чистыми болтами, вставленными в отверстия без зазора.

При соединении полумуфт болтами, вставленными в отверстия с зазором, крутящий момент передается за счет сил трения между торцовыми поверхностями полумуфт, и расчет сводится к определению силы затяжки одного болта по формуле

$$P = 4M_{кр}k/(D + d_2)zf,$$

где k — коэффициент режима; D и d_2 — диаметры, см; f — коэффициент трения, $f \approx 0.1+0.2$; z — количество болтов.

При соединении полумуфт болтами, вставленными в отверстия без зазора, болты рассчитывают на срез по силе

$$S = 2M_{кр}k/(D_1z),$$

где S — сила, срезающая один болт, кгс; D_1 — диаметр окружности расположения болтов, см.

Вышеприведенные расчеты учитывают только передачу крутящего момента.

В случаях, когда муфты дополнительно нагружаются изгибающими моментами и осевыми силами значительной величины, при расчете болтов следует учитывать усилие дополнительной затяжки их, необходимое для исключения раскрытия стыка полумуфт.

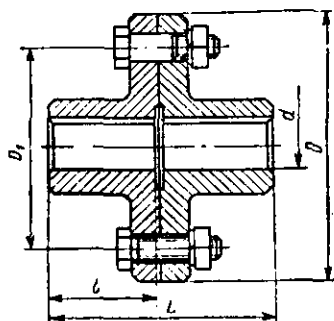


Рис. 1.3. Муфта фланцевая по ГОСТ 20761—75

3. ПРОДОЛЬНО-СВЕРТНЫЕ МУФТЫ

Муфта состоит из двух полумуфт, разделенных по плоскости, проходящей через оси соединяемых валов. Полумуфты надеваются на концы валов и стягиваются между собой болтами, создавая в результате затяжки на поверхности контакта силы трения. Дополнительно полумуфты соединяются с валами шпонками.

На рис. 1.4, а и б показаны разновидности конструкции муфты: а — без фиксирующего кольца (МН 2601—61) для соединения соосных валов, имеющих продольную фиксацию вне муфты; б — с фиксирующим кольцом (МН 2600—61) для соединения соосных валов, не имеющих продольной фиксации. В табл. 1.3 приведены основные размеры и параметры этих муфт.

Муфта с фиксирующим кольцом дополнительно имеет разъемное кольцо, надеваемое на специальные выточки на концах соединяемых валов. Материал полумуфт — чугун СЧ 21-40. Достоинствами муфты являются удобный монтаж и демонтаж без какого-либо смещения валов. Недостатки: трудность балансировки

Таблица 1.3. Продольно-свертные муфты по МН 2600—61 и МН 2601—61 (рис. 1.4)

d	D		L	Допускаемый $M_{кр}$, кгс·м	Маховой момент, кгс·м ²		Масса, кг		n, об/мин
	МН 2600—61	МН 2601—61			МН 2600—61	МН 2601—61	МН 2600—61	МН 2601—61	
	мм								
28	105	100	110	12	0,025	0,02	3,85	3,40	250
(30)	105	100	110	16	0,025	0,02	3,80	3,34	
32	105	100	110	20	0,025	0,02	3,66	3,24	
36	120	110	160	32	0,06	0,05	6,50	5,59	
40	120	110	160	40	0,06	0,05	6,30	5,30	
45	140	125	180	50	0,012	0,10	10,0	8,50	
50	140	125	180	60	0,12	0,10	9,33	8,0	
55	150	140	190	80	0,2	0,16	13,21	10,66	
60	150	140	190	100	0,2	0,16	12,53	10,10	
(65)	170	160	250	125	0,4	0,3	22,66	18,10	
70	170	160	250	160	0,4	0,3	21,60	17,70	
80	190	180	280	200	0,9	0,7	29,03	24,73	
90	220	210	300	320	1,5	1,0	41,48	36,60	
(95)	240	225	340	400	2,0	1,8	50,46	44,66	
100	240	225	340	500	2,0	1,8	48,42	42,62	
110	260	240	360	630	3,5	2,8	63,20	53,10		100
125	280	260	420	1000	5,0	4,0	77,00	68,3	
140	300	280	450	1250	8,0	6,0	102,00	85,5	

Примечание. Размеры, заключенные в скобки, по возможности не применять.

и сложность в изготовлении. Муфты применяются только в тихоходных передачах. Для муфт с диаметром вала $d < 100$ мм $n < 250$ об/мин; при $d \approx 110 + 140$ мм $n \approx 100$ об/мин. Максимальный передаваемый крутящий момент (для нормализованных муфт) $M_{кр} = 1250$ кгс·м. Муфты непригодны при ударных нагрузках.

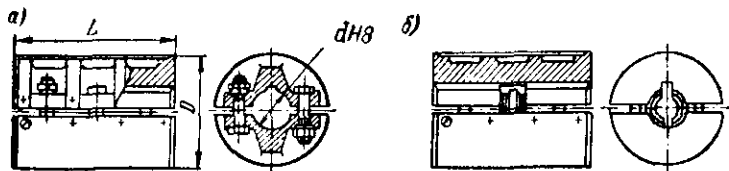


Рис. 1.4. Продольно-свертные муфты

Расчет муфты выполняется из предположения, что крутящий момент полностью передается только за счет сил трения (шпонка не учитывается). Расчет сводится к определению силы затяжки одного болта по формуле

$$P = M_{кр}k/(dzf),$$

где k — коэффициент режима; d — диаметр вала, см.

Расчет продольно-свертных муфт, учитывающий наличие шпонки, см. в [75].

ЖЕСТКИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ

К подвижным муфтам относятся три типа муфт: жесткие компенсирующие, упругие и шарнирные. Все они характеризуются относительной подвижностью элементов муфты.

1. Жесткие компенсирующие муфты предназначены для соединения валов с незначительными взаимными смещениями осей, обусловленными неточностью изготовления и сборки. Компенсация смещений достигается за счет относительного перемещения жестких металлических элементов муфты.

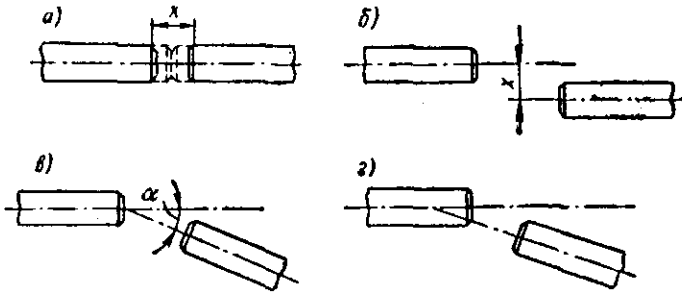


Рис. 11.1. Смещения осей соединяемых валов

Возможные смещения осей валов показаны на рис. 11.1: осевое (а), радиальное (б), угловое — перекося осей валов (в), комбинации этих смещений (г).

Достижение строгой соосности валов связано со значительной трудоемкостью и не всегда оправдано, а в отдельных случаях и трудно осуществимо. Даже высокая точность, достигнутая при изготовлении и сборке, в процессе работы может быть нарушена вследствие вибраций и деформаций валов и оснований под нагрузкой, осадки фундамента, изменения температуры и других причин. Соединение таких валов глухими муфтами неизбежно приводит к возникновению значительных дополнительных нагрузок на валы и опоры, ухудшению работы соединения, вплоть до выхода его из строя.

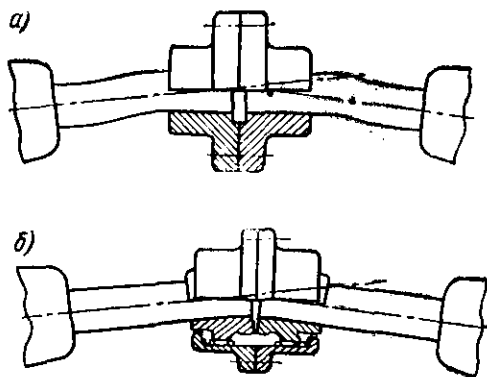
На рис. 11.2 утрированно показано соединение смещенных валов глухой муфтой и жесткой компенсирующей (зубчатой) муфтой. Жесткие компенсирующие муфты значительно уменьшают дополнительные нагрузки на валы и опоры. Чем меньше дополнительные нагрузки, тем надежнее работа муфты и соединяемых узлов. По этому признаку должно оцениваться преимущество той или иной конструкции муфты. Применение жестких компенсирующих муфт не освобождает от точного изготовления деталей и тщательной сборки узлов.

Основными видами этих муфт являются зубчатые и цепные.

2. Упругие муфты допускают незначительные смещения осей валов, как и жесткие компенсирующие, но дополнительно допускают относительный тангенциальный поворот валов на некоторый угол под действием крутящего момента. Компенсирующая способность этих муфт достигается за счет относительного перемещения и упругой деформации элементов муфты. Кроме компенсации неточности относительного расположения валов они смягчают удары и гасят крутильные колебания.

3. Шарнирные муфты служат для соединения валов со значительными угловыми смещениями — до 40—45°.

Шарнирные муфты обеспечивают значительные угловые смещения за счет подвижности деталей муфты, сохраняя правильный контакт рабочих поверхностей. Они допускают изменение угла наклона осей валов и во время работы машин и поэтому могут быть использованы в машинах, где соединяемые валы принадлежат разным механизмам, перемещающимся относительно друг друга.



Одним из недостатков подвижных муфт является наличие трения на поверхности контакта подвижных элементов и связанный с ним износ рабочих поверхностей.

Большим недостатком компенсирующих муфт, как жестких, так и упругих, является то обстоятельство, что ввиду неизбежной неточности отдельных элементов муфты появляется радиальная сила R в пределах $0 < R < P$ (P — окружная сила, равная $2 M_{кр}/D$) в зависимости от точности изготовления муфты. (Худший случай, когда крутящий момент

Рис. 11.2. Деформации соединяемых валов

передается, например, в зубчатой муфте одним зубом или в упругой втулочно-пальцевой — одним пальцем.)

1. ЗУБЧАТЫЕ МУФТЫ

Зубчатые муфты — наиболее распространенный вид жестких компенсирующих муфт. Они применяются для соединения горизонтальных соосных валов и способны компенсировать незначительные по величине любые смещения осей валов и в любом их сочетании.

Зубчатая муфта общего назначения по ГОСТ 5006—55 (рис. 11.3) состоит из двух обойм 1 с внутренними зубьями, находящихся в зацеплении соответственно с двумя зубчатыми втулками 2 с наружными зубьями. Поверхности наружных зубьев очерчены на окружности выступов по сфере радиусом R (рис. 11.4); по этой поверхности центрируются обоймы.

По техническим условиям (ГОСТ 5006—55) зубья изготавливаются с эвольвентным профилем и углом зацепления $\alpha_d = 20^\circ$ двух степеней точности: нормальной при окружной скорости (на начальной окружности зубчатого сопряжения) $v < 15$ м/с и повышенной при $v > 15$ м/с. Зубчатые втулки выполняются с прямойлинейной образующей зубьев (рис. 11.5) или, для улучшения компенсационной способности, — с эллиптической образующей — бочкообразный зуб (рис. 11.6). В обоих случаях имеет место повышенный боковой зазор. Компенсация смещений валов достигается перекосом втулок относительно обойм за счет боковых зазоров и сферической поверхности наружных зубьев (рис. 11.7 и 11.4).

По ГОСТ 5006—55 стандартизованы два типа зубчатых муфт для передачи крутящих моментов от 71 до 100 000 кгс·м: типа МЗ (рис. 11.8) — муфты для непосредственного соединения валов, состоящие из двух втулок и обойм; типа МЗП (рис. 11.9) — муфты для соединения валов с применением промежуточного вала, представляющие комплект из двух муфт, каждая из которых состоит из зубчатой втулки, обоймы и фланцевой полумуфты (этот тип — в двух исполнениях). Размеры и параметры муфт приведены в табл. 11.1.

В муфтах МЗ зубчатые обоймы могут выполняться и неразъемными; в муфтах МЗП полумуфты малых размеров могут выполняться за одно целое с промежуточным валом.

Зубчатые регулировочно-соединительные муфты, применяемые в роторных машинах для соединения горизонтальных соосных валов и регулировки совиа-

Рис. П.3. Зубчатая муфта общего назначения

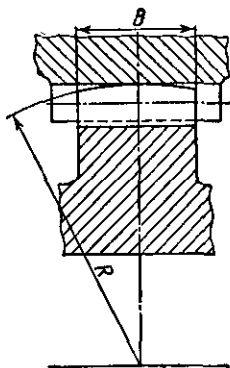
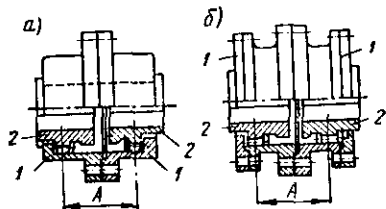
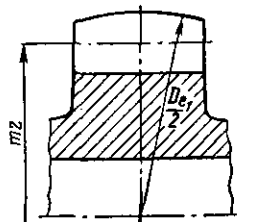


Рис. П.4. Поверхности наружных зубьев



Развертка сечения зуба втулки делительным цилиндром

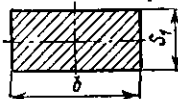


Рис. П.5. Зубчатые втулки с прямой образующей зубьев

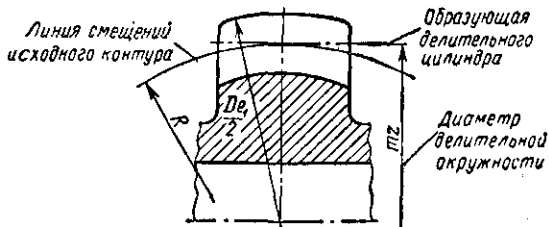
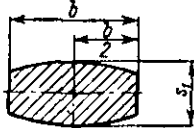
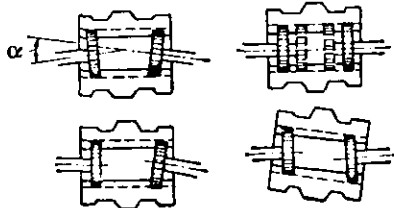


Рис. П.6. Бочкообразный зуб

Развертка сечения зуба втулки делительным цилиндром



а)



б)

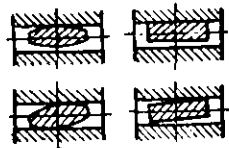


Рис. П.7. Компенсация смещений валов

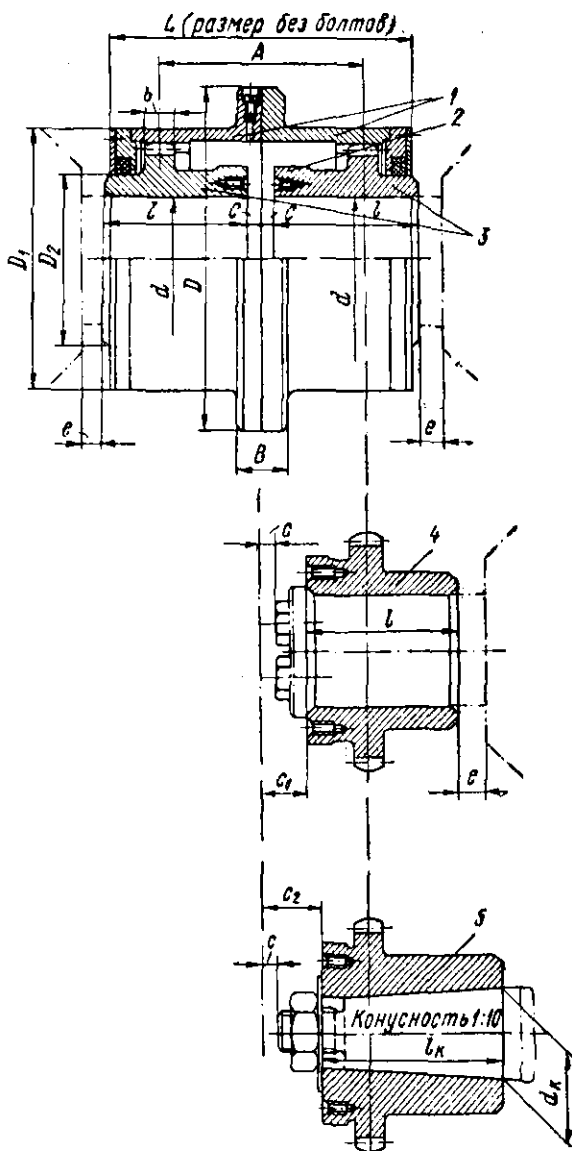


Рис. II.8. Зубчатые муфты типа МЗ (см. стр. 14):

1 — зубчатая обойма; 2 — бурт для проверок соосности валов; 3 — зубчатая втулка с цилиндрической расточкой — исполнение Н; 4 — зубчатая втулка с цилиндрической расточкой и торцовым креплением по валу — исполнение Т; 5 — зубчатая втулка с конусной расточкой — исполнение К

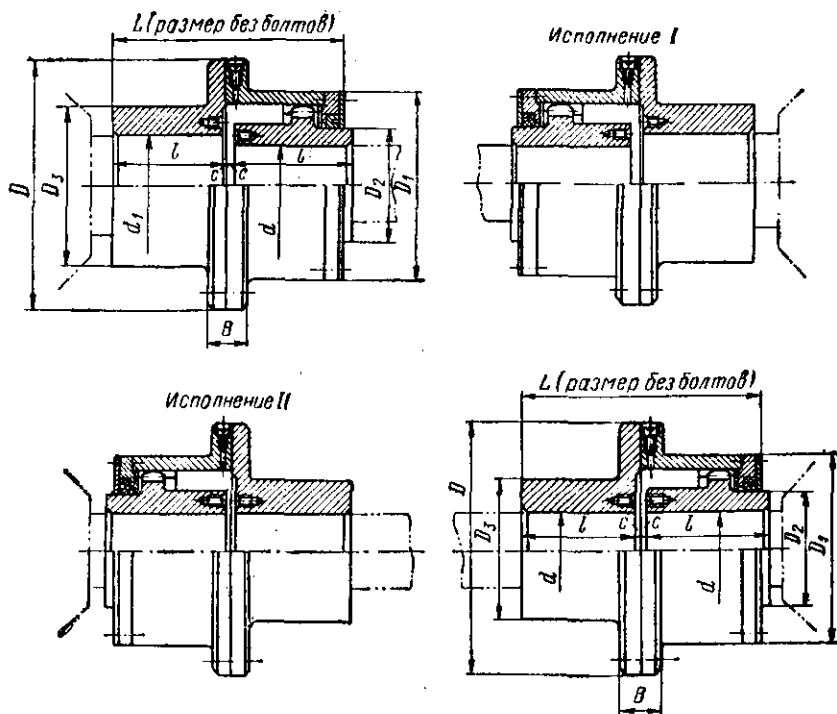


Рис. II.9. Зубчатые муфты типа МЗП

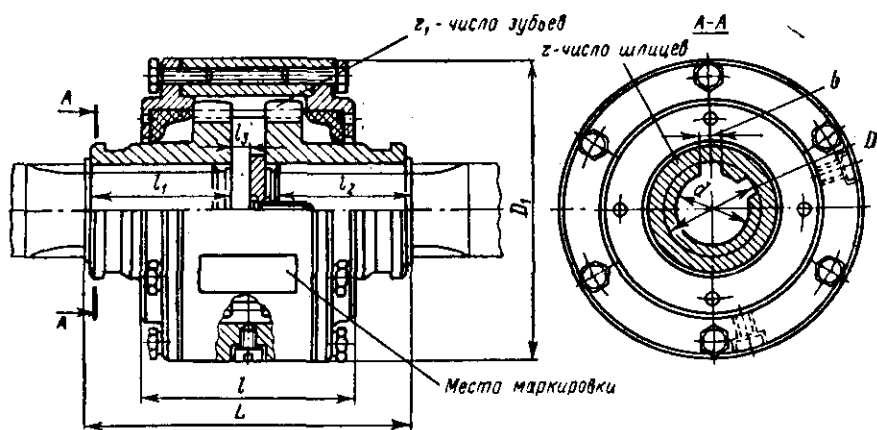


Рис. II.10. Зубчатые муфты регулировочно-соединительные: z — число шлицев; z_1 — число зубьев

Т а б л и ц а II.1. Размеры (мм) и параметры

Обозначение	d	d_k	d_1	$M_{кр}$, кгс·м	n , об/мин	A , не менее	D	D_1	D_2	D_n
	не более									
1	40	38	60	71	6300	49	170	110	55	95
2	50	55	70	140	5000	75	185	125	70	110
3	60	55	90	315	4000	95	220	150	90	145
4	75	75	100	560	3350	125	250	175	110	170
5	90	95	120	800	2800	145	290	200	130	190
6	105	—	130	1 180	2500	160	320	230	140	210
7	120	120	150	1 900	2120	185	350	260	170	240
8	140	150	170	2 360	1900	210	380	290	190	270
9	160	—	190	3 000	1700	220	430	330	210	280
10	180	—	210	5 000	1400	245	490	390	260	320
11	220	—	250	7 100	1250	280	545	445	300	380
12	250	—	280	10 000	1120	350	590	490	340	420
13	280	—	300	15 000	1000	375	680	555	380	480
14	320	—	340	20 000	900	405	730	610	420	520
15	360	—	380	25 000	800	480	780	660	480	560
16	400	—	420	37 000	710	535	900	755	530	650
17	450	—	480	56 000	630	625	1000	825	600	750
18	500	—	530	75 000	560	710	1100	950	710	820
19	560	—	600	100 000	500	730	1250	1050	800	920

Примечания: 1. Частота вращения соответствует окружной скорости относится только к месту под уплотнение. 3. Для муфт типа МЗ масса дана для как и без масла; для муфт типа МЗП масса дана для муфт с наибольшими разме без промежуточного вала и без масла. 4. Для муфт типа МЗ маховые моменты муфт типа МЗП маховые моменты даны для муфт с наибольшими размерами и без и маховой момент определены для случая соединения обойм болтами с открытыми ленными в тело фланцев, или при наличии защитных козырьков допускается уве муфты; для муфт типа МЗП масса и маховой момент определены для случая соеди лени обойм болтами, утопленными в тело фланцев, или при наличии защитных нем массы и махового момента муфты. 6. Для муфт типа МЗП при назначении собственных поперечных колебаний превышала частоту вращения вала не менее

муфт типа МЗ (рис. 11.8) и МЗП (рис. 11.9)

z		B	i	i _к	c	c ₁	c ₂	e	Масса, кг	GD ² , кгс·м ²	Масса, кг	GD ² , кгс·м ²
для МЗ	для МЗП											
не более			не менее						для МЗ	для МЗП		
не более												
115	115	34	55	55	2,5	11	18	12	10,2	0,12	20,5	0,24
145	145	34	70	80	2,5	13	22	12	14,3	0,21	31	0,47
170	175	40	85	80	2,5	15	25	18	24	0,42	51	0,87
215	215	40	105	105	2,5	17	28	18	38	0,85	76	1,8
235	240	50	115	130	5	22	35	25	57	1,8	115	3,5
255	260	50	125	—	5	25	—	25	80	2,8	170	6,0
285	290	50	140	165	5	25	40	30	110	4,6	218	10,0
325	330	50	160	200	5	30	45	30	163	8,3	337	16,5
335	340	50	165	—	5	30	—	30	187	14,2	355	20,5
365	370	50	180	—	5	30	—	30	262	28	505	40,0
405	405	60	200	—	5	35	—	35	382	55	750	75,0
485	485	60	240	—	5	38	—	35	550	85	1050	100
525	530	70	260	—	7,5	45	—	40	765	160	1500	230
565	570	70	280	—	7,5	50	—	40	960	215	1850	340
645	650	70	320	—	7,5	50	—	40	1280	325	2400	500
705	715	90	350	—	10	—	—	50	1800	600	3500	960
805	815	90	400	—	10	—	—	50	2500	1140	4800	1800
905	915	110	450	—	10	—	—	50	3400	1600	6600	2600
975	990	110	485	—	15	—	—	60	4650	2700	9400	4550

на начальной окружности зубчатого сопряжения, равной 25 м/с. 2. Размер D_2 муфт с наименьшими размерами при минимальных диаметрах отверстий во втулках при максимальных диаметрах отверстий во втулках (d) и полумуфтах (d_1) даны для муфт с наибольшими размерами и без учета отверстий во втулках; для учета промежуточных валов во втулках и полумуфтах. 5. Для муфт типа МЗ масса головок и гайками; при креплении обжим болтами с головками и гайками, уплотнение размеров B и D с соответствующим увеличением массы и махового момента нения обжим с полумуфтами болтами с открытыми головками и гайками; при креплении обжим допускается увеличение размеров B и D с соответствующим увеличением размеров промежуточного вала необходимо соблюдать условие, чтобы частота его чем на 15%.

Т а б л и ц а П.2. Размеры (мм) и параметры муфты по МН 5023—63 (рис. П.10)

Обозначение	D	Номинальный размер шлицев $r \times d \times D$	b	Модуль m	Число зубьев z_1	z, не более	t	t_1	t_2	t_3	t_4	M кр. кгс. м	n_{max} , об/мин	Масса, кг	D_1	
M3-28	28	6×23×28	6	3	20	94	62	42	40			28	4800	2,39	90	
M3-34	34	6×28×34	7	3		110	62	50	50				50	3600	4,10	115
M3-38	38	8×32×38	6	3		121	66	55	52			71	3600	4,18	115	
M3-42	42	8×36×42	7	4	25	131	68	60	58			100	2900	5,79	135	
M3-48	48	8×42×48	8	4		141	68	65	65				150	2900	6,26	135
M3-54	54	8×46×54	9	4		152	68	70	65				200	2900	6,40	135
M3-60	60	8×52×60	10	5		166	81	75	75			300	2300	12,76	180	
M3-65	65	8×56×65		5		177	81	80	75				355	2300	13,90	180
M3-82	82	10×72×82	12	5	32	217	91	100	95			800	1800	22,03	210	

Примечания: 1. Соединения обжим со втулками, имеющими различные диаметры посадочных отверстий, возможны при разных модулях и числе зубьев втулок. 2. В случае установки муфт с различными диаметрами посадочных отверстий во втулках крутящий момент выбирается по наименьшему диаметру посадочного отверстия. 3. Частота вращения соответствует окружной скорости на начальной окружности зубчатого зацепления, равной 15 м/с.

дения позиций роторов (рис. П.10), даны в нормалях машиностроения МН 5023—63 — МН 5026—63. Размеры и параметры муфты указаны в табл. П.2.

Для снижения потерь на трение и увеличения долговечности зубьев зубчатого зацепления работает в масляной ванне. Рекомендуется следующий тип смазки: масло цилиндрическое 52 (вапор) по ГОСТ 6411—52 с добавлением 1—2% олеиновой кислоты (ГОСТ 7580—55) или 5% сухих коллоидно-графитовых препаратов из искусственного графита марки С2; для загущения смазки добавляется 30—50% стеарата кальция (по объему).

Материал втулок и обойм (поковки) — сталь 40; при больших диаметрах вала ($d > 80 \div 140$ мм) — сталь 45Л, группа П.

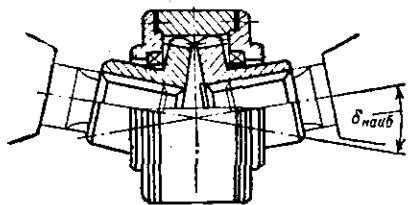


Рис. П.11. Допускаемый угол перекоса

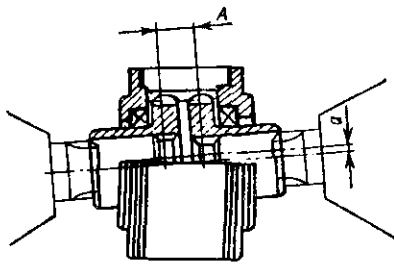


Рис. П.12. Допустимое радиальное смещение

Термическая обработка зубьев: при $v > 5$ м/с твердость рабочих поверхностей не менее $HRC\ 40$; при $v \leq 5$ м/с и в редко работающих муфтах твердость не менее $HB\ 280$. Для повышения противозадирной стойкости перепад твердости зубьев втулок и обойм не менее $HB\ 30$ или $HRC\ 5$.

Для фланцевых болтовых соединений обойм и обойм с полумуфтами должны применяться чистые болты по ГОСТ 7817—72 с посадками $H7/k6$ или $H7/k5$ в зависимости от назначения муфты.

Характер посадки зубчатых втулок на валы определяется условиями и характером работы муфты.

Достоинства зубчатых муфт: высокая нагрузочная способность при сравнительно небольших габаритных размерах; способность компенсации любых относительно небольших смещений осей валов — подробно см. ниже; технологичность изготовления — использование для нарезки зубьев нормального зуборезного инструмента.

Основным критерием работоспособности этих муфт является износостойкость рабочих поверхностей зубьев.

Максимальные передаваемые крутящие моменты, указанные в табл. П.1, определены для муфт из стали 40 или 45Л. Они могут быть увеличены при изготовлении муфт из сталей с более высокими механическими свойствами. На месте эксплуатации необходимо предусматривать ограждение муфт, за исключением особых случаев, по согласованию с органами техники безопасности.

Допустимый угол перекоса оси каждой втулки относительно оси обоймы α_{\max} не более чем $0^\circ 30'$ (увеличение α_{\max} резко ухудшает условия работы зубчатого сопряжения). Наибольшая компенсирующая способность муфты определяется допустимым углом α_{\max} и расстоянием между осями зубчатых венцов A .

Принимая, что радиальные и угловые смещения a и δ лежат в одной плоскости (наименее выгодный случай), подсчитаем наибольшие допускаемые смещения осей валов:

1) при $a = 0$ наибольший допустимый угол перекоса (рис. П.11)

$$\delta_{\text{наиб}}^{\circ} = 2\alpha_{\max}^{\circ} = 2 \cdot 0^\circ 30' = 1^\circ;$$

2) при $\delta^{\circ} = 0$ наибольшее допустимое радиальное смещение (рис. П.12)

$$a_{\text{наиб}} = A \operatorname{tg} \delta_{\text{наиб}}^{\circ} = A \operatorname{tg} 0^\circ 30' = 0,087A;$$

Т а б л и ц а 11.3. Допускаемые радиальные и угловые смещения осей валов (мм) при монтаже машин

Способ установки машины	Допускаемый перекося на 1 м	Допускаемое радиальное смещение a
На одной плите	0,30	0,25
На одном фундаменте	0,50	0,50
На разных фундаментах	0,70	0,70

Примечание. Для муфт с промежуточным валом, у которых A более $5d_0$, допускаемые перекося и радиальные смещения можно увеличить в 1,5 раза.

3) при $a \neq 0$ и $\delta^\circ \neq 0$ допустимая величина радиального смещения

$$a = a_{\text{наиб}} (\delta_{\text{наиб}}^\circ - \delta^\circ) / \delta_{\text{наиб}}^\circ = 0,087A (\delta_{\text{наиб}}^\circ - \delta^\circ) / \delta_{\text{наиб}}^\circ.$$

В табл. 11.3 приведены наибольшие допускаемые радиальные и угловые смещения осей валов, заимствованные из нормалей МН 5023—63—МН 5026—63 (эти нормали охватывают зубчатые муфты для валов диаметров $d = 28 \div 82$ мм).

Принимая аналогично данным табл. 11.3, что соотношение между радиальным и угловым смещениями a равно перекося осей валов в миллиметрах на 1 м длины (или $a = \delta \cdot 10^3$, где δ — угол перекося в рад), и подставляя это соотношение в формулу $a = A(\alpha_{\text{max}} - 0,5\delta)$ (где α_{max} и δ — значения углов, рад), допускаемые муфтой смещения определим так:

$$[a] = 10^3 [\delta] = \frac{\alpha_{\text{max}} A}{1 + 0,0005A}.$$

Результаты подсчетов $[a]$ и $[\delta]$ для муфт МЗ приведены в табл. 11.4. По этим данным допускаемые муфтой МЗ смещения при $a \neq 0$ и $\delta \neq 0$ примерно составляют: $[a] = 0,0065A \div 0,008A$; $[\delta] \leq 0^\circ 16'$.

Муфты выбираются по ГОСТ 5006—55 (по диаметру вала) с последующей проверкой их на прочность по максимальному длительно действующему моменту $M_{\text{раб}}$ из условия $k_1 k_2 \leq M_{\text{max}} / M_{\text{раб}}$ и по максимальному кратковременному моменту M_0 из условия $M_0 \leq 2M_{\text{max}}$, где M_{max} — крутящий момент, передаваемый муфтой, из табл. 11.1 и 11.2, k_1 — коэффициент ответственности передачи, равный:

При остановке машины	1,0
» аварии машины	1,2
» аварии ряда машин	1,5
Человеческие жертвы	1,8

k_2 — коэффициент условий работы муфты:

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

При расчете соединяемых валов необходимо учесть дополнительный изгибающий момент от сил трения в зубчатом сопряжении, действующий в плоскости, перпендикулярной к плоскости перекося,

$$M_{\text{ц}} \approx 0,1M_{\text{раб}}.$$

При необходимости более строгого учета влияния на нагрузочную способность и долговечность зубчатых муфт фактических углов перекося, дополнительных нагрузок на валы и опоры, возникающих вследствие несоосности, а также других конструктивных факторов, необходимые сведения можно найти в работах Э. Л. Айрапетова и О. И. Косарева («Вестник машиностроения», 1972, № 3), А. П. Попова и др. (Труды Николаевского кораблестроительного института, 1974, вып. 81 и вып. 89), И. П. Макридина и О. А. Хохлова (Труды ЦНИИТмаша, 1961, вып. 4/15).

Т а б л и ц а II.4. Допускаемые муфтами МЗ смещения осей валов

Диаметр вала муфты d	$\{a\}$	$\{\delta\}$, рад	$\{\delta\}$	Диаметр вала муфты d	$\{a\}$	$\{\delta\}$, рад	$\{\delta\}$
мм				мм			
40	0,4	0,0004	0° 1,4'	220	2,1	0,0021	0° 7,4'
50	0,6	0,0006	0 2	250	2,6	0,0026	0 9
60	0,8	0,0008	0 2,8	280	2,7	0,0027	0 9,4
75	1,0	0,0010	0 3,5	320	2,9	0,0029	0 10
90	1,2	0,0012	0 4,2	360	3,4	0,0034	0 12
105	1,3	0,0013	0 4,6	400	3,7	0,0037	0 12,7
120	1,5	0,0015	0	450	4,1	0,0041	0 14
140	1,6	0,0016	0 5,6	500	4,6	0,0046	0 16
160	1,7	0,0017	0 6	560	4,7	0,0047	0 16,2
180	1,9	0,0019	0 6,7				

В последние годы появились конструкции зубчатых муфт, в которых отдельные зубчатые элементы из стали заменены пластмассовыми, с целью придания им дополнительно упругих и демпфирующих свойств [98], [101], [102], [106]. Такие муфты обладают повышенной износостойкостью и электроизоляционными свойствами. Их работа сопровождается меньшим силовым воздействием на валы и опоры, кроме того, они проще в изготовлении.

2. КУЛАЧКОВО-ДИСКОВЫЕ МУФТЫ

Кулачково-дисковые муфты (называемые также муфтами крестовыми, плавающими, Ольдгема и т. п.), предназначенные в основном для соединения валов со значительным радиальным смещением, допускают также незначительные

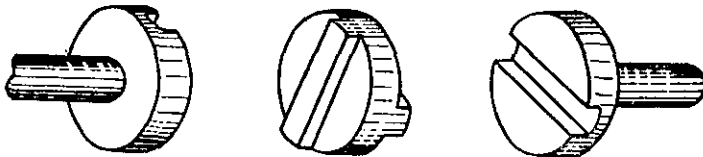


Рис. II.13. Кулачково-дисковая муфта

угловые и осевые смещения. Муфта (рис. II.13) состоит из двух полу муфт и промежуточного диска с кулачками, расположенными крестообразно и входящими в соответствующие пазы на полу муфтах. Передача крутящего момента осуществляется кулачками диска, которые при смещенных валах скользят по боковой поверхности пазов. Центр диска при вращении валов описывает в пространстве окружность диаметром, равным радиальному смещению a , и совершает два оборота за один оборот вала [4].

На диск действует центробежная сила (кгс)

$$F = G \Delta n^2 / (45 \cdot 10^4), \quad (II.1)$$

где G — масса диска, кг; Δ — радиальное смещение валов, мм.

На рис. II.14 показана кулачково-дисковая муфта по ГОСТ 20720—75, а в табл. II.5 даны размеры муфт для $d = 16 \div 100$ мм. Эти муфты предназначены для соединения валов с поперечным смещением не более $0,04d$ (d — диаметр вала) и угловым отклонением не более $0^\circ 30'$.

Материал полумуфт — сталь 45Л. Допускается изготовление из высокопрочного чугуна ВЧ 60-2. В полумуфтах из стали рабочая поверхность пазов закаливается токами высокой частоты на глубину 2—3 мм до HRC 46—50. Материал диска — сталь 45Л. Кулачки закаливаются токами высокой частоты на глубину 2—3 мм до HRC 46—50.

Сопряжение кулачков и пазов принимается по ходовой посадке. Наличие зазоров в данном сопряжении ухудшает работу муфты ввиду увеличения кромоных давлений на поверхности контакта.

Смазка трущихся поверхностей осуществляется масленками, устанавливаемыми на диске. Тип смазки — масло цилиндрическое 52 (вапор) по ГОСТ 6411—52

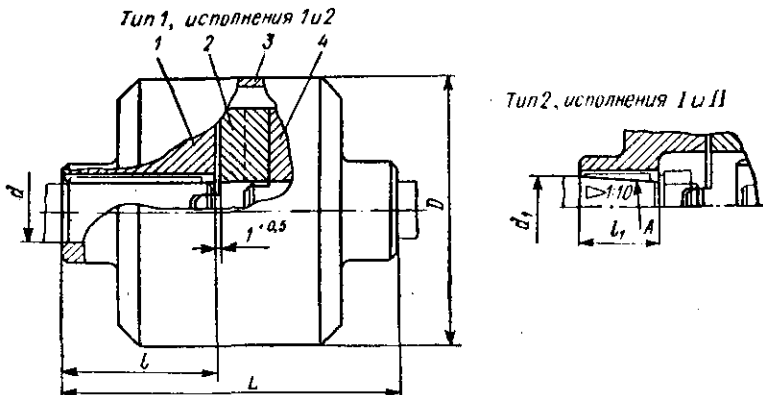


Рис. 11.14. Нормализованная кулачково-дисковая муфта:

1, 4 — полумуфты; 2 — диск; 3 — кожу

с добавлением 1—2% оленовой кислоты технической или 5% коллоидно-графитовых препаратов из искусственного графита марки С2. Смазка добавляется не реже одного раза в смену. Достоинство муфты: способность компенсировать значительные радиальные смещения осей валов до $0,04 d$. Недостатки муфты: неудовлетворительная работа даже при малых перекосах; значительный износ рабочих поверхностей; наличие центробежной силы, действующей на диск; потери на трение и необходимость в смазке и, наконец, пониженная надежность работы.

Величина передаваемых крутящих моментов 12—2000 кгс·м. Ввиду действия на диск значительной центробежной силы предельная частота вращения муфты ограничена и составляет 250 об/мин при $D \leq 240$ мм (D — наружный диаметр муфты). Коэффициент полезного действия муфты может быть подсчитан приближенно [71]

$$\eta = 1 - (3+5) f e / D,$$

где f — коэффициент трения диска о направляющие полумуфт, $f = 0,12 \pm 0,25$; e — эксцентриситет, равный радиальному смещению валов, мм; D — диаметр муфты, мм.

Проверка размеров муфты сводится к определению величины давления на рабочих поверхностях q . Без учета центробежной силы [50]

$$q = 12M_{кр} / [h(2D + d)(D - d)] \ll [q],$$

где h — высота (рабочая) кулачка, см; d — диаметр вала, см; D — наружный диаметр муфты, см; $[q]$ — допускаемое давление на рабочих поверхностях, кгс/см², оно принимается:

- Для незакаленных стальных и чугунных поверхностей 100—150
- » тех же материалов при закаленных рабочих поверхностях и надежной смазке [50] 150—300

Т а б л и ц а 11.5. Размеры (мм) муфты (рис. 11.14)

Номинальный крутящий момент $M_{кр}$, кгс·м	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	D , не более	L		l		l_1		Различие смежные соединяемых валов, не более
						Тип						
	1,2		1			2						
	Исполнение											
1-й ряд		2-й ряд		1	2	1	2	1	2			
1,60	16 18	—	—	—	120	—	75	—	30	—	16	0,6
3,15	16 18	—	—	—	130	—	—	—	—	—	—	
	—	—	19	—		—	—	—	—	—	—	—
6,30	20 22	—	—	—	140	—	90	—	38	—	22	1,0
	—	—	24	—		—	—	—	—	—	—	
12,50	25 28	—	—	—	150	—	105	—	44	—	24	1,6
	—	—	30	—		—	—	—	—	—	—	
25,00	32 36	—	—	—	190	185	140	82	60	58	36	1,6
	—	—	38	—		—	—	—	—	—	—	
40,00	40 45	—	—	—	190	245	190	112	84	82	54	2,0
	—	—	38	—		185	140	82	60	58	36	
63,00	40 45	—	—	—	235	245	190	112	84	82	54	2,0
	—	—	48	—		—	—	—	—	—	—	
63,00	50 56	—	—	—	235	—	—	—	—	—	—	2,0
	—	—	52	—		—	—	—	—	—	—	
63,00	—	—	55	—	235	—	—	—	—	—	—	2,0
	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	

Номинальный крутящий момент M кр. кгс. м	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	D , не более	L		l		l_t		Радиальное смещение соединяемых валов, не более		
	Тип					1,2		1		2				
	Исполнение					1		2		1			2	
	1-й ряд		2-й ряд			1		2		1			2	
	1		2			1		2		1			2	
63,0	— 63	—	60 —	—	235	305 315	235 245	142	107	105	70	2,0		
100,00	50 — — 56	—	52 55 —	—	265	245	190	112	84	82	54	2,6		
	—	—	60	—		305	235	—	—	—	—			
	63 — — 71	—	65 70 —	—		315	245	—	—	—	—			
160,00	—	—	60	—	305	305	235	142	107	105	70	3,0		
	63 — — 71 —	—	65 70 — 75	—		315	245	—	—	—	—			
	80 —	—	85	—		380	300	172	132	130	90			
	—	—	70 — 75	—		315	245	142	107	105	70			
250,00	— 71 —	—	70 — 75	—	320	380	300	172	132	130	90	3,6		
	80 — 90 —	—	85 — 95	—		315	245	142	107	105	70			
	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—			
400,00	100 80	—	—	—	380	460	350	212	167	165	120	—		
	—	—	85	—		380	300	172	132	130	90			
	90 — 100	—	95 —	—		—	—	—	—	—	—			

Примечание. 1-й ряд является предпочтительным.

В муфте УЗТМ (рис. II.15, табл. II.6) плавающий сухарь выполнен из текстолита, что позволяет применять ее при более высоких частотах вращения ($n = 1700 + 8200$ об/мин), чем муфты, показанные на рис. II.14.

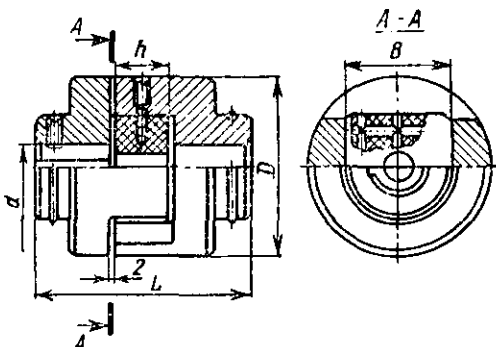


Рис. II.15. Муфта со скользящим сухарем

Муфта допускает радиальное смещение $\Delta \leq 0,2$ мм при сборке и $\Delta \leq (0,01d + 0,25)$ мм при работе и перекося $\delta = 0^\circ 40'$. Давление для такой муфты определяется по формуле

$$q = 6M_{кр}/(ab^2) \leq [q],$$

для текстолита $[q] = 80 + 100$ кгс/см².

Т а б л и ц а II.6. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. II.15)

<i>d</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>h</i>	Допускае- мая <i>M</i> _{кр.} кгс·м	Допу- скаемое <i>n</i> , об/мин
16	70	85	40	20	1,7	8 200
18	70	84	40	20	3	8 200
20	80	104	50	20	4	7 000
22	80	104	50	20	5	7 000
25	100	124	60	20	8	5 700
28	100	124	60	20	11	5 700
30	120	149	70	25	13	4 700
32	120	149	70	25	16	14 700
35	120	149	70	25	21	4 700
40	150	184	80	30	32	3 800
45	150	184	80	30	45	3 800
50	180	224	100	40	50	3 200
55	180	224	100	40	66,5	3 200
60	220	254	120	50	86,5	2 600
65	220	254	120	50	110	2 600
70	250	274	140	50	137	2 200
75	250	274	140	50	169	2 200
80	290	304	160	60	204	1 800
85	290	304	160	60	245	1 800
90	330	344	180	60	291	1 700

3. ЦЕПНЫЕ МУФТЫ

Цепная муфта по ГОСТ 20742—75 (рис. II.19) состоит из двух звездочек (с одинаковым числом зубьев) и охватывающей их общей цепи и кожуха. Применяются однорядная втулочно-роликовая цепь (рис. II.19), двухрядная цепь (рис. II.16) и бесшумная (рис. II.17).

Для использования всей ширины цепи и увеличения передаваемого момента применяют конструкцию, изображенную на рис. II.18; обе полу-муфты изготавливаются из одной ваготки, которая после нарезания зубьев косо разрезается на две части.

В табл. II.7 даны размеры однорядных цепных муфт по ГОСТ 20742—75, для $d = 20 + 100$ мм.

Значения номинального крутящего момента указаны для муфт, изготовляемых из

сталей 45 или 45Л с твердостью рабочих поверхностей HRC 40—45, а также для муфт с постоянными по величине и направлению нагрузками.

Таблица II.7. Муфты

Номинальный крутящий момент $M_{кр}$, кгс·м	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	D , не более	L, не более				
						Типы				
						1		2		3, 4
						Исполнение				
						1	2	1	2	
6,3	20	—	24	—	110	—	102	108	80	102
	22	—				—	—	—	—	—
12,5	25	—	30	—	125	—	122	128	92	122
	28	—				—	—	—	—	—
25	32	—	35	—	140	206	162	168	124	162
	36	—				—	—	—	—	—
50	40	—	42	—	200	278	222	228	172	222
	45	—				—	—	—	—	—
100	50	—	55	—	210	280	224	230	174	224
	56	—				—	—	—	—	—
100	63	—	60	—	210	354	284	290	220	284
	—	—				—	—	—	—	—
100	—	—	65	—	210	—	—	—	—	—
	—	—				—	—	—	—	—
100	—	—	70	—	210	—	—	—	—	—
	—	—				—	—	—	—	—

цепные однорядные

t, не более					3, 4	Радиальное смещение осей валов, не более	Частота вращения, об/мин, не более	Приводная роликовая однорядная цепь по ГОСТ 13568—75	Количество звеньев цепи (число зубьев полушлицы)	G
1		2		Исполнение						
1	2	1	2							
1	2	1	2							
—	36	39	25	36	0,15	1600	ПР-19,05-2500	12	1,3	
—	42	45	27	42						
80	58	61	39	58	0,20	1400	ПР-25,4-5000	10	1,8	
						1200		12		
110	82	85	57	82	0,40	1000	ПР-31,75-7000	14	2,0	
110	82	85	57	82						
110	82	85	54	82	0,40	800	ПР-38,1-10000	12	3,5	
140	105	108	73	105						

Номи- нальный крутящий момент $M_{кр.}$ кгс·м	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	d (пред. откл. по Н7)	d_1 (пред. откл. по Н8)	D , не более	L, не более				
						Типы				
						1		2		3, 4
						Исполнение				
1-й ряд		2-й ряд		1	2	1	2			
200	71	—	—	—	280	354	284	290	220	284
	63	—	65	—						
	—	—	70	—						
	71	—	75	—						
	—	—	—	—						
	80	—	85	—						
	—	—	—	—		424	344	352	272	344
	90	—	—	—						
400	80	—	85	—	310	514	424	432	342	424
	—	—	95	—						
	90	—	—	—						
	—	—	—	—						
	100	—	—	—						
	110	—	—	—						
	—	120	—	—	350	514	424	432	342	424
	125	—	—	—						
	—	130	—	—	350	604	504	512	408	504
	140	—	—	—						

Примечания; 1. 1-й ряд является предпочтительным. 2. Угловое смещение }

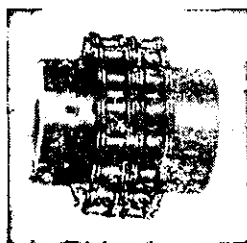


Рис. П.16. Цепная муфта с двухрядной цепью



Рис. П.17. Цепная муфта с бесшумной цепью



Рис. П.18. Цепная муфта с косым разрезом

i, не более					3, 4	Радиальное смещение осей валов, не более	Частота вращения, об/мин, не более	Приводная роликовая однорядная цепь по ГОСТ 13568—75	Количество звеньев цепи (число зубьев полу-муфты)	C
1		2								
Исполнение										
1	2	1	2							
140	105	108	73	105	0,40	800	ПР-38,1-10000	12	3,5	
170	130	134	94	130	0,60	700	ПР-50,8-16000	12		
210	165	169	124	165	0,60	500	ПР-50,8-16000	14		3,8
210	165	169	124	165				16		
250	200	204	154	200						

осей валов всех типов муфт не более 1°.

Достоинства цепной муфты: простота конструкции и обслуживания; надежность в работе (см., например, работу [20], освещающую опыт использования их в угольной промышленности); технологичность изготовления и сравнительно малые габаритные размеры и масса; удобный монтаж и демонтаж; способность компенсировать радиальные и угловые смещения за счет относительной податливости деталей цепи и их деформации. Недостаток: наличие угловых зазоров и мертвого хода, вследствие чего они не могут применяться в реверсивных передачах, а также при наличии больших динамических нагрузок.

Максимальный передаваемый крутящий момент не более 630 кгс·м; наибольшая частота вращения $n = 1600$ об/мин (в муфтах с бесшумной цепью $n = 5000 \pm 7500$ об/мин). Допускаемые смещения осей валов: радиальное—от 0,5 до 1,2 мм и угловое — до 1°; применение цепей со сферическими роликами увеличивает допустимое угловое смещение до 3—6°.

Расчет цепи ввиду сложного закона распределения усилий по зубьям звездочек затруднителен и ненадежен. Цепь выбирается на основе опытных данных. Методику расчета и подбора цепных муфт см. в [20].

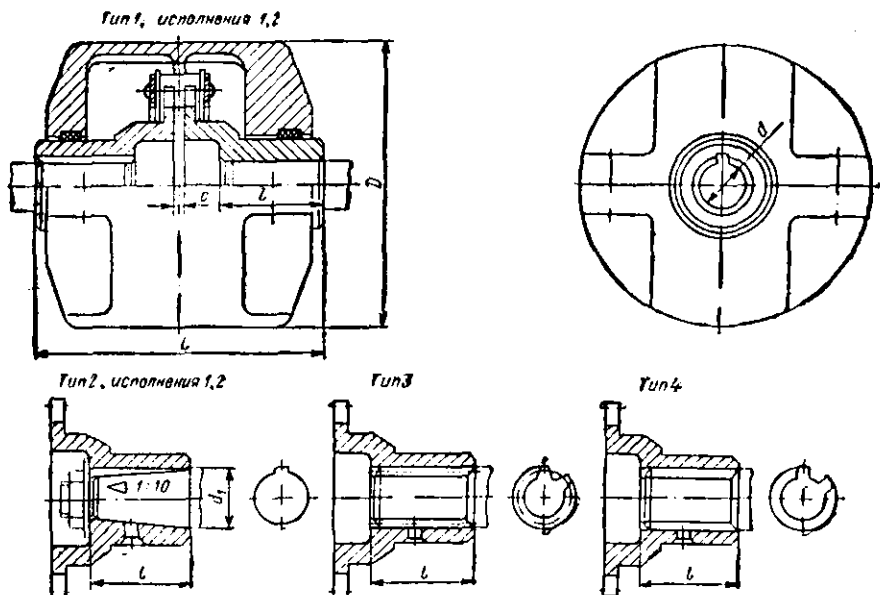


Рис. II.19. Муфта цепная однорядная

4. МУФТЫ С ГОФРАМИ

На рис. II.20 показана муфта с двумя гофрами. Число гофр может быть одной до нескольких. Подвижность такой муфты обуславливается главным образом упругой деформацией торцовых стенок гофры.

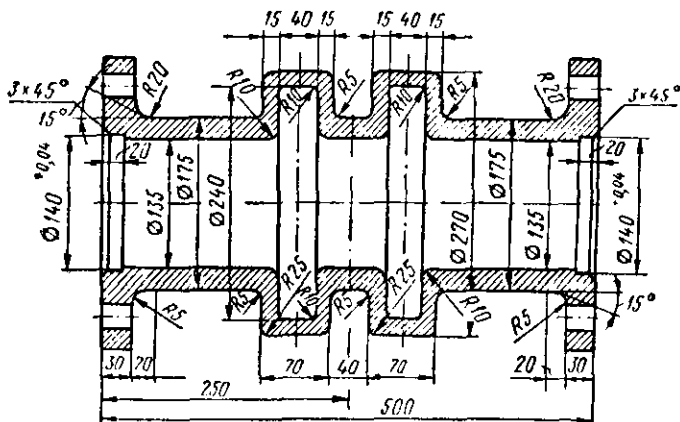


Рис. II.20. Муфта с двумя гофрами

На рис. II.21 показана зубчатая муфта с промежуточной гофрированной втулкой. Такая муфта успешно применяется в высокоскоростных машинах при больших мощностях; она показывает достаточную надежность в работе (зубчатая

же муфта, применявшаяся ранее в этом соединении, выходила из строя). Муфты этого типа по сравнению с зубчатыми муфтами обладают повышенной компенсирующей способностью и часто называются полужесткими. Большая компенси-

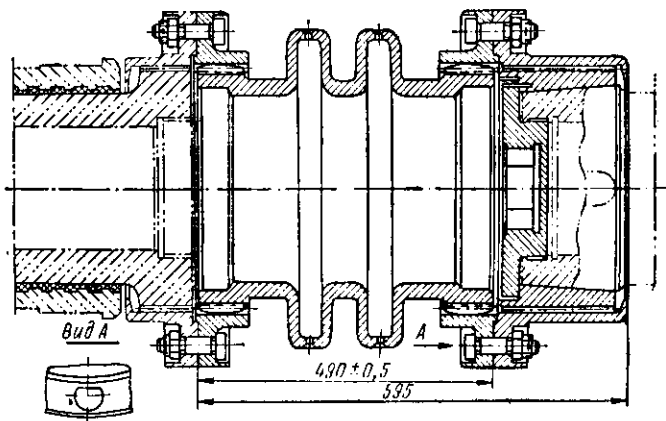


Рис. II.21. Зубчатая муфта с двумя гофрами

рующая способность их объясняется дополнительной подвижностью муфты за счет упругих деформаций, главным образом, торцовых стенок гофр.

Б. ПОЛУЖЕСТКИЕ ДИСКОВЫЕ МУФТЫ

В конструктивном отношении пальцевые муфты в металлических дисках (полужесткие муфты) весьма просты и не требуют особого ухода в процессе эксплуатации.

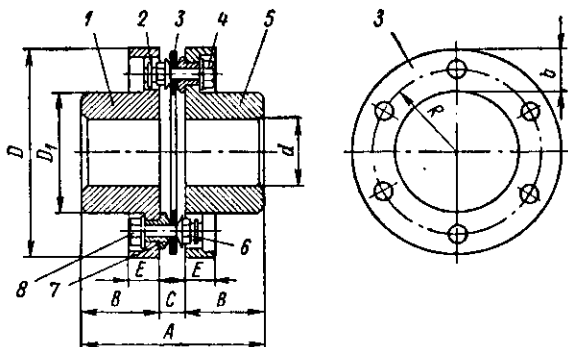


Рис. II.22. Полу жесткая дисковая муфта

Муфта (рис. II.22) состоит из двух одинаковых полу муфт 1 и 5 и набора гибких пластинчатых дисков 3. Болтами 4 и гайками 2 диски притягиваются через шайбы 1 7 к полу муфте 1, а болтами 4 и гайками 2 — к полу муфте 5. Пластинчатые диски 3 термически обработаны. В табл. II. 8 приведены основные размеры муфты.

¹ Шайбы могут быть выполнены как в виде секторов, так и круглыми.

Т а б л и ц а П.8. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. П.22)

л. об/мин	N, кВт	d_{max}	D	H	C	E	A	D_1
13 500	0,9	25,4	82,5	34,9	11,1	15,8	80,9	42,8
11 200	1,6	31,7	98,4	41,2	12,7	17,4	95,2	52,3
9 500	2,2	41,2	116,6	47,6	12,7	17,4	107,9	69,8
8 500	3,9	50,8	138,1	53,9	15,8	20,6	123,8	83,3
7 500	7,2	57,1	155,5	66,6	24,6	21,4	157,9	96,0
6 600	11,2	66,6	180,9	76,2	26,1	24,6	178,5	112,7
5 700	16,6	76,2	207,9	87,3	28,5	27,7	203,2	128,5
4 800	29,0	88,9	241,3	103,1	33,3	33,3	239,7	147,6
4 200	42,9	101,6	279,4	117,4	36,5	36,5	271,4	168,2
3 600	55,9	114,3	320,0	133,3	38,8	46,0	305,5	187,3
3 200	85,7	127,0	361,9	146,0	44,4	52,3	336,5	211,1
2 900	119,3	139,7	400,0	168,2	49,2	60,3	385,7	231,7
2 600	167,7	152,4	444,5	184,1	53,9	66,6	422,2	254,0
2 300	258,7	177,8	504,8	206,3	63,5	73,0	476,2	292,1
2 200	331,0	190,5	552,4	219,0	68,2	79,3	506,4	317,5

Такие муфты используются в реверсивных приводах и механизмах с дистанционным управлением, требующих точного повторения исполнительным элементом заданной программы. Ценным свойством описываемых муфт является

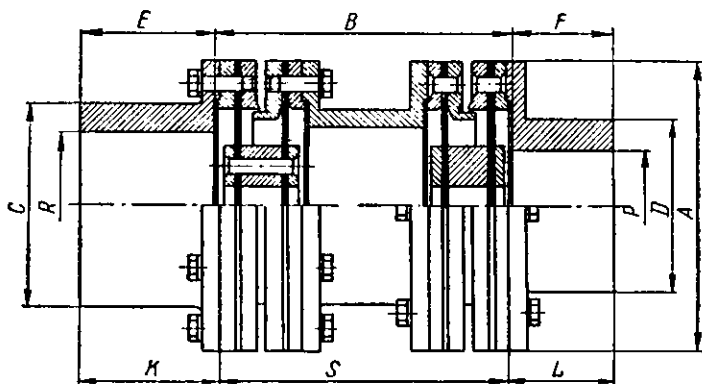


Рис. П.23. Сдвоенная полужесткая муфта

их способность работать при значительных угловых и осевых смещениях. Радиальная же жесткость таких муфт соизмерима с жесткостью валов, и поэтому при наличии радиальных смещений применяются сдвоенные муфты¹ (рис. П.23). Сдвоенные муфты применяются также в случаях, когда необходимо компенсировать значительные по величине осевые смещения и снизить осевую жесткость муфты. Размеры этих муфт приведены в табл. П.9.

¹ В иностранной литературе [107] такие муфты известны под названием «Ригифлекса».

Т а б л и ц а II.9. Размеры (мм) двойных муфт (рис. II.23)

N/n , л. с./коб/л/мм	A	B	C	D	E	F	K	L	P	R	S
0,001	72	75	45	38	26	24	32	26	19	25	70
0,002	72	75	45	38	26	24	32	26	19	25	70
0,003	98	82	62	48	32	26	34	32	25	38	76
0,005	98	82	62	48	32	26	34	32	25	38	76
0,006	98	82	62	48	32	26	34	32	25	38	76
0,008	124	90	80	58	42	34	44	36	32	50	78
0,010	124	90	80	58	42	34	44	36	32	50	78
0,013	124	90	80	58	42	34	44	36	32	50	78
0,017	150	118	102	80	50	40	52	42	45	70	114
0,020	150	118	102	80	50	40	52	42	45	70	114
0,025	150	118	102	80	50	40	52	42	45	70	114
0,030	172	127	120	95	68	56	70	58	64	90	124
0,040	172	127	120	95	68	56	70	58	64	90	124
0,045	172	127	120	95	68	56	70	58	64	90	124
0,050	172	127	120	95	68	56	70	62	64	90	124
0,060	182	144	127	108	74	64	76	76	70	92	126
0,070	182	144	127	108	74	64	76	66	70	92	126
0,080	190	160	134	120	80	72	82,5	74	80	98	127
0,120	220	184	165	142	92	84	95	86	98	121	150
0,160	220	184	165	142	92	84	95	86	98	121	150
0,230	264	200	190	170	105	92	108	95	124	140	194
0,300	264	200	190	170	105	92	108	95	124	140	194
0,375	264	200	190	170	105	92	108	95	124	140	194
0,450	282	200	204	185	105	92	108	95	135	140	194
0,525	282	200	204	185	105	92	108	95	135	150	194
0,600	298	218	216	198	118	105	121	108	144	160	210
0,750	298	218	216	198	118	105	121	108	144	160	210
0,900	318	244	235	216	130	116	135	121	152	172	238
1,050	318	244	235	216	130	116	135	121	152	172	238
1,200	356	302	254	235	148	130	152	135	160	178	294
1,800	394	338	272	242	172	140	176	145	165	198	330
2,500	432	348	292	254	192	155	198	160	178	216	340
4,000	534	428	330	305	210	190	216	198	204	254	416
6,000	610	445	368	342	230	205	236	210	242	280	438
8,000	650	560	470	432	248	222	254	238	248	292	546

Методы расчета пальцевых муфт с металлическими дисками рассмотрены в работах [46, 61, 62]. Получены следующие формулы для определения наибольших напряжений в дисках (кг/см²), вызванных:

крутящим моментом

$$\sigma = A_{\sigma} M_{кр} / (kzhR^2);$$

угловым смещением

$$\sigma = 3Eh\psi / (R\varphi_0^2);$$

радиальным смещением

$$\sigma = B_{\sigma} Ee / (12R);$$

осевым смещением

$$\sigma = 3Eh\int\Phi(u) / (\varphi_0 R)^2.$$

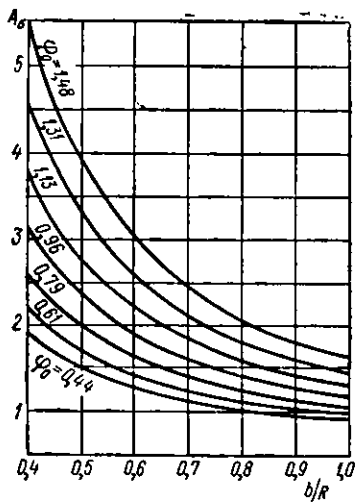


Рис. 11.24. Зависимость коэффициента A_σ от соотношения b/R

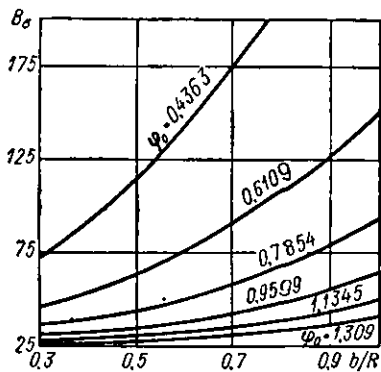


Рис. 11.25. Зависимость коэффициента B_σ от соотношения b/R

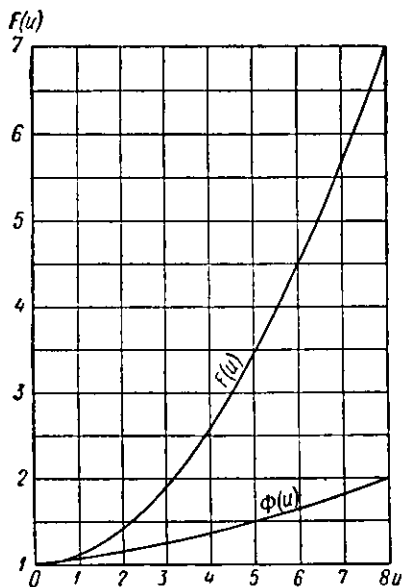


Рис. 11.26. Зависимость функции $F(u)$ от u при расчете дисков

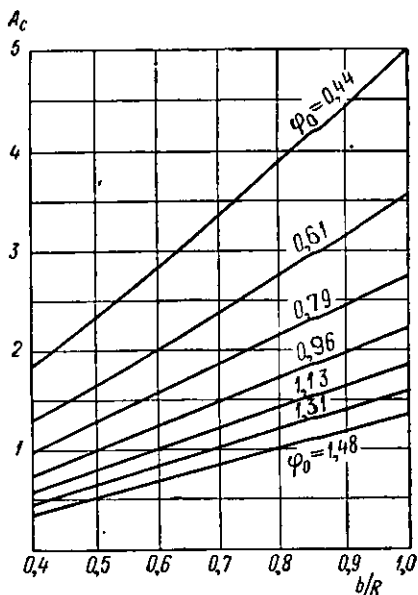


Рис. 11.27. Зависимость коэффициента A_c от соотношения b/R

Здесь k — число пальцев одной полумуфты; z — число дисков; R — радиус расположения пальцев муфты, см; h — толщина диска, см; E — модуль упругости, кгс/см², ψ — угловое смещение осей валов, рад; φ_0 — угол, определяющий упругую часть диска между двумя смежными пальцами, рад; A_ψ и B_ψ — безразмерные коэффициенты (см. графики на рис. II.24 и II.25); c и f — радиальное и осевое смещение валов, см; $\Phi(u)$ — безразмерный параметр, зависящий от u , определяется по графику, приведенному на рис. II.26,

$$u = 1,9 \sqrt[3]{(f/h)^3}$$

Жесткость муфты (кгс·см) может быть приближенно подсчитана по следующим формулам:

крутильная

$$C = A_c k E h R^2;$$

угловая

$$C_\psi = 1,15 E b h^3 z k / (R \varphi_0^3);$$

радиальная

$$C_c = B_c E h k z / 12;$$

осевая

$$C_f = 2,15 E b h^3 z k F(u) / (\varphi_0 R)^3.$$

В этих формулах: A_c и B_c — безразмерные коэффициенты (см. графики на рис. II.27 и II.28); $F(u)$ — безразмерный параметр, зависящий от u (см. график на рис. II.26); b — ширина сечения кольцевого диска, см.

B_c

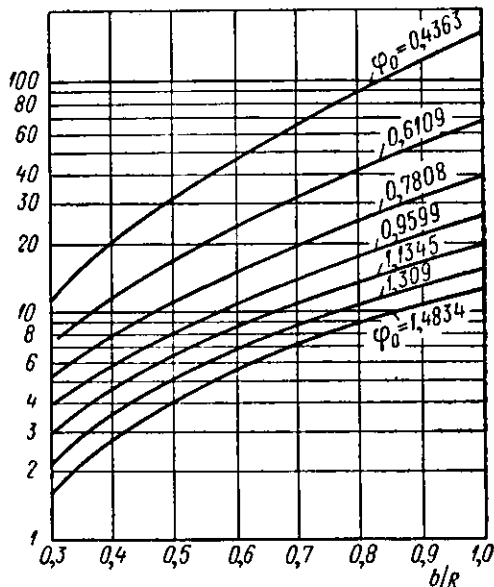


Рис. II.28. Зависимость коэффициента B_c от соотношения b/R

Пр и м е р. Определить величины дополнительных нагрузок на валы, обусловленных смещениями валов при следующих данных;

Число пальцев одной полумуфты k	4
Радиус расположения пальцев муфты R , см	9,5
Ширина сечения диска b , см	5
Толщина диска h , см	0,0435
Число дисков z	20
Диаметр прижимных шайб $d_{п.}$ см	2,5
Угловое смещение ψ , рад	0,015
Осевое смещение f , см	0,125

Угловая жесткость (кгс·см/рад) определяется по формуле

$$C_\psi = 1,15 E b h^3 z k / (R \varphi_0^3).$$

Угол, характеризующий упругую часть диска между двумя смежными пальцами,

$$\varphi_0 = (\pi/k - 0,8d_{п.}/R) = (\pi/4 - 0,8 \cdot 2,5/9,5) = 0,565 \text{ рад.}$$

Приняв для стальных дисков $E = 2 \cdot 10^6$ кгс/см², получаем

$$C_\psi = 1,15 \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 0,0435^3 \cdot 20 \cdot 4}{9,5^3 \cdot 0,565^3} = 49 \cdot 10^3 \text{ кгс·см/рад.}$$

Реактивный момент, действующий со стороны муфты,

$$M_p = \psi C_\psi = 0,015 \cdot 49 \cdot 10^3 = 735 \text{ кгс·см.}$$

Осевая жесткость муфты (кгс/см)

$$C_f = 2,15 E b h^3 z u E (u) / (\varphi_0 R)^3.$$

Найдем предварительно функцию $F(u)$. Параметр

$$u = 1,9 \sqrt[3]{(f/h)^2} = 1,9 \sqrt[3]{(0,125/0,0435)^2} = 3,83.$$

По графику, показанному на рис. 11.26, находим, что $F(u) = 2,45$.
Осевая жесткость муфты

$$C_f = 2,15 \frac{2,2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 0,0435^3 \cdot 20,4}{(0,565 \cdot 9,5)^3} = 2,45 = 2470 \text{ кгс/см.}$$

Осевая сила, действующая на валы со стороны муфты,

$$Q_p = f C_f = 0,125 \cdot 2470 = 309 \text{ кгс.}$$

6. ШАРНИРНЫЕ МУФТЫ

В шарнирных муфтах использован принцип работы пространственного шарнира Гука. Они служат для передачи крутящего момента между валами, имеющими большое угловое смещение осей (до 40—45°), которое в процессе вращения муфты может изменяться. Эти муфты применяют в широком диапазоне нагрузок — от 1,25 до 300 000 кгс·м.

Обычно муфта состоит из двух вилок и промежуточной детали в виде крестовины, шарнирно соединенной с концами вилок. Плоскости вилок повернуты по отношению друг к другу на 90°. Соединяя две муфты, можно обеспечить передачу момента при значительном радиальном смещении осей валов (рис. 11.29).

Шарнирные муфты применяются:

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

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

3) передачи вращения валам, положение которых изменяется во время работы (консолли фрезерных станков и т. п.).

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

По габаритным размерам и передаваемым крутящим моментам шарнирные муфты делятся:

1) на малогабаритные (см. рис. 11.31 и 11.33), предназначенные для передачи малых моментов (от 1,25 до 128 кгс·м). У них шарниры размещены в габаритных размерах ступиц полумуфт;

2) крупногабаритные (см. рис. 11.36 и 11.38), предназначенные для передачи средних и больших моментов (от 100 до 80 000 кгс·м). У них шарниры вынесены за габаритные размеры ступиц полумуфт.

При наличии углового смещения осей соединяемых валов вращение 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, причем $\omega_{2\max}$ и $\omega_{2\min}$ — соответственно наибольшее и наименьшее значение последней, γ — угол наклона осей валов в град, α — угол поворота ведущего вала вокруг своей оси (...°) от начального положения, при котором ось шарниров ведущей вилки перпендикулярна плоскости расположения валов, то

$$\left. \begin{aligned} \omega_2/\omega_1 &= \cos \gamma / (1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha); \\ \omega_{2\max}/\omega_1 &= \omega_1/\omega_{2\min} = 1/\cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (11.1)$$

Коэффициент неравномерности вращения ведомого вала

$$k = (\omega_{2\max} - \omega_{2\min})/\omega_2 = \operatorname{tg} \gamma \sin \gamma. \quad (11.2)$$

Периодическое отставание и опережение ведомого вала относительно номинальных положений, соответствующих равномерному вращению, вызывает допустимые 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

$$e_2 = e_1 \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha} + \omega_1^2 \frac{\sin^2 \gamma \cos \gamma \sin 2\alpha}{(1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha)^2},$$

где e_1 — угловое ускорение ведущего вала.

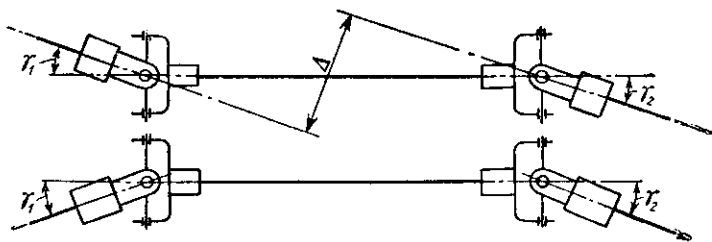


Рис. 11.29. Схема вала с шарнирными муфтами

При $\omega_1 = \text{const}$, т. е. $e_1 = 0$,

$$e_2 = \omega_1^2 \sin^2 \gamma \cos \gamma \sin 2\alpha / (1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha)^2.$$

Синхронное вращение ведомого и ведущего валов можно обеспечить:

1) постановкой двух последовательно расположенных шарнирных муфт с промежуточным валом. При этом оси ведущего и ведомого валов должны составлять одинаковые углы с промежуточным валом, а вилки на обоих концах промежуточного вала должны быть расположены в одной плоскости ($\gamma_1 = \gamma_2$ — рис. 11.29);

2) применением специальных синхронных шарнирных муфт (см. рис. 11.39, 11.40, 11.41);

3) применением сдвоенных муфт (см. рис. 11.37).

К. п. д. муфты с цапфами в шарнирах (см. рис. 11.31)

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

для $\gamma \leq 25^\circ$

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

где d — диаметр цапфы; R — 1/2 расстояния между серединами цапф, имеющих общую ось поворота; f — коэффициент трения в шарнире ($f = 0,15 + 0,2$ — при опорах скольжения, $f = 0,05 + 0,1$ — при игольчатых опорах). При $\gamma \leq 25^\circ$ к. п. д. шарнирных муфт достигает 0,98—0,99.

При действии на ведущую вилку муфты крутящего момента M_1 крутящий момент на промежуточной части муфты (крестовине)

$$M_{\Pi} = M_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma \cos^2 \alpha};$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_{\Pi} = M_{\Pi \max} = M_1 / \cos \gamma.$$

(11.3)

Сила, воспринимаемая шарниром,

$$P_{\Pi} = M_{\Pi} / (2R); \quad P_{\Pi \max} = M_{\Pi \max} / (2R).$$

(11.4)

Крутящий момент на ведомой вилке муфты

$$M_2 = M_1 (1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha) / \cos \gamma$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_2 = M_{2 \max} = M_1 / \cos \gamma.$$

(11.5)

Наклон осей валов вызывает изгибающий момент, приложенный в плоскости перекоса валов,

$$M_{1н} = M_1 \operatorname{tg} \gamma \cos \alpha;$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_{1н} = M_1 \operatorname{tg} \gamma;$$

на ведомом валу

$$M_{2н} = M_1 \operatorname{tg} \gamma \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha};$$

при $\alpha = \pi/2; 4\pi/3$

$$M_{2н \max} = M_1 \sin \gamma.$$

На рис. II.30, а показано изменение крутящего момента на ведомом валу M_2 при постоянном крутящем моменте M_1 на ведущем валу, на рис. II.30, б — изменение изгибающего момента $M_{1н}$, а также горизонтальной $P_{1г}$ и вертикальной $P_{1в}$

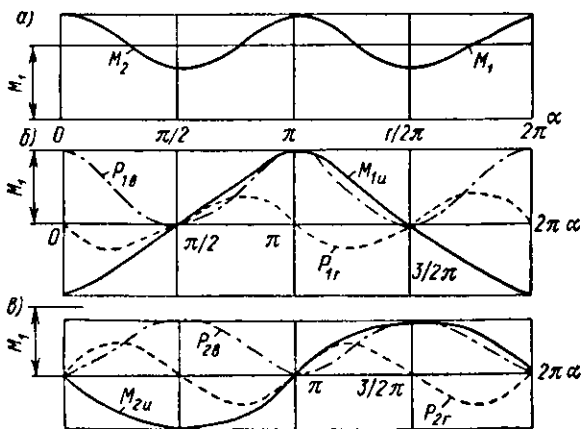


Рис. II.30. Изменение моментов и радиальных нагрузок на валах

составляющих нагрузки на опору ведущего вала, а на рис. II.30, в — то же для ведомого вала. Графики построены для $\gamma = 45^\circ$.

1. Муфты рассчитывают по давлению в шарнирах и по силе $P_{ш \max}$ (на прочность вилок и крестовин).

Давление в шарнирах скольжения

$$q = P_{ш \max} / (ld) \leq [q], \quad (II.6)$$

где d и l — диаметр и длина цапфы, см; $[q]$ — допускаемое давление, кгс/см² (при закаленных поверхностях $[q] \leq 400$ кгс/см²).

Давление в игольчатых опорах рассчитывают условно по формуле (II.6), где l — рабочая длина игл; $[q] = 60 \div 80$ кгс/см² (по данным автомобильной промышленности).

Рабочие нагрузки на шарниры, валы и опоры зависят от условий работы: при малой скорости вращения $P_{ш \max}$, $M_{п \max}$ и $M_{2 \max}$ определяются по формулам (II.3), (II.4) и (II.5) при $\alpha = 0$.

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

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

$$M_{2\max} = M_1 + e_2\theta;$$

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

$$M_{2\max} = M_{1\max} \sqrt{1 + 0,5 \operatorname{tg}^2 \gamma},$$

где θ — приведенный момент инерции масс, присоединенных к ведомой вилке.

Для муфт с промежуточным валом или сдвоенной муфты (при $\gamma_1 = \gamma_2$) под θ в первом случае понимают 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 крутящий момент на ведомой вилке (при $\alpha = 45^\circ$)

$$M_{2\max} = M_1 + e_{2\max}\theta + \Delta\alpha_{\max} JG/(57L),$$

где θ — момент инерции масс ведомой части муфты с крестовиной и половины промежуточного вала, кгс·см·с²; J — момент инерции сечения вала, см⁴; G — модуль упругости при сдвиге, кгс/см²; L — длина вала, см; $\Delta\alpha_{\max}$ — град.

Быстроходные валы с шарнирными муфтами проверяют на критическую угловую скорость, принимая коэффициент запаса не менее 1,5.

Малогабаритные шарнирные муфты

По ГОСТ 5147—69 малогабаритная муфта имеет два исполнения (тип А и тип Б) — рис. П.31. У одинарной муфты (тип А) ступицы полумуфт 1, насаживаемые на концы соединяемых валов, оканчиваются вилками. Вилки соединяются между собой с помощью крестовины 6, пальца 3, втулок 5 и стержня 4. Полумуфты соединяют с валом штифтами 2. У сдвоенной муфты (тип Б) промежуточный полый вал имеет на концах вилки, соединяемые с вилками полумуфт. Крестовина выполняется из стали 40X (HRC 48—52), ШХ12 или ШХ15, вилки — из стали 20X (HRC 48—62) или хромоникелевых сталей, палец и втулки — из стали 40X (HRC 48—53), стержень — из стали 20. Одинарная муфта допускает перекося валов до 45°.

В табл. П.10 приведены основные размеры и параметры муфты.

При малых частотах вращения (до 200 об/мин) подбор муфт производят по допустимым моментам (табл. П.10), подсчитанным с коэффициентом запаса 1,25 по отношению к моментам, соответствующим началу появления остаточных деформаций, и с коэффициентом 3—3,2 по отношению к разрушающим моментам.

При углах перекося γ , отличных от нуля, допустимые моменты составляют

$$M_\gamma = M_0 \cos \gamma,$$

где M_0 — допустимый крутящий момент при $\gamma = 0$ (табл. П.10).

При больших частотах вращения (более 200 об/мин) муфты подбирают из условия допустимой температуры нагрева по номограмме (рис. П.32).

Зная частоту вращения муфты в минуту и мощность или крутящий момент (отсчитывается по наклонной сетке), определяют диаметр расточки в полумуфтах, а по нему из табл. П.10 берут основные размеры муфты.

Малогабаритная муфта фирмы «Людвиг Лёве» (ФРГ) имеет два исполнения (рис. П.33, а, б). Для удобства сборки муфты вилки со ступицами выполняют составными и со стягивающими кольцами, крестовина выполняется цельной. Плоскость разреза совпадает с осью полумуфты (рис. П.33, 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° С, продолжительность включения 70%) размер муфты

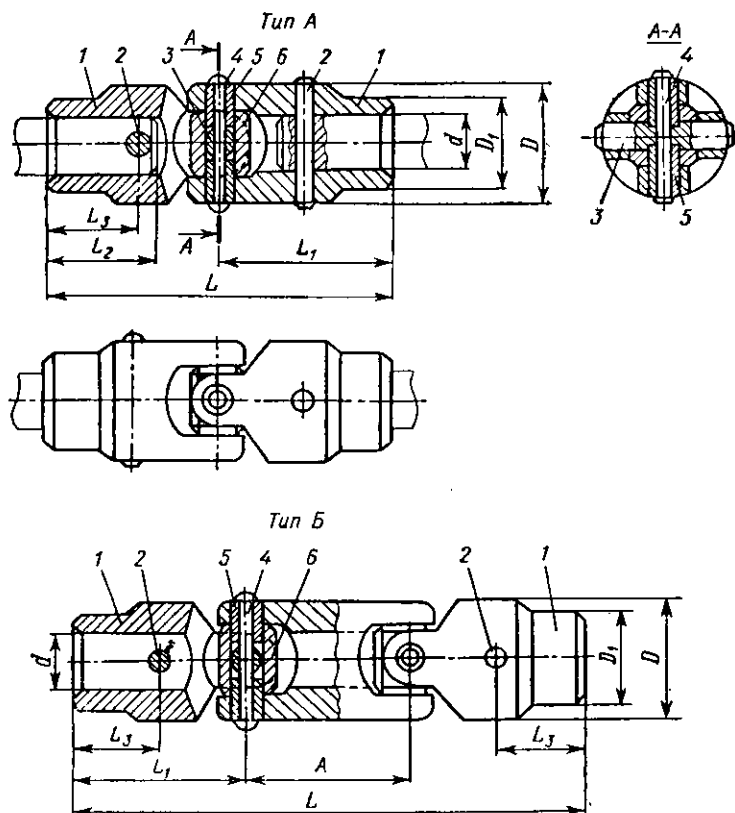


Рис. II.31. Малогабаритные шарнирные муфты по ГОСТ 5147—69

Т а б л и ц а II.10. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 5147—69 (рис. II.31)

d	D	D ₁	L		L ₁	L ₂	L ₃	A	Допускаемый крутящий момент M _{доп} , кгс·м
			Тип А	Тип Б					
8	16	12	58	78	29	20	14	20	1,25
10	20	16	62	88	31	20	14	26	2,50
12	25	20	76	108	38	25	18	32	4,00
16	32	25	88	126	44	28	23	38	8,00
20	40	32	112	160	56	36	31	48	16,00
25	50	40	136	194	68	42	37	58	32,00
32	60	50	170	240	85	58	50	70	64,00
40	75	60	224	316	112	82	74	92	128,00

Пример условного обозначения шарнирной муфты типа А с $d = 12$ мм: Муфта А12 ГОСТ 5147—69. То же типа Б: Муфта Б12 ГОСТ 5147—69.

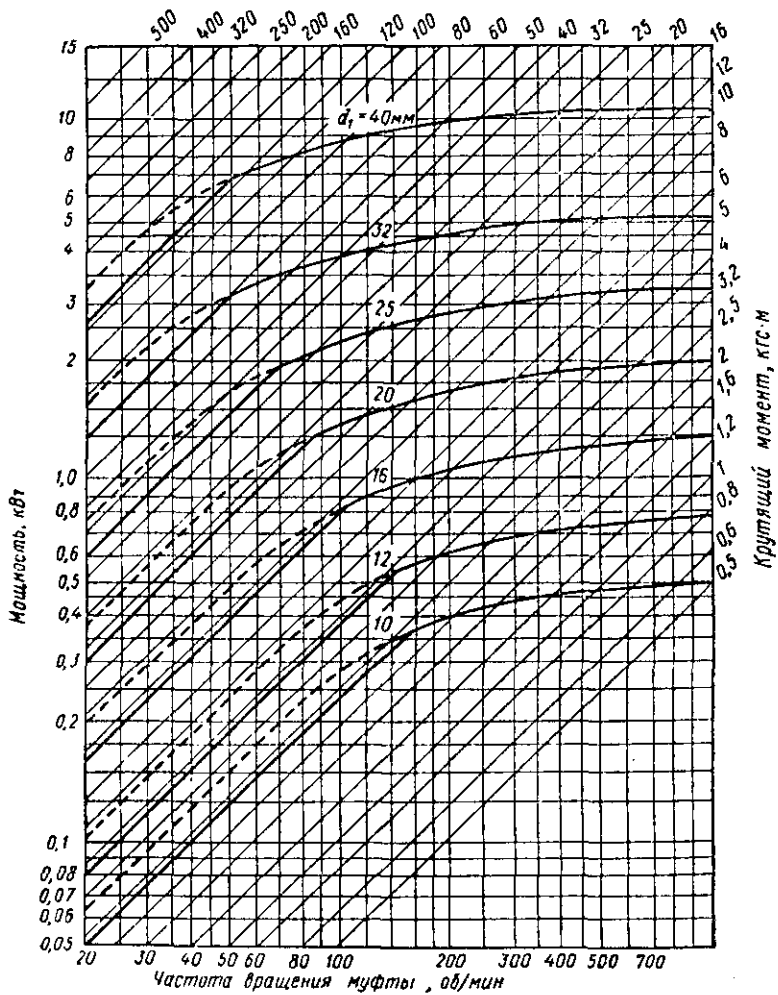


Рис. П.32. Допускаемые мощности и крутящие моменты для малогабаритных шарнирных муфт при угле $\gamma = 10^\circ$.
 Криволинейные участки — по критерию нагрева, прямолинейные — по критерию прочности (по ГОСТ 5147—69). Моменты отсчитывают по наклонной сетке

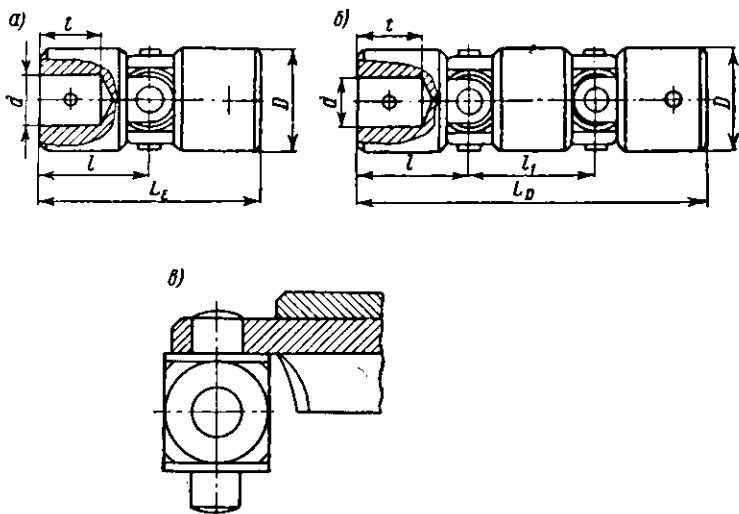


Рис. П.33. Малогабаритные муфты фирмы «Людвиг Лёве»

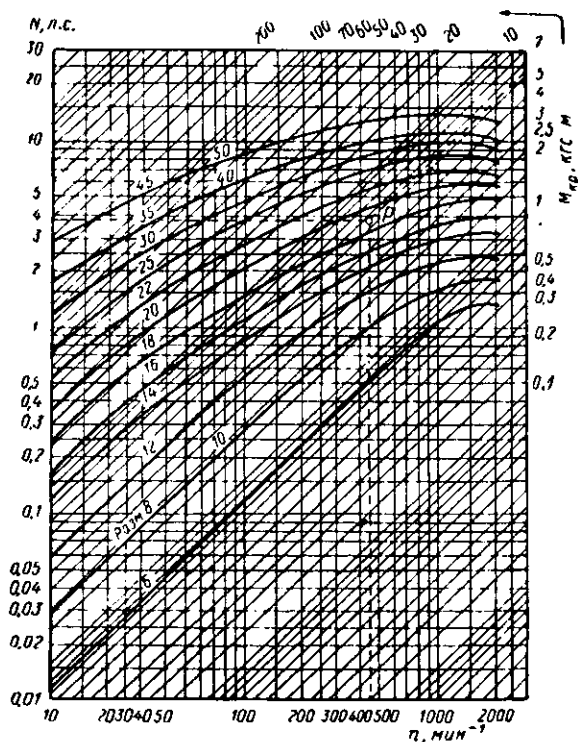


Рис. П.34. Зависимость размера муфты от передаваемой мощности, крутящего момента и скорости вращения

подбирается по номограмме (рис. II.34) в зависимости от передаваемой мощности N или крутящего момента $M_{кр}$ (отсчитывается по наклонной сетке) и частоты вращения. Увеличение угла перекоса валов учитывается введением поправочного коэффициента k (рис. II.35). При этом

Таблица II.11. Размеры (мм) муфты (рис. II.33)

d	D	L_E	L_D	l	l_1	l
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

$$N_{расч} = N/k.$$

В табл. II.11 приведены основные размеры муфты.

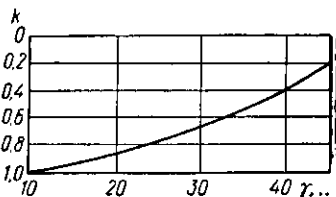


Рис. II.35. Зависимость коэффициента k от угла перекоса валов

Крупногабаритные муфты фирмы «Крофтс»

На рис. II.36 представлена крупногабаритная муфта фирмы «Крофтс» (Англия), допускающая $\gamma \leq 15^\circ$. Вилки полумуфт 1 имеют специальную форму и соединяются двумя кольцами 2 и 2', стягиваемыми винтами 3 в осевом направлении. Шарниры имеют хорошо изолированные опоры скольжения и систему отверстий для подвода смазки.

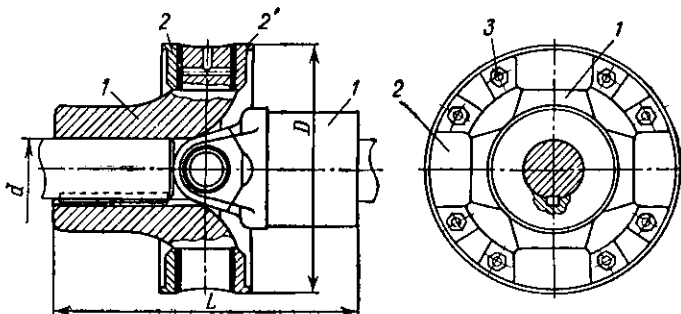


Рис. II.36. Крупногабаритная муфта фирмы «Крофтс»

На рис. II.37 представлена двоякая муфта в двух исполнениях, выпускаемая в ГДР [106]: а — с центрированием вилок; б — без центрирования. Муфта состоит из вилки 1, крестовины 3, промежуточной детали б с вилками и пальцев б и 2, центрирующих полумуфты. Шарниры имеют игольчатые опоры 4.

Для одинарной муфты $\gamma \leq 40^\circ$. Угловая скорость ведомого вала практически постоянна при постоянной угловой скорости ведущего вала. В табл. II.12 приведены основные размеры и параметры этой муфты.

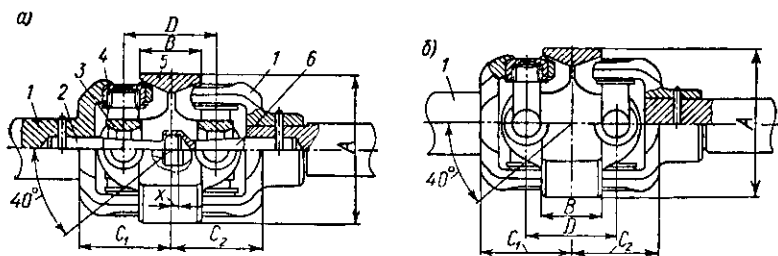


Рис. II.37. Сдвоенная муфта

На рис. II.38 представлена муфта с крестовиной 1. Возможность сборки муфты обеспечивают применением закладных колец (чашек) 4 игольчатых подшипников, удерживаемых от выпадания крышками 3. Применение надежных уплотнений 2 и долговечных пластичных смазок (например, Литол-24 по ГОСТ 21150—75 или смазка № 158 по ТУ 38 101320—75) позволило изготовить эти муфты без необходимости технического обслуживания в течение всего срока службы.

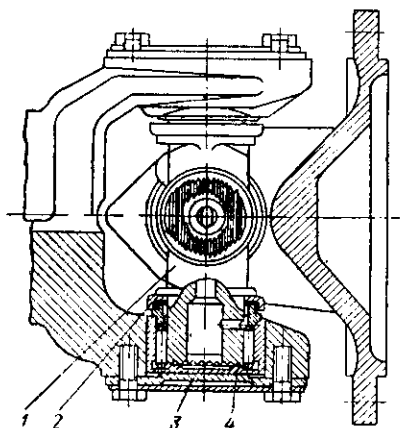


Рис. II.38. Крупногабаритная муфта на опорах качения, не требующая технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации

к наружной обойме 1. 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 бисекторной плоскости. Муфта допускает $\gamma \leq 15^\circ$. В муфте шесть шариков. Одна из полу муфт может иметь лишь одну опору.

Муфта, представленная на рис. II.40 [42], 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

Синхронные муфты

Эти муфты отличаются тем, что при угловом смещении валов ведомая полу муфта имеет постоянную угловую скорость.

На рис. II.39 представлена муфта [106], 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. Винтами 7 ступица 5 и крышка 9 крепятся

Т а б л и ц а П.12. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. П.37)

A_{\max} , кгс·м	A	B	C_1	C_2	D	Примечания
80	80	34	48	48	48	С центрированием вилок
120	95	40	54	54	54	
180	110	45	59	59	59	
240	125	55	72	72	65	
350	142	50	80	80	75	Без центрирования вилок
540	162	42	90	90	86	

в гнезде обоймы 1 и вызывает смещение сепаратора 7 таким образом, что плоскость расположения шаров совпадает с бисекторной плоскостью.

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

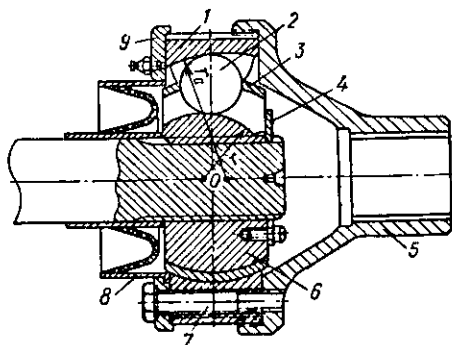


Рис. П.39. Синхронная шариковая муфта

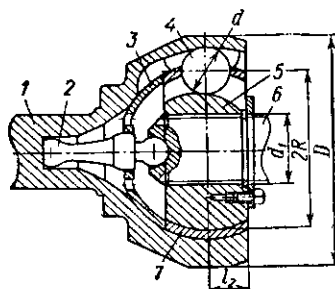


Рис. П.40. Синхронная шариковая муфта с обоймой, выполненной за одно целое с валом

При проверочном расчете муфты [42] определяют нормальную силу, действующую на шарик,

$$N = M_{кр}/(7,87d) \ll [N],$$

где d — диаметр шарика; $[N]$ — допустимая нормальная сила, действующая на шарик (из условия отсутствия износа шариков и канавок $[N] = 266d^2$).

При проектном расчете определяют диаметр шарика

$$d = \sqrt[3]{(M_{кр}/2100)}.$$

В табл. П.13 приведены основные размеры и параметры муфты по рис. П.40 для угла $\gamma = 0$ (при $\gamma \neq 0$ создаются более благоприятные условия для передачи момента).

На рис. П.41 представлена муфта (патент ФРГ № 2461298, выдан 16.6.76), отличающаяся простотой конструкции и изготовления. Крутящий момент с внешней обоймы 1 на внутреннюю 3 передается через шарики 6, расположенные в про-

Т а б л и ц а П.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. П.40)

$M_{кр}$, кг·м	Разрушающий крутящий момент $M_{разр}$, кг·см	d_1	n_{max} , об/мин	d	D	$2R$	l_4
106	34 500	24	6000	17	85	60	14
150	43 700	25	5000	19	93	65	18
175	50 600	28	4000	20	102	71	18
230	69 000	32	3500	22	110	76	20
300	74 000	35	3000	25	120	85	21
415	98 000	38	2500	27	133	93	24
690	127 000	45	2000	32	152	108	28
—	132 500	50	—	36	175	125	32
1500	288 000	57	1500	41	197	142	36
2000	346 000	64	1200	46	200	154	36

дольных канавках 4 и 6 в обоймах. Положение шариков определяет сепаратор 2, внешняя и внутренняя поверхности которого очерчены сферами со смещенными центрами кривизны, лежащими на оси вращения. Радиусы кривизны сфер по-

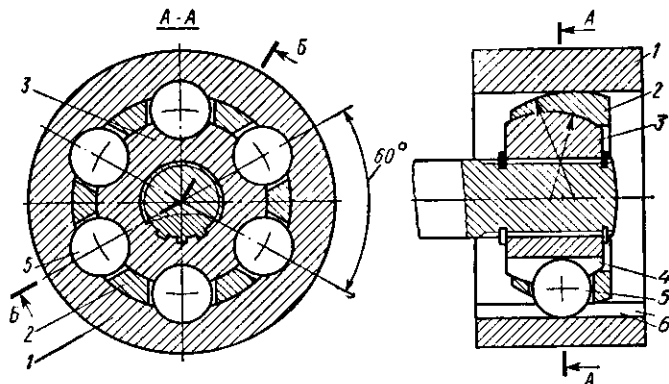


Рис. П.41. Синхронная муфта

добраны так, что при угловых смещениях валов шарик в результате поворота сепаратора располагаются в бисекторной плоскости. Муфта допускает взаимные осевые смещения обшей.

Карданные валы

Карданные валы представляют собой комбинацию двух шарнирных муфт и промежуточного вала часто переменной длины (вместо шарнирных муфт могут применяться упруго-компенсирующие или компенсирующие муфты).

На рис. П.42 представлен жесткий карданный вал автомобиля. На концах телескопического промежуточного вала 2 расположены шарнирные муфты 1 с игольчатыми опорами 3. Для подвода смазки к опорам в крестовине имеются система сверлений и пресс-масленка. Шлицевое соединение позволяет менять длину вала. Шлицы смазываются пластичной смазкой через пресс-масленку и защищены от попадания грязи.

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

На рис. 11.43 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой «Лер» (ФРГ). Шарнирные муфты 7, расположенные на концах промежуточного вала переменной длины, имеют игольчатые опоры. Наружная гильза 1, имеющая на одном конце вилку шарнира, упруго соединяется с внутренней гильзой 3 через слой привулканизированной резины 2. Гильза 3 шлицами подвижно соединяется с валом 4, имеющим на конце вилку шарнира. Благодаря центрирующему кольцу 5, соединенному с гильзой 1 винтами, шпилу 9, запрессованному в гильзу 3, и опорам скольжения с самосвязывающимися 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 и допускает 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. 11.14 приведены основные размеры и параметры карданного вала.

На рис. 11.44 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой ГВБ (ФРГ). На концах промежуточного сварного вала 1 расположены упругие муфты 3 с резиновым кольцом переменной толщины. Одна муфта зафиксирована на валу 1 (в осевом направлении), другая — свободна. 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 крутящего момента. Детали 4 и 2 соединяются за счет натяга и радиально расположенных винтов.

В табл. 11.15 приведены основные размеры и параметры карданного вала.

В упругом карданном вале фирмы «Вулкан» (ФРГ) шарнирные муфты 1 (рис. 11.45) с игольчатыми опорами качения соединены пакетом резинометаллических упругих элементов. Плоские металлические диски 5 через шпонки 12 соединены с корпусом 8, связанным через шлицевую втулку 11 с валом 9, а конусные диски 7 через шпонки 13 соединены со втулкой 10, связанной с левой муфтой.

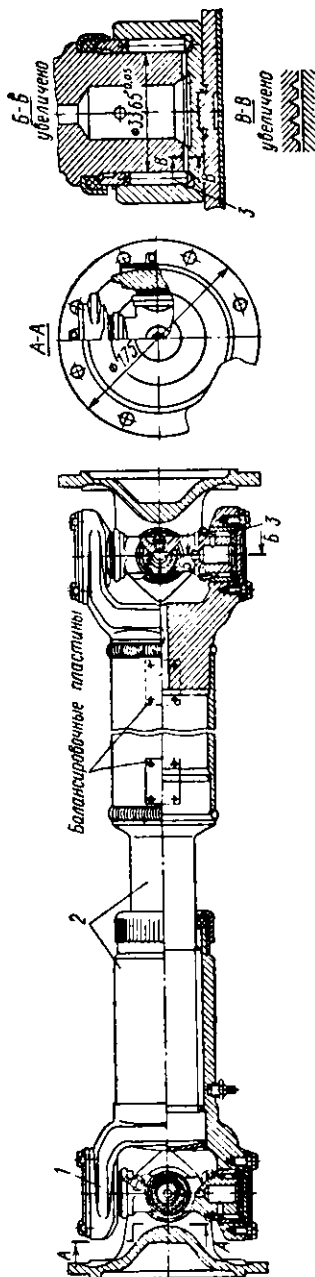


Рис. 11.42. Жесткий карданный вал

Рис. П.43. Упругий кар-
данный вал фирмы «Лёр»

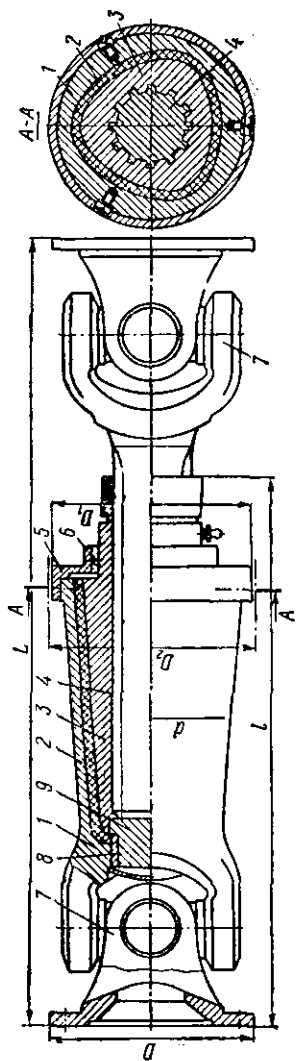
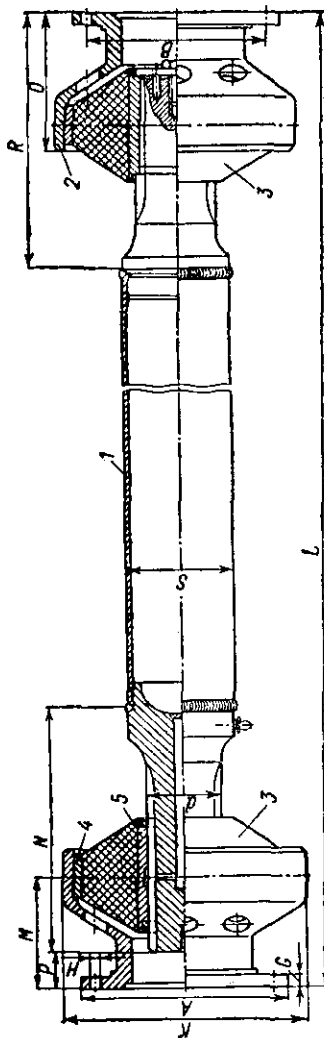


Рис. П.44. Упругий кар-
данный вал фирмы
«ГВБ»



Т а б л и ц а П.14. Размеры (мм) и параметры карданного вала
(рис. П.43)

M_{max}	$M_{\text{разр}}$	D	D_1	l	d	L	V^*
40	120	75	70	211	25,4	310	35
120	360	100	108	295	35,0	425	50
225	675	120	120	349	44,5	490	70
380	1080	150	150	390	50,8	560	80

* Допустимое осевое смещение вала 4 в гильзе 3.

Т а б л и ц а П.15. Размеры (мм) и параметры карданного вала
(рис. П.44)

M_{max} , кгс·м	l_{max} , об/мин	Максимальные осевые перемещения от нейтрального положения, мм		Максимальное осевое усилие, кгс	L_{min}	A	B	G
		по шлицам	при отсутствии шлицев					
4,30	12 000	±5	±1,5	40	151,5	65	52	4,5
7,00	12 000	±6	±1,5	40	165,5	75	62	6,0
12,00	10 000	±7	±1,5	40	184,0	90	74	7,0
21,50	9 000	±8	±2,0	50	204,0	100	84	7,5
38,00	8 000	±9	±2,0	50	218,0	120	100	8,0
68,00	7 000	±10	±3,0	70	250,0	150	130	10,0
120,00	6 000	±12	±3,0	70	280,0	180	155	12,0

M_{max} , кгс·м	H	Количество отверстий во фланце	K	d	M	N	O	P (для среднего положения)	R	S
4,30	6	4	78	22	45	105	52,5	15,0	100	32
7,00	6	6	92	25	50	122	64,0	13,0	110	40
12,00	8	4	108	32	58	128	68,0	19,5	118	50
21,50	8	6	120	35	61	135	72,0	19,0	130	50
38,00	8	8	142	44	65	150	77,5	16,0	140	60
68,00	10	8	166	50	75	162	89,0	21,0	157	70
120,00	12	8	200	63	85	178	100,5	25,0	178	90

Благодаря конусной форме дисков 7 резиновые шайбы 6 имеют равномерное напряжение состояние при действии крутящего момента. С помощью гайки 4 через диски 2 и 3 создается предварительное сжатие резины, обуславливающее повышение ее усталостной прочности. Смазка шлицев и трущихся поверхностей втулок 10 и 11 осуществляется пластичной смазкой, подводимой через пресс-масленку и систему отверстий вала 9 и втулки 11. Основные параметры и размеры приведены в табл. П.16.

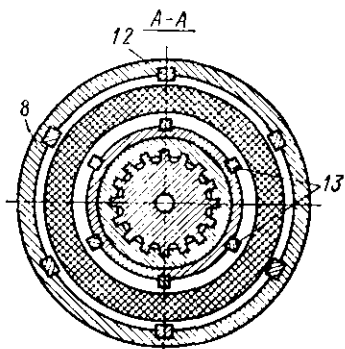
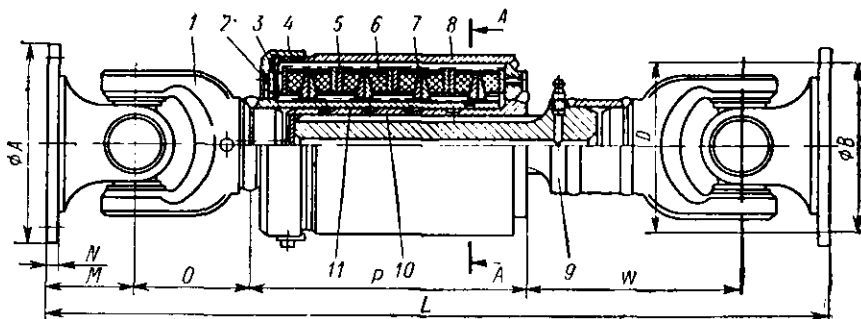


Рис. II.45. Упругий карданный вал фирмы «Вулкан»

Т а б л и ц а II.16. Размеры (мм) и параметры карданного вала (рис. II.45)

М ном, кгс.м	Фном, Угол поворота муфт, ...	М макс, кгс.м	Осевое сме- щение муфт, мм	Л макс, об/мин	A	B	D	M	N	O	P	W	L
16	8	39	40	3300	90	74,5	75	40	6	50	134	70	334
22	8	55	45	3300	100	84,0	90	48	7	60	139	83	378
40	8	100	55	2700	120	101,2	120	58	9	65	174	90	445
57	8	142	55	2700	120	101,5	122	68	9	80	212	96	524
83	8	208	65	2200	150	130,0	140	65	9	80	211	106	527
110	8	275	65	2200	150	130,0	150	75	9	92	214	115	570
190	8	475	75	1850	180	155,5	180	90	12	115	300	130	725
345	8	795	75	1550	225	196,0	225	108	15	148	317	161	842
475	8	1190	75	1250	250	218,0	250	130	18	175	355	190	980
680	8	1700	90	1250	285	245,0	285	135	20	190	385	195	1040
880	8	2200	110	—	315	280,0	315	150	22	210	439	216	1165
1480	8	3700	120	—	350	310,0	350	170	25	240	523	241	1344
1820	8	4550	135	—	390	345,0	390	190	28	260	714	256	1610
2600	8	6500	150	—	435	385,0	435	210	32	280	975	285	1960

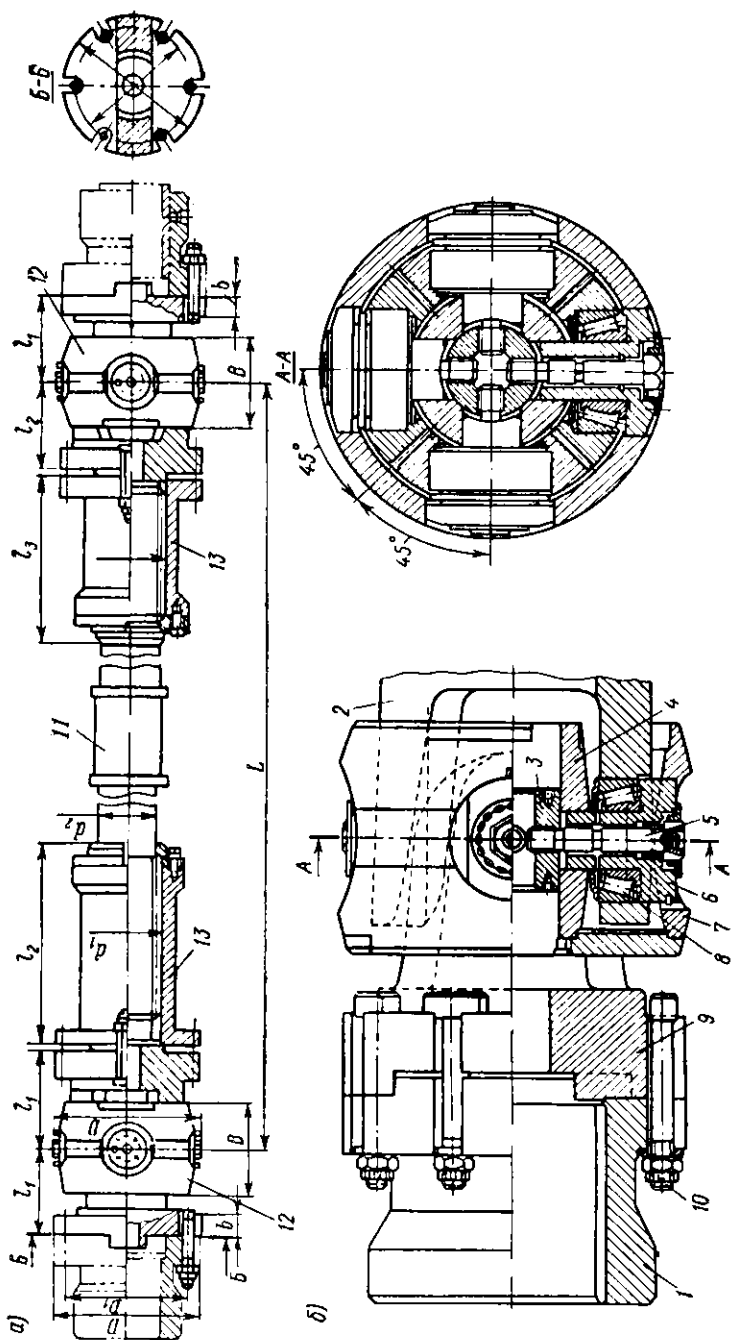


Рис. П. 46. Универсальный шпиндель ВНИИметмаша

Т а б л и ц а П.17. Размеры (мм) и параметры шпинделя (рис. П.46)

Типоразмер шпинделя	$M_{\text{шп.м}}$ кгс.м	D	B	D_1	d_1	d_2	l_1	l_2	l_4	b	Масса (кг) при $L = 8D$
1	360	140	100	118	60	50	90	215	152	20	60
2	380	160	110	135	70	60	105	250	176	25	98
3	630	180	120	155	80	70	115	270	196	30	140
4	800	210	140	180	100	90	130	325	236	30	225
5	1 000	235	150	200	110	95	145	345	263	35	310
6	1 300	255	165	215	120	105	160	393	291	40	400
7	2 000	280	185	240	130	115	175	423	311	40	530
8	2 500	300	200	260	140	125	185	458	333	45	670
9	3 500	325	215	280	160	145	205	511	379	50	910
10	4 800	370	240	315	180	165	225	586	428	50	1 250
11	6 000	390	260	330	190	175	240	610	448	55	1 590
12	8 700	425	280	355	200	185	270	630	468	65	1 970
13	11 400	470	310	400	220	195	295	701	515	70	2 530
14	15 000	515	340	445	260	235	325	776	595	80	3 600
15	18 000	560	360	480	280	255	345	826	640	85	4 500
16	23 000	605	390	525	300	275	370	880	685	90	5 100
17	30 000	650	420	570	320	295	400	930	725	100	6 260
18	36 000	710	460	620	340	315	440	990	775	105	7 800
19	45 000	755	490	665	360	335	470	1045	820	115	9 530
20	61 000	800	520	695	400	375	500	1155	910	120	12 270
21	80 000	890	570	785	440	415	545	1241	995	135	16 650

На рис. П.46, а представлен универсальный шпиндель для приводов прокатного оборудования, разработанный во ВНИИметмаше. На концах промежуточного вала // расположены шарнирные муфты 12, соединенные с валом

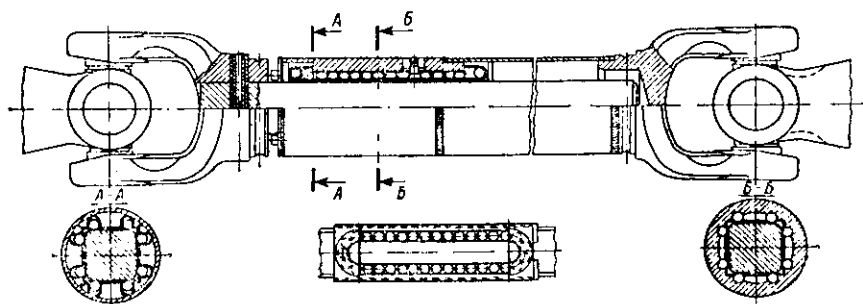


Рис. П.47. Карданный вал с шариковыми шлицами фирмы «Вальтершейд»

шлицами через стаканы 13. Муфта (рис. П.46, б) состоит из вилки 9, соединенной со ступицей 1 закладными винтами 10 и торцевым замком, из вилки 2, соединенной 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 регулируют винтом 5, который стопорится крышкой с шестигранным отверстием, крепящейся винтами к оси 6. Вилки изготовлены из стали 34ХН3М, промежуточный вал — из стали 45, оси — из стали 40ХМ. Подшипники смазывают 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. II.17 приведены основные размеры и техническая характеристика шпинделя $L = (5 \div 12) D$.

У карданного вала, выпускаемого фирмой «Валтершейд» (ФРГ) (рис. II.47), применены шариковые шлицы. Для этого внутренний вал, соединенный с левой муфтой, делают квадратного сечения. Пластичная смазка к шарикам подводится через пресс-масленку.

УПРУГИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты характеризуются наличием упругого элемента, за счет деформации которого осуществляется взаимное перемещение деталей муфты, необходимое для компенсации смещения осей ведущего и ведомого валов.

1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Упругие подвижные муфты способны:

1) смягчать толчки и удары; при этом кинетическая энергия удара частично поглощается и переходит в теплоту, частично аккумулируется упругими элементами, превращаясь в потенциальную энергию деформации;

2) служить средством защиты от резонансных крутильных колебаний, возникающих вследствие неравномерности вращения;

3) допускать сравнительно большие смещения осей соединяемых валов. При этом, благодаря деформации упругого элемента, валы и опоры нагружаются малыми силами и моментами.

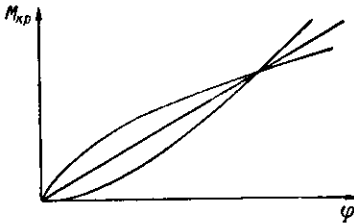


Рис. III.1. Линейная и нелинейные характеристики муфт

Упругие муфты характеризуются:

1) жесткостью при кручении (или обратной величиной — податливостью), представляющей собой зависимость относительного угла поворота полумуфты от величины крутящего момента $M_{кр}$ (рис. III.1);

2) демпфированием, т. е. способностью необратимо поглощать механическую энергию;

3) энергоемкостью, представляющей собой работу упругой деформации муфты при действии некоторого крутящего момента. Энергоемкость является сравнительной характеристикой муфт и не может быть

использована при динамических расчетах машин с упругой муфтой.

Различают муфты постоянной (линейной) и переменной (нелинейной) жесткости. Жесткость нелинейной муфты C определяется как производная от крутящего момента по углу закручивания ($C = dM_{кр}/d\varphi$) и является переменной величиной. Характер этой зависимости определяется конструкцией муфт, а для муфт с неметаллическими упругими элементами — еще температурой и законом изменения нагрузки во времени. Нелинейные муфты могут иметь жесткую или мягкую характеристику. В линейной муфте крутящий момент пропорционален углу закручивания φ . Жесткость нелинейных муфт обычно растет с увеличением деформации, поэтому мягкие при небольших нагрузках нелинейные муфты с увеличением нагрузки работают более жестко (муфты с жесткой характеристикой). Эта особенность нелинейных муфт является особенно полезной, когда нагрузка в машине растет пропорционально квадрату скорости. Использование в этом случае линейной муфты приводит к большому углу поворота полумуфты на высоких скоростях или излишней жесткости на низких. При зависимости момента сопротивления от частоты вращения вала и работе машины в дорезонансном режиме отношение рабочей частоты вращения к критической в агрегате с линейной муфтой резко увеличивается с ростом нагрузки, запас устойчивости падает. В нелинейной муфте с увеличением нагрузки растет жесткость и с той же тенденцией меняется собственная частота системы. Критическая частота вращения агрегата с ростом нагрузки существенно растет.

Нелинейные муфты имеют преимущество при разгоне машины и особенно во время выбега при ее остановке. При отсутствии нагрузки, что часто имеет место при выбегах, критическая частота вращения агрегата с нелинейной муфтой близка к нулю. В этой области вряд ли возможны колебания с большими амплитудами, так как при их возникновении соответственно изменяется критическая частота вращения. В агрегате с линейной муфтой (сплошная линия на рис. III.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) будут меньше колебаний в агрегате с линейной муфтой (рис. III.2). На рисунке z — отношение рабочей частоты вращения к критической; стрелками показан характер изменения амплитуды колебаний при выбеге.

Жесткость упругих муфт зависит от многих факторов, в том числе и от качества изготовления, и часто задается в виде графиков. При работе упругих муфт всегда имеют место потери энергии на трение (внутреннее и внешнее), сопровождающие деформацию ее упругих элементов и их перемещение относительно других элементов.

Отношение энергии, потерянной за один цикл нагружения муфты, к работе сил упругости за четверть периода называется коэффициентом демпфирования ψ

$$\psi = 2\pi f \omega / C, \quad (III.1)$$

где f — коэффициент, позволяющий при расчетах заменить действие демпфирующего момента M_d действием эквивалентного демпфирующего момента, величина которого зависит от скорости деформации ($M_d = f \dot{\varphi}$); ω — частота колебаний.

В каталогах обычно приводят значения C и ψ . Поскольку в дифференциальных уравнениях агрегата входит величина f , то в случае решения уравнений на моделирующей машине значения f находят из формулы (III.1). При этом величину ω рекомендуется брать равной собственной частоте системы [68].

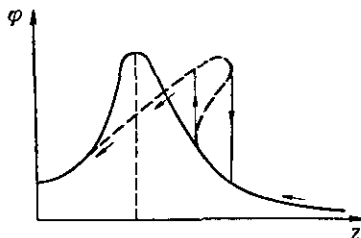


Рис. III.2. Колебания в агрегате с линейной муфтой

2. РАБОТА ЛИНЕЙНОЙ МУФТЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

В качестве динамической модели машинного агрегата рассмотрим двухмассовую систему. При этом предположим, что податливость всех деталей машины, передающих крутящий момент, пренебрежимо мала по сравнению с податливостью муфты. Если момент двигателя не зависит от частоты и равен постоянной составляющей нагрузки, дифференциальное уравнение движения можно привести к виду

$$\ddot{\varphi} + (f\dot{\varphi}/J_{np}) + (C\varphi/J_{np}) = M(t)/J_2, \quad (III.2)$$

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$; $J_{np} = J_1 J_2 / (J_1 + J_2)$ — приведенный момент инерции; φ_1 — угол поворота вала двигателя; φ_2 — угол поворота входного вала машины; J_1 и J_2 — моменты инерции двигателя и машины, приведенные к валу муфты; $M(t)$ — нагрузка со стороны машины.

При нулевых начальных условиях ($t = 0$; $\varphi = 0$; $\dot{\varphi} = 0$) общее решение дифференциального уравнения (III.2) имеет вид

$$\varphi = \frac{1}{J_2 k} \int_0^t M(\tau) e^{-n(t-\tau)} \sin k(t-\tau) d\tau,$$

где $n = f/(2J_{np})$; $k = \sqrt{C/J_{np}}$ — собственная частота.

Если известна зависимость $\varphi(t)$, то выражение момента в упругой муфте M в предположении линейной зависимости демпфирующего момента от скорости деформации находят по формуле

$$M = C\varphi + f\dot{\varphi}.$$

В частном, но важном для практики случае гармонического возмущения $M(t) = M_1 \sin \omega t$ стационарная часть решения равна

$$M = k_d J_1 M_1 \sin(\omega t - \beta) / (J_1 + J_2), \quad (III.3)$$

где k_d — коэффициент динамичности, равный

$$k_d = \sqrt{\left(1 + \frac{\psi^2}{4\pi^2}\right)} / \sqrt{\left[\left(1 - \frac{\omega^2}{k^2}\right)^2 + \frac{\psi^2}{4\pi^2}\right]}; \quad (III.4)$$

β — сдвиг фаз.

При $\sin(\omega t - \beta) = 1$ момент в муфте достигает максимального значения.

Величина коэффициента динамичности, определяющая нагрузку на муфту, зависит от величины коэффициента демпфирования ψ и отношения ω/k . Характер этой зависимости показан на рис. III.3.

Если возмущающий момент приложен со стороны массы J_1 , то вместо формулы (III.3) имеем

$$M = k_d J_2 M_1 \sin(\omega t - \beta) / (J_1 + J_2). \quad (III.5)$$

Максимальный момент наступает при резонансе $\omega = k$. В этом случае

$$k_{d \max} = \sqrt{[4\pi^2 / (\psi^2 + 1)]} \approx 2\pi / \psi.$$

При $\omega/k < \sqrt{2}$ коэффициент k_d всегда больше единицы, а при $\omega/k > \sqrt{2}$ — всегда меньше единицы. При работе агрегата в зонах, далеких от резонанса, демпфирование можно не учитывать. При работе агрегата в резонансной зоне упругая муфта делает работу ведомых частей более плавной. Однако, учитывая прохождение зоны резонанса при разгоне и выбеге, необходимо выбирать муфту со значительной демпфирующей способностью или ставить нелинейную муфту с жесткой характеристикой.

Зависимость момента двигателя от скорости учитывают при составлении уравнения движения. Так, коэффициент динамичности с учетом линейной зависимости момента электродвигателя от скорости при пренебрежении членами второго порядка малости равен [58]

$$k_d \approx \sqrt{[1 + \gamma^2 + \psi^2 / (4\pi^2)]} / [\psi / (2\pi) (1 + \mu) + \gamma \mu], \quad (III.6)$$

где $\mu = J_2 / J_1$; $\gamma = u / J_1 k$; u — изменение крутящего момента двигателя при единичном изменении скорости вращения ротора.

Учет электромагнитных процессов в электродвигателе при нахождении k_d рассмотрен в [59]. Действие произвольного возмущающего момента $M(t)$ можно исследовать двумя способами: способом Дурффинга или представляя функцию $M(t)$ рядом Фурье, коэффициенты которого находятся по известным формулам [68].

Пример 1. Машинный агрегат состоит из двигателя постоянного тока П-62 и исполнительного устройства, соединенных упругой муфтой МУВП ($J_d = 1,65$ кгс·см·с²; $C = 50\,000$ кгс·см/рад; $\psi = 0,63$). Отношение моментов инерции исполнительного устройства и двигателя равно 2. Оценим влияние двигателя на величину максимального момента при резонансе.

Приведенный момент инерции равен

$$J_{пр} = 1,65 \cdot 2 \cdot 1,65 / (2 \cdot 1,65 + 1,65) = 1,1 \text{ кгс·см·с}^2.$$

Собственная частота системы

$$k = \sqrt{50 \cdot 10^4 / 1,1} = 212 \text{ с}^{-1}.$$

На основе каталожных данных двигателя и величины μ находим $\gamma = 0,17$. Величина коэффициента динамичности при резонансе по формуле (III.6)

$$k_d \approx \sqrt{\left[\left(1 + 0,17^2 + \frac{0,63^2}{4 \cdot 3,14^2}\right)\right]} / \left(\frac{0,63}{2 \cdot 3,14} (1 + 2) + 0,17 \cdot 2\right) = 1,6.$$

Величина коэффициента динамичности без учета влияния двигателя ($\gamma = 0$)

$$k_d \approx \sqrt{\left[\left(1 + \frac{0,63^2}{4 \cdot 3,14^2}\right)\right]} / \left(\frac{0,63}{2 \cdot 3,14} (1 + 2)\right) = 3,33.$$

Таким образом, участие двигателя в демпфировании колебаний снизило пик нагрузки более чем в два раза.

Пример 2. Одноцилиндровый четырехтактный двигатель с номинальной мощностью $N_0 = 22$ л. с. и номинальной частотой вращения $n_0 = 1500$ об/мин приводит в движение генератор, присоединенный к нему с помощью линейной муфты

($C = 3 \times 10^4$ кгс·см/рад; $\Psi = 0,5$). Моменты инерции (приведенные к оси муфты): $J_1 = 105$ кгс·см·с²; $J_2 = 40$ кгс·см·с². Момент сопротивления предполагается постоянным. Определим момент на ведомых частях агрегата.

Номинальный крутящий момент равен

$$M_{кр} = 71620 N_0 / n_0 = 71620 \cdot 22 / 1500 = 1050 \text{ кгс·см.}$$

Частота вращения

$$\omega = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 1050 / 30 = 110 \text{ с}^{-1}.$$

Приведенный момент инерции

$$J_{пр} = 105 \cdot 40 / (105 + 40) = 28,9 \text{ кгс·см·с}^2.$$

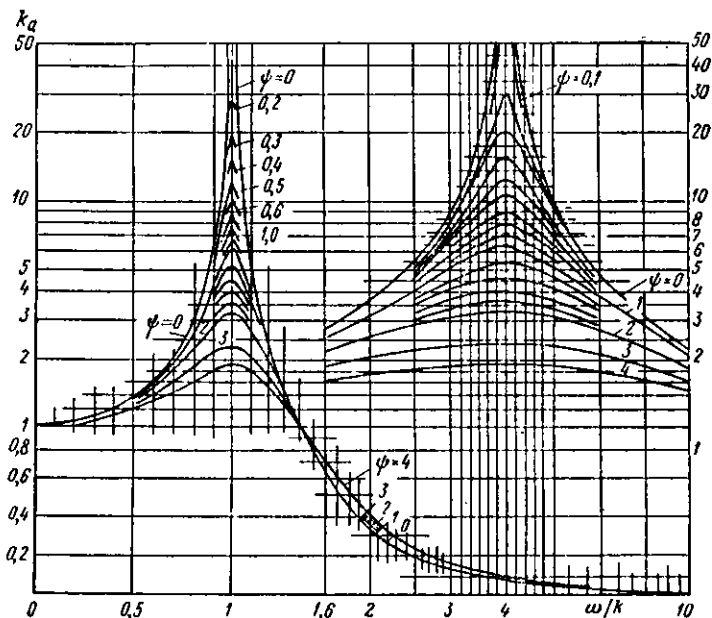


Рис. III.3. Кривые зависимости k_d от ψ и ω/k

Собственная частота

$$k = \sqrt{3 \cdot 10^4 / 28,9} = 32,1 \text{ с}^{-1}.$$

Возмущающий момент двигателя может быть разложен в ряд Фурье, при этом порядок гармонических составляющих определяется по формуле

$$i = \alpha \omega_{возм} / \omega, \quad \alpha = 1, 2, 3, \dots$$

где $\omega_{возм}$ — угловая скорость возмущающего момента; ω — угловая скорость агрегата. Для одноцилиндрового четырехтактного двигателя $\omega_{возм} = 0,5$ (один рабочий ход на два оборота). Величина i может принимать значения 0,5; 1; 1,5...

Частота возмущающего момента равна $i\omega$. Величина гармонического возмущающего момента может быть определена по формуле

$$M_i = \eta M_{кр}.$$

Величина η определяется по исходным данным о двигателе.

На основании формул (III.4) и (III.5) находим величину коэффициента динамичности от возмущающего момента порядка i с учетом соотношения масс двигателя и генератора. Например, при $i = 1,5$ имеем

$$k_d J_2 / (J_1 + J_2) = \sqrt{\left\{ \left(1 + \frac{0,5^2}{4 \cdot 3,14^2} \right) / \left[\left(1 - \frac{1,5^2 \cdot 110^2}{32,12^2} \right)^2 - \frac{0,5^2}{4 \cdot 3,14^2} \right] \right\}} \cdot \frac{40}{105 + 40} = 0,00646$$

[определялся максимальный момент при $\sin(\omega t - \beta) = 1$].

Т а б л и ц а III.1. Данные к примеру расчета упругой муфты

Основные параметры	Определение основных параметров	Результаты вычислений				
Порядок возмущающего момента i Отношение гармонического момента к номинальному η	Берется из исходных данных о двигателе	0,5	1	1,5	2	2,5
		3,3	3,3	2,9	2,9	2,4
Гармонический возмущающий момент M_i	$M_i = \eta M_{кр}$	3470	3470	3050	3050	2520
Частота возмущающего момента $\omega_{возм}$	$\omega_{возм} = i\omega$	55	110	165	220	275
Коэффициент динамичности k_d	По формуле (III.4)	0,0546	0,0138	0,0055	0,0027	0,0027
Возмущающий момент M на ведомой части	$M = M_i k_d \frac{J_2}{J_2 + J_1}$	198	50	17	8	7
Возмущающий момент M на ведомой части при использовании жесткой муфты	$M = M_i \frac{J_2}{J_2 + J_1}$	990	990	845	845	695

Возмущающий момент на ведомой части

$$M = M_t k_d J_2 / (J_1 + J_2) = M_{кр} \eta k_d J_2 / (J_1 + J_2) = 1050 \cdot 2,9 \cdot 0,00546 = 17 \text{ кгс}\cdot\text{см.}$$

Все вычисления по пяти гармоникам представлены в табл. III.1.

Для сравнения в этой же таблице приведены величины моментов M , вычисленные для соединения жесткой муфтой. Результаты показывают, что применение упругой муфты позволило значительно уменьшить величину момента, действующего на генератор при $l = 0,5; 1$. При $l > 1$ влияние возмущающего момента сведено на нет. Применение жесткой муфты и при $l > 1$ дает большие значения момента.

3. РАБОТА НЕЛИНЕЙНОЙ МУФТЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Наличие нелинейной муфты создает особенности в работе агрегата при динамических режимах, в частности затягивание резонанса в область высоких частот, возможность возникновения колебаний с частотой в целое число раз меньшей, чем частота возбуждающего момента. Уравнение движения системы с нелинейной муфтой имеет точное решение лишь в отдельных случаях. При расчетах таких систем большое значение имеет зависимость частоты k от амплитуды при свободных колебаниях. Эта зависимость в графической форме носит название скелетной кривой. Виды скелетных кривых для некоторых нелинейных зависимостей вместе с формулами, связывающими частоту с амплитудой, даны в табл. III.2. Для построения скелетных кривых обычно пользуются приближенными способами [15]. При этом заранее предполагают (например, на основании эксперимента) существование дифференциального уравнения движения и форму его периодического решения. При гармонической линеаризации считают, что режим колебаний близок к гармоническому. Решение в общем случае получаем в виде $\varphi = \varphi_0 + \Phi \cos(\omega t + \alpha)$. Частота свободных колебаний (скелетная кривая) может быть найдена из приближенных формул:

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} M(\varphi_0 + \Phi \cos \psi) d\psi = 0; \quad (III.7)$$

$$k^2 = \frac{1}{\pi \Phi J_{пр}} \int_0^{2\pi} M[\varphi_0(\Phi) + \Phi \cos \psi] \cos \psi d\psi. \quad (III.8)$$

Здесь $\psi = \omega t$; φ_0 — смещение середины размаха колебаний относительно положения равновесия.

Если с помощью (III.7) φ_0 выразить через Φ и подставить в (III.8), то получится зависимость $k(\Phi)$ — скелетная кривая.

Характеристика некоторых типов шинных муфт может быть аппроксимирована двучленом $M(\Phi) = C_1 \Phi + C_2 \Phi^3$. Подставляя $M(\Phi)$ в уравнение (III.7) и учитывая, что $\varphi = \varphi_0 + \Phi(\cos \omega t)$, получим

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [C_1(\varphi_0 + \Phi \cos \psi) + C_2(\varphi_0 + \Phi \cos \psi)^3] d\psi = \\ = [2\pi C_1 \varphi_0 + C_2 \varphi_0(\varphi_0^2 + 3\Phi^2/2)]/2\pi = 0. \end{aligned}$$

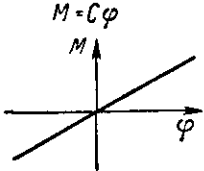
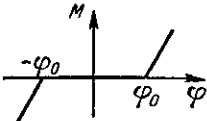
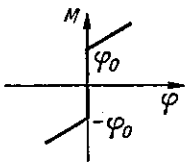
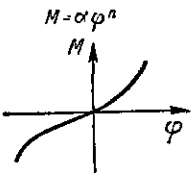



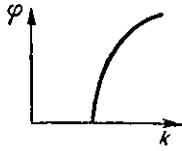
Из уравнения (III.8) имеем

$$\begin{aligned} k^2 = \frac{1}{\pi \Phi J_{пр}} \int_0^{2\pi} [C_1(\varphi_0 + \Phi \cos \psi) + C_2(\varphi_0 + \Phi \cos \psi)^3] \cos \psi d\psi = \\ = (C_1 + 3\Phi^2 + 3C_2\Phi^2/4)/J_{пр}. \end{aligned}$$

С учетом первого уравнения $\varphi_0 = 0$. Тогда уравнение скелетной кривой

$$k^2 = 1/J_{пр} (C_1 + 3C_2\Phi^2/4)/J_{пр}.$$

Т а б л и ц а III.2. Виды скелетных кривых

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

При $C_2 > 0$ скелетной кривой будет ветвь гиперболы (рис. III.4). Максимальная амплитуда имеет место вблизи точки пересечения скелетной кривой и кривой резонансных амплитуд

$$\Phi_{\max} = M_1(\omega) J_{\text{пр}} / (b\omega),$$

где b — коэффициент демпфирования.

Например, если $M_1 = \text{const}$, то кривая $\Phi_{\max}(\omega)$ — гипербола. С жесткой скелетной кривой она может пересекаться один раз, с мягкой — два раза или может вообще не иметь точек пересечения.

Если максимальная амплитуда не превосходит допустимой, то нет необходимости строить всю амплитудно-частотную характеристику. В противном случае амплитудно-частотная характеристика может быть построена в помощью формулы [33]

$$\Phi = M_1(\omega) / J_{\text{пр}} \sqrt{((k^2(\Phi) - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2)}, \quad (\text{III.9})$$

где $n = b/(2J_{\text{пр}})$.

В формуле (III.9) $k^2(\Phi)$ определяется уравнением (III.8). Совместное решение уравнений (III.8) и (III.9) удобно производить графическим путем. Для этого по формуле (III.9) строится график зависимости $\Phi(k)$, причем k рассматривается как независимая переменная. Величина ω предполагается постоянной. На этот же график наносится скелетная кривая $k(\Phi)$. Точки пересечения кривых определяют решение уравнения (III.9) при выбранном значении ω (рис. III.5, а).

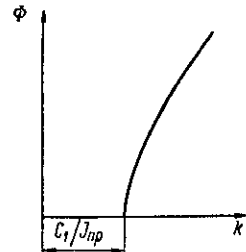


Рис. III.4. Скелетная кривая

Уравнение может иметь несколько решений (на рис. III.5, а три решения), соответствующих нескольким колебательным режимам. Величина амплитуды, устанавливающаяся в действительности, зависит от начальных условий. Изменяя значение ω , можно найти зависимость $\Phi(\omega)$ — амплитудно-частотную характеристику системы. Величина амплитуды при субгармоническом резонансе

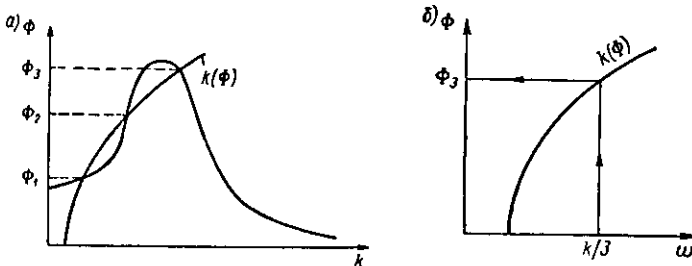


Рис. III.5. График зависимости $\Phi(k)$

(т. е. при частотах k/p ; $p = 1, 2, 3 \dots$) и гармоническом возбуждающем моменте может быть приближенно оценена на основании скелетной кривой, как это показано на рис. III.5, б для $p = 3$. Вопрос об условии существования субгармонического резонанса при линейной трении может быть решен на основе исследования неравенства

$$b/J_{\text{пр}} < p^2 | \Phi_p | M_1 / (\omega \Phi_1^2). \quad (\text{III.10})$$

Здесь Φ_1 — амплитуда при основном резонансе ($p = 1$); Φ_p — амплитуда при субгармоническом резонансе порядка p . Субгармонический резонанс невозможен, если не удовлетворяется неравенство (III.10).

В муфтах с неметаллическим упругим элементом жесткость при медленном нагружении и разгрузении (статическая жесткость) значительно отличается от жесткости, проявляемой в динамических режимах (динамической жесткости). Это обстоятельство должно учитываться при расчетах. Динамическая жесткость

упругих муфт находится при испытании последних в динамических режимах [55].

Методы расчета систем с нелинейными упругими муфтами изложены, например, в [11, 15].

4. РАБОТА УПРУГОЙ МУФТЫ ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

Закон изменения момента сопротивления при ударе может иметь различный характер. Приведенные ниже формулы получены в предположении изменения момента при ударе согласно рис. III.6 и малости демпфирующей способности муфты. На рисунке M_0 — начальная нагрузка; M_y — величина наброса нагрузки; τ — время между началом нарастания нагрузки и моментом возвращения к стационарному состоянию (время удара).

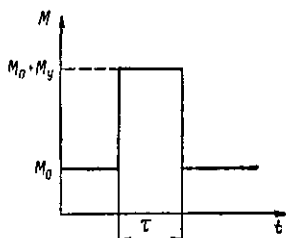


Рис. III.6. Изменение момента при ударе

Максимальная деформация φ_{\max} при ударе

$$\varphi_{\max} = \varphi_0 + 2J_{\text{пр}}M_y/(CJ_2),$$

где φ_0 — деформация, соответствующая M_0 .

Деформация φ_{\max} достигается в том случае, если имеет место соотношение $\tau \geq \pi/k$. При этом максимальный момент M_{\max} , передаваемый муфтой, равен

$$M_{\max} = M_0 + 2J_1M_y/(J_1 + J_2).$$

При абсолютно жесткой муфте $M_{\max} = M_0 + M_y$. Таким образом, упругая муфта смягчает длительный удар в том случае, если

$J_2 > J_1$. Это положение справедливо при любой жесткости муфты. При коротком ударе, когда $\tau \leq \pi/k$, φ не успевает принять максимального значения, нарастая в течение всего удара. Максимальный момент при коротком ударе

$$M_{\max} = M_0 + 2J_2M_y \sin \frac{k\tau}{2} / (J_2 + J_1).$$

Амортизация короткого удара происходит в том случае, если

$$2J_2 \sin \frac{k\tau}{2} / (J_1 + J_2) < 1,$$

т. е. тем больше, чем мягче муфта и больше $J_{\text{пр}}$.

Зависимость деформации φ от времени t с учетом демпфирования может быть найдена по формуле [57]

$$\varphi = -M_y J_2 / [C (J_1 + J_2)] \left\{ 1 - \frac{\exp - \beta k t}{V(1 - \beta^2)} \sin [k(V(1 - \beta^2)t + \alpha)] \right\},$$

где $\beta = n/k$; $\alpha = \arccos \beta$.

Если время действия удара мало, можно использовать приближенную формулу определения момента в муфте

$$M \approx CM_y \tau^2 / 2J_1 + M_y J_2 k \tau (1 - nkr/2) / (J_1 + J_2).$$

Зависимость момента двигателя от скорости влияет на характер переходного процесса агрегата с упругой муфтой. Построение переходного процесса в машинном агрегате с электродвигателем и упругой муфтой рассмотрено в [13].

А. МУФТЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

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

5. МУФТЫ С ПАКЕТАМИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ПРУЖИН

Муфта с радиальными пакетами пружин показана на рис. III.7 (табл. III.3) [55]. Полууфты 1 и 5 соединены пакетами пружин (рессор) 8, работающих на изгиб при действии крутящего момента. С полууфтой 5 пакеты пружин соединяются через кольцо 3, имеющее продольные пазы, с помощью болтов 4. Внутренние концы пакетов пружин входят в радиальные пазы полууфты 1. Пакеты пружин фиксируются на полууфте 1 с помощью кольца 7 и трех винтов. Крышка 2 с уплотнением 6 закрывает внутреннюю полость муфты, заполненную пластичной смазкой.

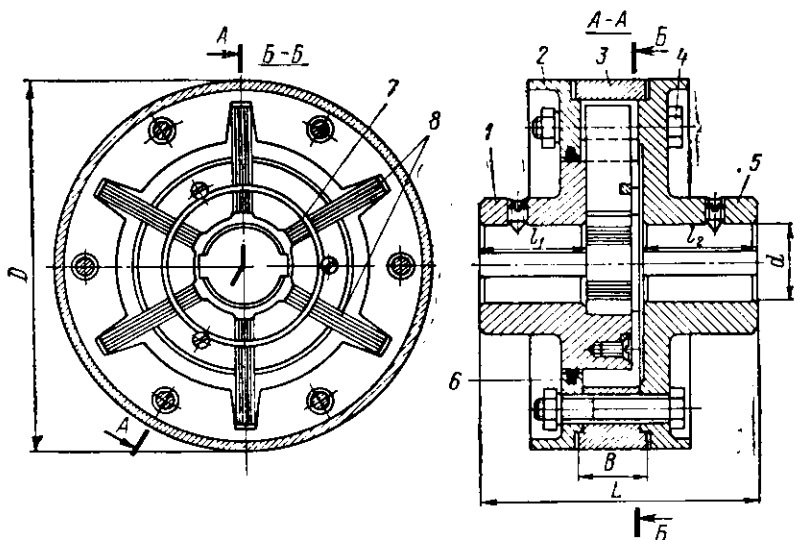


Рис. III.7. Муфта с радиальными пакетами пружин

Муфта имеет линейную характеристику до тех пор, пока касательная к упругой линии деформированной пружины не совпадет с линией скоса паза (рис. III.8); при дальнейшей деформации пружины характеристика муфты нелинейна.

Без учета влияния сил трения между пластинами полууфты при действии крутящего момента $M_{кр}$ повернутся на угол φ_x (рис. III.8)

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

где $y_x = P_x x^3 / (3EJ)$ — прогиб пакета пружин; $P_x = M_x / [m(R + x)]$ — окружная сила, действующая на пакет на плече x ; m — число пакетов; E — модуль упругости 1-го рода; $J = nbh^3/12$ — момент инерции поперечного сечения пакета пружин; b и h — соответственно ширина и толщина одной пластины пакета; α — профильный угол паза; R и l — см. на рис. III.8.

На линейном участке характеристике зависимости угла поворота полууфт φ_1 от величины крутящего момента M_1 без учета влияния сил трения определяется выражением

$$\varphi_1 = M_1 l^2 / [2mEJ(R + l)].$$

Максимальные напряжения изгиба в пластинах пружин будут при $x = a$ (рис. III.8), определяются они по формуле

$$\sigma_u = P_2 a / W,$$

где $P_2 = M_2 / [m(R + a)]$ — окружная сила, действующая на пакет; $W = nbh^2/6$ — момент сопротивления поперечного сечения пластин; $M_2 = M_{\max}$ — крутящий момент на муфте при $x = a$.

Т а б л и ц а III.3. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.7)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	d	D	L	B	l_1	l_2
7,5	4200	25	120	83	25	48	32
30,0	3500	40	160	113	25	60	50
80,0	2100	55	200	143	30	80	60
250,0	1650	80	280	203	45	120	80
850,0	1250	120	360	283	55	160	120
1700,0	1000	150	440	353	60	200	150
4000,0	850	200	570	473	60	260	210
7500,0	800	250	640	543	65	300	240

Число пластин в каждом пакете находят из выражения

$$n = M_2 a / [m (R + a) W_1 [\sigma]_n],$$

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

Муфта с аксиальными пакетами плоских пружин фирмы «Вальдрон» (США) приведена на рис. III.9 (табл. III.4). Полушары 1 и 5 соединяются упругими

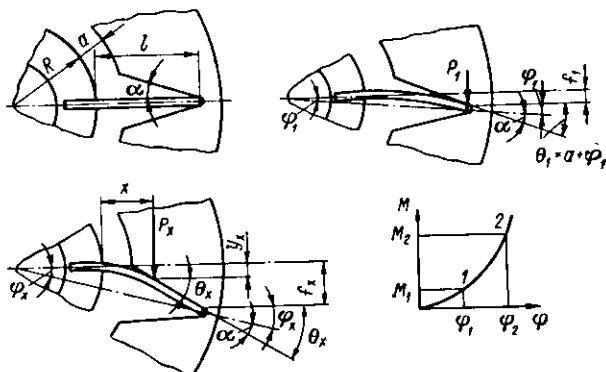


Рис. III.8. Схема работы упругой пружины переменной жесткости

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 будут перемещаться в отверстиях полумуфты 5, поэтому для повышения долговечности муфты в отверстия полумуфты 5 запрессованы втулки 4 из антифрикционного материала. Если в хвостовиках 6 и 8 под пакет пружин сделать прорези переменной ширины, муфта будет иметь нелинейную характеристику.

На рис. III.10 (табл. III.5) представлена еще одна конструкция муфты с аксиальными пакетами плоских пружин. Полушары 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 выпадания и создает полость для пластичной смазки. Благодаря тому, что боковые поверхности зубьев очерчены дугами окружностей, муфта

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

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

Муфта с пакетами гильзовых пружин фирмы «Ренк» (ФРГ) показана на рис. III.11 (табл. III.6). Муфта состоит из двух полумуфт 1 и 4 и промежуточного кольца 3, в круглые гнезда которого закладываются пакеты пружин 2. При передаче крутящего момента пружины сжимаются, благодаря чему полумуфты поворачиваются на некоторый угол. Эти муфты могут обладать линейной или нелинейной характеристикой. В последнем случае внутри пакетов поме-

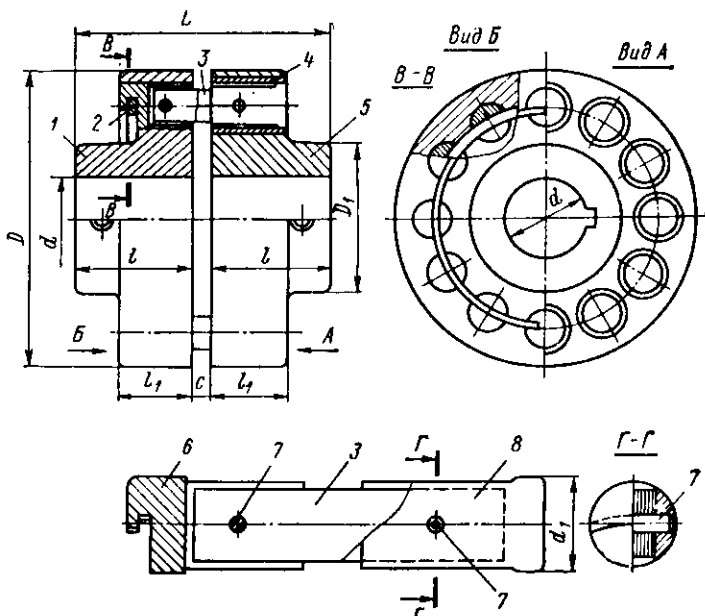


Рис. III.9. Муфта с пакетами плоских пружин, расположенных параллельно оси вала, фирмы «Вальдрон»

щается сердечник 5, который винтами крепится к фланцу полумуфты 4. С увеличением нагрузки величина контактной поверхности между сердечником и пружиной будет увеличиваться, а жесткость пружин—возрастать (рис. III.12).

Меняя толщину h отдельных пружин, эксцентриситет Δ и диаметр d_1 сердечника (рис. III.12), можно в широких пределах изменять характеристику муфты при использовании одних и тех же деталей полумуфт. Для уменьшения износа пружины смазывают. Для передачи больших нагрузок муфты изготавливают с двумя рядами пакетов пружин.

Без учета влияния сил трения в пакетах пружин зависимость угла поворота полумуфт φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ выражается формулой

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

где R — радиус окружности, на которой расположены центры пружин; b и h — соответственно ширина и толщина одной пружины; n — количество пружин в пакете; z — количество пакетов в муфте; r — средний радиус одной пружины.

Т а б л и ц а III.4. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.9)

$M_{кр}$, кгс·м	$n_{тах}$, об/мин	D	$d_{тах}$	l	l_1	L	D_1	d_1	Масса, кг
4,7	4000	89	25,4	41	29,0	89	38	16	3,17
7,2	4000	102	31,7	44	29,0	95	51	16	4,53
10,8	4000	114	41,3	48	29,0	102	62	16	5,90
18,0	3600	127	50,8	51	29,0	108	76	16	8,16
39,0	3600	146	57,0	57	36,5	121	86	19	11,30
57,0	3600	152	63,0	65	36,5	137	95	19	13,60
79,0	2550	178	76,0	71	36,5	149	117	19	18,10
170,0	2100	216	98,0	90	44,5	187	140	24	31,70
250,0	2100	216	98,0	90	44,5	187	149	24	31,70
390,0	1900	241	114,0	96	44,5	200	171	24	45,30
560,0	1800	254	108,0	110	60,0	206	165	32	52,20
780,0	1500	304	140,0	112	60,0	232	209	32	81,60
1 240,0	1200	381	152,0	134	60,0	276	279	32	158,00
1 800,0	1000	457	197,0	169	60,0	346	349	32	226,00
2 570,0	820	559	254,0	207	60,0	422	450	32	363,00
4 300,0	780	584	266,0	215	89,0	425	457	52	476,00
6 450,0	750	609	216,0	228	121,0	463	381	52	589,00
8 600,0	670	686	254,0	279	121,0	565	431	55	747,00
13 200,0	560	813	311,0	304	121,0	616	533	55	1200,00
21 400,0	550	838	298,0	330	146,0	667	508	65	1360,00
27 500,0	490	939	336,0	355	146,0	718	584	65	1814,00

Т а б л и ц а III.5. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.10)

$M_{кр}$, кгс·м	$n_{тах}$, об/мин	d	D	D_1	L	l
18,0	4030	25,4	126,4	82,5	103,7	50,8
41,5	3360	31,6	152,0	101,5	116,8	57,2
82,0	2880	44,5	176,7	120,1	141,3	69,7
170,0	2400	57,2	210,2	149,5	155,6	77,1
230,0	2130	73,0	240,1	171,5	185,2	91,5
400,0	1830	88,6	280,0	196,5	213,9	105,2
600,0	1610	101,5	315,7	225,2	243,0	120,1
890,0	1480	114,0	345,2	257,1	271,5	134,4
1 650,0	1310	126,4	390,0	284,3	307,1	153,0
2 860,0	1140	152,0	450,2	336,1	367,5	162,6
3 200,0	1100	176,7	465,5	372,0	379,1	176,7
4 650,0	960	200,3	530,2	430,8	407,3	200,3
6 500,0	875	228,0	582,3	476,0	460,0	228,0
9 200,0	770	254,0	660,0	547,5	510,0	254,0
12 200,0	700	278,0	710,1	585,0	558,7	278,0

Напряжение изгиба в пружине

$$\sigma_{и} = 6M_{кр}h/r^2 \left/ \left[bzR \sum_{i=1}^n (h_i/r_i)^3 \right] \right. \ll [\sigma]_{и}$$

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.

Рис. III.10. Муфта с пакетами плоских пружин

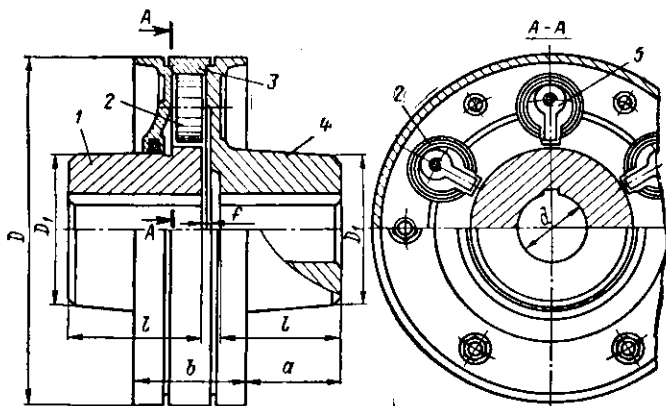
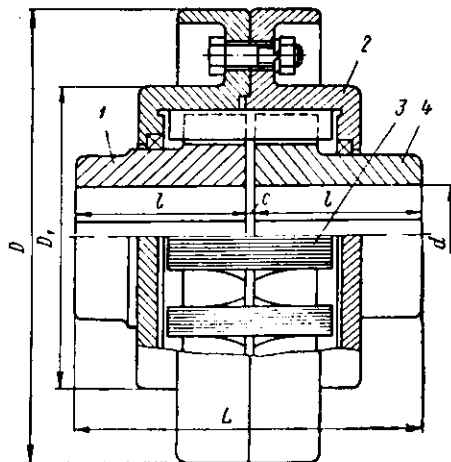
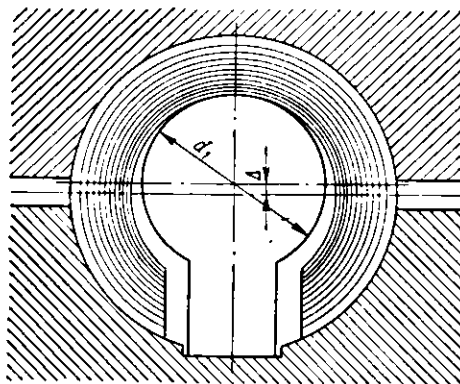


Рис. III.11. Муфта с пакетами гильзовых пружин фирмы «Ренк»

Рис. III.12. Втулка к нелинейной муфте с пакетами гильзовых пружин



Т а б л и ц а III.6. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.11)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	d	D	D_1	l	f	b	a	Масса, кг
14	3850	35	185	70	50	2	60	30	8
21	3850	35	185	70	60	2	60	40	9
28	3850	35	185	70	70	2	60	50	10
43	3400	45	210	90	70	2	60	50	14
57	3180	50	225	100	80	2	60	60	19
71	3180	50	225	100	80	3	90	60	23
107	2860	60	250	120	90	3	90	65	32
143	2600	75	275	150	100	4	100	75	45
186	2380	80	300	155	100	4	100	75	52
230	2230	85	320	160	100	4	100	75	60
287	2080	90	345	170	120	4	100	95	75
358	1880	100	380	180	140	5	100	115	92

Расчет муфты проводится в следующей последовательности.

Определяют радиус окружности центров пакетов пружин: $R \approx 2d$.

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. Производя расчет на прочность.

Для нелинейной муфты приведенные формулы справедливы только в пределах линейной характеристики. Доля линейной деформации, по данным проведенных исследований, равна приблизительно 2/3 от всей рабочей деформации пакета.

6. МУФТЫ СО ЗМЕЕВИДНЫМИ ПРУЖИНАМИ

Полумуфты соединяются упругим элементом, выполненным в виде змеевидной пружины, расположенной на цилиндрической поверхности (рис. III.13) или в плоскости, нормальной к оси муфты (рис. III.14).

На рис. III.13 (табл. III.7) представлена муфта фирмы «Мальмед» (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 $\sigma_{вр} = 170$ кгс/мм². В тяжелых муфтах пружины устанавливаются в два-три ряда. Такие муфты отличаются высокой надежностью в работе и малыми габаритными размерами. Эти свойства обусловили довольно широкое распространение их главным образом в тяжелом машиностроении (прокатные станы, паровые турбины 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° 15' (большие значения для больших муфт).

Т а б л и ц а III.7. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.13)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	D	L	d_{max}	a	Масса, кг
1,8	4800	86	80	25	1,0—3,0	1,6
3,6	3600	120	90	30	1,0—3,0	3,5
7,2	3600	120	90	40	1,0—3,0	3,8
21,5	2500	155	110	50	1,0—5,0	7,5
57,0	2300	195	141	65	1,0—5,0	15,0
107,0	1700	280	160	75	1,0—5,0	35,0
180,0	1650	280	182	85	1,5—6,5	37,0
360,0	1400	350	201	100	1,5—6,5	68,0
720,0	1000	430	262	125	1,5—6,5	130,0
1 150,0	860	420	282	140	1,5—6,5	140,0
1 430,0	800	476	302	150	2,0—8,0	200,0
2 860,0	650	595	362	180	2,0—8,0	330,0
4 300,0	550	700	402	220	2,0—8,0	410,0
7 200,0	470	775	502	260	2,0—10,0	630,0
10 700,0	400	925	542	320	5,0—15,0	870,0

Муфты могут иметь линейную или нелинейную характеристику.

Зубья муфт постоянной жесткости (линейных) имеют форму, представленную на рис. III.14. Расстояние между линиями упора пружины на зубья постоянно и не зависит от величины крутящего момента.

Зубья муфт переменной жесткости (нелинейных), применяемых в машинах с широким диапазоном регулирования скоростей и нагрузок, имеют криволинейное очертание боковой (рабочей) поверхности — рис. III.15. Радиус этой поверхности выбирают таким, чтобы при увеличении крутящего момента происходило смещение места начала контакта зуба с пружиной по длине зуба, что определяет нелинейность характеристики муфты (жесткость муфты увеличивается с ростом крутящего момента).

На рис. III.16 представлена муфта, эллиптическая пружина которой расположена в плоскости, нормальной к оси. Муфта состоит из двух полумуфт b и $в$ с запрессованными в них пальцами 7 и 4 , эллиптической пружины $б$, дистанционных колец 2 , кожуха 1 и проволочного кольца 3 . Кожух, являясь резервуаром для смазки, вместе с тем удерживает пружину от смещений под действием сил инерции. Он центрируется полумуфтой $в$ и крепится к ней проволочным кольцом 3 . Пальцы 4 и 7 могут быть заменены зубьями, расположенными на торцах полумуфт $б$ и $в$.

В зависимости от формы боковой поверхности зубьев (пальцев) муфта имеет линейную или нелинейную характеристику.

Расчет линейных муфт (рис. III.13) производят в предположении: 1) что пружина представляет собой замкнутый контур; 2) что из-за малости размеров сечения пружины по сравнению с диаметром ее расположения $D_{ср}$ пружина лежит на плоскости.

В точках A , C и E (рис. III.17, a) выпуклость кривой переходит в вогнутость, поэтому в этих точках радиус кривизны $\rho = \infty$ и изгибающий момент $M_M = 0$.

Рассечем пружины плоскостью, перпендикулярной оси муфты и совпадающей с линией 00 . 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. III.17, $б$). На рис. III.17, $в$ изображены силы, действующие на виток.

Зависимость угла поворота полумуфт φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ для линейной муфты определяется выражением [90]

$$\varphi = \frac{a^2 (24l - 16a + 3\pi l) M_{кр}}{3EJzD_{ср}^2},$$

Рис. III.14. Зубья муфт постоянной жесткости

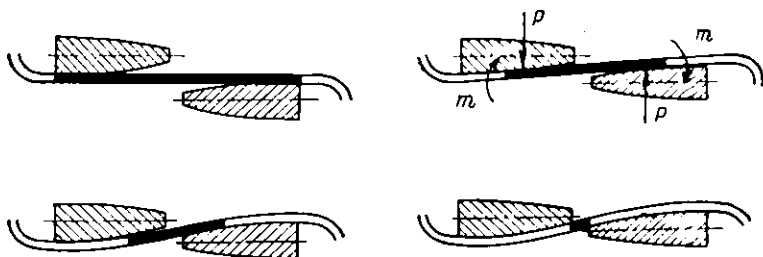
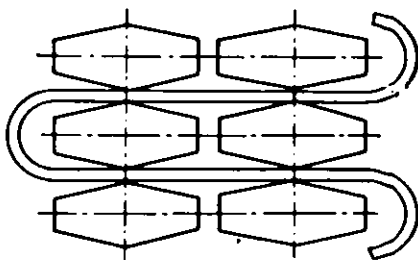


Рис. III.15. Характерные стадии деформации пружин в процессе работы

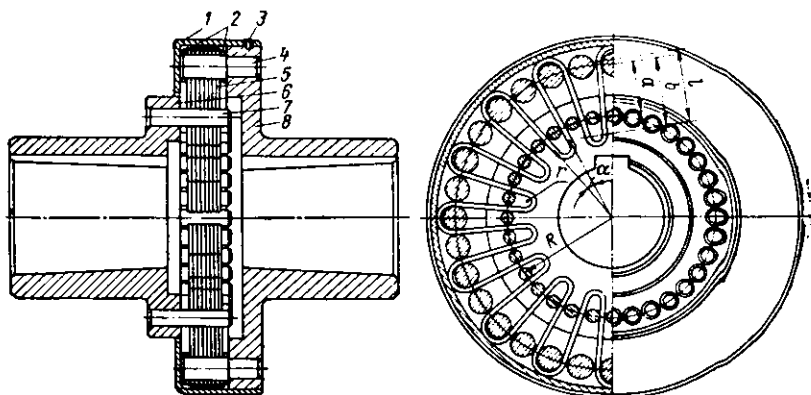


Рис. III.16. Муфта с пружиной в плоскости, нормальной к оси муфты

где l , a и t — см. рис. III.17; E — модуль упругости 1-го рода материала пружины; $J = bh^3/12$ — момент инерции поперечного сечения пружины; b и h — соответственно ширина и высота (толщина) поперечного сечения пружины; z — число зубьев; $D_{\text{ср}}$ — диаметр муфты по средней высоте пружины.

При достижении крутящим моментом предельного значения пружина коснется внутренней грани зуба, и муфта практически станет жесткой. Для этого случая

$$M_{\text{кр}} = \frac{12EJzD_{\text{ср}} \operatorname{tg} \alpha}{(24l - 12a + 3\pi t) - 4(a^2 + ab + b^2)},$$

где α — угол наклона грани зуба к оси муфты.

Максимальные напряжения изгиба имеют место в точке b (рис. III.17, в)

$$\sigma_{\text{н}} = 4Pah \left[bt^2(t-h) \left(\ln \frac{t+h}{t-h} - \frac{2h}{t} \right) \right]. \quad (\text{III.11})$$

Расчет линейных муфт по рис. III.13 выполняется в следующем порядке. Задавшись средним диаметром $D_{\text{ср}}$, числом зубьев z и углом α , определяют $M_{\text{пр}}$.

Пружина выбирается из условия прочности на изгиб. Расчет нелинейных муфт рассматриваемой конструкции производят при допущениях, принятых для линейных муфт.

В нелинейных муфтах расстояние a от плоскости разреза муфты до линии контакта пружины и зуба уменьшается по мере роста окружной силы P (рис. III.17). Зависимость между P и a находят

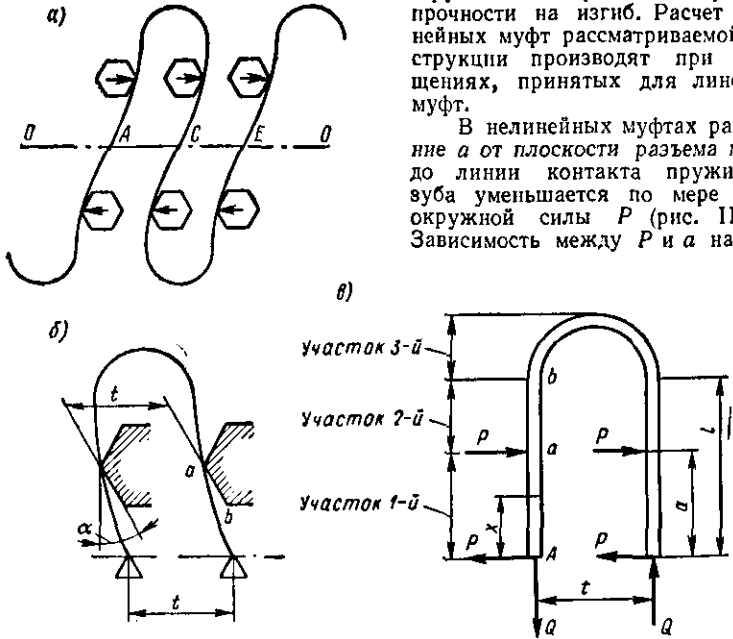


Рис. III.17. Расчетные схемы пружин линейной муфты

из условия совпадения касательных к изогнутой оси пружины и боковой поверхности зуба в точке их сопряжения. Зависимость угла поворота полу муфт φ от величины крутящего момента $M_{\text{кр}}$ определяется выражением

$$\varphi = 2 \frac{(m-a)^2 - (m-s)^2}{\rho_1 D_{\text{ср}}} + \frac{a^2 (24l - 16a + 3\pi t)}{3EJzD_{\text{ср}}^2} M_{\text{кр}}, \quad (\text{III.12})$$

где t и l — см. на рис. III.17; a , ρ_1 , m и s — см. на рис. III.18.

Обычно принимают $m = s$, тогда выражение (III.12) принимает вид

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

При $m > s$ характеристика муфты состоит из линейного и нелинейного участков.

Угол поворота полумуфты на линейном участке характеристики

$$\varphi_l = s(24l - 16s + 3\pi l) / (6\rho_1 D_{cp}),$$

на нелинейном участке характеристики

$$\varphi = s(8l - 4s + \pi l) / (2\rho_1 D_{cp}) - E^2 J^2 z^2 D_{cp} / (6\rho_1^3 M_{кр.}^2).$$

Максимальные напряжения изгиба в пружине находят по формуле (III.11), предварительно подсчитав

$$a = \frac{1}{2} \left(l + \frac{\pi l}{8} + \frac{EJ}{P\rho_1} \right) - \sqrt{\left[\frac{1}{4} \left(l + \frac{\pi l}{8} + \frac{EJ}{P\rho_1} \right)^2 - \frac{mEJ}{P\rho_1} \right]},$$

где $P = 2M / (D_{cp}z)$ — окружная сила на пружине.

Во избежание защемления пружины между длинными зубьями предусматривают зазор между зубьями и пружиной (рис. III.18)

$$l > (\rho_n - \rho_1) (1 - \cos \psi),$$

где $\rho_n = \rho_1 (8l - 8a + \pi l) / [8(m - a)]$ — радиус кривизны деформированной

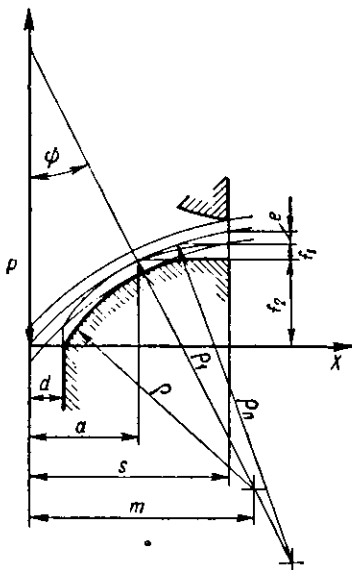


Рис. III.18. Схема работы пружины нелинейной муфты

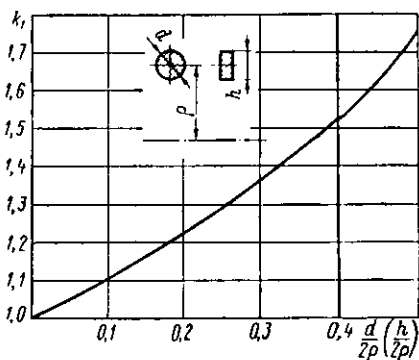


Рис. III.19. График значений коэффициента k_1

пружины на расстоянии a от плоскости разреза муфты; $\psi = \arcsin [(m - a) / \rho_1]$.

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

При расчете упругого элемента линейных муфт по рис. III.14 считают:

1) что пружина представляет замкнутый контур; 2) все витки пружины лежат в одной плоскости.

Нагрузочная способность пружины определяется [90] по формуле

$$M_{кр} = 4RzW (r + b \operatorname{tg} \alpha/2) [\sigma]_n / [ak_1 (r + l \operatorname{tg} \alpha/2)], \quad (III.13)$$

где z — число витков пружины; W — момент сопротивления поперечного сечения пружины; $[\sigma]_n$ — допустимое напряжение изгиба; a, b, r, l, α — геометрические параметры пружины (см. рис. III.14); k_1 — коэффициент для круглого и прямоугольного поперечных сечений находят по графику на рис. III.19.

Т а б л и ц а III.8. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.20)

$M_{кр}$ кгс·м	n_{max} об/мин	D	a	d	F	L	W
10,7	4750	111	1,6	10	48	97	71
21,4	3800	133	1,6	50	51	103	78
57,0	3100	159	1,6	65	57	116	84
71,6	2700	197	1,6	82	64	129	96
86,0	2350	213	1,6	85	71	141	100
115,0	2100	238	1,6	110	76	154	112

Из формулы (III.13) видно, что с увеличением размера b нагрузочная способность пружины увеличивается. Наибольшей нагрузочной способностью обладают муфты, у которых $b = l$.

Угол закручивания муфты (рад) определяется выражением

$$\varphi = M_{кр} Y / (EJR^2z), \quad (III.14)$$

где $Y = f(a/l, b/l, r/l, \alpha)$.

В работе [90] приведены таблицы значений Y . Приблизленно $Y = [0,1564 + 0,008204\alpha - (0,07167 + 0,009408\alpha) b/l] \times (a/l)^2$, где α — в град.

Пример расчета пружины муфты, показанной на рис. III.16. Упругий элемент муфты представляет собой пружину, навитую из круглой проволоки диаметром $d = 0,2$ см. Пружина имеет следующие параметры: $R = 5,5$ см; $l = b = 2,8$ см; $a = 1,5$ см; $r = 0,74$ см; $\alpha = 20^\circ$; $z = 72$.

Нагрузочная способность такой пружины по формуле (III.13)

$$M_{кр} = \frac{4 \cdot 5,5 \cdot 72 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 1,5} = 3670 \text{ кгс·см,}$$

где $[\sigma]_н = 50\,000$ кгс/см².

Угол закручивания муфты определяется по формуле (III.14)

$$\varphi = \frac{3670 \cdot 2,8^2 \cdot 0,0175}{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 5,5^2 \cdot 72} = 4,05 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

На рис. III.20 (табл. III.8) представлена муфта «Мультифлекс» фирмы «Крофтс» (Англия), в которой вместо сложной в изготовлении змеевидной пружины применены отдельные упругие элементы 2, вставленные во впадины зубьев полумуфт 1 и 4. Для уменьшения износа зубьев и пружин муфту заполняют антизадирной пластичной смазкой, которая удерживается корпусом 3.

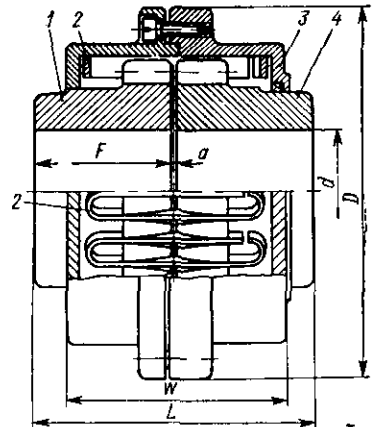


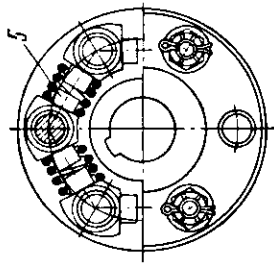
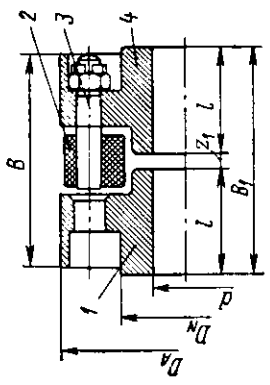
Рис. III.20. Муфта с кольцевыми пружинами

7. МУФТЫ С ВИНТОВЫМИ ПРУЖИНАМИ

На рис. III.21 представлена муфта «Карделис» фирмы «Гохройтер Баум» (ФРГ). Полумуфты 1 и 4 соединяются винтовыми пружинами сжатия 5, которые опираются на сегменты 2, посаженные на пальцы 3 с зазором. Пружины 5 ставятся с предварительным натяжением и при действии крутящего момента работают через одну. Сегменты изготовляются из износостойких пластмасс. Поверхность контакта сегмента с пальцем смазывается пластичной графитной смазкой.

Муфта допускает: радиальное смещение валов до $0,01D_A$ (рис. III.21); угловое смещение до 2° ; осевое смещение до $0,05D_A$.

Тип А



Тип Б

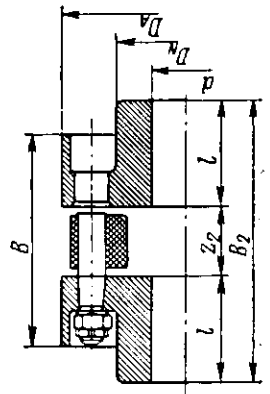


Рис. III.21. Муфта «Кардана»

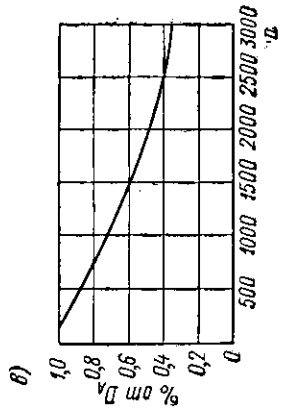
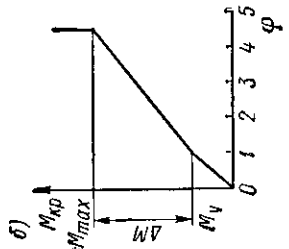
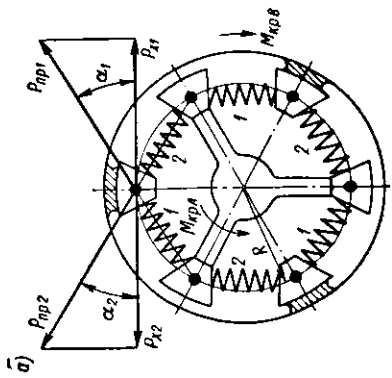


Рис. III.22. Схема усилил, действующих в муфте «Кардана»

Т а б л и ц а III.9. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.21)

M кр, кгс·м	n _{max} , об/мин	B	D _A	Муфты с малыми отверстиями (тип А)				Муфты с большими отверстиями (тип Б)				Масса, кг	GD _A , кгс·м ²	Крутильная жесткость, кгс·м/град
				D _N	d _{max}	i	B ₁	D _N	d _{max}	i	B ₂			
4,65	4200	75	100	45	25	45	98	50	28	45	120	3,2	0,0082	0,682
7,00	3800	85	112	50	28	50	108	60	32	50	133	4,5	0,0160	1,050
10,00	3500	95	125	60	32	55	118	65	35	55	146	6,5	0,0280	1,530
13,50	3200	105	140	65	35	60	128	70	40	60	160	9,0	0,0460	2,010
18,00	2900	116	160	70	40	70	150	80	45	70	186	13,0	0,8100	2,700
26,00	2600	130	180	80	45	75	160	90	50	75	200	17,5	0,1600	3,900
37,50	2300	140	200	90	50	85	180	100	55	85	224	25,0	0,2800	5,500
55,00	2100	155	225	100	55	95	200	115	65	95	250	35,0	0,4800	8,300
79,00	1950	170	250	115	65	105	220	135	75	105	276	48,0	1,1600	12,100
109,00	1800	184	280	135	75	115	240	150	90	115	302	64,0	1,4800	16,300
143,00	1650	202	315	150	85	125	260	170	100	125	328	91,0	2,6700	21,000
212,00	1500	220	355	170	95	140	290	190	110	140	366	128,0	4,6100	32,000
300,00	1350	244	400	190	105	160	330	215	125	160	414	178,0	8,7800	45,000
435,00	1200	270	450	215	120	180	370	240	140	180	466	250,0	14,2700	64,200
620,00	1080	300	500	240	135	200	410	270	160	200	516	344,0	23,7000	93,000
895,00	950	340	560	270	150	225	465	300	180	225	578	440,0	44,5700	178,000
1275,00	840	380	630	300	170	250	515	350	200	250	642	610,0	89,2000	187,000
1790,00	750	425	710	350	200	280	575	400	225	280	718	850,0	160,3800	261,000

Зависимость допустимого радиального смещения осей валов от угловой скорости представлена на рис. III.22.

В табл. III.9 приведены основные размеры муфты в зависимости от величины расчетного крутящего момента, определяемого по формуле

$$M_{расч} = M_{ном} k,$$

где $k = k_1 k_2 k_3$ — коэффициент динамичности; k_1 — коэффициент запаса, зависящий от вида нагрузки и принимаемый:

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

k_2 — коэффициент, зависящий от типа рабочей машины, имеет следующие значения:

Центробежные насосы, вентиляторы, транспортеры	1,2—1,5
Ротационные компрессоры, деревообрабатывающие машины, каландры, легкие станки, транспортеры, трансмиссии, текстильные и прядильные машины	1,5—2,0
Печатные станки, бумагоделательные машины, мешалки, мельницы, машины по переработке молока, средние станки, сушильные барабаны	2,0—2,5
Лесопильные рамы, тяжелые станки, судовой привод, воздуходувки, приводы легких кранов и подъемников	2,5—3,0
Приводы порталных кранов и подъемников, лебедки, транспортные машины и ворота, резиновые вальцы, поршневые компрессоры, целные транспортеры	3,0—3,5
Поршневые насосы, привод передвижения тяжелых кранов, перегрузочных мостов, цементные мельницы, камнедробилки, ковшовые экскаваторы, ковшовые транспортеры	3,5—4,0
Мельницы, привод прокатных станов, ролланги с односторонним вращением	4,0—5,0
Приводы прокатных станов и роллангов с реверсом	5,0—6,0

k_3 — коэффициент, зависящий от типа двигателя, принимается равным:

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

Расчетная схема муфты представлена на рис. III.22, а. Крутящий момент, передаваемый муфтой,

$$M_{кр} = zR (P_{пр2} \cos \alpha_2 - P_{пр1} \cos \alpha_1),$$

где z — число сегментов на одной полумуфте; $P_{пр1}$ и $P_{пр2}$ — усилия пружин 1 и 2 (рис. III.22, а); α_1 и α_2 — углы между направлениями усилий пружин и касательных к окружности, на которой расположены центры пальцев.

Усилие пружины

$$P_{пр} = \Delta C_{пр},$$

где $C_{пр}$ — жесткость пружины; Δ — деформация пружины; для пружин 1 $\Delta \approx \Delta_0 - \varphi R$; для пружин 2 $\Delta \approx \Delta_0 + \varphi R$; φ — угол поворота полумуфты; Δ_0 — предварительная деформация пружины; R — см. рис. III.22, а.

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

$$C_{мI} = 2zC_{пр}R^2 \cos \alpha.$$

При углах поворота больших φ_1 пружины работают через одну. Жесткость муфты определится выражением

$$C_{мII} = zC_{пр}R^2 \cos \alpha.$$

При действии значительного крутящего момента витки пружины соприкасаются, и муфта становится практически жесткой (рис. III.22, б).

На рис. III.23 (табл. III.10) представлена муфта «Симплафлекс» с набором концентрично расположенных винтовых пружин фирмы «Ленце» (ФРГ). Ступицы полумуфт 1 и 3 соединяются упругим элементом 2, представляющим собой трехслойную витую пружину с витками прямоугольного сечения, которая торцами впаивается в ступицы. Муфта соединяет концы валов и устанавливается на них либо на шпонке, либо на штифтах. Муфта изготавливается трех длин: короткой (к), средней (с) и длинной (д)—см табл. III.10.

При действии допустимого крутящего момента полумуфты поворачиваются на угол 3—6° в зависимости от длины муфты. Муфта допускает смещения валов 3—6% от диаметра вала. Отличается малыми габаритами по диаметру, хорошими компенсирующими свойствами и простотой эксплуатации.

Крутящий момент (кгс·м) определяется из выражения

$$M_{кр} = 716Nk^*s/n,$$

где N — мощность, л. с.; k^* — коэффициент, зависящий от смещения валов и поворота полумуфт (табл. III.11); s — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации муфты (табл. III.12); n — частота вращения, об/мин.

На рис. III.24 (табл. III.13) представлена муфта «Симпла-Минифлекс» для передачи малых крутящих моментов. Полумуфты 1 и 3 соединяются упругим элементом 2, являющимся витой пружиной с витками прямоугольного сечения. Концы пружины крепятся в полумуфтах. Муфта передает вращение в обоих направлениях и отличается высокой компенсационной способностью.

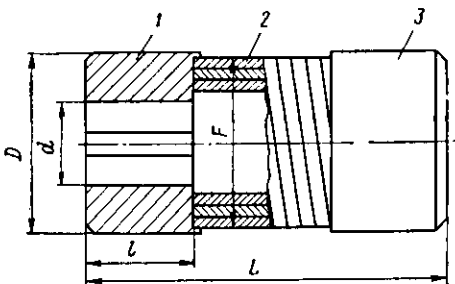


Рис. III.23. Муфта «Симплафлекс» с набором концентрично расположенных винтовых пружин

Т а б л и ц а III.10. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.23)

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

Т а б л и ц а III.11.

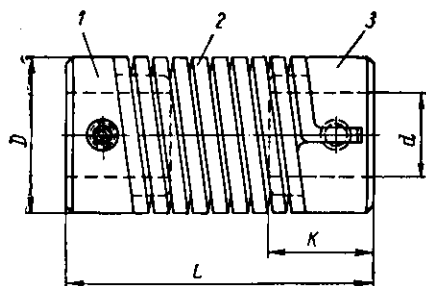
Значение коэффициента k^* 

Рис. III. 24. Муфта «Симпла-Манифлекс»

k^*	Сумма углов поворота полу-муфт (...°) с величинами смещений валов (%) от диаметра вала		
	к	с	д
1,00	0	0,0	0
1,50	1	1,5	2
2,25	2	3,0	4
3,00	3	4,5	6

Т а б л и ц а III.12. Значение коэффициента γ

Вид рабочей машины	Род двигателя		
	Электро-двигатели, 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

Т а б л и ц а III.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.24)

$M_{кр}$, кгс.м	Поворот полумуфт φ , ...°	D	d	K	L
0,05	5	16	3—8	12,5	35
0,20	5	26	6—14	17,0	50

8. МУФТЫ С УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ВИДЕ СТЕРЖНЕЙ

На рис. III.25 (табл. III.14 и табл. III.15) представлены два варианта исполнения муфты «Форст» фирмы «Рейншталь Вапгейм» (ФРГ). В варианте по рис. III.25, а полумуфты 3 и 5 соединены цилиндрическими пружинами 6, расположенными по окружности с диаметром D_6 ; боковые крышки 1 и 7 удерживают пружины от выпадания: препятствуют вытеканию смазки благодаря уплотнениям 2; кожух 4 с уплотнением 2 специальной формы препятствует вытеканию смазки из муфты при взаимном смещении полумуфт. Для уменьшения износа пружин и их гнезд в полумуфтах муфта через масленку 8 заполняется либо

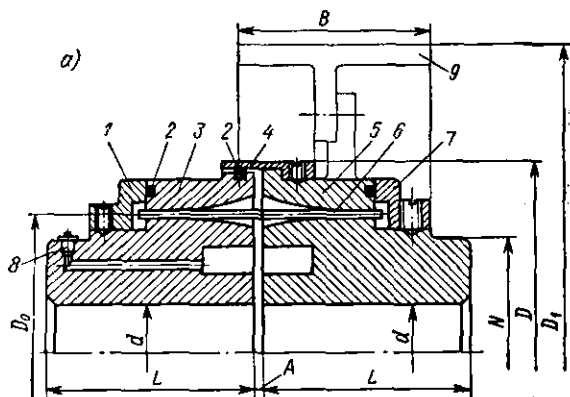


Рис. III.25. Муфта
«Форст»

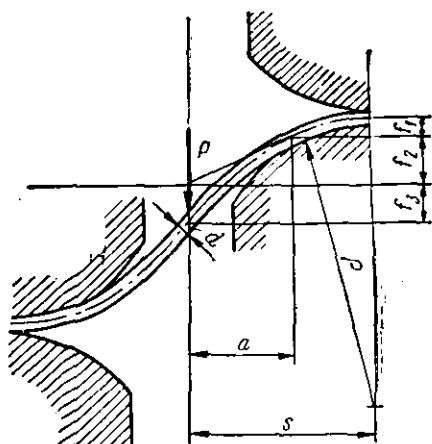
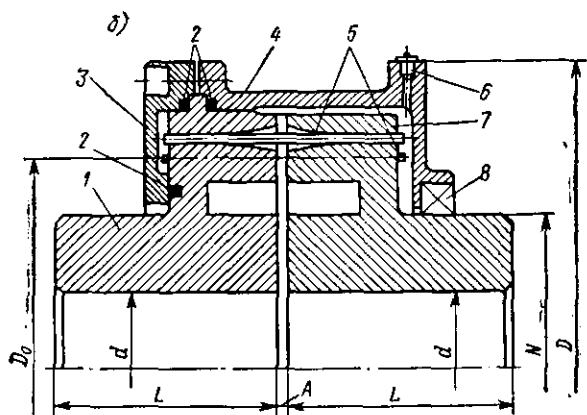


Рис. III.26. Расчетная схема работы стержня:

f_1 —налегание пружины в точке контакта;
 f_2 —поворот в точке контакта; f_3 —прогиб консольной части пружины длиной a

Т а б л и ц а III.14. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.25, а)

$M_{кр}$, кгс·м	$n_{тах}$, об/мин	L	A	N	D	d	D_1	B	Масса, кг	GD^2 , кгс·м ²
4,3	4600	50	1—3	48	88	18—28	160	50	5	0,06
8,6	3800	50	1—3	48	88	20—28	160	50	5	0,06
14,3	3100	60	1—3	50	94	24—32	180	60	8	0,10
21,5	3100	60	1—3	68	116	28—45	200	65	11	0,16
28,6	2600	60	1—3	78	126	30—50	225	70	13	0,26
43,0	2600	70	1—4	80	139	35—55	250	80	18	0,44
57,3	2300	70	1—4	90	156	38—60	250	80	21	0,44
86,0	2300	75	1—4	105	163	45—70	280	90	26	0,82
115,0	1500	90	1—4	110	188	50—70	320	100	39	1,52
172,0	1500	100	2—5	130	218	55—90	400	125	64	4,17
215,0	1500	100	2—5	130	218	55—90	450	140	78	5,00
256,0	1500	105	2—5	145	218	65—100	450	140	80	5,00
430,0	1200	115	2—5	170	260	75—105	500	160	118	11,05
573,0	1200	130	2—6	180	280	90—115	640	180	155	28,40
716,0	1000	140	2—6	190	295	100—125	640	200	197	34,00
1075,0	1000	140	2—6	200	325	110—125	640	200	214	36,50
1432,0	900	150	2—6	220	346	115—130	650	200	238	38,50
1970,0	900	170	2—6	230	365	125—140	650	200	280	41,30

Т а б л и ц а III.15. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.25, б)

$M_{кр}$, кгс·м	$n_{тах}$, об/мин	L	A	N	D	D_0	d	Масса, кг	GD^2 , кгс·м ²	Объем заправкн маслом, л
8,6	5400	55	1—4	60	126	79	28—32	6,2	0,043	0,100
14,3	4300	60	1—4	78	155	106	30—40	11,2	0,100	0,125
21,5	4300	60	1—4	78	155	106	35—50	11,4	0,108	0,125
28,6	3800	70	1—5	90	170	121	38—50	14,5	0,172	0,160
43,0	3800	70	1—5	90	170	121	42—52	15	0,179	0,160
57,3	3300	75	1—5	100	196	134	45—60	19	0,306	0,200
86,0	3300	75	1—5	110	196	134	50—70	20	0,323	0,200
115,0	2250	90	1—6	135	280	201	55—80	50	1,700	0,500
165,0	2250	90	1—6	160	280	201	65—90	53	1,790	0,500
215,0	2250	100	1—6	160	280	200	75—90	59	1,900	0,600
322,0	2250	100	1—6	170	280	200	80—105	64	1,960	0,600
430,0	1900	125	1—6	190	350	257	85—105	108	5,450	1,000
573,0	1900	125	1—6	190	350	257	90—115	108	5,450	1,000
716,0	1500	140	2—9	220	425	331	100—125	160	10,760	1,500
1075,0	1500	150	2—9	220	425	331	100—125	163	10,900	1,500
1432,0	1300	160	2—6	260	470	357	115—140	232	20,000	1,700
1970,0	1300	170	2—7	270	470	355	125—150	242	21,600	1,700
2500,0	1200	180	2—7	290	515	389	135—160	300	32,000	2,000
3045,0	1200	190	2—7	320	535	409	145—180	346	39,000	2,000
3580,0	900	200	2—7	360	590	469	160—210	443	61,400	2,200

пластичной, либо жидкой смазкой с антизадириными присадками. Возможно исполнение с тормозным шкивом 9.

Муфта по рис. III.25, 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 через пресс-масленку 6.

Полумуфты изготавливают из сталей 45, 40Х, пружины — из высоколегированных пружинных сталей, крышки и кожухи — из чугуна СЧ 12-28. При действии крутящего момента характеристика муфты линейна до тех пор, пока кривизна упругой линии стержня не станет равной кривизне профиля гнезда (рис. I II.26).

За зависимость угла поворота φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ на линейном участке характеристики определяется выражением

$$\varphi = 8s^3 M_{кр} / (3EJzD_0^3),$$

где s — см. на рис. III.26; E — модуль упругости 1-го рода материала стержня; z — число стержней; D_0 — диаметр окружности расположения осей стержней.

За зависимость угла поворота полумуфт φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ на линейном участке характеристики определяется выражением

$$\varphi = 2(s^2 - a^2) / (\rho D_0) + 8M_{кр} a^3 / (3D_0^2 z E J),$$

где a и ρ — см. на рис. III.26.

Жесткость муфты

$$C = dM_{кр} / d\varphi = 3M_{кр}^3 \rho^3 / (E^2 J^2 z^2 D_0).$$

Максимальные напряжения изгиба в стержне

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

где d — диаметр стержня.

Предельный крутящий момент

$$M_{пред} = EJzD_0 / (2\psi \rho),$$

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

При расчете определяют:

а) диаметр стержня d , задавшись $D_0 = (2 + 3,5) d_{вал}$ или $D_0 = (0,7 + 0,85) \sqrt{M_{кр}}$ ($M_{кр}$ в кгс·см)¹,

$$d = 4 [\sigma_{из}] D_0 \xi^2 (3 - \psi^2) / (3E\varphi),$$

где $[\sigma_{из}]$ — допустимое напряжение изгиба материала стержня; $\xi = s/D_0$;

б) число стержней

$$z = 64 \xi \psi M_{пред} / (\pi [\sigma_{из}] d^3);$$

в) радиус кривизны гнезда в осевом сечении

$$\rho = Ed / (2 [\sigma_{из}]).$$

Б. МУФТЫ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Муфты с неметаллическими, преимущественно резиновыми, упругими элементами получили весьма широкое распространение в современном машиностроении благодаря сравнительной простоте конструкции и дешевизне изгото-

¹ Варламова Л. П., Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Расчет и конструирование упругих муфт. М., МВТУ им. Баумана, 1977.

вления, отсутствию требований к уходу при эксплуатации, высоким компенсационным свойствам и хорошей демпфирующей способности. Они обладают также электронизолирующей способностью и т. д. Из-за низкой прочности резин и пластмасс по сравнению с металлами эти муфты обычно применяются для передачи малых и средних крутящих моментов.

Долговечность резиновых элементов ниже, чем стальных. Резина постепенно теряет свои упругие свойства — стареет.

9. МУФТЫ СО ЗВЕЗДОЧКОЙ

Муфта с резиновой звездочкой по ГОСТ 14084—76 (рис. III.27, табл. III.16) состоит из одинаковых полумуфт 1 и 2, имеющих на фланцах торцовые кулачки, и упругого элемента 3, выполненного в форме звездочки. Выступы звездочки располагаются между кулачками полумуфт и работают на сжатие через один при действии крутящего момента.

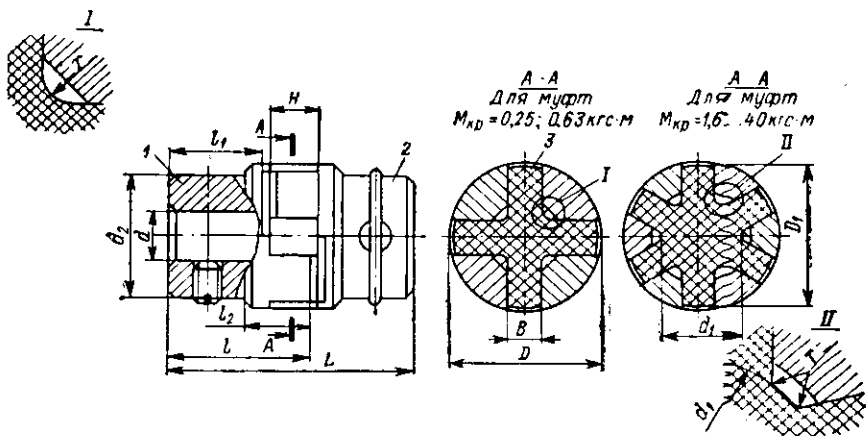


Рис. III.27. Муфта со звездочкой

Материал полумуфт: сталь 35. Материал звездочки: резина с пределом прочности при разрыве не менее 160 кгс/см², относительным удлинением при разрыве не менее 600%, относительным остаточным удлинением не более 32%; твердостью 45—50 по прибору ТИР (ГОСТ 7761—75). Резина должна быть работоспособна в диапазоне температур от —40° С до +50° С.

Муфта фирмы «Пуль» (Франция) состоит из одинаковых полумуфт 1 и 3, имеющих торцовые кулачки, и резинового упругого элемента 4, выполненного в форме звездочки (рис. III.28). Винты 2 фиксируют полумуфты на валах. Лучи звездочки располагаются между кулачками полумуфт и работают на сжатие при действии крутящего момента. Для улучшения компенсационной способности муфты звездочка центрируется по внутренней части кулачков на одной полумуфте и не касается той же части кулачков другой полумуфты.

Упругий элемент муфты выпускается двух типов: 1) поверхность луча звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по сфере (первоначальный контакт звездочки с кулачками в точке); 2) поверхность луча звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по цилиндру (первоначальный контакт звездочки с кулачками по линии).

Со звездочкой первого типа муфта допускает угловое смещение валов до 16°, нагрев упругого элемента до 90° С. Со звездочкой второго типа муфта допускает угловое смещение валов до 10°, нагрев упругого элемента до 80° С.

Муфта со звездочкой первого типа обладает лучшей компенсационной способностью, но передает меньше нагрузки. При малых окружных скоростях полумуфты изготавливаются из серого чугуна, при больших — из стали.

В табл. III.17 приведены основные размеры и параметры муфты.

Т а б л и ц а III.16. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.27)

Мкр. кгс.м	$\eta_{\text{тах}}$ об/мин	D	L	D ₁	d	d ₁	d ₂	l	l ₁	l ₂	B	H	r	Допустимое смещение валов		Масса, кг
														ради- аль- ное, мм	угло- вое, °	
0,25	6500	32	45,5	30	6—7	—	20	28	16	16	8,5	10,5	1,25	0,1	1,5	0,15—0,16
0,63	5000	45	59,5	42	10—14	—	22—26	35	23	16	10,5	10,5	1,60	0,1	1,5	0,25—0,30
1,60	4500	53	81,0	50	12—18	26	26—28	48	30	28	10,5	15,0	1,60	0,2	1,5	0,58—0,63
3,15	4000	71	101,0	57	16—22	30	30—34	58	40	28	12,5	15,0	1,60	0,2	1,5	0,90—0,92
6,30	3500	85	128,0	80	20—28	36	36—42	75	50	40	14,5	22,0	2,00	0,2	1,5	1,81—1,90
12,50	3000	105	148,0	100	25—36	45	45—55	85	60	40	16,5	22,0	2,00	0,3	1,5	3,30—3,70
25,00	2000	135	191,0	130	32—45	56	55—70	108	80	48	18,5	25,0	3,00	0,4	1	7,00—8,50
40,00	1500	166	196,0	160	38—45	67	63—75	113	110	56	20,5	30,0	3,00	0,4	1	11,30—12,90

Т а б л и ц а III.17. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.28)

Мкр (кгс.м) для муфт типа	$\eta_{\text{тах}}$ об/мин	d		b	e	F	G	l	L	l	Масса, кг
		Чугун	Сталь								
1-го	2-го										
0,18	0,36	12	14	25	16	12±0,3	19±0,3	10±0,5	34	12	0,13
0,43	0,86	16	18	32	20	16±0,3	24±0,3	12±0,5	44	16	0,27
1,15	2,30	22	24	40	27	22±0,3	32±0,4	16±0,5	60	22	0,68
2,50	5,00	28	30	50	36	28±0,4	41±0,4	22±1,0	79	28	1,30
6,00	12,00	38	40	65	44	38±0,4	54±0,5	28±1,0	104	38	3,00
14,30	28,60	50	53	85	52	50±0,5	68±0,6	34±1,5	134	50	6,60

На рис. III.29 представлена муфта фирмы «Штромаг» (ФРГ), отличающаяся малой жесткостью при кручении (при $M_{\max} \varphi = 15^\circ$), сравнительной простотой конструкции малыми, габаритными размерами. Одинаковые полумуфты 1 и 3 имеют на торцах фланцев по четыре кулачка 4, расположенных парами. Убругий

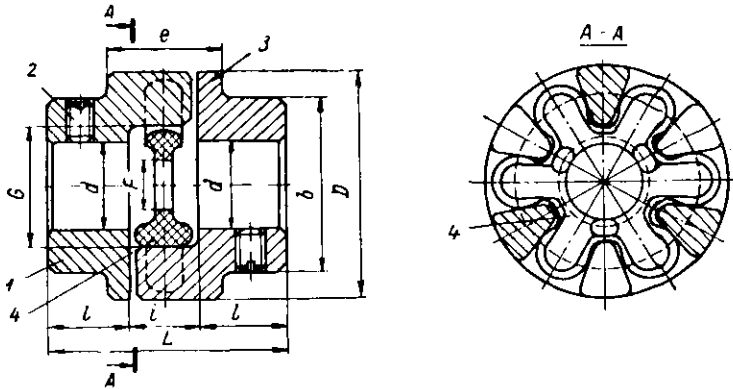


Рис. III.28. Муфта «Пуль» со звездочкой

элемент 2 выполняется из резины в форме звездочки. Зубья звездочки помещаются между парами кулачков, расположенных на одной полумуфте. При действии крутящего момента окружное усилие передается с кулачка на зуб звездочки, а с него

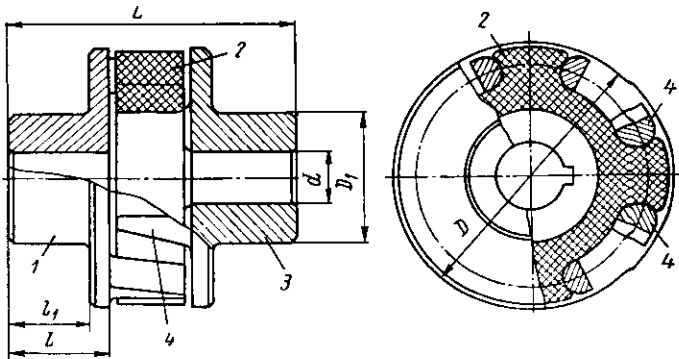


Рис. III.29. Муфта «Гурифлекс» фирмы «Штромаг»

Т а б л и ц а III.18. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.29)

$M_{кр}$, кгс·м		n , об/мин	D	D_1	d	L	l	l_1	Масса, кг	GD^2 , кгс·м ²
$M_{ном}$	M_{max}									
2,5	5	7000	75	44	15—30	80	30	23,5	0,75	0,002
5,0	10	6000	90	52	20—35	100	35	26,5	1,40	0,005
10,0	20	5000	112	61	22—40	125	45	35,5	2,60	0,015
16,0	32	4000	130	71	22—45	135	45	34,5	4,00	0,030
25,0	50	4000	150	79	25—55	155	55	43,5	5,50	0,060
40,0	80	3000	180	99	30—65	185	65	51,5	10,00	0,160

на звездочку. При этом зуб звездочки работает на изгиб, а участки звездочки через один — на растяжение и сжатие.

В табл. III.18 приведены размеры и параметры муфты ($M_{\text{ном}}$ — длительно действующий момент; M_{max} — кратковременный момент).

10. МУФТЫ ПАЛЬЦЕВЫЕ С УПРУГИМ ДИСКОМ

Муфты пальцев с упругим диском отличаются высокой крутильной податливостью и демпфированием, 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.

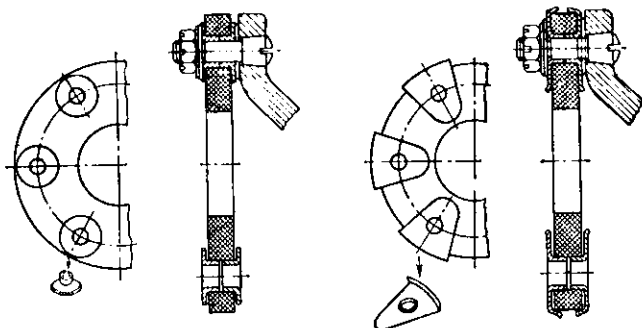


Рис. III.30. Примеры армирования дисков

Для увеличения нагрузочной способности и долговечности муфт, работающих при смещенных валах, применяют армирование отверстий под пальцы (рис. III.30). Нагрузочная способность дисков значительно увеличивается в случае привулканизации армирующих деталей.

Известны также муфты с составным резино-металлическим диском (рис. III.31): резиновые 2 и металлические 1 секторы соединяют вулканизацией. Нагрузочная способность таких муфт выше благодаря более равномерному распределению напряжений в резиновых элементах.

Находят применение и резино-кордные диски, отличающиеся от чисто резиновых более высокими эксплуатационными качествами. В [45, 60, 61] имеются расчеты дисков муфты, представленные на рис. III.31 и III.33. Предполагая применимость закона Гука к резине, максимальное напряжение растяжения в неармированном диске, имеющем шесть пальцев, можно выразить следующим образом:

$$\sigma = M_{\text{кр}} A'_0 / (4bhD_1^2),$$

где $b = (D - D_2)/2$ и h — соответственно ширина и высота сечения кольцевого диска, см (см. рис. III.31); A'_0 — безразмерный параметр, зависящий от отношения d_1/b ; d_1 — диаметр отверстия в диске под палец; D_1 — диаметр расположения пальцев, см; D_2 — внутренний диаметр диска, см.

Значения коэффициента A'_0 приведены на графике рис. III.32.

Минимум напряжений (см. рис. III.32) наблюдается при $d_1/b = 0,30 \pm 0,35$. Если диск выполнен с соблюдением этого соотношения, то наибольшее напряжение растяжения (кгс·см²)

$$\sigma = 2,75 M_{\text{кр}} / (bhD_1).$$

Крутильная жесткость муфты

$$C = 3\pi E h D_1^2 / (4A'_0),$$

где E — модуль упругости материала диска, кгс·см²; A'_0 — безразмерный параметр, зависящий от отношения d_n/b . Значения коэффициента A'_0 :

d_n/b	0,2	0,3	0,4	0,5
A'_0	4,33	3,45	2,77	2,25

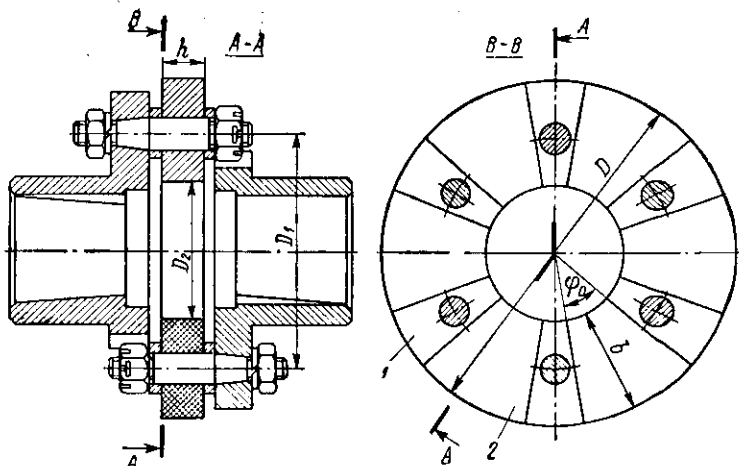


Рис. III.31. Муфта пальцевая с резино-металлическим диском

На рис. III.33, а приведена конструкция пальцевой муфты с упругим диском, разработанная на кафедре деталей машин ЛПИ им. М. И. Калинина. В зоне максимальных напряжений, возникающих от передачи крутящего момента, предусмотрено местное усиление диска (бобышки). Предложен параметрический ряд пальцевых муфт с упругим диском (табл. III.19).

Основные геометрические размеры дисков¹ определялись при допусковом напряжении растяжения, равном 12 кгс/см². В таблице приведены также основные параметры муфт с резино-металлическими дисками (металлические втулки привулканизированы) — рис. III.33, б. Наибольшие напряжения в резино-металлических дисках (рис. III.31), вызванные действием крутящего момента,

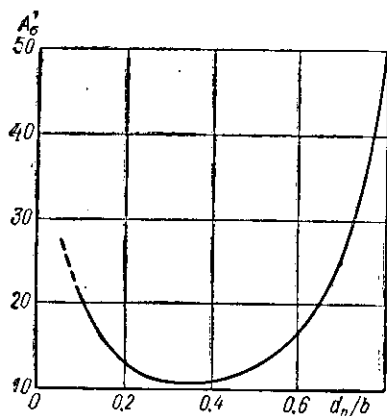


Рис. III.32. Зависимость коэффициента A'_0 от d_n/b

где A_0 — безразмерный коэффициент, зависящий от отношения b/R и φ_0 (см. рис. II.27).

$$\sigma = A_0 M_{кр} / (k h R^2), \quad (III.15)$$

где A_0 — безразмерный коэффициент, зависящий от отношения b/R и φ_0 ² (см. рис. II.24); k — число пальцев, принадлежащих одной полумуфте; R — радиус расположения пальцев, см.

Крутильная жесткость муфты

$$C = A_1 k E h R^2, \quad (III.16)$$

¹ Для резины твердостью 70—75 по прибору ТИР (ГОСТ 7761—75).

² Здесь и далее угол φ_0 выражен в радианах.

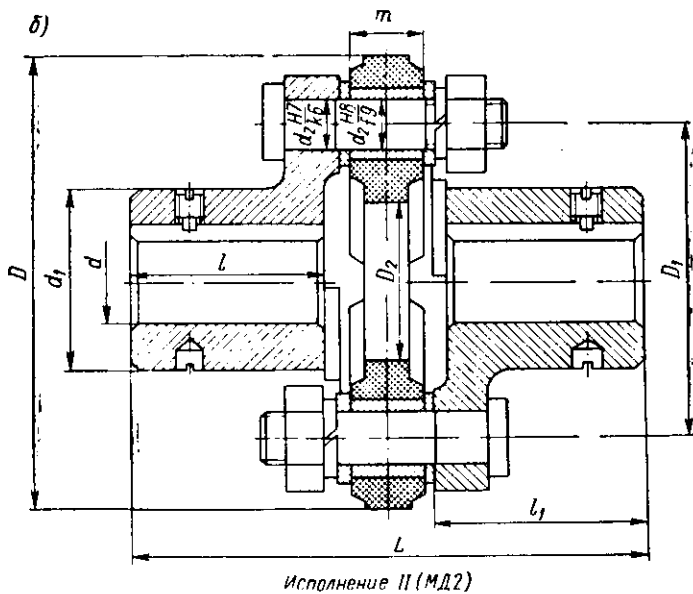
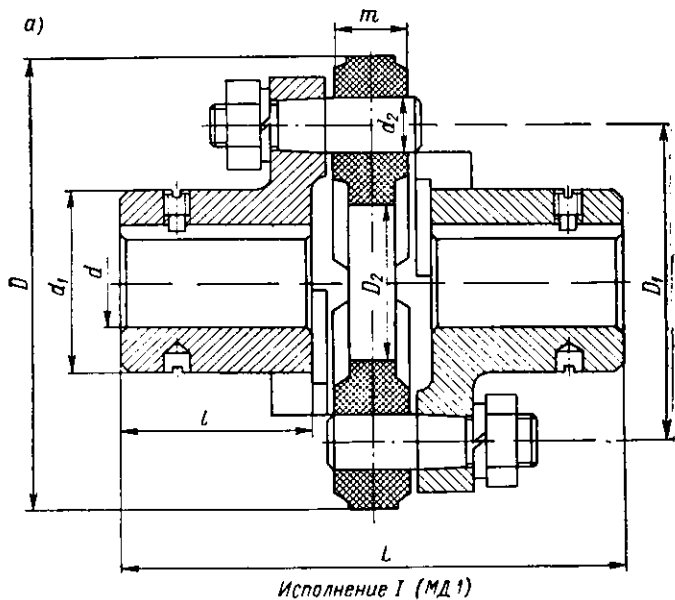


Рис. III.33. Муфты пальцевые с упругими дисками, конструкции ЛПИ им. М. Н. Калинина

Т а б л и ц а III.19. Размеры и параметры муфты (по рис. III.33)

Обозначение	M кр. кгс. м	n _{max} , об/мин	мм						z, шт.	мм				γ, °	мм	
			d _{min}	d _{max}	d ₁	D ₂	D ₁	d ₂		L	l	D ₃	m		Δ	δ
МД1-01	0,40	6000	10	14	22	60	44	8	74	28	22	12	0,75	0,50	1,50	
МД1-02	0,80	4500	12	18	28	80	56	10	86	32	25	14	0,75	0,75	2,00	
МД1-03	1,60	4000	16	22	35	100	70	12	110	42	35	16	1,00	1,00	2,00	
МД1-04	3,15	3000	20	28	42	125	90	12	132	52	50	18	1,00	1,25	2,50	
МД1-05	6,30	3000	25	35	54	160	115	16	160	62	60	24	1,25	1,50	3,00	
МД2-01	0,56	6000	10	14	22	60	44	8	74	28	22	12	1,00	0,50	0,70	
МД2-02	1,12	6000	12	18	28	80	56	10	86	32	25	14	1,25	0,75	1,00	
МД2-03	2,24	5000	16	22	35	100	70	12	110	42	35	16	1,50	1,00	1,25	
МД2-04	4,56	3500	20	28	42	125	90	12	132	52	50	18	1,75	1,00	1,75	
МД2-05	9,00	3000	24	35	54	160	115	16	160	62	60	24	2,00	1,25	2,25	
МД2-06	19,00	2500	32	45	68	200	145	18	214	85	80	28	2,25	1,50	3,00	

П р и м е ч а н и е. Допускаемое смещение дается при отсутствии других видов смещений валов.

Напряжения в дисках в зависимости от величины угла перекоса валов γ

$$\sigma = 3Eh\gamma/(R\varphi_0^2). \quad (111.17)$$

Угловая жесткость муфты

$$C_\gamma \approx 1,15Eb^3k/(R\varphi_0^3). \quad (111.18)$$

Расчетные зависимости для определения напряжений в диске, вызванных осевым смещением полумуфт, и осевой жесткости муфты получены в предположении, что прогибы настолько малы, что удлинением осевой линии защемленного в местах присоединения к полумуфтам участка диска можно пренебречь. В этом случае наибольшие напряжения изгиба в диске в зависимости от величины осевого смещения валов δ

$$\sigma = 3Eh\delta/(\varphi_0 R)^2.$$

Осевая жесткость муфты

$$C_\delta = 2,15Eb^3k/(\varphi_0 R)^3.$$

Наибольшее нормальное напряжение в диске, вызванное радиальным смещением валов Δ , и радиальная жесткость муфты подсчитываются так:

$$\sigma = B_\Delta E\Delta/(12R); \quad C_\Delta = B_c Ehk/12.$$

Здесь B_σ и B_c — безразмерные коэффициенты, зависящие от параметров φ_0 и b/R (см. рис. 11.25 и 11.28).

Для компенсации смещений желательно иметь муфту с небольшим числом пальцев (увеличивается параметр φ_0) и малой толщиной диска. Так, например, увеличение числа пальцев с шести до восьми и толщины диска всего лишь на 15% ведет к двукратному увеличению напряжений в диске и почти пятикратному увеличению угловой и осевой жесткостей муфты. При этом значительно увеличивается и радиальная жесткость муфты.

Следует отметить, что увеличение диаметра муфты при всех видах смещений улучшает работу дисков и снижает дополнительные нагрузки.

П р и м е р. Определить крутильную и угловую жесткости пальцевой муфты с резино-металлическим диском (см. рис. 111.31), а также произвести проверочный расчет на прочность диска муфты при следующих данных:

Крутящий момент, передаваемый муфтой, $M_{кр}$, кгс·см	300
Угловое смещение валов γ , рад	0,025
Радиус расположения пальцев муфты R , см	5
Число пальцев одной полумуфты k	3
Ширина сечения диска b , см	4,5
Толщина диска h , см	1,75
Угол, характеризующий упругую часть диска между двумя смежными пальцами, φ_0 , рад	0,6
Модуль упругости резины E , кгс·см ²	32

Характер нагружения муфты: нагрузка реверсивная, частые остановки и пуска. Крутильная жесткость муфты находится по формуле (111.16)

$$C = 3,2 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 1,75^3 = 13400 \text{ кгс·см/рад.}$$

Значение коэффициента $A_c = 3,2$ найдено по графикам рис. 11.27 для случая $\varphi_0 = 0,6$ и $b/R = 0,9$.

Угловая жесткость определяется по формуле (111.18)

$$C_\gamma = 1,15 \cdot 32 \cdot 4,5 \cdot 1,75^3 \cdot 3/(5 \cdot 0,6^3) = 2480 \text{ кгс·см/рад.}$$

Реактивный момент, действующий на вал в результате смещения,

$$M_p = \gamma C_\gamma = 0,025 \cdot 2480 = 62 \text{ кгс·см.}$$

Напряжения в опасной точке резино-металлического диска, обусловленное крутящим моментом, находится по формуле (111.15)

$$\sigma_1 = 1,04 \cdot 300/(3 \cdot 1,75^2) = 2,38 \text{ кгс/см}^2.$$

Коэффициент $A_\sigma = 1,04$ найден по графикам, приведенным на рис. 11.24 при $\varphi_0 = 0,6$ и $b/R = 0,9$.

Напряжения в расчетной точке диска, вызванное смещением, определяется по формуле (111.17)

$$\sigma_2 = 3 \cdot 32 \cdot 1,75 \cdot 0,025/(5 \cdot 0,6^2) = 2,33 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарное напряжение в расчетной точке

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = 2,38 + 2,33 = 4,71 \text{ кгс/см}^2.$$

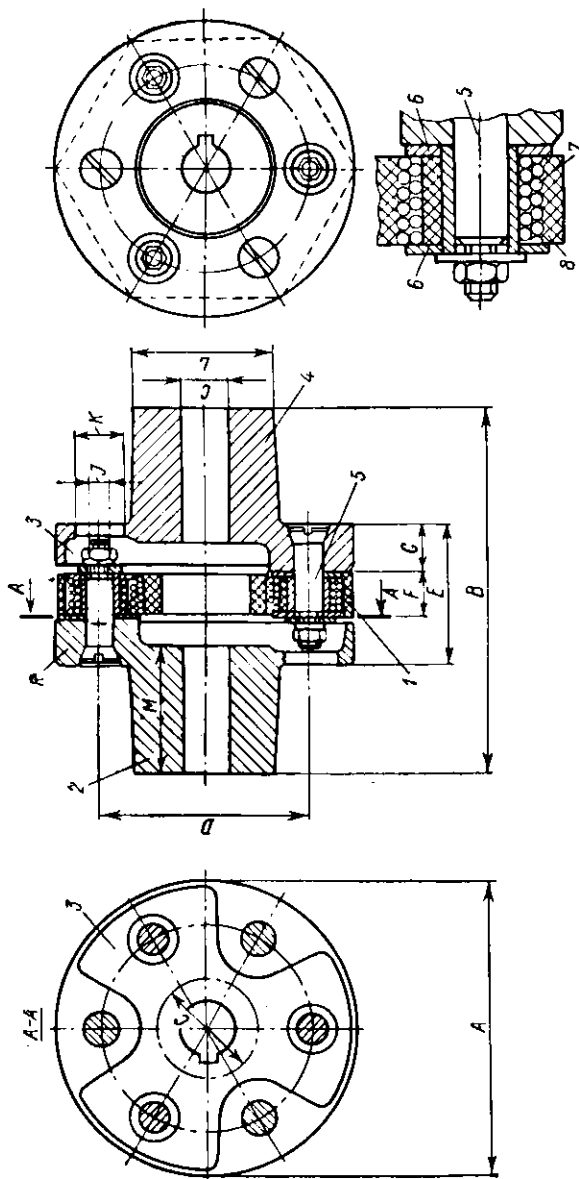


Рис. III.34. Муфта «Страфлекс»

Напряжение, вызванное угловым смещением, меняется по симметричному знакопеременному циклу. При реверсивной работе муфты и частых остановах и пусках можно принять, что напряжение, вызванное крутящим моментом, также меняется по симметричному циклу. В таком случае допускаемые напряжения можно принять равными [63] $[\sigma] = 0,15E = 4,8 \text{ кгс/см}^2$. Таким образом, условие прочности выполнено.

Т а б л и ц а III.20. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.34)

$M_{кр}$, кгс·м	$n_{тах}$, об/мин	A	B	$C_{тах}$	D	E	F	G	J	K	L	M
7,5	6000	78	80	30	50	32	12	8	—	—	41	32
10,0	5500	98	116	32	65	43	15	14	6	16	46	45
15,0	5500	98	116	32	65	43	15	14	6	16	46	45
20,0	5000	124	146	42	85	54	18	18	8	20	58	54
30,0	5000	124	146	42	85	54	18	18	8	20	58	54
40,0	4500	144	177	50	100	65	21	22	10	23	68	65
60,0	4500	144	177	50	100	65	21	22	10	23	68	65
80,0	3500	182	214	70	132	82	26	28	12	30	92	80
120,0	3500	182	214	70	132	82	26	28	12	30	92	80
160,0	2800	232	280	100	170	102	32	35	14	32	126	110
240,0	2800	232	280	100	170	102	32	35	14	32	126	110
320,0	2400	268	340	110	190	130	42	44	16	37	142	123
480,0	2400	268	340	110	190	130	42	44	16	37	142	123
600,0	2000	330	424	145	240	136	48	44	16	37	184	160

Пальцевая муфта с диском «Страфлекс» фирмы «Польстра» (Франция) показана на рис. III.34 (табл. III.20). Упругий элемент 1 в форме шестигранника с круглым отверстием соединяется с полумуфтами 2 и 4 болтами 5. Для повышения несущей способности резиновый диск 1 армирован кордом 7, являющимся силовой основой. Для уменьшения концентрации напряжений в месте сопряжения упругого элемента с болтами в нем завулканизированы металлические втулки 8, на концы которых надеты шайбы 6. Во фланцах полумуфт предусмотрены полости 3, в которых располагаются концы болтов с гайками. Муфта предназначена для передачи больших крутящих моментов. При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 2°. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ , мм	1—3
Радиальное смещение осей валов Δ , мм	0,1—1
Угловое смещение осей валов γ , °	1—5
при постоянном смещении	5—10
• кратковременном смещении	1—10

Муфта «Мегифлекс» фирмы «Вулкан» (ФРГ) показана на рис. III.35 (табл. III.21 и III.22). Полумуфты 1 и 4 поочередно соединяются с упругим элементом 5 болтами 3. Резино-металлический упругий элемент выполнен в форме многоугольника, в вершинах углов которого завулканизированы металлические скобы 6 с металлическими втулками 2. Резиновые участки имеют круглое или квадратное поперечное сечение и работают через один на сжатие и растяжение при действии крутящего момента. Для повышения долговечности упругих элементов перед монтажом их стягивают обечайкой таким образом, чтобы уменьшился диаметр D. При этом резина испытывает предварительное сжатие, и при действии переменного крутящего момента в ней не возникает знакопеременных напряжений.

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

Муфта «Юбофлекс» фирмы «Польстра» (Франция) показана на рис. III.36 (табл. III.23). Шестиугольный резиновый упругий элемент 1 соединяется с полумуфтами 4 и 6 болтами 3. Предохранительные кожухи 5 крепятся к фланцам полумуфт. Для уменьшения концентрации напряжений в месте сопряжения упру-

того элемента с болтами завулканизированы пластины 2. Для повышения срока службы резинового упругого элемента его изготовляют несколько 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.

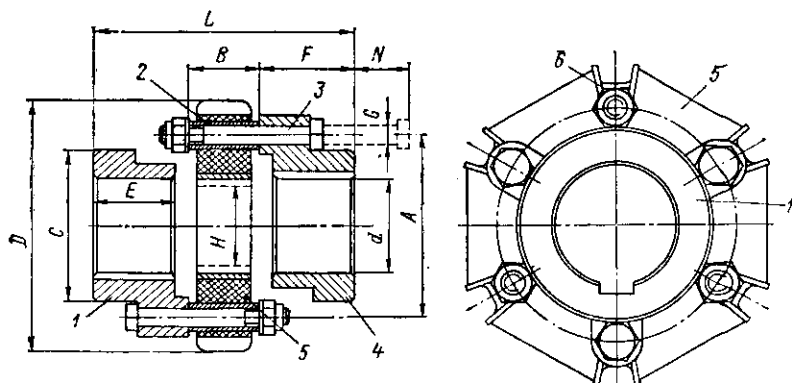


Рис. III.35. Муфта «Мегифлекс»

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

- Осевое смещение полумуфт δ , мм 2—5
- Радиальное смещение осей валов Δ , мм 1—2
- Угловое смещение осей валов γ , ... $^\circ$:
 - при постоянном смещении 2—5
 - « кратковременном смещении 8—12

(Большие значения следует принимать для крупных муфт.)

Т а б л и ц а III.21. Размеры муфты (рис. III.35), мм

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

Муфта «Минифлекс» фирмы «Польстра» (Франция) приведена на рис. III.37 (табл. III.24). Муфта предназначена для передачи малых крутящих моментов. Одинаковые полумуфты 1 и 2 имеют на торцах по два кулачка в форме треугольника. Упругий элемент является комбинацией металлических скоб 3 и резиновых

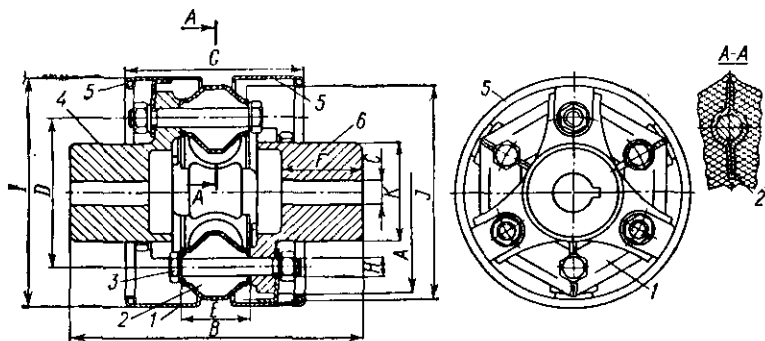


Рис. III.36. Муфта «Юбофлекс»

стержней круглого сечения 4, привулканизированных к скобам. При действии крутящего момента резиновые участки упругого элемента работают (через один) на сжатие или растяжение.

Муфта отличается малой крутильной жесткостью (угол закручивания полумуфт при номинальном крутящем моменте составляет $10-15^\circ$) и хорошо компенсирует радиальное смещение валов (допустимое смещение $1-2$ мм).

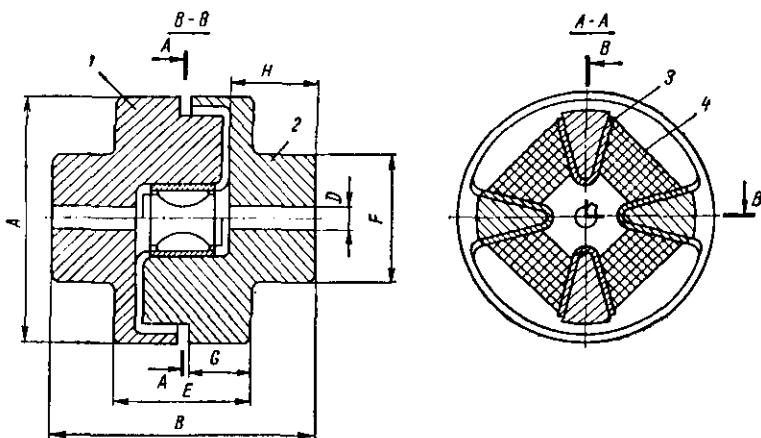


Рис. III.37. Муфта «Минифлекс»

Пальцевая муфта «Доппельфлекс» фирмы «Деш» (ФРГ) показана на рис. III.38. Муфта отличается простотой конструкции, малыми габаритными размерами, надежностью в работе. Одинаковые полумуфты 1 и 4 соединяются через пальцы 3, запрессованные в полумуфты, и упругий элемент в форме резиновых колец 2, свободно вставленных в полумуфты. На каждой полумуфте имеется по четыре пальца, которые через один помещаются в канавках резиновых колец. При действии крутящего момента участки резиновых колец между пальцами работают через один, в основном на сжатие и растяжение. Кольца 2 изготовляют из мягких резин с твердостью $50-60$ по прибору ТИР.

Т а б л и ц а III.22. Параметры муфты (рис. III.35)

Обозначение	M _{кр} , кгс·м			Угол поворота, ...		n, об/мин	Осевое смещение, мм	Осевая жесткость, кгс/мм	Радиальное смещение, мм	Радиальная жесткость, кгс/мм	Угловое смещение, ...	Угловая жесткость, кгс·м/град	Крутильная жесткость ДИ-С.10 ³ кгс·м/рад	Масса, кг	GD ² , кгс·м ²
	Длигельный	кратковременный	перемеженный	Длигельный	кратковременный										
45	1,2	3	±0,6	9,5	19,6	9000	4	2,0	3	—	8	—	0,94	0,5	0,0004
55	2,0	5	±1,0	11,6	24,0	7000	4	3,0	3	—	8	—	1,25	0,8	0,0008
65	4,0	10	±2,0	9,5	19,5	6000	5	5,0	3	15	8	0,08	4,10	1,3	0,0020
76	8,0	20	±3,5	13,5	26,0	5000	6	6,7	4	15	8	0,14	4,60	1,7	0,0040
85	10,0	25	±4,0	11,0	23,0	4500	6	6,5	4	15	8	0,14	6,70	2,3	0,0070
100	16,0	40	±8,0	8,5	19,0	4000	7	10,5	6	19	8	0,28	14,00	3,3	0,0200
132	27,0	65	±14,0	7,3	16,8	3000	9	6,0	6	35	8	0,45	25,00	5,9	0,0800
150	40,0	100	±20,0	9,0	20,8	2700	12	8,0	9	35	8	—	33,00	9,0	0,1600
170	55,0	140	±27,0	7,8	18,4	2300	12	9,5	9	40	8	—	52,00	13,0	0,2600
186	80,0	200	±40,0	9,6	21,5	2100	12	12,0	12	45	8	—	62,00	16,0	0,4300
210	120,0	300	±60,0	4,2	9,8	1900	11	25,0	12	85	6	—	180,00	27,0	0,7800
240	180,0	450	±90,0	4,7	11,5	1700	12	36,0	15	100	6	—	260,00	36,0	1,5000
280	240,0	600	±120,0	4,5	10,9	1400	14	40,0	15	110	6	—	350,00	50,0	3,2000

Т а б л и ц а III.23. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.36)

M _{кр} , кгс·м	n _{тах} , об/мин	A	B	C	D		E	F	G	H	I	J		K
					сжатый	свободный						сжатая	свободная	
4	6000	87	128	10—30	74	65	28	40	82	8	105	100	91	42
9	5000	113	172	12—40	96	85	32	55	100	10	130	128	117	56
16	4500	135	196	15—45	110	100	46	54	120	12	152	152	142	66
25	3500	172	247	18—60	146	132	51	80	156	14	200	195	181	90
35	3000	196	284	20—70	170	150	54	90	175	18	220	222	202	105
50	2800	225	322	25—75	195	170	62	102	188	20	260	257	232	115
70	2400	246	346	25—80	216	190	68	108	200	20	284	289	263	122

Т а б л и ц а III.24. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.37)

$M_{кр}$ кгс·м	n_{max} об/мин	A	B	D	E	F	G	H
0,25	10 000	45	41	14	21	28	9,5	14
1,00	9 000	58	61	19	31	36	14,5	20
2,00	7 000	84	88	28	40	52	18,0	30
4,00	4 000	115	116	38	51	62	22,5	40

В табл. III.25 приведены размеры муфты в зависимости от $M_{кр} = M_{ном}k$, где $k = k_1 + k_2$ — коэффициент динамичности нагрузки [106] (стр. 109).

На рис. III.39 (табл. III.26) представлена муфта с привулканизированной резиновой шайбой, разработанная в МВТУ им. Н. Э. Баумана. Полушайбы 1 соединены

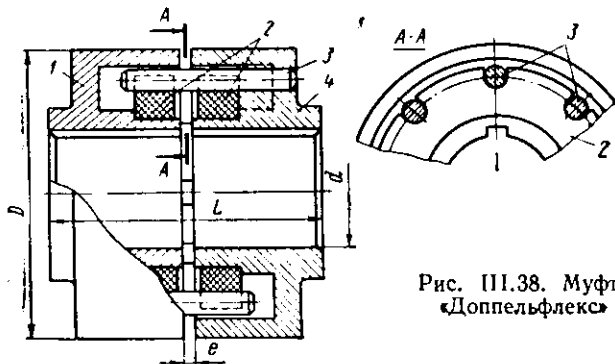


Рис. III.38. Муфта «Доппельфлекс»

Т а б л и ц а III.25. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.38)

$M_{кр}$ кгс·м	n_{max} об/мин	d	D	L	e
0,54	10 000	20	63	52	2
1,07	8 800	25	71	62	2
2,15	7 800	30	80	73	3
4,30	7 000	18—35	90	83	3
8,60	6 300	24—40	100	104	4
17,90	5 000	30—50	125	124	4
35,80	3 900	35—60	160	145	5
71,60	3 100	40—80	200	175	5
143,00	2 500	50—100	250	226	6
286,00	2 000	60—125	315	286	6
572,00	1 500	90—160	400	367	7
1145,00	1 200	110—200	500	457	7

резино-металлическим упругим элементом 3 с помощью винтов 5. Применение центрирующих колец 2 с двумя кулачками на торце каждого кольца позволяет заменять резино-металлические упругие элементы без осевого смещения соединяемых агрегатов, центрировать упругий элемент и передавать крутящий момент даже в случае разрушения упругого элемента муфты. Резьбовые отверстия при вулканизации закрывают стальными заглушками 4 для защиты от попадания резины.

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 крутящего момента, а скругления на внутренней части металлических дисков снижают местные напряжения, вызванные усадкой резины. При радиальном

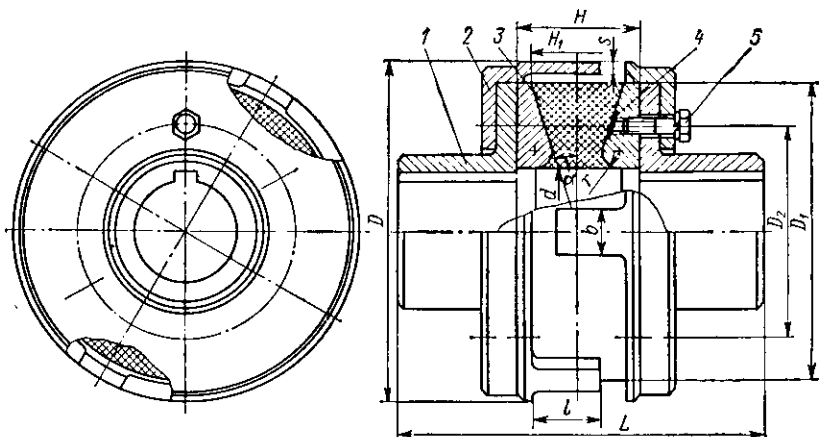


Рис. III.39. Муфта с резино-металлическим упругим элементом

Т а б л и ц а III.26. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.39)

$M_{кр}$, кгс·м	D	D_1	D_2	d	r	d_B	$\alpha_{...}$, °	L	H	Количество винтов в полу- муфте	Допустимое смещение валов	
											угловое	радиаль- ное, мм
6,3	110	95	65	38	4,0	M6	17	120	38	6	1° 12'	1,0
10,0	125	110	75	40	4,0	M8	17	135	45	6	1 20	1,1
16,0	150	130	90	50	5,0	M8	17	155	50	8	1 20	1,5
25,0	170	150	100	60	6,0	M8	17	180	60	8	1 20	1,7
40,0	205	180	120	70	7,0	M10	17	220	72	8	1 20	1,9
63,0	240	210	140	85	8,5	M12	17	250	85	8	1 20	2,3
80,0	250	220	145	90	9,0	M12	17	270	90	8	1 20	2,5
100,0	275	240	160	95	9,5	M16	17	290	95	8	1 20	2,6
160,0	320	280	186	115	11,5	M16	17	350	115	8	1 20	3,2
250,0	390	340	225	140	14,0	M20	17	420	140	8	1 20	3,9
400,0	435	380	255	150	15,0	M20	17	450	152	12	1 20	4,2
630,0	515	450	300	180	18,0	M24	17	540	180	12	1 20	5,0
1000,0	595	520	345	210	21,0	M24	17	630	210	12	1 20	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.

смещении валов скругления снижают касательные напряжения на внутреннем диаметре d в 1,8 раза.

Металлические детали для малых муфт изготавливаются из алюминия или чугуна, для больших муфт — из среднеуглеродной стали. При действии крутящего момента $M_{кр}$ полумуфты повернутся на угол φ

$$\varphi = 24M_{кр}H_1 / [\pi G D_1 (D_1^3 - d^3)],$$

где G — модуль упругости резины при сдвиге; H_1 , D_1 и d — см. на рис. III.39. При этом в резине возникнут касательные напряжения

$$\tau = 12M_{кр} / [\pi (D_1^3 - d^3)] < [\tau];$$

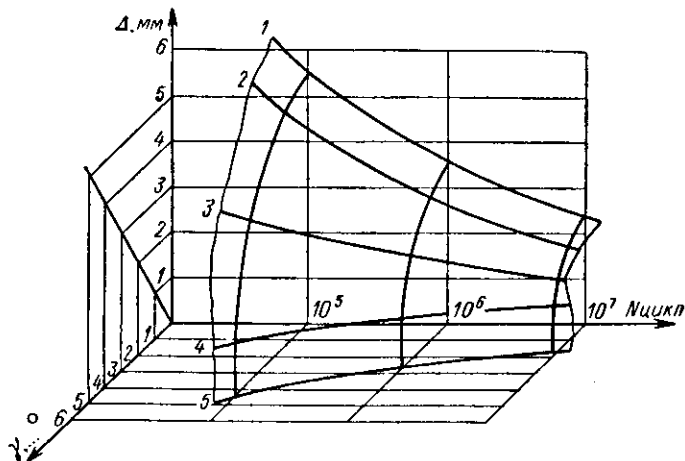


Рис. III.40. Поверхность выносливости для резино-металлического упругого элемента муфты

на поверхности контакта резины с металлом

$$\tau_1 = \tau D_1 / \sqrt{D_1^2 + H_1^2}.$$

Радиальное смещение полумуфт

$$\Delta = 2PH_1 / [\pi G D_1 (D_1 - d)].$$

Угол перекося полумуфт

$$\gamma = 48M_n H_1 / [\pi E k D_1 (D_1^3 - d^3)],$$

где M_n — изгибающий момент; E — модуль упругости 1-го рода для резины; k — коэффициент, учитывающий ужесточающее влияние привулканизированных металлических деталей (из эксперимента $k = 1,5$); остальные обозначения см. на рис. III.39.

Для изготовления упругого элемента рекомендуется резина ИРП 13—52 СКН, разработанная филиалом НИИРП, г. Загорск. Для этой резины $[\tau] = 3 \text{ кгс/см}^2$.

Ресурс муфты определяется ресурсом наименее прочного звена — упругого элемента. Разрушение резиновой части упругого элемента носит усталостный характер и происходит под действием циклических напряжений, возникающих в резине при действии переменного крутящего момента и при неточном расположении соединяемых валов.

На рис. III.40 приведены результаты усталостных испытаний упругого элемента 2 с $D_1 = 150 \text{ мм}$ (см. рис. III.39), изготовленного из резины

¹ Нестеров А. Р. и др. Статическая прочность муфты с привулканизированным резиновым упругим элементом. «Известия вузов. Машиностроение», 1975, № 11.

² Решетов Д. Н. и др. Исследование компенсирующих свойств муфты. «Известия вузов. Машиностроение», 1976, № 5.

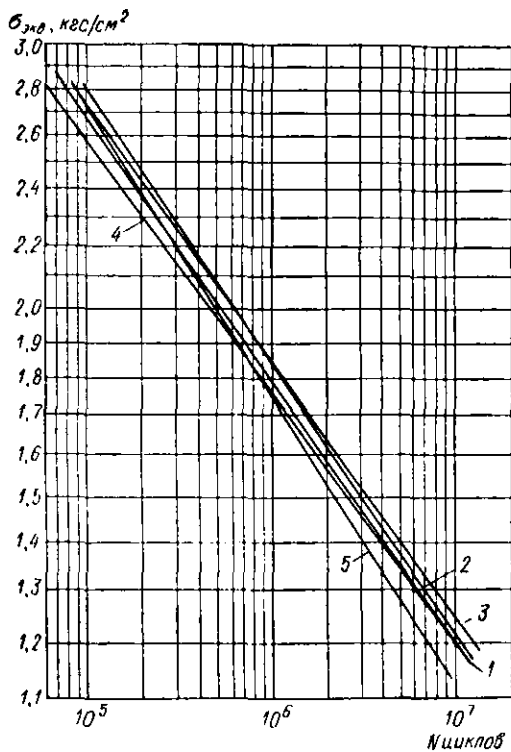


Рис. III.41. Обобщенная диаграмма выносливости для комбинаций смещений валов

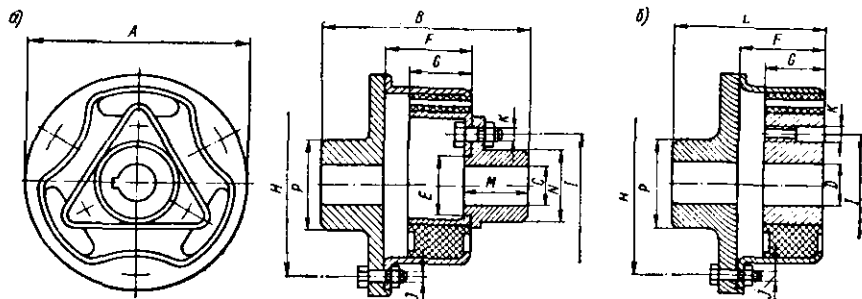
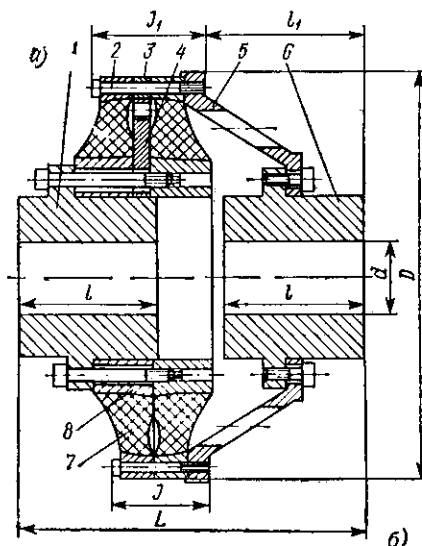


Рис. III.42. Муфта «Кардафлекс»

из внутреннего 8 и внешнего 2 колец, соединенных вулканизацией с резиновым диском 7 переменного сечения, обуславливающего постоянство касательных напряжений в резине при действии крутящего момента. Конические поверхности колец увеличивают площадь контакта резины с металлом, повышая несущую способность муфты. Резино-металлические упругие элементы изготовлены таким образом, что при соприкосновении колец 2 между внутренними кольцами 8 остается некоторый осевой зазор. При сближении колец 8 до соприкосновения их торцов в резине создается предварительное напряженное состояние. Это способствует уменьшению напряжений в резине при действии крутящего момента и повышает срок службы муфты. Конструкция муфты позволяет производить замену упругого элемента без осевого смещения агрегатов. Для этого достаточно освободить винты и сдвинуть в осевой зазор между ступицами 1 и 6 последовательно оба упругих элемента.



Т а б л и ц а III.28.
Угол закручивания муфты, ...°
(рис. III.43)

Твердость резины	Крутящий момент $M_{кр}$			
	0,25 $M_{ном}$	0,5 $M_{ном}$	0,75 $M_{ном}$	1,0 $M_{ном}$
Малая	3,0	6,5	11,0	15,0
Средняя	2,4	4,8	7,8	11,4

Рис. III.43. Муфта «Спирофлекс» с резино-металлическими упругими элементами

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

В исполнении а, применяемом в особо ответственных случаях, параллельно с упругими элементами встроены диски 3 и 4 с кулачками, обеспечивающими передачу крутящего момента при разрушении упругого элемента. Размеры кулачков таковы, что при нормальном состоянии упругих элементов они не касаются друг друга и не меняют крутильной жесткости муфты.

11. МУФТЫ С ТОРООБРАЗНЫМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Упругим элементом муфты является резиновая или резино-кордная оболочка. Резино-кордная 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.

Т а б л и ц а III.29. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.43)

M кр *, кгс. м	n ^г шаг*, об./мин	D	L	d	J ₁	l ₁	J	l	Масса, кг		Допу- стимая ампли- туда пере- менного момента, кгс. м	Допустимое сме- щение валов **	
									a	b		радиаль- нос, мм	осевое, мм
137	4000	300	245	40—70	80	120	70	95	37,7	39,3	±34	0,8	1,5
180	4000	325	270	45—80	87	129	77	105	52,0	55,0	±45	0,9	1,7
230	3600	350	295	50—90	96	145	80	115	67,4	72,5	±58	1,0	1,8
300	3200	380	320	55—100	100	156	85	125	83,0	89,0	±75	1,1	2,0
400	3200	410	345	60—110	110	165	95	135	103,5	111,0	±99	1,2	2,2
515	2800	450	370	65—120	124	174	105	145	134,6	147,1	±128	1,3	2,4
660	2800	490	400	75—130	130	184	110	155	179,0	194,0	±165	1,4	2,6
860	2500	530	445	80—140	140	207	125	175	231,0	248,0	±215	1,5	2,8
1 100	2240	575	490	85—150	160	225	135	195	311,0	336,0	±280	1,6	3,0
1 450	2000	615	535	100—160	176	244	145	215	382,0	410,0	±365	1,8	3,4
1 900	2000	680	590	110—180	190	268	160	235	529,0	569,0	±475	2,0	3,7
2 500	1800	740	635	130—200	200	295	170	255	655,0	705,0	±625	2,2	4,0
3 200	1600	815	730	140—220	224	340	190	295	1052,0	937,0	±790	2,4	4,4
4 100	1400	870	800	150—240	240	380	200	325	1870,0	1138,0	±1030	2,6	4,8
5 400	1400	950	890	160—260	270	415	225	360	1421,0	1532,0	±1350	2,8	5,2
7 050	1250	1035	975	175—280	285	460	240	395	1811,0	1941,0	±1760	3,0	5,8
7 900	1250	1080	975	225—330	300	455	260	395	2043,0	2192,0	±1970	3,2	6,0
10 500	1100	1180	1030	250—350	314	480	265	415	2555,0	2758,0	±2600	3,5	6,5

* Муфта допускает трехкратные кратковременные перегрузки.

** Допустимое угловое смещение валов 3,2°.

Т а б л и ц а III.30. Расчетные зависимости для определения нагрузок, действующих на валы

Вид нагрузки на валы	Причина нагрузки	Расчетная зависимость	Примечание
Осевая сила, кгс	Центробежные силы	$P_{ц} = \rho n^2 D^4 A_{\omega}$	A_{ω} определяют из графика (рис. III.46); ρ — плотность, кгс·с ² /см ⁴ ; n — частота вращения муфты, об/мин
	Осевое смещение полумуфт Ψ	$P = \Psi / (DED^2 B_{\omega})$	B_{ω} определяют из графика (рис. III.47); E — модуль упругости резины при растяжении
Радиальная сила, кгс	Радиальное смещение полумуфт U	$P_u = \frac{U}{D} ED^3 A_u$	A_u определяют из графика (рис. III.48)
Момент, кгс·см		$M_u = \frac{U}{D} DE^3 B_u$	B_u определяют из графика (рис. III.49)
Радиальная сила, кгс	Угловое смещение полумуфт γ	$P_{\gamma} = \gamma ED^2 A_{\gamma}$	A_{γ} определяют из графика (рис. III.49)
Момент, кгс·см		$M_{\gamma} = \gamma ED^3 B_{\gamma}$ $M'_{\gamma} = M_{\gamma} \left[1 - \frac{A_{\gamma}}{B_{\gamma}} (\alpha - \beta) \right]$	B_{γ} определяют из графика (рис. III.50)

Примечания: 1. Безразмерные коэффициенты A_{ω} , B_{ω} и другие определяют в зависимости от безразмерных параметров $\alpha = B/D$, $\beta = \delta/D$. 2. Размеры упругого элемента см. на рис. III.44.

Т а б л и ц а III.31. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.44)

M _{кр} , кгс.м	d	D	L		l		M _{кр} шаг, кгс.м	n, об/мин	Допускаемое смещение валов		
			Длинные концы ва- лов	Короткие концы ва- лов	Длинные концы ва- лов	Короткие концы ва- лов			осевое, мм	радиальное, мм	угловое, °
2	14	100	125	125	32	28	6,3	3000	1,0	1,0	1
	16 18		150	130	42	30					
4	18	125	160	140	52	38	12,5	3000	1,0	1,0	1
	20 22		180	150							
	25		200	160	63	44					
8	22	160	220	180	52	38	25	2500	2,0	1,6	1,5
	25 28				63	44					
12,5	25 28	180	220	180	63	44	40	2500	2,0	1,6	1,5
	32 36		270	220	82	60					
20	32 36	200	340	280	112	84	63	2000	3,0	2,5	1,5
	40		340	280	112	84					
25	32 36	220	280	230	82	60	80	2000	3,0	2,5	1,5
	40 45		340	290	112	84					
31,5	36	250	280	240	82	60	100	1600	3,6	3,0	1,5
	40 45		250	300	112	84					
50	40 45	280	360				310	112	84	160	1600	3,6	3,0	1,5
	50 56										
80	50 56	320	370	310	143	108	250	1600	3,6	3,0	1,5
	63		440	370							

M _{кр} , кгс·м	d	D	L		I		M _{кр шах} , кгс·м	n, об/мин	Допускаемое смещение валов		
			Длинные концы ва- лов	Короткие концы ва- лов	Длинные концы ва- лов	Короткие концы ва- лов			осевое, мм	радиальное, мм	угловое, ...
125	56	360	380	320	112	84	315		4,0	3,6	
	63 71		460	390	143	108					
200	63 71	400	530	450	172	132	500	1600	4,5		
	80 90										
315	80 90	450	550	470	214	168	800		4,0		
	100		630	545							
500	90	500	560	480	172	132	1250	1250	5,0		1,5
	100 110 125		650	560	214	168					
800	100 110 125	560	750	630	254	204	2000	1120	5,6		
	140										
1250	110 125	630	690	600	214	168	2500	1000	6,0	5,0	
	140		775	670	254	204					
	160		875	750	304	224					
1600	125	710	710	630	214	168	3150	900	6,7		
	140		800	710	254	204					
	160 180		900	800	304	244					

$M_{кр}$, кгс·м	d	D	L		l		$M_{кр\max}$, кгс·м	n , об/мин	Допускаемое смещение валов		
			Длинные концы валов	Короткие концы валов	Длинные концы валов	Короткие концы валов			осевое, мм	радиальное, мм	угловое, ...°
2000	140	800	825	710	254	204	4000	800	7,5	5,0	1,5
	160 180		925	800	304	244					
2500	160 180	900	950	850	354	284	5000	750	9,0	5,0	1,5
	200		1060	925							
3150	160 180	1000	1000	875	304	244	6300	710	10,0	5,0	1,5
	200 220		1090	950	354	284					
4000	180	1120	1030	900	304	244	8000	710	11,0	5,0	1,5
	200 220		1120	1000	354	284					

Примечание. $M_{кр\max}$ — крутящий момент при кратковременной нагрузке.

где C_p и C_k — безразмерные коэффициенты для резины и корда [69],

$$C_k = \frac{\left(1 + \frac{r_0}{R_0} \sin \theta\right)^2 \sin^2 \beta^*}{\frac{l_k}{v E_k F_k} + \frac{\left[\frac{r_0}{R_0} (1 - \mu) + 1 - 2\mu\right] \cos \theta}{2n E \delta_1 [\cos \theta + 4r_0 (\pi - 2\theta + \sin 2\theta)] / R_0}};$$

δ — толщина резиновой оболочки; R_0 — радиус круговой оси тора; β^* — угол наклона нити корда к меридиану на экваторе оболочки; l_k — длина нити корда; μ — коэффициент Пуассона для резины; v — число нитей корда, расположенных в одном направлении; E_k — модуль упругости корда; F_k — площадь поперечного сечения нити корда; E — модуль упругости резины; δ_1 — толщина оболочки ва вычетом корда.

В табл. III.30 приведены расчетные зависимости для определения нагрузок, действующих на соединяемые муфтой валы. Нагрузки на валы можно легко найти для любого сочетания размеров упругого элемента (определяемого изменением параметров α и β). Однако зависимости получены лишь для муфт с резиновым упругим элементом.

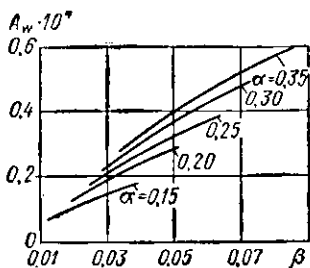


Рис. III.46. Значения коэффициента A_w

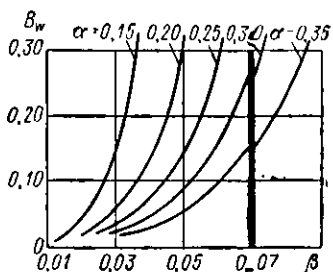


Рис. III.47. Значения коэффициента B_w

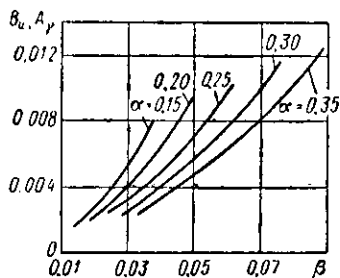


Рис. III.48. Значения коэффициентов B_u и A_y

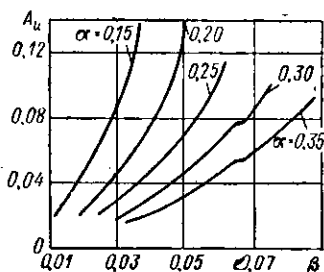


Рис. III.49. Значения коэффициента A_u

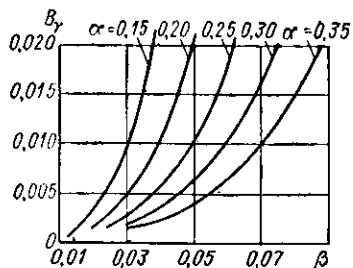


Рис. III.50. Значения коэффициента B_v

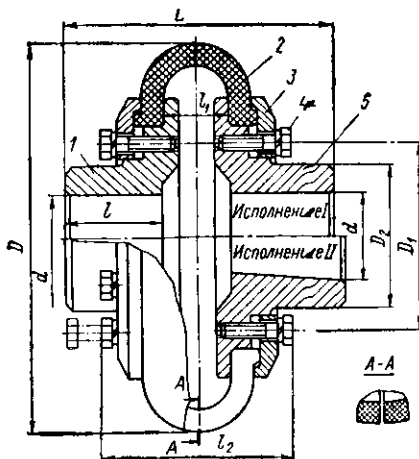


Рис. III.51. Муфта «Перифлекс» с разрезной торообразной оболочкой

Т а б л и ц а III.32. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.51)

M кр	M кр шах		n шах, об/мин	d	D	L	D ₁	D ₂	l	l ₁	l ₂	φ, °	Масса, кг	GD ² , кгс·м ²
	кгс·м	кгс·м												
0,5	1,5	4000	10—18	84	62	—	32	26	16	—	4,0	0,8	—	
1,0	3,0	4000	12—22	104	64	50	34	28	16	57	6,0	1,0	—	
3,0	8,0	4000	18—30	136	88	65	45	35	18	64	6,0	3,2	0,02	
5,0	15,0	3000	25—35	178	125	85	60	47	35	89	5,0	6,3	0,05	
10,0	30,0	3000	30—50	210	150	110	80	59	38	98	8,5	10,2	0,11	
25,0	75,0	2000	35—60	263	174	140	95	67	44	123	6,5	19,0	0,34	
40,0	125,0	2000	38—70	310	200	180	115	75	42	139	6,3	31,5	0,82	
75,0	225,0	1600	38—80	370	215	235	150	85	46	151	5,2	80,0	3,40	
150,0	450,0	1600	40—100	402	244	260	175	95	50	153	5,5	90,0	3,40	
250,0	800,0	1250	55—110	450	280	260	180	110	70	190	9,0	96,0	4,90	
500,0	1 600,0	1000	90—140	550	360	280	210	130	120	280	10,8	168,0	12,00	
1000,0	3 400,0	800	100—180	700	450	360	270	160	150	365	11,8	320,0	36,00	
750,0	2 500,0	630	100—180	756	450	390	300	160	170	404	27,0	345,0	50,00	
1600,0	5 000,0	500	125—225	450	590	500	380	215	210	508	21,5	750,0	174,00	
2500,0	7 500,0	430	140—260	1112	720	570	430	270	250	588	29,0	1300,0	270,00	
3500,0	10 000,0	375	150—300	1270	850	610	480	300	330	725	24,0	1600,0	650,00	

Т а б л и ц а III.33. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.51)

М кр	М шах	кгс · м		L шах об/мин	d	D	b	D ₁	D ₂	l	l ₁	Ф. ... °	Масса, кг	GD ² , кгс · м ²
		М шах	кгс · м											
1,0	3,0	3,0	3,0	3000	10—22	86	60	43	31	25	16	12	0,84	0,001
2,5	7,5	7,5	3000	3000	12—28	104	70	54	40	30	16	16	1,15	0,004
6,0	18,0	18,0	3000	3000	15—38	136	110	68	55	45	18	16	2,50	0,011
16,0	48,0	48,0	3000	3000	20—48	178	130	88	70	50	35	28	6,40	0,052
32,0	96,0	96,0	3000	3000	25—65	210	160	116	92	65	38	28	9,50	0,140
60,0	180,0	180,0	2000	2000	30—75	263	190	140	107	75	44	28	17,50	0,420
120,0	360,0	360,0	2000	2000	38—100	310	240	180	140	100	42	26	30,00	0,960

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) $k_2 = 1,2$;

для машин со средними разгоняемыми массами (пряделные, мотальные и 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) $k_2 = 1,4$;

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) $k_2 = 1,6$;

для машин с большими разгоняемыми массами и сильными ударами (дефибреры, гауч-прессы, гидропрессы, бумагодельные 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) $k_2 = 2,0$;

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) $k_2 = 2,8$.

В табл. III.33 приведены размеры и параметры муфты по рис. III.51, выпускаемой той же фирмой, но 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 фланцы полумуфт и нажимных колец.

Муфта с хомутами «Мультикросс» (рис. III.52, табл. III.34) фирмы «Райк» (ФРГ) выпускается в двух модификациях: для соединения валов (рис. III.52, а) и для соединения вала с торцом маховика (рис. III.52, б).

Муфта для соединения валов состоит из одинаковых полу муфт 4 и 1, к которым с помощью 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 b на торце нажимного кольца (рис. III.53). Это обеспечивает прочное соединение резины с металлом. Форма готового хомута до монтажа представлена на рис. III.54, а. При монтаже хомут изгибается, принимая форму, показанную

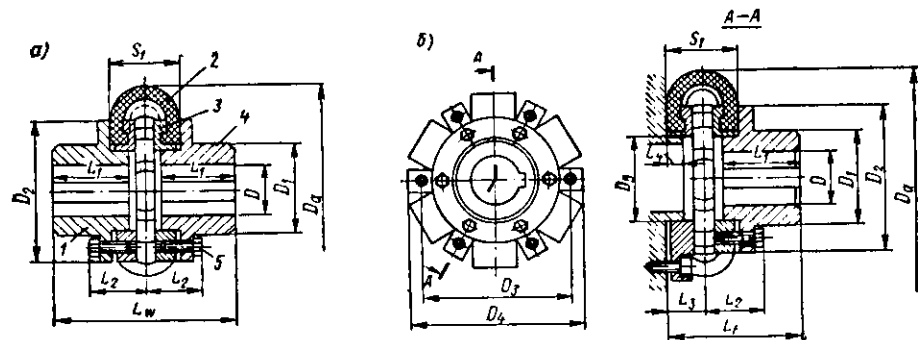


Рис. III.52. Муфта «Мультикросс» с хомутами

на рис. III.54, 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 (рис. III.52, б) отличается лишь формой нажимного кольца.

Муфты ряда варьируются по размеру хомутов и их числу в муфте. Изготавливаются хомуты четырех размеров. Число хомутов в муфте меняется от 3 до 12. С изменением числа хомутов меняется жесткость и несущая способность муфты. Ступицы полу муфт делают из серого чугуна, а ступицы крупных муфт — из чугуна со сферидальным графитом или из стали. Нажимные кольца — из чугуна со сферидальным графитом или стали.

В зависимости от размера хомута муфта допускает смещения валов, указанные в табл. III.35; допускаемое угловое смещение валов зависит от числа хомутов в муфте и составляет при трех хомутах 6° , при восьми — $4,5^\circ$, при двенадцати — 3° .

Выбор муфты производится по расчетному крутящему моменту (см. стр. 109).

На рис. III.55 (табл. III.36) представлена муфта фирмы «Фальк» (США). Упругий элемент 1 в форме внутренней части тора изготовлен из резины, армированной синтетическим кордом. Полу муфты 3 и 4 соединены с упругим элементом с помощью винтов 5 и зажимных колец 2. Для муфт, передающих крутящий момент 57 кгс·м и более, нажимные кольца центрируются по полу муфте. Для малых муфт центрирования не применяют. В муфтах, передающих крутящий момент 170 кгс·м и более, упругий элемент имеет разрез, а нажимное кольцо без разреза.

Муфта допускает радиальное смещение полу муфт до 3,5 мм, угловое смещение — до 4° . Диапазон рабочих температур муфты определяется свойствами материала упругого элемента и составляет от -40°C до $+65^\circ\text{C}$.

Т а б л и ц а III.34. Размеры (мм) и

Номер муфта	M кр. ¹ кгс·м	V _{макс.} об/мин	Угол поворота полумуфт, ...°	Муфта для соединения валов		Муфта для соединения вала с маховиком		D	D _а	D _г
				G, кг	GD ² , кгс·м ²	G, кг	GD ² , кгс·м ²			
1	3,0	6200	32	1,3	0,003	1,0	0,002	9—22	110	40
	4,5	5500	27	1,9	0,006	1,4	0,005	10—28	125	50
	8,0	5100	24	4,0	0,011	2,6	0,010	15—35	135	60
	14,0	4100	18	7,0	0,038	4,3	0,032	18—50	165	80
	21,0	3700	15	11,1	0,079	6,5	0,057	20—55	187	90
	30,0	3200	12	18,7	0,126	10,5	0,091	22—60	216	95
2	6,5	4300	20	4,5	0,04	3,4	0,03	14—30	160	60
	13,5	3900	18	6,3	0,05	4,5	0,04	15—35	176	70
	23,0	3300	17	9,0	0,07	6,2	0,07	15—50	206	80
	30,0	3100	15	12,2	0,15	8,1	0,13	18—60	218	100
	50,0	2600	12	20,1	0,36	12,7	0,28	20—65	264	110
	80,0	2200	10	30,0	0,76	18,2	0,59	25—75	312	120
	120,0	1900	9	42,0	1,52	25,0	1,12	30—90	360	140
3	40,0	2100	24	25	0,4	18	0,4	25—70	322	105
	65	2000	21	31	0,6	23	0,5	30—80	335	120
	120	2000	19	35	0,8	28	0,7	30—80	340	120
	150	1800	18	53	1,5	36	1,2	32—95	385	155
	265	1500	14	81	3,7	54	3,1	40—110	463	165
	400	1300	11	120	6,8	76	5,7	45—120	537	175
600	1100	9	148	14,2	94	12,0	50—130	620	195	
4	650	1200	20	210	12,0	160	10,0	70—140	580	225
	900	1000	15	260	21,6	175	18,4	88—170	660	280
	1600	900	13	400	53,8	260	43,9	98—180	790	300
	2400	800	10	500	97,8	320	78,6	98—200	900	320

На рис. III.56, а (табл. III.37) представлена муфта «Радафлекс» фирмы «Боленц» (ФРГ). Полумуфты 1 и 4 соединяют резино-металлическим упругим элементом 2, состоящим из двух полуколец. Резина имеет форму внутренней части тора и привулканизирована к металлическим пластинам 3, которые винтами 5 крепятся по периферии фланцев полумуфт. Муфта не имеет трущихся частей и отличается простотой монтажа и замены упругого элемента, обладает малой крутильной жесткостью и высокой компенсирующей способностью. При действии номинального крутящего момента полумуфты поворачиваются на 5,5°, при максимальном крутящем моменте — на 18°. В исполнении, показанном на рис. III.56, б, ступицы полумуфт снабжены торцовыми кулачками, которые соединяют валы при разрушении резины.

Муфта фирмы «Вулкан» (ФРГ) показана на рис. III.57 (табл. III.38). Упругим элементом ее является резино-кордная оболочка переменного сечения, благодаря которой обеспечивается равномерное напряженное состояние при действии крутящего момента.

параметры муфты (рис. III.52)

D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	L _W	L _F	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	S ₁	Винты	
											Количество	Диаметр
72	32	90	108	85	65,0	32					3	M6×20
83	40	101	119	89	67,0	35					4	
93	53	111	129	118	82,0	48	36	22,5	12—15	45	6	
122	82	140	158	138	92,0	58					8	
148	108	166	184	157	101,0	65					10	
175	135	193	211	167	106,0	70					12	
105	40	125	145	121	95,5	46					3	M8×25
120	52	140	160	131	105,5	51					4	
140	80	160	182	145	109,5	60					5	
155	92	175	195	165	117,5	68	53,5	35	18—25	70	6	
200	140	220	240	185	127,5	78					8	
250	190	270	290	195	132,5	80					10	
300	240	320	340	235	152,5	98					12	
195	95	235	275	190	150,0	70					3	M14×40
212	112	252	292	210	160,0	78					4	
230	120	270	310	224	167,0	85					5	
260	160	300	340	240	175,0	93	80,5	55	28—35	110	6	
340	240	380	420	205	205,0	120					8	
415	315	455	495	350	230,0	140					10	
500	400	540	580	360	235,0	145					12	
380	210	440	500	390	285,0	150					5	M24×70
440	270	495	550	430	305,0	170	135	90	40—50	180	6	
580	410	635	690	500	340,0	200					8	
700	530	755	810	500	340,0	200					10	

Муфта выпускается в двух исполнениях: с радиальными кулачками, ограничивающими угол поворота полумуфт, — рис. III.57, а; без ограничения угла поворота полумуфт — рис. III.57, б.

Полумуфты I и II соединены упругим элементом 4 через деталь 7. Крепление упругого элемента к полумуфтам осуществляется болтами 10 и шпильками 5. Для исключения опасных изгибных деформаций болтов 10 при действии циклического крутящего момента нажимные кольца 3 и 8 соединены со ступицей винтами и штифтами 2. В муфтах, передающих большие крутящие моменты, промежуточное кольцо 9 соединено со ступицей шлицами, а нажимное кольцо 8 дополнительно крепится к детали 4 штифтами. В исполнении, показанном на рис. III.57, а, на диске 6 и кольце 9 выполнены радиальные кулачки, входящие в зацепление при превышении определенного угла поворота полумуфт.

На рис. III.58 (табл. III.39) представлена муфта «Афлекс» фирмы «Деш» (ФРГ) с резино-металлическим упругим элементом (рис. III.58, а). Металличе-

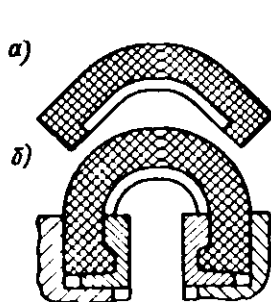
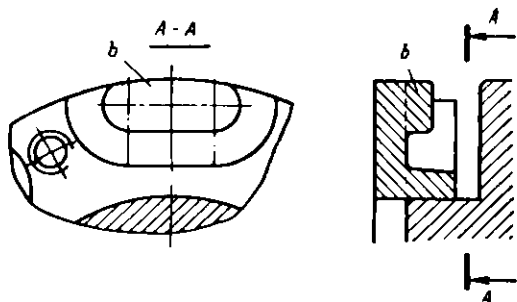


Рис. III.53. Форма паза для крепления хомута

Рис. III.54. Упругий элемент муфты

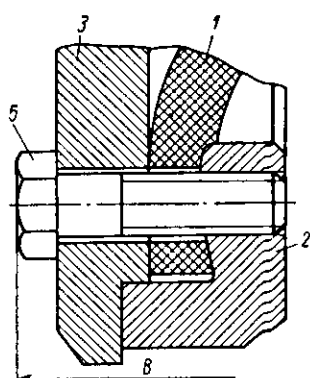
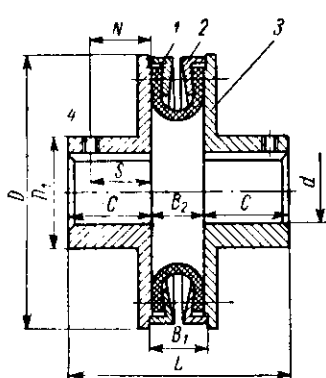


Рис. III.55. Муфта с торообразной оболочкой фирмы «Фалък»

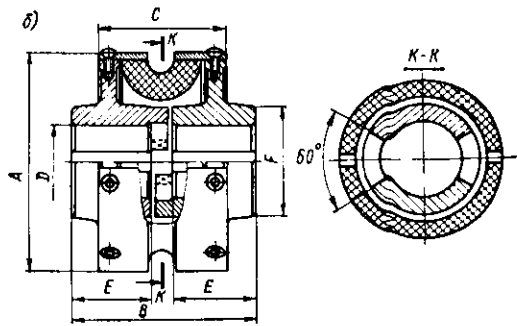
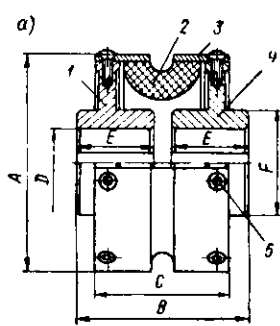


Рис. III.56. Муфта «Радафлекс»

ское кольцо 3 и ступица 2 соединены резиновой оболочкой 1 переменного сечения, что обеспечивает равномерное напряженное состояние в резине при передаче крутящего момента. Упругий элемент соединен винтами 5 с полумуфтой 4 (рис. III.58, б) и имеет систему отверстий в металлических деталях для хорошей

Т а б л и ц а III.35.
Смещения валов для муфт
по рис. III.52

Номер комута	Смещение, мм	
	осевое	радиальное
1	±3	3
2	±5	5
3	±8	9
4	±12	16

вентиляции воздуха, отводящего теплоту от резины, так как для изготовления упругого элемента применяют резину на основе натурального каучука, обладающую высокой прочностью привулканизации, но чувствительной к воздействию повышенных температур (рабочая температура резины не должна превышать 50° С). При передаче номинального крутящего момента касательные напряжения в резине составляют 3,5 кгс/см² при кратковременно допустимых значениях 30—60 кгс/см². Муфту отличает высокая компенсирующая способность и малая жесткость при кручении.

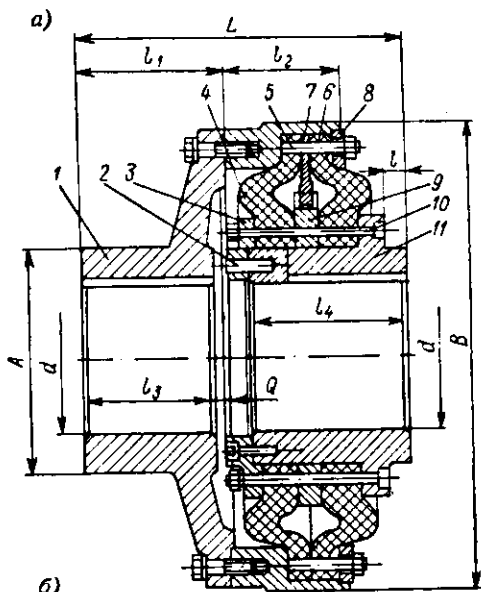


Рис. III.57. Муфта с резино-кордными оболочками фирмы «Вулкан»

Т а б л и ц а III.36. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.55)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	D	d	L	D_1	B_1	B_2	C	S	N	GD^2 , кгс·м ²	Масса, кг
5,7	4500	138	35	77	51	—	27	26	20	34	0,024	3,4
8,0	4250	150	42	93	64	—	27	33	28	34	0,037	4,3
11,4	4000	173	48	97	82	—	29	34	27	34	0,074	5,9
19,0	3600	193	55	126	99	—	36	46	33	36	0,136	10,5
28,0	3100	219	65	138	107	—	39	50	40	41	0,269	14,0
41,0	2800	243	75	157	117	—	42	58	46	54	0,474	19,0
57,0	2600	276	90	187	133	51	45	72	43	41	0,730	28,0
91,0	2100	310	100	219	153	61	54	83	—	51	1,370	42,0
170,0	1840	357	125	267	188	71	64	102	—	59	3,200	70,0
250,0	1750	393	140	300	209	86	77	112	—	69	5,200	97,0
358,0	1560	430	150	335	229	103	91	122	—	67	7,200	123,0
501,0	1430	470	165	366	249	116	102	133	—	77	11,500	154,0
716,0	1300	510	175	402	272	134	118	143	—	87	17,200	192,0
1074,0	1190	577	190	432	285	148	127	153	—	105	32,700	270,0
1432,0	1080	617	200	465	300	162	140	163	—	112	45,400	326,0

Примечание. N — крайнее положение винта 5 при демонтаже муфты.

Т а б л и ц а III.37. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.56)

$M_{\text{ном}}$	$M_{\text{тах}}$	$n_{\text{тах}}$ об/мин	A	B	C	D	E	F	Масса, кг
кгс·м									
1,6	5	4000	85	64	60	12—25	28	40	1,7
4,0	12	4000	110	85	75	12—30	35	50	2,9
10,0	30	3000	150	125	88	19—50	55	75	7,0
16,0	50	3000	175	135	106	19—55	60	85	10,0
25,0	70	2000	205	150	120	23—60	65	100	16,0
40,0	120	2000	240	170	140	33—70	75	115	26,0
63,0	180	2000	275	195	156	33—80	85	130	37,0
100,0	300	1500	325	225	188	43—90	100	150	60,0

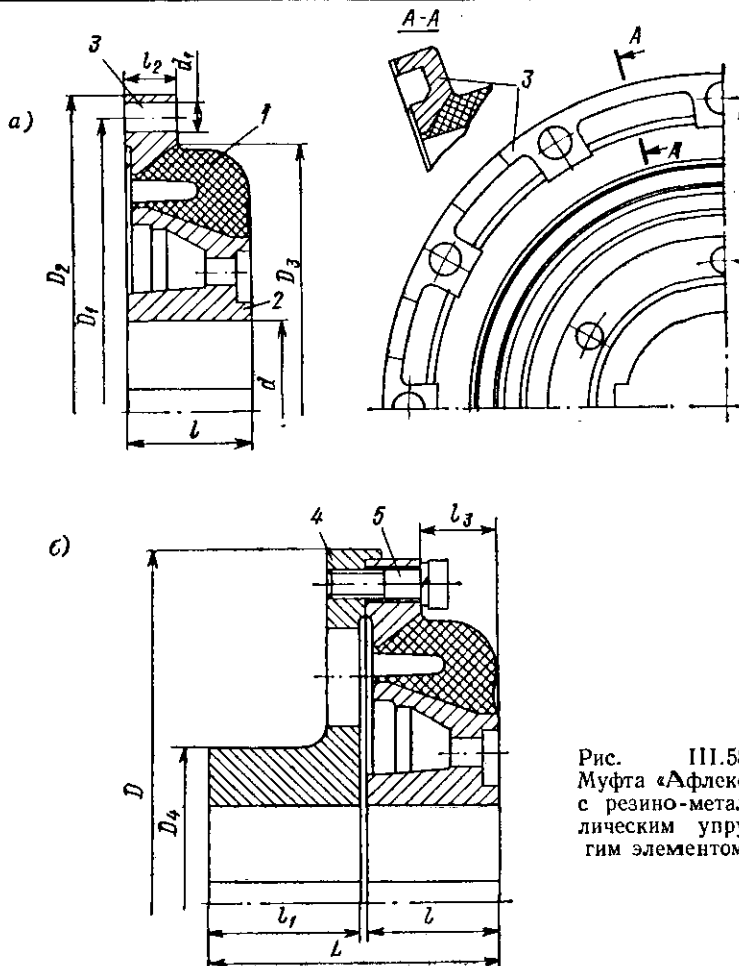


Рис. III.58.
Муфта «Афлекс»
с резино-метал-
лическим упру-
гим элементом

Т а б л и ц а III.38. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.57)

М ном	М ппак		л _{пак} [*] об/мин	В	d	А	L	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	r	Q	Масса, кг
	кгс.м	кгс.м													
9	27		6900	164	25—50	68	111	50	40	45	52	6	5,0	6,2	
15	45		6900	164	25—50	68	111	50	40	45	52	6	5,0	6,2	
20	60		6100	195	30—60	78	129	56	50	52	60	8	5,0	10,4	
26	78		6100	195	30—60	78	129	56	50	52	60	8	6,0	10,4	
34	102		5340	222	35—65	88	148	67	55	60	70	10	6,0	15,2	
45	112		5340	222	35—65	88	148	67	55	60	70	10	6,5	15,2	
57	171		4600	257	40—80	102	167	73	65	70	80	12	6,5	22,6	
78	234		4600	257	40—80	102	167	73	65	70	80	12	6,5	22,6	
97	291		3800	298	50—90	115	211	93	80	85	105	15	6,0	36,2	
135	405		3300	395	60—115	150	259	110	100	105	125	16	6,0	68,8	
230	690		3300	395	60—115	150	259	110	100	105	125	16	6,0	68,8	
310	930		2860	414	70—135	178	280	120	110	110	145	19	6,0	99,0	
395	1 185		2460	414	70—135	178	280	120	110	110	145	19	8,0	99,0	
470	1 410		2460	482	80—155	205	325	135	120	125	170	22	8,0	153,4	
680	2 040		2460	482	80—155	205	325	135	120	125	170	22	9,0	153,4	
860	2 550		2150	552	100—180	238	400	175	145	160	200	25	11,0	235,0	
1170	3 510		2150	552	100—180	238	400	175	145	160	200	25	11,0	235,0	
1460	4 380		1800	656	110—220	285	460	200	165	190	225	28	14,0	376,0	
2020	6 060		1800	656	110—220	285	460	200	165	190	225	28	14,0	376,0	
2560	7 680		1540	770	130—260	340	540	230	200	220	260	32	20,0	617,0	
3450	10 350		1540	770	130—260	340	540	230	200	220	260	32	20,0	617,0	

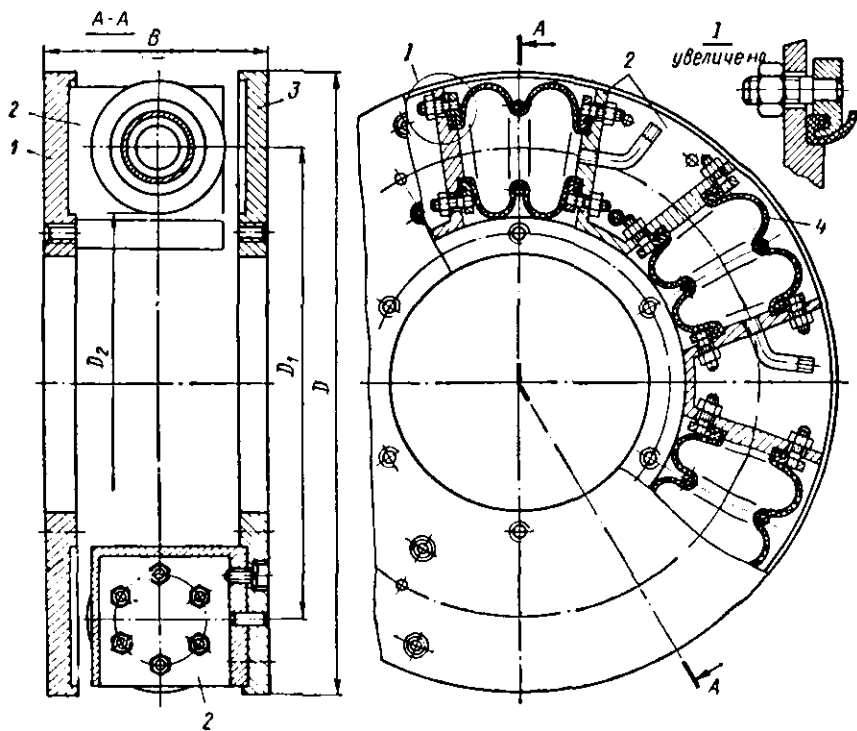


Рис. III.59. Муфта с пневмобаллонами фирмы «Вулкан»

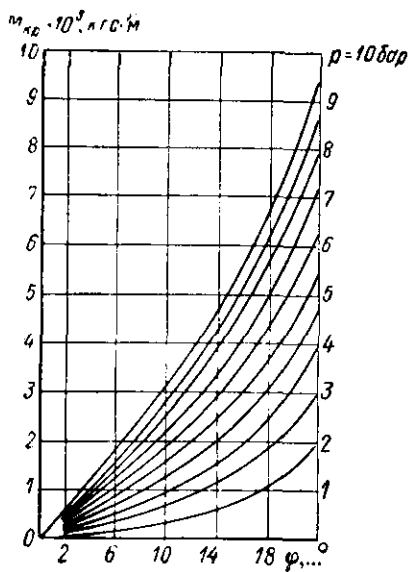


Рис. III.60. Характеристика муфты с пневмобаллонами в зависимости от давления воздуха

Таблица III.39. Основные размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.58)

M кр., кгс·м	n _{max} , об/мин	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	d	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	Число винтов	d ₁	Допустимое смещение валов при n = 1000 об/мин		Масса, кг
																ради- аль- нос, мм	угло- вое, ... "	
5,0	6600	155	130	145	112	56	18—40	54	24,0	28	10,0	14,0	8	8	9	2,0	2	2,13
8,0	5800	175	150	165	132	65	23—45	66	30,0	33	13,0	17,0	8	8	9	2,0	2	3,00
12,5	5150	195	170	185	154	76	23—50	74	33,0	38	14,5	18,5	8	8	9	2,5	2	4,08
20,0	4450	225	196	215	178	90	28—60	88	39,0	45	16,0	23,0	12	11	11	2,5	2	6,21
31,5	3800	260	230	250	208	105	32—70	102	45,0	52	18,0	27,0	12	11	11	2,5	2	9,04
50,0	3300	300	266	290	242	120	37—80	118	52,5	60	21,5	31,0	12	13	13	3,0	2	14,11
80,0	2800	350	310	340	282	140	37—95	136	60,0	70	23,0	37,0	12	15	15	3,0	2	20,79
125,0	2500	400	355	385	322	175	42—110	163	72,5	83	30,0	42,5	12	18	18	3,0	2	34,96
200,0	2150	460	410	445	370	200	52—125	195	86,0	100	35,0	51,0	12	22	22	3,5	2	54,23
315,0	1800	555	490	535	450	220	73—150	218	97,0	112	37,0	60,0	12	24	24	4,0	2	85,98

Муфта с пневмобаллонами фирмы «Вулкан» (ФРГ) представлена на рис. III.59. На фланцах полумуфт 1 и 3 с помощью винтов и штифтов укреплены торцовые кулачки 2 (кронштейны), между которыми располагаются упругие элементы 4, представляющие собой резинокордные пневмобаллоны, в которые по трубкам подается сжатый воздух. При действии крутящего момента пневмобаллоны через один работают на сжатие и растяжение. В зависимости от величины давления в пневмобаллоне муфта одного размера может передавать различные крутящие моменты, при этом меняются и характеристики муфты (рис. III.60, табл. III.40).

Муфта отличается высокими компенсирующими свойствами, которые зависят от величины давления в пневмобаллонах.

12. МУФТЫ СО СФЕРИЧЕСКИМИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ВКЛАДЫШАМИ

На рис. III.61 (табл. III.41) 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 7 от выпадания. Упругие элементы изготовляют из резины в форме шаров или цилиндров. Муфта с шарами допускает угол закручивания валов $\alpha = 16^\circ$, разогрев упругого элемента до 90°C . Муфта с цилиндрами допускает угловое смещение валов $\gamma = 10^\circ$, разогрев упругих элементов до 80°C . При действии крутящего момента на муфту упругие элементы через один работают на сжатие.

При малых окружных скоростях полумуфты изготовляют из серого чугуна, при боль-

Т а б л и ц а III.40. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.59)

M _{кр} (кгс·м) при среднем давлении (кгс/см ²)										Угол закру- чивания, ...°	Ко- личе- ство бал- лонов	Мас- са, кг	GD ² , кг·м ²			
2		4		6		8		D	D ₁					D ₂	B	
но- мин.	наиб.	но- мин.	наиб.	но- мин.	наиб.	но- мин.	наиб.									
260	635	370	920	480	1 200	600	1 500	500	320	160	240	12,5	18,0	4	160	8,5
485	1 210	705	1 760	920	2 300	1 135	2 820	590	400	240	316	10,0	14,5	6	260	19,5
740	1 850	1 070	2 670	1 395	3 490	1 725	4 320	640	450	290	326	9,0	13,0	8	350	29,0
296	740	465	1 160	625	1 570	760	1 900	530	335	115	320	9,0	14,0	4	220	16,0
585	1 460	900	2 250	1 220	3 050	1 490	3 720	655	435	215	384	7,0	10,5	6	355	33,5
780	1 950	1 225	3 060	1 650	4 120	2 000	5 000	760	394	280	394	6,0	9,4	8	520	60,0
225	560	380	945	535	1 335	690	1 720	550	380	220	306	18,0	26,5	4	180	11,5
396	990	670	1 680	950	2 370	1 225	3 060	650	450	290	316	15,2	22,4	6	310	26,0
750	1 180	1 275	3 185	1 800	4 490	2 370	5 800	820	640	480	326	10,7	15,8	8	595	75,0
420	1 050	700	1 740	980	2 400	1 230	3 080	600	375	140	388	20,0	31,6	4	275	17,5
880	2 200	1 400	3 500	1 980	4 950	2 540	6 350	750	515	280	400	14,5	23,0	6	480	70,0
1 200	3 000	2 000	5 000	2 800	7 000	3 600	9 000	870	647	412	410	10,5	17,0	8	685	106,0
1 230	3 080	1 970	4 930	2 710	6 780	3 440	8 600	800	565	290	460	14,0	22,0	6	590	106,0
3 440	8 600	5 500	13 750	7560	18 900	9600	24 000	1 210	945	670	485	7,5	12,5	10	1 660	530,0
13 120	32 800	20 960	52 400	2880	72 000	3660	91 500	2 400	1 800	1 530	525	4,2	7,0	20	3 090	3 730,0

ших — из стали. Замена упругих элементов осуществляется без осевого смещения полумуфт.

На рис. III.62 (табл. III.42) представлена муфта фирмы «Пуль» для передачи вначительных крутящих моментов. Полумуфта 1 имеет радиальные ребра 3 и соединяется с другой полумуфтой через упругие элементы 7. Вторая полумуфта

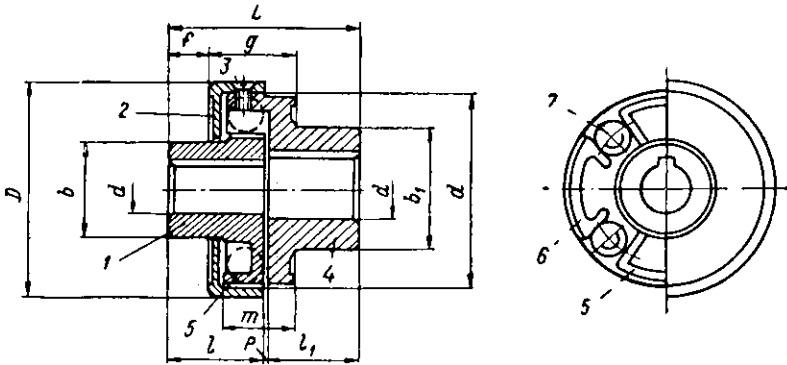


Рис. III.61. Муфта фирмы «Пуль» с вкладышами

состоит из ступицы с фланцем 4 и цилиндрической детали 5 с внутренними кулачками. Детали 4 и 5 соединяют винтами 6. Крышка 2 удерживает упругие элементы от выпадания. Упругие элементы изготовляют из резины в форме шаров или цилиндров.

Компенсационные свойства, схемы работы упругих элементов и материалы полумуфт те же, что и для легких муфт этого типа (см. выше). Конструкция муфт позволяет заменять упругие элементы без осевого смещения агрегатов.

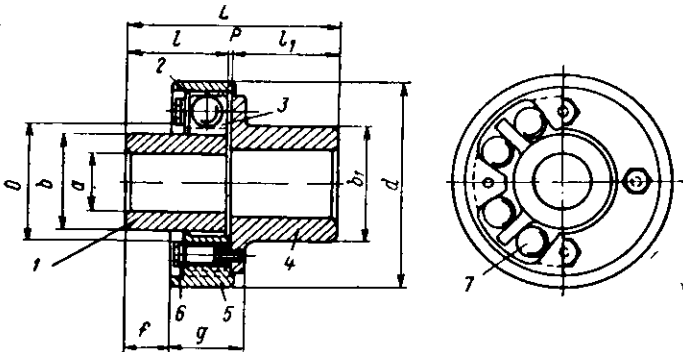


Рис. III.62. Муфта фирмы «Пуль» для передачи больших крутящих моментов

На рис. III.63 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. Крышка 3 навинчивается на полумуфту 1 и предохраняет упругие элементы от выпадания. Винт 2 стопорит крышку от самоотвинчивания. Рабочие поверхности гнезд в полумуфтах профилированы таким образом, чтобы при закручивании полумуфт резина больше работала на сжатие. При этом характеристика муфты при кручении нелинейна.

Т а б л и ц а III.41. Размеры (мм) и

$M_{кр}$, кгс·м		$n_{тах}$, об/мин		$d_{тах}$		b	b_1	l	r
Шар	Цилиндр	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь				
0,57	1,15	5100	7100	18	18	29	38	29	2
1,14	2,28	4800	6700	22	22	35	45	34	2
2,28	4,56	4500	6300	28	28	42	55	40	2
4,65	9,30	4200	6000	35	42	52	65	48	2
9,30	18,60	3900	5500	42	50	63	75	60	3
18,60	37,20	3600	5000	50	60	76	90	76	3
32,20	64,40	3300	4500	60	70	90	105	91	4
51,30	102,60	3000	4000	70	80	104	120	105	4

Т а б л и ц а III.42. Размеры (мм) и

$M_{кр}$, кгс·м		$n_{тах}$, об/мин		a		b	b_1	l
Шар	Цилиндр	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь			
1,25	2,5	5100	7100	16	20	30	38	30
2,10	4,2	4800	6700	20	25	35	45	35
3,50	7,0	4500	6300	25	32	42	55	40
6,25	12,5	4200	6000	32	38	52	65	50
10,50	21,0	3900	5000	38	45	68	76	65
21,50	43,0	3600	5000	45	55	82	95	76
44,50	89,0	3200	4200	55	65	95	110	95
71,00	142,0	3000	3900	65	75	110	120	110
118,00	236,0	2500	3600	80	90	135	145	130
188,00	376,0	2150	3300	95	110	155	170	150
299,00	598,0	1900	3000	110	120	175	190	170
441,00	882,0	1650	2700	120	130	190	210	190
655,00	1 310,0	1500	2400	130	140	216	230	210
1 010,00	2 020,0	1300	1950	145	160	240	240	230
1 425,00	2 850,0	1150	1750	160	180	260	260	250
2 065,00	4 130,0	1000	1500	180	200	290	290	260
2 920,00	5 840,0	900	1400	200	220	320	320	280
4 000,00	8 000,0	800	1230	220	240	350	350	300
5 610,00	11 220,0	720	1080	240	260	380	380	320
7 410,00	14 820,0	650	980	260	280	410	410	320
10 200,00	20 400,0	590	900	280	300	450	450	340
13 000,00	26 000,0	530	800	300	320	480	480	340
17 800,00	35 600,0	480	720	320	340	510	510	360
22 100,00	44 200,0	440	660	340	360	540	540	360
26 700,00	53 400,0	400	600	360	380	570	570	380
32 000,00	64 000,0	370	560	380	400	610	610	380

параметры муфты (рис. III.61)

l	g	m	D	L	Упругий элемент			Масса, кг	
					Количество	Диаметр		Чугун	Сталь
						шара	цилиндра		
11,5	25,5	20	68	60	4	12	10	0,6	0,7
14,5	29,5	24	82	70	4	14	12	1,1	1,2
17,5	34,5	29	95	82	4	17	15,5	1,8	2,0
22,0	40,0	34	117	98	4	20	19	3,1	3,4
27,0	50,0	43	142	123	4	26	24	5,3	5,8
34,0	61,0	53	174	155	4	32,5	32,5	9,5	10,3
42,0	71,0	62	204	186	4	40	38	15,6	17,0
49,0	80,0	71	234	214	4	47	45	22,4	28,0

параметры муфты (рис. III.62)

l	g	L	O	Упругий элемент			Масса, кг	
				Количество	Диаметр		Чугун	Сталь
					шара	цилиндра		
14	21	61	35	8	10	9	0,6	0,7
16	25	72	44	8	12	10,0	1,1	1,2
17	31	82	52	8	14	12,0	1,8	2,0
21	39	102	59	8	17	15,5	3,1	3,4
35	42	132	74	8	20	19,0	5,3	5,8
38	53	155	91	8	26	24,0	9,5	10,5
45	68	193	110	8	34	32,5	16,0	17,5
51	81	224	132	8	40	38,0	28,0	31,0
62	92	264	163	8	47	45,0	45,0	50,0
70	109	305	190	8	55	52,0	70,0	77,0
78	125	346	220	8	65	63,0	102,0	112,0
85	142	387	248	8	75	72,0	138,0	152,0
93	158	428	286	8	85	82,0	192,0	210,0
112	159	468	372	10	85	82,0	245,0	270,0
120	180	510	416	10	95	92,0	325,0	360,0
130	180	530	506	12	95	92,0	375,0	430,0
133	201	570	572	12	107	104,5	525,0	580,0
153	204	610	672	14	107	104,5	750,0	830,0
157	227	652	748	14	120	117,0	1000,0	1100,0
157	227	652	868	16	120	117,0		
157	253	694	969	16	134	131,0		
157	253	694	1098	18	134	131,0		
157	277	734	1206	18	150	146,0		
157	277	734	1346	20	150	146,0		
177	277	774	1486	22	150	146,0		
177	277	774	1626	24	150	146,0		

Относительный угол закручивания полумуфт при действии номинального крутящего момента 10—15°. Муфта допускает:

Угол перекоса осей валов γ , ...°
 Радиальное смещение осей Δ , мм : : : : : $0,5-1$

В табл. III.43 приведены основные размеры муфты и величина крутящего 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).

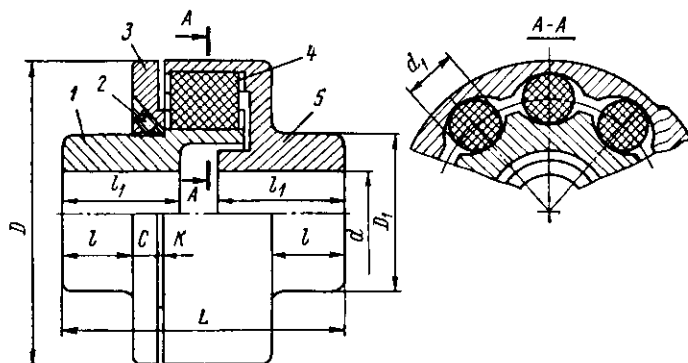


Рис. III.63. Муфта фирмы «Уникум»

Т а б л и ц а III.43. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.63)

$M_{кр}$ (кгс·м) при k				D	L	d		
0,5	0,75	1	1,5					
0,25	0,37	0,5	0,75	53,0	4,5	10—20		
0,50	0,75	1,0	1,5	62,5	53,5	12—25		
1,00	1,50	2,0	3,0	77,5	72,0	15—30		
3,00	4,50	6,0	9,0	98,0	88,5	20—35		
7,00	10,50	14,0	21,0	117,5	98,0	25—40		
15,00	22,50	30,0	45,0	137,0	114,0	30—50		
23,00	34,50	46,0	69,0	156,5	128,5	35—60		
40,00	60,00	80,0	120,0	186,0	150,0	40—70		
D_1	l	l_1	K	C	Вкладыш		Масса, кг	
					d_1	количество		
26	11	18	1,0	3,0	10	9	0,4	
31	13	22	1,0	3,5	12	9	0,7	
40	18	28	1,5	6,5	14	9	1,4	
55	23	42	1,5	7,0	16	12	2,6	
66	26	46	2,0	7,0	18	12	4,1	
78	30	54	2,0	8,0	22	12	7,0	
90	34	60	2,5	9,0	26	12	9,6	
105	40	70	2,5	10,0	30	12	15,5	

13. ДРУГИЕ РАЗНОВИДНОСТИ МУФТ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

На рис. III.64 (табл. III.44) представлена втулочно-пальцевая муфта, изготовляемая по ГОСТ 21424—75. Во фланце полумуфты 1 коническими хвостовиками укрепляются пальцы 2, на которые надеваются упругие резиновые втулки 3. Упругие втулки входят в отверстия, расположенные во фланце полумуфты 4. Отверстия под валы в ступицах полумуфт растачиваются коническими или цилиндрическими (всего предусмотрено четыре исполнения).

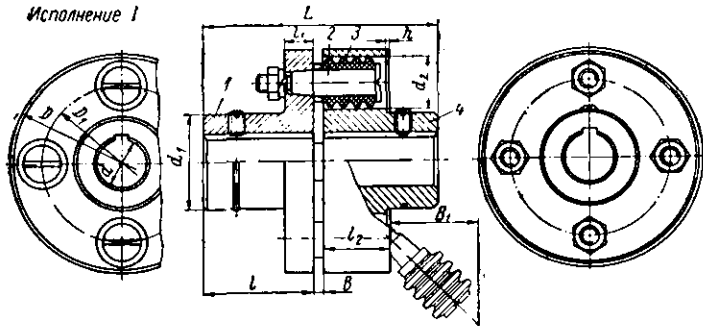


Рис. III.64. Муфта МУВП по ГОСТ 21424—75

Полумуфты изготовляются из чугуна СЧ 21-40, допускается изготовление из стали Ст3; пальцы — из стали 45; втулки упругие—из резины с пределом прочности при разрыве не менее 80 кгс/см² и относительным удлинением при разрыве не менее 300%, твердость по ТМ-2 (ГОСТ 263—53) 60—75.

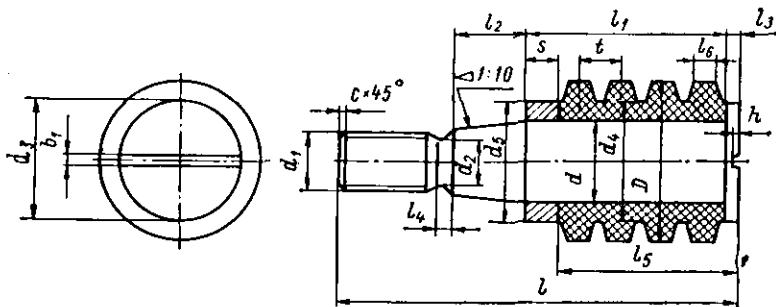


Рис. III.65. Пальцы со втулками муфты МУВП

На рис. III.65 (табл. III.45) приведены размеры пальцев с резиновыми и распорными втулками муфты МУВП. Втулочно-пальцевые муфты обладают низкими компенсационными свойствами. Даже при небольших смещениях валов резиновые втулки быстро изнашиваются.

Муфта, упругие элементы которой выполнены в форме резиновых брусков, работающих на сжатие, изображена на рис. III.66. Полумуфта 1 соединяется болтами с обоймой 2, имеющей на внутренней поверхности радиальные ребра — лопатки. Полумуфта 5 имеет такие ребра на наружной поверхности. Упругие элементы 4 закладываются между ребрами и работают на сжатие через один при действии крутящего момента. Крышка 3 предохраняет упругие элементы от выщипывания. В конструкции должна быть предусмотрена свобода деформации резины, так как в закрытых объемах она становится жесткой.

Т а б л и ц а III.44. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.64)

Мкр. кгс.м	d		D	L				l		D ₁	Кл.ч. пал. чев	n, об/мин	B	B ₁	l ₁	d ₁	d ₂	l ₂	Допускаемое смещение валов	
	10 11	12 14		Длинные валы	Короткие валы	Длинные валы	Короткие валы	Длинные валы	Короткие валы										Равные	Угловые, ...
0,63	10	11	67	51	43	24	20	24	20	45	3	8800	3	20	9	22	17	12	0,2	1,5
	12	14		63	51	30	24									25					30	32
	16	18	71	83	59	40	28	50	4	7600	4	20	16	36	38	36	40	45	48	
1,60	16	18	90	84	60	50	36	36	63	63	4	6350	4	28	16	30	20	20	0,2	1,5
	20	22		104	76	50	36									36					40	45	48
	20	22	100	124	88	60	42	71	6	5700	6	28	16	36	38	36	40	45	48	
6,30	20	22	100	124	88	60	42	42	71	71	6	5700	6	28	16	45	20	20	0,2	1,5
	25	28		125	89	60	42									45					50	56	60
	25	28	125	125	89	60	42	90	4	4600	4	4600	4	42	16	45	50	56	60	
12,50	32	36	125	165	125	80	60	60	90	90	4	4600	4	42	16	45	20	20	0,2	1,5
	32	36		165	125	80	60									45					50	56	60

Приближенно зависимость угла поворота полумуфт φ от величины передаваемого крутящего момента $M_{кр}$

$$M_{кр} = 2,8zEI^2b^2R\varphi/[h(l+b)(0,85h/R - \varphi)];$$

жесткость муфты

$$C = \frac{dM_{кр}}{d\varphi} = (l+b) \left[\frac{2,8zEI^2b^2R}{h(l+b)} + M_{кр} \right] / (2,4zEI^2b^2),$$

где l , R , b и h — см. на рис. III.66 (см); z — число пластин; E — модуль упругости резины, кгс/см²; φ — угол закручивания, рад.

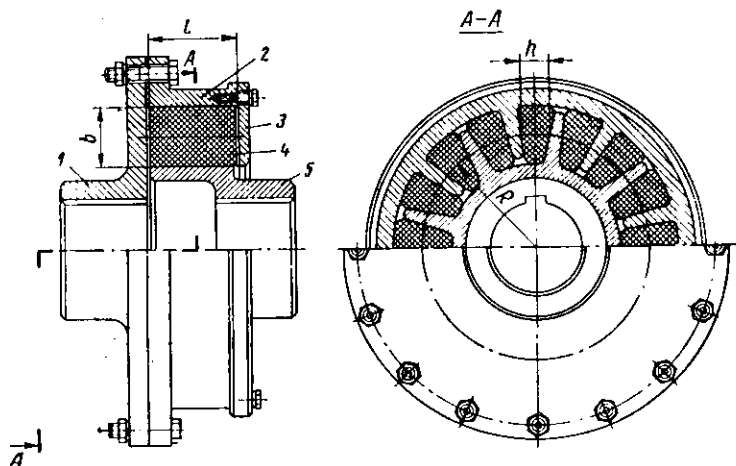


Рис. III.66. Муфты с резиновыми брусками

В этих формулах $\varphi = \varphi_{ф} - \varphi_0$, где $\varphi_{ф}$ — фактический угол поворота; φ_0 — угол поворота полумуфт при выборе боковых зазоров.

Наибольшее напряжение смятия

$$\sigma_{см} = M_{\max}/(zblR) \leq [\sigma]_{см}$$

соответствующий этим напряжениям угол поворота

$$\varphi_{\text{пред}} = 0,85h\sigma_{см} / \left[R \left(\sigma_{см} + \frac{2,8EIb}{h(l+b)} \right) \right].$$

На рис. III.67 (табл. III.46) представлена кулачковая муфта «Аркуза» фирмы «Польстра» (Франция), отличающаяся простотой конструкции. Во фланцах одинаковых полумуфт 1 и 2 имеются отверстия, в которые входят кулачки упругого элемента 3, состоящего из металлического диска с торцовыми резиновыми кулачками с каждой стороны, выполненными по форме отверстий во фланцах. При действии крутящего момента резиновые кулачки работают на смятие и сдвиг. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ , мм	(0,3÷0,5) а
Радиальное смещение осей валов Δ , мм	
для муфт с $M_{кр} \leq 25$ кгс·м	0,5—1
» » » $M_{кр} = 25\div 63$ кгс·м	1,5
Угловое смещение осей валов γ , ...°	0,5—1

Крутящий момент в табл. III.47 определяется из выражения $M_{кр} = kM_{н1}$, где k находится по табл. III.47.

На рис. III.68 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 торцовые кулачки, и полумуфты 3, в пазах которой расположены упругие элементы 2 в форме призматических брусков. Эти муфты применяются для передачи малых и средних крутящих моментов. Муфта по варианту II не требует осевых

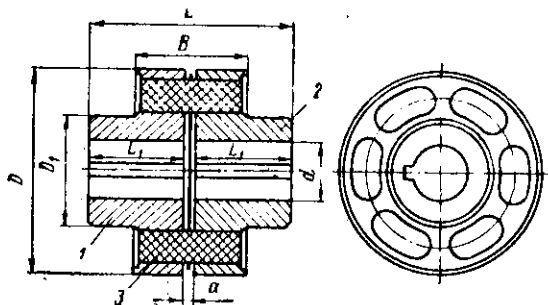


Рис. III.67. Кулачковая муфта «Аркуза»

Т а б л и ц а III.46. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.67)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	$d_{предв}$	d_{max}	D	D_1	L	L_1	B	a	Масса, кг
1,6	9100	8	30	75	45	30	64	40	4	1,4
4,0	7600	10	35	90	54	35	75	49	5	2,5
6,3	6500	10	40	105	60	40	85	55	5	3,6
10,0	5700	15	45	120	63	45	96	59	6	4,2
16,0	5000	15	50	138	80	50	106	59	6	5,5
25,0	4100	20	60	165	90	55	117	59	7	8,1
40,0	3700	20	65	185	100	60	127	59	7	11,0
63,0	3300	25	75	210	115	70	147	82	7	17,0

перемещений соединяемых агрегатов и состоит из полумуфт 1 и 3, кольца 4, имеющего торцовые кулачки, упругих элементов 2 и винтов 5. Эти муфты применяют для передачи больших и средних крутящих моментов.

Упругие элементы изготавливают из резины с твердостью по Шору 50—60, армированной кордом, если рабочая температура резины не превышает 60° С. При необходимости работы при более высоких температурах упругие элементы изготавливают из вулкана (температура до 100° С).

Муфта отличается высокими компенсационными свойствами и надежностью в работе. В табл. III.48 приведены основные размеры и параметры муфты в зависимости от величины расчетного крутящего момента $M_{кр} = M_{ном}k$, где k — коэффициент динамичности (см. стр. 109).

На рис. III.69 (табл. III.49) представлена муфта «Раднафлекс» фирмы «Польстра» (Франция) для передачи больших крутящих моментов. К ступицам одинаковых полумуфт 1 винтами крепятся диски 2, имеющие на периферии радиальные пазы. Конструкция 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 гнез-

Т а б л и ц а III.47. Значения коэффициента k

Характеристика рабочей машины	Электро-двигатели и паровые турбины	Гидротурбины и двигатели внутреннего сгорания со степенью неравномерности свыше 1 : 100	Двигатели внутреннего сгорания со степенью неравномерности ниже 1 : 100
С малыми разгоняемыми массами и равномерным вращением (малые вентиляторы, электрогенераторы, трансмиссии, малые центробежные насосы, малые станки с вращательным движением)	1,5	2,0	2,5
С средними разгоняемыми массами и неравномерным вращением (подъемники, элеваторы, мешалки, вращающиеся печи, кольцевая прядильная машина, шлифовальные станки, стиральные машины, молотки, поршневые насосы)	2,0	2,5	3,0
С большими разгоняемыми массами и сильными ударами (бумажные каландры, гидропрессы, экскаваторы, тяжелые молоты, бегуны, вибромашины, очистные барабаны, кофочные прессы)	3,0	3,5	4,0

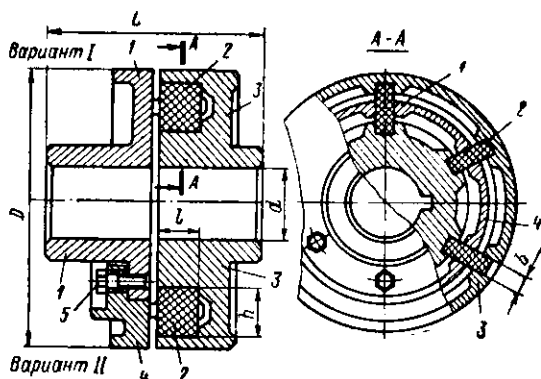


Рис. III.68. Муфта с радиальными брусками

вдом. Благодаря стакану 6 резина работает на сдвиг и сжатие при действии крутящего момента, а также обеспечивается соединение полумуфт в случае разрушения резиновой детали (вставка 8 зацепляется со стаканом 6). Шайбы 7 предохраняют резьбу на пальцах и фиксируют упругие элементы от смещения к периферии диска, так как диаметр отверстия в диске под шайбой больше ширины радиального глаза. Меняя форму наружной поверхности резиновой детали, можно изме-

Т а б л и ц а III.48. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.68)

M _{кр} , кгс·м	n _{max} об/мин	d	D	L	Вкладыш		Масса, кг	
					b×l×h	Ко- личе- ство	Вариант	
							I	II
0,4	5300	14—20	90	75	8×12×18	5	1,8	—
0,9	4800	16—25	100	85	8×14×20	5	2,2	—
2,0	4200	20—30	112	95	10×16×22	5	3,0	—
4,5	3800	25—35	125	105	10×18×25	5	4,2	—
8,5	3400	30—40	140	115	12×20×28	6	6,0	—
16,0	3000	35—45	160	125	12×22×32	6	8,0	—
23,6	2600	40—50	180	145	14×25×35	6	12,0	13
35,5	2400	45—55	200	165	16×28×40	6	17,0	19
53,0	2100	50—60	224	185	18×32×45	8	23,0	26
80,0	1900	55—70	250	205	20×35×50	8	30,0	34
118,0	1700	60—80	280	225	22×40×55	8	40,0	45
180,0	1500	70—90	315	255	25×45×62	10	59,0	70
265,0	1300	80—100	325	285	25×50×70	10	83,0	110
400,0	1200	90—110	400	325	32×55×80	10	—	140
600,0	1000	100—125	450	365	35×62×90	10	—	185
900,0	950	110—140	500	405	40×70×100	10	—	250
1 320,0	850	125—160	560	455	45×78×110	12	—	310
2 000,0	760	140—180	630	510	50×86×125	12	—	390
3 000,0	670	160—200	710	570	55×96×140	12	—	530
4 500,0	600	180—220	800	640	62×110×160	12	—	850
6 700,0	530	200—250	900	720	70×125×180	12	—	1000
10 000,0	480	220—280	1000	810	80×140×200	12	—	1400

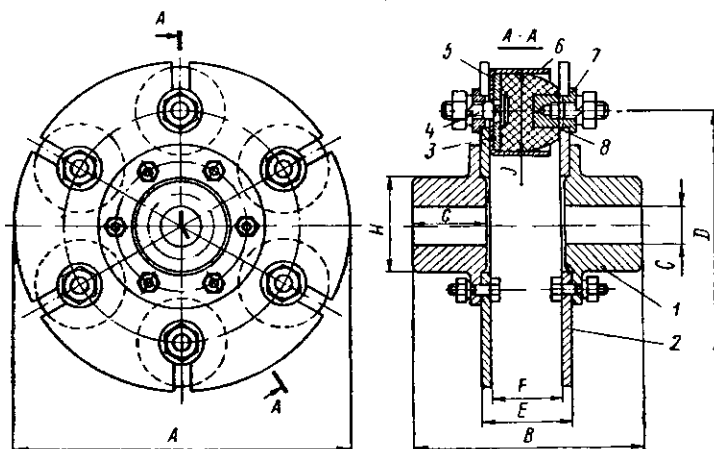


Рис. III.69. Муфта «Радиафлекс РТП»

нять форму характеристики крутильной жесткости муфты. При действии номинального крутящего 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 , ...	2

На рис. III.70 (табл. III.50) представлена муфта «Радиафлекс Р» фирмы «Польстра» (Франция) малой крутильной жесткости. К ступицам полумуфт l

Т а б л и ц а III.49. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.69)

М. кр. кгс.м	n _{max} , об/мин	Число упругих элементов	A	B	C	D	E	F	G	H	J
47	3000	3	270	176	18—56	180	67	55	57,5	84	90
63	3000	4	270	176	18—56	180	67	55	57,5	84	
110	3000	6	300	180	18—56	200	71	55	57,5	84	
180	2500	8	364	235	23—80	264	71	55	85,0	115	
250	1500	6	420	299	28—100	280	100	80	102,5	145	130
280	2500	10	424	274	28—100	324	75	55	102,5	145	90
410	2000	12	475	345	28—120	380	79	55	136,0	177	
450	1500	8	510	370	28—120	370	104	80	136,0	177	130
690	1500	10	600	382	28—120	460	116	80	136,0	177	
970	—	12	680	420	32—150	540	120	80	155,0	210	
1750	—	16	860	420	32—150	720	120	80	155,0	210	
1750	—	6	826	687	32—155	580	207	147	250,0	220	246
3400	—	8	1096	827	32—220	850	207	147	320,0	320	
6000	—	12	1246	827	32—200	1000	207	147	320,0	275	
7200	—	12	1446	827	32—360	1200	207	147	320,0	540	
1040	—	16	1546	887	32—360	1300	207	147	350,0	540	

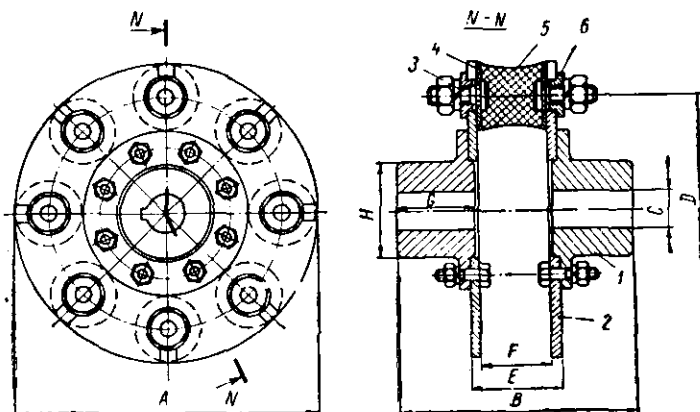


Рис. III.70. Муфта «Радиафлекс Р»

винтами крепятся диски 2, имеющие на периферии радиальные пазы. Резиновые упругие элементы 5 выполнены в форме цилиндрических стержней, к торцам которых привулканизированы диски 4 с резьбовыми пальцами 3. Шайбы 6 предохраняют резьбу на пальцах и фиксируют упругие элементы от смещения к пери-

Т а б л и ц а III.50. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.70)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	Число упругих элементов	A	B	C_{min}	C_{max}	D	E	F	G	H
0,08	4000	3	45	40	5	10	35	21	15	15,0	20
1,00	4000	6	80	59	0	26	60	29	19	20,0	40
3,00	3000	3	172	114	0	35	114	52	44	35,0	50
5,00	3000	6	172	114	0	35	114	52	44	35,0	50
8,00	3000	3	187	138	18	45	130	52	44	46,0	69
12,00	3000	6	187	138	18	45	130	52	44	46,0	69
16,00	3000	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
22,00	2500	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
30,00	2000	8	270	185	18	56	200	76	60	57,5	84
55,00	1500	12	300	240	23	80	236	76	60	85,0	115
105,00	1500	16	395	275	28	100	330	76	60	102,5	145
146,00	1500	12	430	356	28	120	340	90	70	136,0	177
232,00	1500	12	475	366	28	120	380	100	76	136,0	177

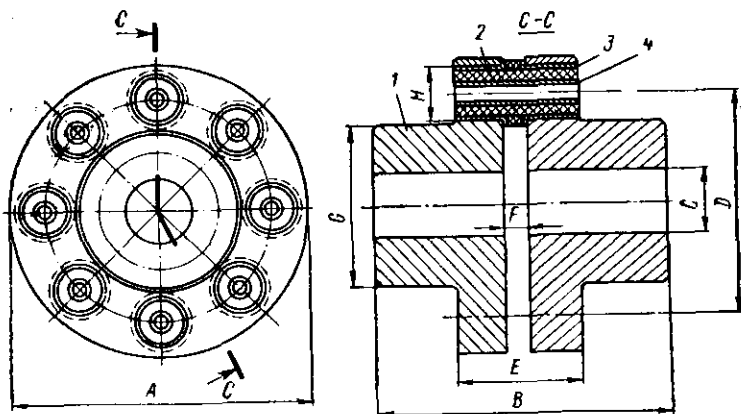


Рис. III.71. Муфта «Радиафлекс ГВ»

Т а б л и ц а III.51. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. III.71)

$M_{кр}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	A	B	C	D	E	F	G	H
8	9000	100	125	10—35	76	35	5	56	16
45	7000	180	170	24—60	130	70	10	85	32
100	5000	200	235	35—70	150	115	15	100	40
380	3500	330	320	35—120	250	120	20	170	50
540	3000	380	340	35—140	300	120	20	200	50
900	2500	480	400	40—180	400	120	20	250	50

ферри диска, так как диаметр отверстия под шайбу больше ширины радиального паза. При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 10° . Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ , мм	2-3
Радиальное смещение осей валов Δ , мм	1-5
Угловое смещение осей валов γ , ...°	1° 30'

При действии крутящего момента $M_{кр}$ касательные напряжения в резине

$$\tau = 8M_{кр}/(\pi D d^2 z) \leq [\tau],$$

где D — диаметр окружности, на которой расположены оси упругих элементов; d — диаметр упругого элемента; z — число упругих элементов. При действии радиальной силы P касательные напряжения в резине

$$\tau = 4P/(\pi z d^2) \leq [\tau].$$

На рис. III.71 (табл. III.51) представлена муфта «Радиафлекс ГВ» фирмы «Польстра» (Франция). Во фланцах полумуфт 1 имеются отверстия, в которые вставляются резино-металлические 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 крутящего момента, а также при неточном расположении полумуфт упругий элемент испытывает сложное напряженное состояние. В муфте отсутствует внешнее трение, что исключает износ резины. При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 5° . Муфта допускает:

Радиальное смещение осей валов Δ , мм	≤ 1
Угловое смещение осей валов γ , ...°	≤ 1

Муфта отличается высокой надежностью и работоспособностью при высокой частоте вращения.

КУЛАЧКОВЫЕ И ФРИКЦИОННЫЕ СЦЕПНЫЕ МУФТЫ

Сцепные муфты служат для соединения или разъединения валов (на ходу или во время остановки) с помощью специальных управляющих устройств. Муфты этого вида широко используются там, где требуются частые пуски и остановки, изменения режимов работы, реверсирование, например в тепловозах, автомобилях, на прокатных станах, прессах, станках и т. п.

А. КУЛАЧКОВЫЕ МУФТЫ

Различают муфты с кулачками на торцовых поверхностях (рис. IV.1, а), зубчатые (рис. IV.1, б) и муфты с вытяжной (рис. IV.1, в) или поворотной (рис. IV.1, г) шпонкой. Кулачковые муфты требуют строгой соосности соединяемых валов. Размеры муфт по рис. IV.2 даны в табл. IV.1.

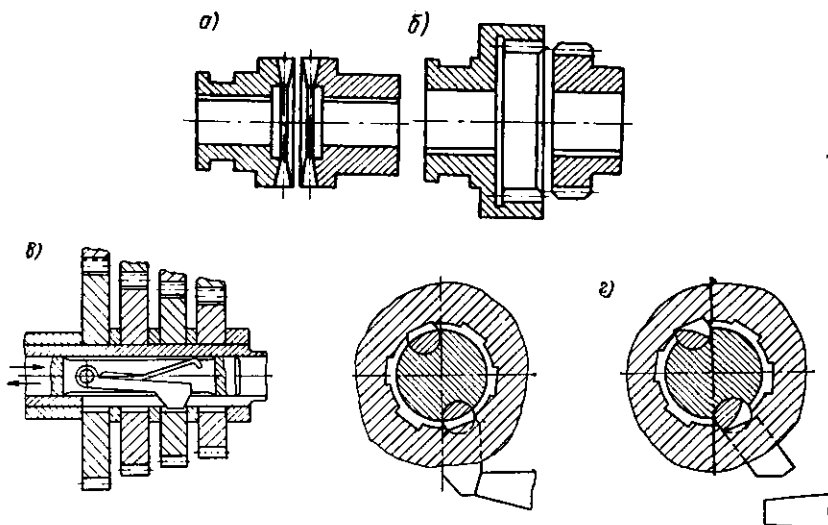


Рис. IV.1. Разновидности кулачковых муфт

Кулачковые муфты следует включать в неподвижном состоянии или при малой разности угловых скоростей валов, так как при включении на ходу неизбежно появление динамических нагрузок. Как правило, скорость относитель-

Т а б л и ц а IV.1. Размеры кулачковых муфт (мм)
с прямоугольной формой кулачков (рис. IV.2)

d	D	L	a	b	c	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

ного вращения валов при включении не должна превышать 1 м/с. Подвижную полумуфту рекомендуется располагать на ведомом валу, что уменьшает износ деталей управления муфтой.

Преимуществами кулачковых муфт по сравнению с фрикционными являются малые габаритные размеры и отсутствие относительного поворота соединяемых валов. Число кулачков выбирается в зависимости от передаваемого крутящего

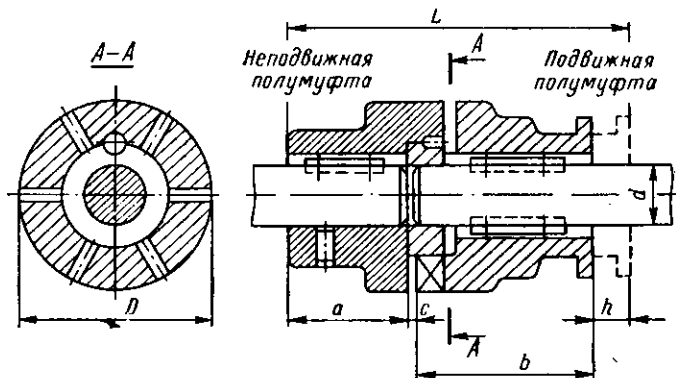


Рис. IV.2. Кулачковая муфта

момента (при данном диаметре муфты число кулачков тем меньше, чем больше крутящий момент) и от желаемого времени включения муфты. Если обозначить: z — число кулачков, n — частота вращения, об/мин, t_0 — время включения муфты, с, то $t_0 = 60/(nz)$, откуда $z = 60/(nt_0)$.

1. ФОРМЫ КУЛАЧКОВ

Наиболее распространенные формы кулачков приведены на рис. IV.3. Треугольный профиль (рис. IV.3, а) применяется при небольших моментах и скоростях соединяемых валов. Основное достоинство треугольного профиля — легкость и быстрота включения, обусловленные большим числом кулачков (обычно $z = 15 \div 60$). Угол профиля $\alpha = 30 \div 45^\circ$.

Трапецидальный профиль (рис. IV.3, б) обычно применяется при сравнительно больших крутящих моментах и больших скоростях соединяемых валов. Число кулачков $z = 6 \div 12$; $\alpha = 2 \div 8^\circ$. Муфты с такими кулачками, равно как и с треугольными, нуждаются в небольшом осевом поджатии и после включения (если $\alpha > \rho$), так как в них возникают осевые силы, раздвигающие полумуфты.

Прямоугольный профиль (рис. IV.3, в) применяется в тяжелонагруженных машинах, а также при ручном включении. Этот профиль не требует постоянной осевой силы прижатия и имеет правильный контакт зубьев по плоскости при неполном их включении. Недостатки прямоугольного профиля: наличие зазоров в соединении, ухудшающих условия работы при реверсивной нагрузке, а также трудность включения.

Несимметричные треугольные и трапецидальные профили (рис. IV.3, г, д) применяются только для соединения валов с постоянным направлением вращения. Основное их достоинство — облегченное включение.

Нередко для облегчения включения муфт с трапецидальным и прямоугольным профилями кулачков применяют подрезание кулачков (рис. IV.3, е).

Формы кулачков в продольном сечении представлены на рис. IV.3, ж, з, и. Прямоугольный кулачок (рис. IV.3, ж) изготавливают постоянной высоты; кулачок с треугольным профилем обязательно должен иметь уменьшающуюся к центру высоту (рис. IV.3, з), так как шаг пропорционален радиусу, а профили во всех сечениях подобны.

Т а б л и ц а IV.2. Размеры (мм)
и параметры торцовых кулачковых муфт (рис. IV.4)

Способ включения и выключения	Коли- чество кулачков	D	$\frac{r}{d}$	α	β	h	h'
				...°			
Ручной	7	35	6	$20^{\circ} 43' - 40' - 20'$	$25^{\circ} 43' + 40' + 20'$	4	5
		40 45	7				
		50	8				
	9	55		$20^{\circ} - 40' - 20'$	$20^{\circ} + 40' + 20'$		
		60 70	10				
Автоматический (зуб нормальный)	5	40	5-8	$36^{\circ} - 40' - 20'$	$36^{\circ} + 20' + 20'$	4	5
		45 50 55	5-10				
		7						60 70 80 90	$25^{\circ} 43' - 40' - 20'$	$25^{\circ} + 40' + 20'$	6	7
	При работе с не- большими скоро- стями (зуб мел- кий)	7	40	5-8	$25^{\circ} 43' - 40' - 20'$	$25^{\circ} 43' + 40' + 20'$	4	5
45 50 55			5-10				
9				60 70 80 90					$20^{\circ} - 40' - 20'$	$20^{\circ} + 40' + 20'$	6	7

Примечание. Размеры d и l выбираются конструктивно. Обычно $l = (1,5+2) d$.

В ответственных случаях производится уточненный расчет по динамическому моменту [37].

Сила, необходимая для включения и выключения муфты,

$$P = \frac{2M_{\text{расч}}}{d_{\text{ср}}} \left[f' \frac{d_{\text{ср}}}{d} \pm \text{tg} (\alpha + \rho) \right],$$

где f' — коэффициент трения муфты по валу; d — диаметр вала, см; α — угол наклона рабочей грани кулачка (см. рис. IV.3); ρ — угол трения на контактных поверхностях кулачков ($\text{tg} \rho = f$).

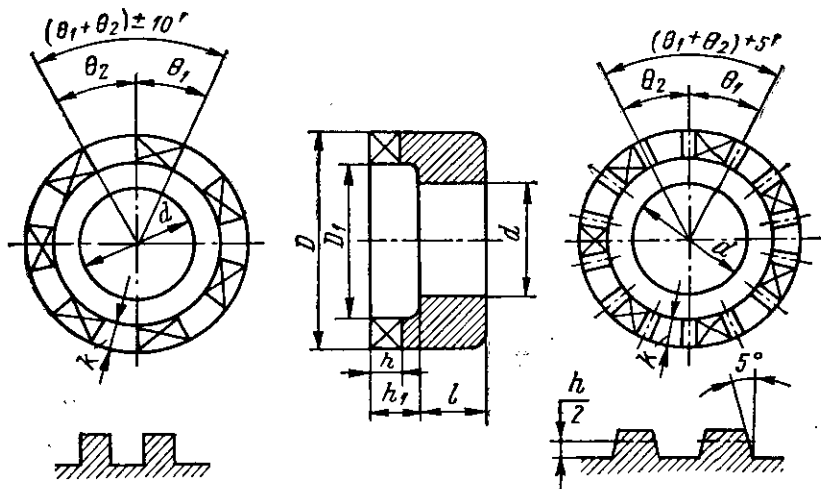


Рис. IV.4. Кулачковая полу муфта с прямоугольными и трапецидальными кулачками

В формуле знак плюс относится к включению, знак минус — к выключению муфты. Самовключение муфты возможно при

$$\text{tg} \alpha > f (1 + d_{\text{ср}}/d),$$

если принять $f' = f$. Обычно принимают $f' = f = 0,15 \div 0,20$.

На рис. IV.4 показана кулачковая полу муфта с прямоугольными и трапецидальными кулачками. Размеры кулачков приведены в табл. IV.2.

Б. ФРИКЦИОННЫЕ МУФТЫ

Фрикционные муфты передают крутящий момент от ведущего вала к ведомому при помощи сил трения, создаваемых на контактных поверхностях сцепляющихся частей муфты. Включение муфты производится прижатием друг к другу указанных поверхностей, а выключение — их разъединением. Путем изменения силы прижатия трущихся поверхностей можно регулировать силу трения и осуществлять плавное сцепление (пуск машины) при любой разности частот вращения ведущего и ведомого валов. Плавность включения муфт позволяет избежать больших динамических нагрузок и шума при пуске. Фрикционные муфты дают возможность регулировать время разгона ведомых частей и наибольший крутящий момент, передаваемый муфтой. Последнее свойство позволяет использовать муфту в качестве предохранительного звена. Фрикционные муфты непригодны в тех случаях, когда требуется строгое совпадение угловых скоростей соединяемых валов, так как при случайном проскальзывании муфты это условие нарушается.

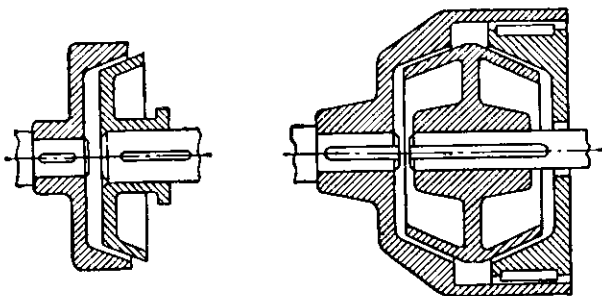


Рис. IV.5. Конусные муфты

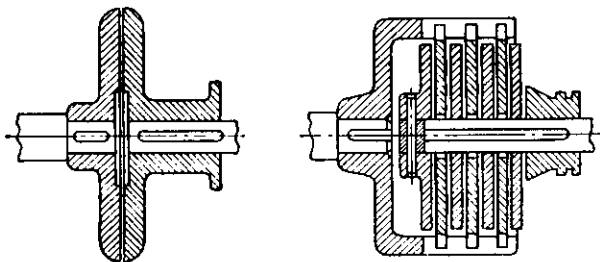


Рис. IV.6. Дисковые муфты

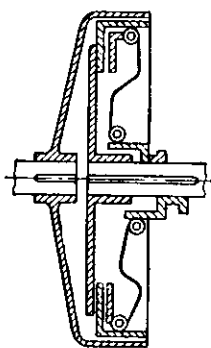


Рис. IV.7. Колодочные муфты

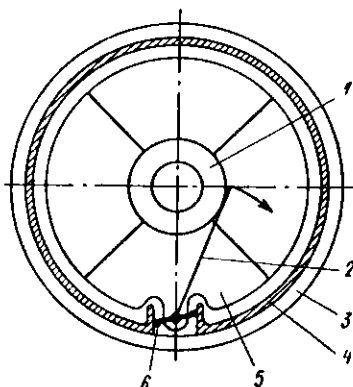


Рис. IV.8. Муфта с разжимным кольцом

По направлению перемещений сцепляющихся элементов фрикционные муфты делятся на осевые (конусные — рис. IV.5 и дисковые — рис. IV.6) и радиальные (колодочные — рис. IV.7, ленточные и с разжимным кольцом — рис. IV.8).

В конструкции, показанной на рис. IV.8, муфта включения 1 через рычаги 2 и 6-разжимает разрезное кольцо 4, благодаря чему создается необходимый момент трения между ведущей 3 и ведомой 5 полумуфтами. В колодочной конструкции (рис. IV.7) этот момент создается благодаря прижатию колодок к ободу пружинами (верхняя половина рисунка); при выключении эти пружины отводят колодки в нерабочее положение.

Наибольшее применение имеют дисковые муфты, обеспечивающие передачу больших крутящих моментов при относительно небольших габаритных размерах и силах, требуемых для прижатия поверхностей сцепления. Это достигается использованием нескольких пар поверхностей трения. Различают сухие и масляные муфты. В первых фрикционные поверхности защищены от попадания смазки, а в последних эти поверхности работают в масляной ванне, что обеспечивает постоянство коэффициента трения и, следовательно, постоянную величину передаваемого крутящего момента и уменьшает износ.

Управление муфтами может быть рычажным (или рычажно-кулачковым), гидравлическим, пневматическим и электромагнитным.

3. ПРОЦЕССЫ СЦЕПЛЕНИЯ И РАСЦЕПЛЕНИЯ

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 тепло, 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 OBC (рис. IV.9). На графике обозначены: M_{max} — наибольший момент трения в муфте, кгс·м; M_0 — момент сил сопротивления, кгс·м; $M_{тр}$ — текущая величина момента трения, кгс·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 M_c ; $t_{сц}$ — время сцепления муфты, с (т. е. время, за которое угловая скорость ведомого вала достигнет скорости ведущего).

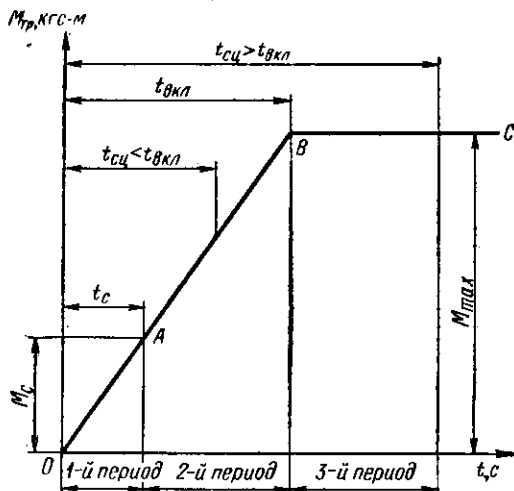


Рис. IV.9. Зависимость момента $M_{тр}$ от времени в процессе включения муфты

В процессе включения и сцепления муфты следует различать три периода (рис. IV.9): в 1-м периоде $0 \leq t \leq t_c$, $0 < M_{тр} < M_c$; во 2-м периоде $t_c \leq t < t_{вкл}$, $M_c \leq M_{тр} \leq M_{max}$; в 3-м периоде $t > t_{вкл}$, $M_{тр} = M_{max} = const$.

В течение 1-го периода вращается только ведущий вал; ведомый вал неподвижен. Во 2-м периоде ведомый вал получает разгон. Если угловые скорости ведущего и ведомого валов не сравняются в течение 2-го периода ($t_{сц} < t_{вкл}$), то разгон ведомого вала продолжается в 3-м периоде ($t_{сц} < t_{вкл}$).

Введем следующие обозначения: J — момент инерции ведомых частей машины, приведенный к муфте, кгс·м·с²; ω_d — угловая скорость ведущего вала (двигателя), 1/с; ω — текущее значение угловой скорости ведомого вала, 1/с; $A_{тр}$ — работа трения, кгс·м, т. е. работа, совершенная моментом трения $M_{тр}$ за время $t_{сц}$ на пути скольжения и полностью преобразованная в тепловую энергию; k — коэффициент пропорциональности между временем и крутящим моментом. Тогда

$$M_{тр} = kt; \quad k = M_{max}/t_{вкл}.$$

Допустим, что угловая скорость ω_d ведущего вала и момент M_c в процессе — сцепления остаются постоянными. Тогда работа трения

$$A_{тр} = J\omega_d^2/2 + \frac{2}{3} M_c \omega_d (2J\omega_d/k)^{1/2} + M_c^2 \omega_d / 2k \quad (IV.1)$$

или

$$A_{тр} = k\omega_d^2 t_{вкл}^2 / 2 + M_{max} \omega_d t_{доб} - \frac{M_c}{2J} [k(t_{вкл} - t_c)^3 / 3 + (M_{max} - M_c) t_{доб}^2 + k(t_{вкл} - t_c)^2 t_{доб}] - J\omega_d^2 / 2, \quad (IV.2)$$

где

$$t_c = M_c/k = M_c t_{вкл} / M_{max}; \quad (IV.3)$$

$$t_{доб} = [2J\omega_d - k(t_{вкл} - t_c)^2] / [2(M_{max} - M_c)]. \quad (IV.4)$$

Формула (IV.1) относится к случаю, когда время $t_{сц}$ меньше или равно времени $t_{вкл}$ (рис. IV.9), формула (IV.2) соответствует случаю, когда $t_{сц} > t_{вкл}$. В первом случае время сцепления определяется по формуле

$$t_{сц} = M_c/k + \sqrt{2J\omega_d/k}, \quad (IV.5)$$

а во втором — по формуле

$$t_{сц} = (t_{вкл}/2) (1 + M_c/M_{max}) + J\omega_d / (M_{max} - M_c). \quad (IV.6)$$

Для определения времени сцепления сначала рассчитывают его по формуле (IV.5). 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 (IV.1). Если же полученная по формуле (IV.5) величина больше $t_{вкл}$, то величину $t_{сц}$ следует пересчитать по формуле (IV.6), а величину $A_{тр}$ — по формуле (IV.2).

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 M_c и скорости ω_d . Вместе с тем чрезмерное уменьшение $t_{вкл}$ может повлечь за собой уменьшение плавности включения и возрастание нагрузки на валы. Благоприятные условия включения муфты обеспечиваются при соблюдении условия

$$t_{вкл} \geq 2J\omega_d M_{max} / (M_{max} - M_c)^2. \quad (IV.7)$$

При этом полное сцепление муфты происходит во втором периоде ($t_{сц} < t_{вкл}$), благодаря чему момент трения $M_{тр}$ в конце сцепления и нагрузка на валы меньше, чем M_{max} (рис. IV.9). Однако осуществление требования (IV.7) 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.

Если время включения муфты, определяемое по формуле (IV.6), мало по сравнению с временем сцепления $t_{сц}$, то работа трения может быть выражена следующей формулой:

$$A_{тр} = J \omega_{д}^2 M_{\max} / [2(M_{\max} - M_c)].$$

При использовании фрикционной муфты для привода тяжелых машин с большими разгоняемыми массами (т. е. с большим моментом инерции J) в процессе сцепления муфты в приводе возможно появление больших динамических крутящих моментов, связанных с крутильными колебаниями системы. В этом случае для предохранения машины от значительных перегрузок необходимо соблюдение условия

$$\frac{t_{вкл}}{T} \geq 2 \div 3,$$

где T — период собственных колебаний системы.

В некоторых случаях допущения, сделанные при выводе формул (IV.1)–(IV.6), лишь приблизительно описывают условия реального процесса сцепления, поэтому были предприняты попытки вывода более точных формул. А. А. Филимонов [84], например, предложил формулы, основанные на следующих допущениях:

1) момент трения, передаваемый муфтой, в процессе включения изменяется пропорционально времени, т. е.

$$M_{тр} = kt;$$

2) момент сил сопротивления на ведомом валу $M_c = \text{const}$;

3) крутящий момент ведущей системы в процессе сцепления нарастает пропорционально времени: $M_{гв} = ct$.

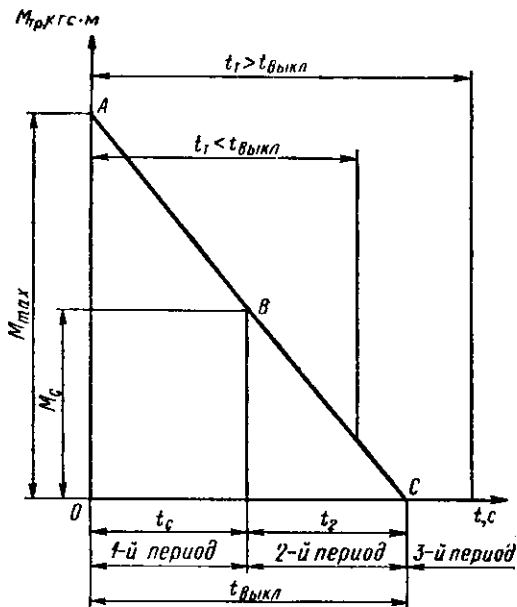


Рис. IV. 10. Зависимость момента $M_{тр}$ от времени в процессе выключения муфты

При выключении муфты давление на контактных поверхностях сцепляющихся деталей муфты и момент трения падают до нуля. Если принять линейную зависимость между моментом $M_{тр}$ и временем, а величины M_c и $\omega_{д}$ в процессе расцепления считать постоянными, то величина $M_{тр}$ определяется из следующего выражения:

$$M_{тр} = M_{\max} - k_1 t_1,$$

где

$$k_1 = M_{\max} / t_{\text{выкл}}.$$

Зависимость между моментом трения муфты и временем изобразится прямой ABC (рис. IV.10). На графике обозначены: t_c — время (с), при котором момент $M_{тр}$ достигает значения M_c ,

$$t_c = (M_{\max} - M_c) t_{\text{выкл}} / M_{\max},$$

$t_{\text{выкл}}$ — время полного выключения муфты (с), т. е. время, за которое момент $M_{тр}$ изменяется от M_{\max} до нуля; t_2 — время торможения ведомого вала (с), отсчитываемое от начала выключения муфты,

$$t_2 = t_{\text{выкл}} - t_c = M_c t_{\text{выкл}} / M_{\max}.$$

В процессе выключения муфты и торможения ведомого вала следует различать три периода (рис. IV.10).

В 1-м периоде $M_{\text{тр}} > M_c$, и оба вала вращаются с одинаковой угловой скоростью ω_d . Во 2-м периоде $M_{\text{тр}} < M_c$, и скорость ведомого вала начинает отставать от скорости ведущего. При этом происходит взаимное проскальзывание сцепляющихся элементов муфты, работа трения преобразуется в теплоту, и происходит нагрев муфты. В зависимости от значений величин J , M_c и ω_d полное торможение (остановка) ведомого вала возможно как во 2-м, так и в 3-м периоде. В конце 2-го периода давление на рабочие элементы и момент трения $M_{\text{тр}}$ равны нулю; 3-й период — время полного выключения муфты.

При сделанных допущениях имеют место следующие зависимости.

1. Если время торможения меньше времени выключения муфты, то работа торможения равна

$$A_{\text{тр}1} = \omega_d \left[\frac{M_c}{3} \sqrt{\left(\frac{2J\omega_d}{k_1} - \frac{J\omega_d}{2} \right)} \right]. \quad (\text{IV.8})$$

2. Если время торможения равно времени выключения муфты, то

$$A_{\text{тр}1} = M_c^4 j^2 / (24JM_{\text{max}}^2). \quad (\text{IV.9})$$

В 3-м периоде работа трения равна нулю, так как $M_{\text{тр}}$ равен нулю. Тогда работа, выражаемая формулой (IV.8), является наибольшей возможной работой трения при выключении муфты.

Время торможения муфты определяется по одной из формул:

$$t_{\text{т}} = t_c + (2J\omega_d/k_1)^{1/2} = (M_{\text{max}} - M_c)t_{\text{выкл}}/M_{\text{max}} + (2J\omega_d/k_1)^{1/2}; \quad (\text{IV.10})$$

$$t_{\text{т}} = J\omega_d/M_c + t_{\text{выкл}} [1 - M_c/(2M_{\text{max}})]. \quad (\text{IV.11})$$

Если время, рассчитанное по формуле (IV.10), окажется меньше $t_{\text{выкл}}$ или равно ему, то его и следует принять за действительную величину $t_{\text{т}}$, а работу трения $A_{\text{тр}}$ рассчитать по формуле (IV.8) или (IV.9). Если же полученное время окажется больше, чем $t_{\text{выкл}}$, то его следует пересчитать по формуле (IV.11), а работу $A_{\text{тр}1}$ рассчитать по формуле (IV.9).

4. ФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К материалам трущихся деталей фрикционных муфт предъявляются следующие требования:

- 1) высокий и стабильный коэффициент трения;
- 2) высокая износостойкость, включая сопротивляемость заеданию;
- 3) теплостойкость, т. е. способность длительно выдерживать повышенные температуры, которые могут иметь место в муфтах в периоды включения и выключения, без больших деформаций, разрушения, обугливания, и потери нужных свойств;
- 4) нечувствительность к химическому воздействию смазочных масел;
- 5) высокая теплопроводность, обеспечивающая хороший отвод теплоты от трущихся поверхностей;
- 6) достаточная прочность и способность хорошо прирабатываться;
- 7) хорошая обрабатываемость, малая стоимость и недефицитность.

Для масляных муфт часто используют закаленную сталь по закаленной стали, бронзу по стали или чугуну, а для малонагреваемых муфт — текстолит по стали.

Закаленная сталь по закаленной стали обеспечивает большую компактность дисковых муфт, так как диски в этом случае можно изготовить достаточно тонкими. При этом необходима тщательная шлифовка дисков для муфт, работающих при больших скоростях. Только для неответственных муфт допускается применение нешлифованных дисков. Пара сталь — сталь применяется, как правило, при работе в масле.

Чугун обладает относительно хорошими фрикционными свойствами и малой склонностью к заеданию трущихся поверхностей, но требует хорошей смазки. В муфтах, передающих малые нагрузки, допустимо применение чугунных дисков без смазки. При этом диски должны иметь твердость HV не менее 210.

Текстолит (ГОСТ 5—72) применяется в дисковых масляных муфтах в паре со сталью. Он обладает удовлетворительными фрикционными свойствами. Недостатком текстолита является низкая теплоустойчивость, поэтому текстолит целесообразно применять в малоагревающихся муфтах (не выше 120° С).

Дерево (в паре со сталью и чугуном) используется редко, так как при больших скоростях скольжения и высокой температуре оно обугливается и его коэффициент трения падает.

Фрикционные материалы на асбестовой основе используются главным образом для сухих муфт. Применяют обкладки из асбестопроволоочной ткани, пропитанной бакелитом, асфальтом или резиной и спрессованные при высокой тем-

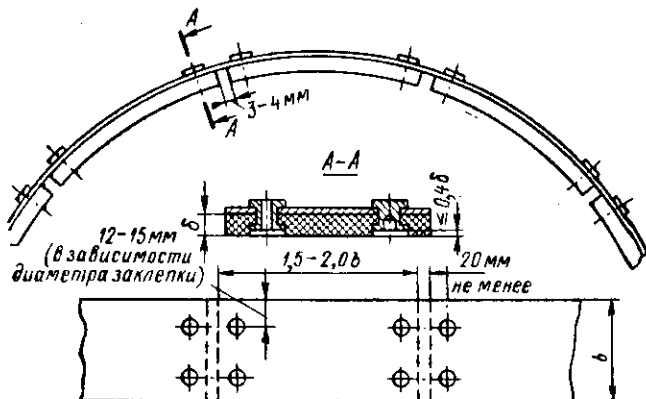


Рис. IV.11. Вальцованная лента

пературе, и обкладки нетканые, изготовленные прессованием коротких асбестовых волокон и мелких металлических стружек, обрывков тонкой латунной проволоки и т. п. Ленточные асбестовые обкладки изготавливаются по ГОСТ 1198—69. Фрикционные обкладки присоединяются к металлу при помощи клея или заклепок.

А. Ф. Базанов и А. А. Буланов [5] рекомендуют применять вальцованную ленту в виде сегментов, а не в виде сплошной полосы (рис. IV.11), что улучшает удаление продуктов изнашивания и теплоотвод и в 1,5—2 раза уменьшает износ.

Для тяжелых условий работы служит ретинакс, обладающий устойчивым коэффициентом трения (около 0,3). Изготавливаются две модификации ретинакса (ГОСТ 10851—73): ФК-24А и ФК-16Л. В последнюю дополнительно вводится латунная проволока, что повышает прочность и износостойкость в тяжелых условиях работы. Высокая теплоустойчивость позволяет применять ретинакс при температуре поверхностей трения до 1000° С.

Для повышения износостойкости, особенно при высоких температурах, применяют металлокерамические фрикционные обкладки, изготавливаемые путем спекания следующих компонентов: медь или железо, составляющие основу и улучшающие отвод теплоты, графит, свинец, повышающие прирабатываемость и препятствующие заеданию, асбест и другие материалы, повышающие трение. Металлокерамический слой соединяется со стальной основой (диск, лента) путем спекания под давлением. При этом толщина диска или ленты может быть уменьшена на 30—40% по сравнению с требуемой в случае приклеивания фрикционной обкладки. В настоящее время пара сталь — металлокерамика является одной из наиболее распространенных и применяется при работе как всухую, так и в масле.

Известны фрикционные обкладки на основе бумаги для масляных муфт, которые отличаются долговечностью и высоким коэффициентом трения.

В табл. IV.3 приводятся средние значения коэффициентов трения для различных фрикционных пар.

Т а б л и ц а IV.3. Коэффициенты трения фрикционных пар

Фрикционная пара	Условия смазки		
	Без смазки	Со смазкой маслом	С попаданием масла
Сталь—сталь	0,18 и больше	0,05—0,08	0,10
Сталь—чугун	0,15—0,18	0,10	0,12
Сталь—бронза	0,18	0,08	0,11
Бронза—чугун или бронза—бронза	0,17	0,12	0,15
Чугун—чугун	—	—	0,15
Сталь или чугун—асбестовая обкладка	0,25—0,45	0,08	—
Порошковые металлические обкладки—сталь	0,35—0,55	—	—
Кожа—чугун	—	0,12	0,28
Пластмасса—сталь	—	0,09—0,10	—
Сталь—фибра	0,20	0,12	0,17
Сталь—текстолит	—	0,10	0,12

В табл. IV.4 представлены основные характеристики некоторых пар трения и типичные примеры их использования (по данным фирмы «Боленц и Шефер», ФРГ¹). Следует заметить, что указанное в таблице соотношение величины коэффициентов трения покоя (f_n) и движения ($f_{дв}$) является важной характеристикой пары трения, говорящей о степени плавности изменения крутящего момента в процессе включения муфты.

5. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТИПОВ МУФТ

Если наибольший момент трения M_{\max} , развиваемый муфтой, меньше момента сил сопротивления M_c ведомой части, то сцепления не произойдет, и муфта будет буксовать, поэтому необходимым условием работоспособности муфты является неравенство $M_{\max} > M_c$. Однако соблюдение только этого условия еще недостаточно для нормальной работы муфты. Если разность $M_{\max} - M_c$ мала, то муфта будет иметь слишком большой период включения, а значит, и большие потери энергии на трение. С другой стороны, разность $M_{\max} - M_c$ не должна принимать чрезмерно больших значений, поскольку увеличение M_{\max} связано с увеличением размеров муфты и с ростом динамических нагрузок при ее пуске и остановке.

Необходимость определенного превышения M_{\max} над моментом сил сопротивления M_c определяется еще и тем, что для большинства агрегатов момент сопротивления задается как средний крутящий момент, а действительные значения момента сил сопротивления в отдельные моменты времени могут намного превосходить M_c . Превышение M_{\max} над M_c различно для разных типов машин. При выборе расчетной величины M_{\max} необходимо также считаться с нагреванием муфты.

Количество теплоты, выделяемой в муфте в единицу времени (\dot{q}), при прочих равных условиях пропорционально частоте включения муфты (т. е. числу ее включений в час). Поэтому часто включаемые муфты должны иметь относительно большой предельный момент M_{\max} , что уменьшает время разгона, а значит, и потери на нагревание муфты.

Аналогично влияние на нагрев муфты и средней скорости скольжения $u_{ср} = \pi D_{ср} n / 60$, м/с, где $D_{ср}$ — средний диаметр поверхности трения, м.

¹ Wienand Helmut E. Lamellen — Kupplungen. Einfluss des Lamellenwerkstoffes auf die Wirkungsweise. — Antriebstechnik, 1975, 3, N 6, S. 27—30.

Т а б л и ц а IV.4. Основные характеристики некоторых пар трения

Пара трения	Статический коэффициент трения f_p	Динамический коэффициент трения $f_{дв}$	Соотношение коэффициентов трения $f_p/f_{дв}$	Максимальная скорость скольжения, м/с	Максимальная температура на поверхности трения, °С	Максимальная тепловая нагрузка, Вт/см ²	Удельный расход, см ³ ·кВт·м	Некоторые типичные примеры применения
Сталь—спеченная бронза: в масле	0,08—0,13	0,06—0,09	1,3—1,5	30—50	Максимально допустимая температура масла	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	300—350	0,35—0,6	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—0,6	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

Т а б л и ц а IV.5. Коэффициент запаса сцепления

Машины	β
Металлорежущие станки	1,3—1,5
Автомобили	1,2—1,5 (до 2)
Сельскохозяйственные тракторы	2,0—3,5
Транспортные тракторы	1,5—2,0
Поршневые насосы (многоцилиндровые), вентиляторы (средние), прессы	1,3
Компрессоры, большие вентиляторы, поршневые насосы (одн цилиндровые), деревообделочные станки	1,7
Механизмы подъемно-транспортных машин:	
муфты, включаемые под максимальной нагрузкой	1,35—1,50
муфты, включаемые без нагрузки	1,25—1,35

Т а б л и ц а IV.6. Значения коэффициента k_D для определения расчетного давления

Средняя окружная скорость, м/с	k_D	Средняя окружная скорость, м/с	k_D
1	1,35	5	0,80
1,5	1,19	6	0,75
2	1,08	8	0,68
2,5	1,00	10	0,63
3	0,94	13	0,59
4	0,86	15	0,55

На основании приведенных соображений муфта рассчитывается по крутящему моменту, большему чем номинальный, поэтому

$$M_{\text{расч}} = \beta M_c / (k_m k_D), \quad (IV.12)$$

где $\beta > 1$ — коэффициент запаса сцепления муфты, зависящий от рода агрегата, в котором муфта установлена; значения β для различных машин приведены в табл. IV.5; k_m — коэффициент, учитывающий частоту включения муфты; при числе переключений муфты ($m \leq (50 \div 100)$) в 1 ч (50 — для быстроходных муфт

Т а б л и ц а IV.7. Допускаемые давления q (кгс/см²)

Фрикционная пара	Дисковые муфты	Конусные и барабанные муфты
Закаленная сталь—сталь	4,0—6,0	—
Сталь—чугун	2,5—3,0	4,0
Сталь—бронза	4,0—5,0	6,0
Сталь—ферродо	2,0—2,5	3,0
Сталь—текстолит	5,0—6,0	—
Сталь—фибра	3,5—4,0	—
Сталь—кожа или пробка	—	0,5—1,0
Чугун—чугун без смазки	2,5—3,0	4,0
Чугун—чугун или закаленная сталь со смазкой	6,0—8,0	10
Чугун—бронза	—	4
Чугун—дерево	—	3—6

П р и м е ч а н и я: 1. При применении тонких стальных дисков значение q рекомендуется снизить на 30%. 2. При скоростях, превышающих 2,5 м/с, данные, приведенные в таблице, должны быть уменьшены: при $v = 5$ м/с на 20%; при $v = 10$ м/с на 35%; при $v = 15$ м/с на 45%

с большими моментами инерции приводимых масс, 100 — для малых моментов инерции и малой частоты вращения) следует принимать $k_m = 1$. Если $m > (50 \div 100)$ в 1 ч, то $k_m = 1 - k'_m$ (где k'_m берется равным 0,01 на каждые дополнительные пять включений свыше 50—100 в 1 ч); k_v — коэффициент, учитывающий скорость скольжения (по табл. IV.6).

Надежность сцепления и износостойкость рабочих поверхностей достигаются путем соблюдения следующих зависимостей: $M_{расч} \leq M_{тр}$; $q \leq [q]$. Здесь q и $[q]$ — действительная и допускаемая величины средних удельных давлений на рабочих поверхностях (табл. IV.7).

Конусные муфты

Схема действия сил в конусной муфте представлена на рис. IV.12. В конусных муфтах усилие включения значительно меньше, чем в дисковых.

Усилие включения муфты

$$Q = 2M_{расч} (\sin \alpha / f + \cos \alpha) / D_{ср}. \quad (IV.13)$$

Момент трения

$$M_{тр} = 0,5\pi f q b D_{ср}^2, \quad (IV.14)$$

где b — длина рабочей части образующей конуса.

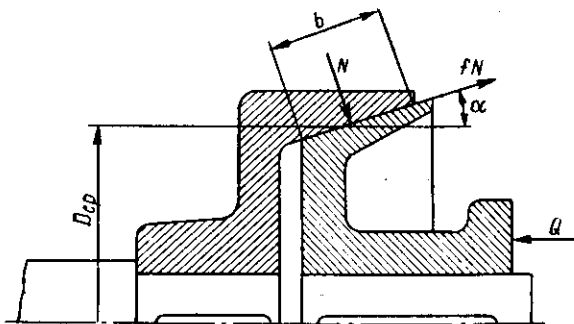


Рис. IV.12. Схема действия сил в конусной муфте

В зависимости от соотношения величины угла наклона образующей конуса α и величины угла трения ρ муфты могут быть подразделены на самотормозящиеся и несамотормозящиеся. Условие самоторможения: $\alpha \leq \rho$. Во избежание заклинивания муфты и для облегчения выключения ее принимают $\alpha > \rho = \arctg f$ (обычно $\alpha \geq 12 \div 15^\circ$).

Порядок расчета конусных муфт следующий.

Выбирают тип муфты (сухая или масляная) и материалы фрикционных частей.

Руководствуясь конструктивными соображениями, задаются величиной $D_{ср}$, определяют $v_{ср} = \pi D_{ср} n / (60 \text{ м/с})$ и по ней в табл. IV.6 находят коэффициент k_v .

Определяют $M_{расч}$ по формуле (IV.12).

Выбирая $[q]$ из табл. IV.7, находят b по формуле (IV.14), подставив в нее $M_{расч} = M_{тр}$,

$$b = 2M_{расч} / (f\pi [q] D_{ср}^2).$$

Задают углом α и определяют усилие включения Q по формуле (IV.13). Находят величину $D_{ср}$, задаваясь $\psi = b/D_{ср}$:

$$D_{ср} = \sqrt[3]{2M_{расч} / (\pi f [q] \psi)}.$$

В этом случае для определения $M_{расч}$ следует задаться ориентировочным значением $v_{ср}$ и по нему найти k_v . Если расхождение между действительным и принятым значениями $v_{ср}$ окажется слишком велико, расчет следует повторить.

Дисковые муфты

На рис. IV.13 представлена схема дисковой муфты с одной парой поверхностей трения.

Среднее давление между дисками (кгс/см²)

$$q = Q / [0,25\pi (D_1^2 - D_2^2)] = Q / (\pi b D_{cp}),$$

где $b = (D_1 - D_2)/2$ — рабочая ширина дисков, см; $D_{cp} = (D_1 + D_2)/2$ — средний диаметр рабочей части дисков, см. Обычно $D_2/D_1 = (0,5 \div 0,8)$, что соответствует $\psi = b/D_{cp} = (1/3 \div 1/9)$. Чаще всего применяется $\psi = 1/4$.

Момент, передаваемый муфтой,

$$M_{тр} = 0,5\pi z f q b D_{cp}^2 = 0,5\pi z f \psi D_{cp}^3,$$

где z — число пар поверхностей трения.
Порядок расчета дисковой муфты следующий.

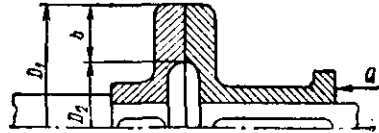


Рис. IV.13. Схема дисковой муфты

Т а б л и ц а IV.8. Значения k_2 для часто включаемых масляных муфт

z	k_2	z	k_2
3	1	8	0,85
4	0,97	9	0,82
5	0,94	10	0,79
6	0,91	11	0,76
7	0,88		

Диаметр D_2 определяется конструктивными соображениями и диаметрами валов.

Задаются величиной D_{cp} и определяют

$$\psi = (D_{cp} - D_2)/D_{cp} = b/D_{cp}$$

или, наоборот, задавшись величиной ψ , определяют D_{cp} из выражения

$$D_{cp} = D_2 / (1 - \psi). \quad (IV.15)$$

Выбирают материалы фрикционной пары.

Определяют среднюю окружную скорость (м/с)

$$v_{cp} = \pi D_{cp} n / 60$$

и по ней находят значение коэффициента k_2 из табл. IV.6.

Найдя $M_{расч}$ по формуле (IV.12) и выбрав $[q]$, определяют число поверхностей трения

$$z = 2M_{расч} / (\pi f [q] \psi D_{cp}^3 k_2). \quad (IV.16)$$

В этой формуле k_2 — коэффициент, учитывающий влияние числа дисков в муфте на передаваемый ею момент: с увеличением числа дисков растет доля усилия включения, затрачиваемая на преодоление сил трения в шлицах (пазах) при передвижении дисков. Для сухих муфт $k_2 = 1$; для масляных часто включаемых муфт значения k_2 приведены в табл. IV.8.

Полученное значение z округляется до целого числа. Число дисков в ведомой части муфты будет $z/2 + 1$, а в ведущей — $z/2$. Общее число дисков в муфте не должно быть больше 25—30; это ограничение вводится потому, что момент, передаваемый муфтой, не растет прямо пропорционально числу пластин, поскольку на его величину влияют силы трения в шпоночных выступах (пазах) пластин, уменьшающие давления между пластинами. Если число дисков по расчету получается больше 25—30, муфту необходимо пересчитать, задавшись большим значением D_{cp} , чем было принято раньше.

Для обеспечения необходимых зазоров (0,3 — 1,0 мм) между дисками в сцепленном состоянии и уменьшения потерь на трение и нагревание за счет оста-

точного момента иногда применяют распорные пружины, благодаря которым диски при выключении муфты принудительно разводятся. Для этого же служат неплоские, так называемые синусные, диски. Особенность их в том, что в окружном направлении они синусоидальны, т. е. волнообразно изогнуты. При такой форме дисков в процессе включения муфты площадь касания их и момент трения увеличиваются постепенно; при полном включении эти диски становятся плоскими.

Разобшение муфт достигается за счет собственной упругости дисков. Для лучшей смазки и охлаждения и уменьшения коробления дисков они снабжаются отверстиями, пазами и прорезями.

При определении числа поверхностей трения коэффициентом k_2 следует задаваться ориентировочно с последующей проверкой его значения. Определяют наружный диаметр поверхности трения и ширину ее $D_1 = D_{cp} (1 + \psi)$. Определяют усилие включения муфты Q по формуле (IV.13).

Следует заметить, что в условиях нарушения соосности валов дисковые фрикционные муфты работают неудовлетворительно: в процесс работы диски проскальзывают, что обуславливает затрату дополнительной энергии, приводит к увеличенному износу поверхностей трения и нежелательному нагреву дисков.

Муфта с разводными пружинными кольцами

Муфты этого типа осуществляют передачу крутящего момента за счет сил трения, возникающих между разрезным упругим кольцом 1 и барабаном 2 (рис. IV.14).

Наружный диаметр кольца меньше, чем внутренний диаметр барабана D , поэтому сцепление наступает только при

распоре кольца. Момент, передаваемый муфтой (считая кольцо сплошным),

$M_{тр} = 0,5lbD^2qf$, где b — ширина кольца, см; q — давление, кгс/см².

Расчет муфты с разжимным упругим кольцом производят в следующем порядке:

- 1) задаются величиной диаметра D
- 2) определяют ширину кольца

$$b = 2M_{расч}/(\pi [q] f D^2).$$

По формуле

$$Q_0 = (Q_1 + Q_2)/2 = \pi f q b D (\exp 2\pi f + 1)/[2 (\exp 2\pi f - 1)]$$

определяют расчетное усилие включения муфты и по этому усилию рассчитывают механизм включения.

Аналогично муфте с пружинным кольцом рассчитываются и фрикционные муфты с наружной лентой.

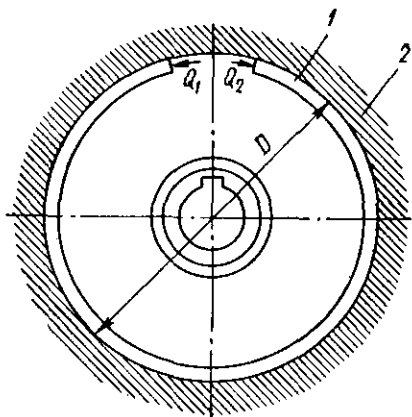


Рис. IV.14. Схема муфты с разводными пружинными кольцами

Муфта со спиральной пружиной

На ведущий вал 6 (рис. IV.15) насажен фрикционный барабан 4, который свободно облегает пружина 10 обычно переменного сечения. Толстый конец пружины неподвижно закреплен в полумуфте 2 (узел 1), сидящей на ведомом валу 1. Тонкий конец пружины связан с включающим устройством, которое может быть электрическим (якорь электромагнита) или механическим, в виде рычага 5, соединенного осью 8 с тонким концом пружины. При включении муфты тарельчатая выключаящая полумуфта 7 перемещается вдоль вала 6 и нажимает на длинное плечо рычага 5. Поворачиваясь, рычаг нажимает установочным 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 полу муфту 2.

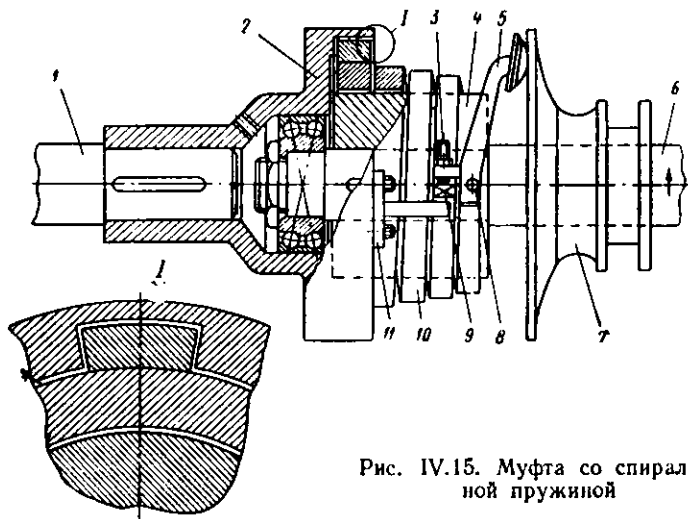


Рис. IV.15. Муфта со спиральной пружиной

При пуске происходит проскальзывание пружины по барабану. Для уменьшения износа барабан изготавливается из отбеленного чугуна ($HV\ 400$), пружина — из марганцовистой стали. Передача вращения от ведущей полу муфты может осуществляться только в одном направлении — в сторону закручивания пружины (см. стрелку на рис. IV.15). Ведущей может быть также и полу муфта 2, но в этом случае направление вращения должно быть обратным.

Упор 11 устраняет опасность излома пружины при резком торможении ведущего вала, так как инерция ведомых частей раскручивает пружину: нажимая на выступ 9, он заставляет пружину вращаться вместе с ведомой полу муфтой, которая таким образом плавно останавливается.

Переменная жесткость пружины обеспечивает определенную последовательность обжатия барабана — от тонкого конца пружины к толстому. Ширина пружины (рис. IV.16) определяется максимально допустимым удельным давлением, а высота — жесткостью пружины, необходимой при ее механической обработке. При полученных из этих соображений размерах 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. IV.16) и работы трения при включении муфты, разработанные в ЛТА им. С. М. Кирова,

$$a_2 \geq 4M_{\text{TP}} / ([q] D^2),$$

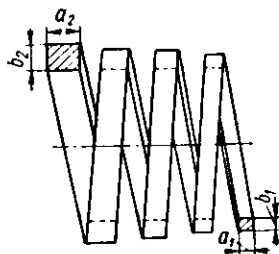


Рис. IV.16. Пружина

где $M_{тр}$ — момент сил трения между пружиной и фрикционным барабаном; $[q]$ — допустимое давление (по данным ЛТА, $[q] = 50$ кгс/см²); D — диаметр фрикционного барабана (см), обычно принимаемый равным $3d$, где d — диаметр вала. Остальные размеры пружины: $a_1 = 0,5a_2$; $b_2 = 0,9a_3$; $b_1 = b_2 - (a_2 - a_1) = 0,4a_2$.

Число рабочих витков пружины берется равным $i = 4,5 \div 6$. При механическом включении общее число витков $i_{общ} = i + 1$.

Зазор (см) между пружиной и барабаном в свободном состоянии $\delta = 0,0125\sqrt{D}$.

Работа сил трения (кгс·см) при включении муфты

$$A_{тр} = J_2 \omega_1^2 \beta / [2(\beta - 1)], \quad (IV.17)$$

где J_2 — момент инерции ведомых частей, приведенный к валу муфты; β — коэффициент запаса сцепления, $\beta = 2 \div 3$; ω_1 — угловая скорость ведущего вала.

Тепловой расчет дисковых муфт

Исследование процесса нагревания фрикционных муфт и их деталей представляет сложную задачу, поэтому для теплового расчета их обычно используются приближенные методы, основанные на ряде допущений и позволяющие определить некоторые средние температуры.

В период включения фрикционных муфт из-за относительного скольжения ведомых и ведущих дисков возникает теплообразование за счет работы сил трения. Ввиду малости периода включения можно считать, что вся теплота, выделяемая в этот период, идет на нагрев только фрикционных дисков, резко повышая температуру на их поверхностных слоях. После сцепления температура трущихся поверхностей дисков быстро падает за счет распределения выделенной теплоты по всему объему муфты, повышая температуру всех ее деталей. При дальнейшей работе включенной муфты происходит ее остывание за счет теплоотдачи наружной поверхностью муфты в окружающую среду. Нагрев поверхностных слоев дисков выше допустимой температуры вызывает изменение коэффициента трения, повышенный износ, изменение структуры и твердости материала дисков и ряд других нежелательных явлений (задиры, коробление и т. п.). Для стальных дисков предельная допустимая температура поверхностных слоев, наибольшая к концу периода включения, не должна превышать 300—400° С. Максимальная средняя температура деталей муфты также ограничивается и для муфты со стальными дисками в масляной ванне она не должна быть более 100—120° С.

Принимая, что выделенная теплота равномерно распределяется по всему объему муфты, среднюю избыточную температуру муфты относительно температуры окружающей среды (°С) определяем по формуле [70]

$$v_m = [Qm/(\alpha S)] (1 - \exp \tau \alpha S / cG),$$

где m — число включений муфты в 1 ч; α — коэффициент теплоотдачи муфты в окружающую среду, ккал/(м²·ч·°С); S — наружная теплоотдающая поверхность муфты, м²; τ — время с момента начала работы муфты, ч; c — теплоемкость, ккал/(кг·°С); G — масса муфты, кг.

При $\tau \rightarrow \infty$ формула упрощается:

$$v_m = Qm/(\alpha S).$$

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 α может быть принят равным 20 ккал/(м²·ч·°С).

Избыточная температура на поверхности дисков (при стальных дисках) для практических расчетов определяется по формулам:

$$v = (q/\lambda) [(2\alpha\tau/\delta) + (\delta/G)]; \quad (IV.18)$$

$$q = 3600Q/(\tau \sum F), \quad (IV.19)$$

где q — плотность теплового потока, ккал/(ч·м²); λ — коэффициент теплопроводности материала дисков, ккал/(м²·ч·°C); a — коэффициент температуропроводности материала дисков, м²/ч; τ — время включения (буксования) муфты, ч; δ — толщина дисков, м; Q — работа сил трения (буксования) за одно включение, ккал; $\sum F$ — площадь трущихся поверхностей всех дисков, м².

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0° С,

$$t_d = v_d + t_m + t_o, \quad (IV.20)$$

где t_m — температура муфты к началу включения; t_o — температура окружающей среды.

Пример. Определить основные параметры фрикционной дисковой муфты при следующих данных: момент сил сопротивления $M_c = 60$ кгс·м; частота вращения муфты $n = 800$ об/мин; материал дисков — закаленная сталь по стали; число включений в 1 ч $m = 50$; диаметр вала $d_B = 75$ мм.

1. Определяем внутренний диаметр поверхности трения дисков

$$D_2 \approx 3d_B = 3 \cdot 75 = 225 \text{ мм.}$$

2. Задавшись отношением $b/D_{cp} = \psi = 0,15$, по формуле (IV.15) определяем средний диаметр дисков

$$D_{cp} = 225 / (1 - 0,15) \approx 265 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр дисков будет $D_1 = 305$ мм, а ширина поверхности трения $b = 40$ мм.

3. Определяем среднюю окружную скорость

$$v_{cp} = 3,14 \cdot 0,265 \cdot 800 / 60 = 11,2 \text{ м/с.}$$

По полученному значению v_{cp} по табл. IV.6 находим значение $k_p = 0,6$.

4. По формуле (IV.12) определяем расчетный момент. По табл. IV.5 выбираем $\beta = 1,5$. Принимаем $k_m = 1$. Тогда

$$M_{расч} = 1,5 \cdot 60 / 1 \cdot 0,6 = 150 \text{ кгс·м.}$$

5. По формуле (IV.16) определяем число поверхностей трения. Значения f и $[q]$ выбираем по табл. IV.3 и IV.7; $f = 0,06$ и $[q] = 6$ кгс/см². По табл. IV.8 выбираем $k_z = 0,75$, тогда

$$z = \frac{2 \cdot 150}{3,14 \cdot 0,06 \cdot 6 \cdot 104 \cdot 0,15 (0,263)^2 \cdot 0,75} \approx 13.$$

Число дисков ведомой части муфты равно 7, ведущей — 6. Определим избыточную температуру поверхностей дисков. Предварительно определяем количество теплоты, выделяемой в период включения (буксования) муфты. Для этого задаем следующие величинами: момент инерции ведомой части муфты, приведенный к валу, $J = 60$ кг·м·с²; время одного включения $\tau = 2$ с или 2/3600 ч; толщина диска $\delta = 3$ мм; температура муфты к началу включения $t_m = 70^\circ \text{C}$; $\lambda = 40$ ккал/(м·ч·°C); $c = 0,124$ ккал/(кг·°C); $\nu = 7850$ кг/м³; $a = 0,041$ м²/ч.

Из предыдущего расчета: частота вращения вала муфты $n = 800$ об/мин; угловая скорость $\omega_1 = 2\pi n / 60 = 84$ с⁻¹. Площадь диска на поверхности трения $F = 340$ см². Число пар трения 13. Тогда площадь трущихся поверхностей всех дисков $\sum F = 2Fz = 2 \cdot 340 \cdot 13 = 8840$ см² $= 0,8840$ м².

Работа сил трения за время одного включения по формуле (IV.17)

$$A_{тр} = 60 \cdot 84^2 \cdot 1,5 / [2 (1,5 - 1)] = 6400 \text{ кгс·м.}$$

Выделяемая за одно включение теплота

$$Q = A_{тр} / 427 = 15 \text{ ккал.}$$

Плотность теплового потока по формуле (IV.19)

$$q = 15 \cdot 2600 / (2 \cdot 0,8840) = 30 \cdot 500 \text{ кал/(м}^2 \cdot \text{ч).}$$

Избыточная температура поверхности дисков по формуле (IV.18)

$$v = \frac{30 \cdot 500}{40} \left(\frac{2 \cdot 0,041 \cdot 2}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{6} \right) = 11,4^\circ \text{C,}$$

где $\delta = 3$ мм $= 3 \cdot 10^{-3}$ м.

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0° С, по формуле (IV.20)

$$t = 11,4 + 70 + 20 = 101,4^\circ \text{C.}$$

¹ Здесь она не определяется, так как для этого необходимо предварительно разработать конструкцию муфты и определить условия ее охлаждения.

6. МЕХАНИЗМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И РЕГУЛИРОВКИ МУФТ

Этапы работы механизма включения

Назначение механизмов включения состоит в сцеплении и расцеплении трущихся частей муфты. Во фрикционных муфтах обычно применяются шарнирно-рычажные механизмы включения. Основные требования к механизмам включения муфт:

1) механизмы включения должны обеспечивать достаточный запас сцепления и давать возможность регулировать этот запас и компенсировать износ трущихся поверхностей;

2) усилие включения, прилагаемое к ведущему элементу механизма включения, не должно быть большим;

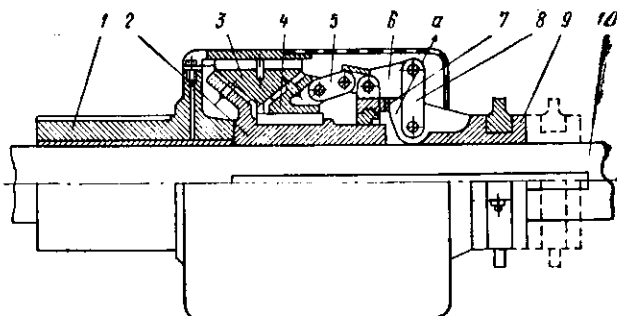


Рис. IV.17. Двухконусная муфта

3) ход ведущего элемента при сцеплении и расцеплении должен быть возможно малым;

4) ведущий элемент включающего механизма после включения должен быть разгружен от усилия включения;

5) должна быть обеспечена фиксация как включения, так и выключения муфты.

Рассмотрим работу механизмов включения на примере двухконусной муфты (рис. IV.17).

Ведущая полу муфта 1 свободно сидит на ведомом валу 10, ведомая полу муфта 2 — на валу 10 на шпонке, двухконусное кольцо 3 связано направляющей шпонкой с ведущей полу муфтой 1. Включение муфты происходит при перемещении втулки включения 9 влево. При этом серьга 8 поднимет правое плечо рычага 6, левое плечо которого, воздействуя на серьгу 5, переместит влево нажимной конус 4. Конус, соединенный шпонкой с ведомой полу муфтой 2, зажмет двухконусное кольцо 3, в результате чего наступит сцепление. Регулировка осуществляется гайкой 7.

При перемещении втулки 9 влево сначала будут выбираться зазоры в механизме и между трущимися частями муфты — это будет период холостого хода, когда процесс сцепления муфты еще не начался. Когда втулка 9 пройдет расстояние холостого хода S_x (рис. IV.18), начнется процесс сцепления. Началу его будет соответствовать точка O положения муфты.

Дальнейшее перемещение втулки 9 из положения O в положение 1 на отрезке S_0 будет сопровождаться, с одной стороны, упругой деформацией всех элементов муфты, воспринимающих усилия, а с другой, — ростом силы, сжимающей конусы, которая будет прямо пропорциональна упомянутой деформации.

В положении 1 (мертвом положении) втулки 9 усилие нажатия Q конусов будет максимальным, однако это положение неустойчиво, поэтому ее переводят в положение 2, осуществляя некоторый перебег S_n . В этом положении втулка

устойчива, так как реакция упругого сжатия R стремится прижать ее к упору a (рис. IV.17 и IV.18). Перебег S_n сопровождается некоторым уменьшением силы сжатия конусов Q , поскольку суммарная упругая деформация частей, испытывающих нагрузку в положении 2, станет меньше, чем в положении 1.

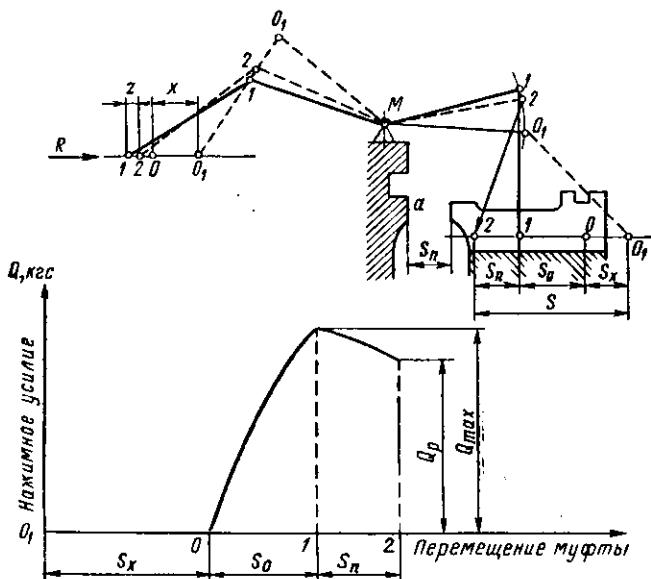


Рис. IV.18. Схема механизма включения

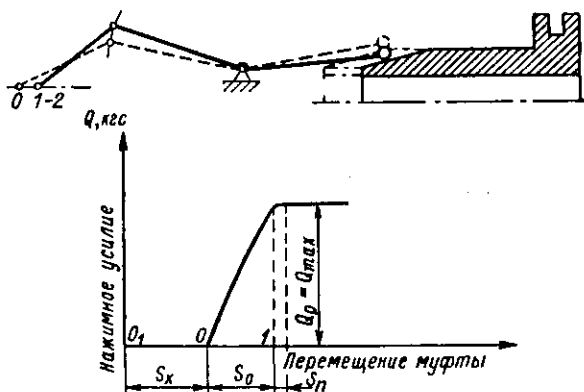


Рис. IV.19. Схема механизма выключения

Таким образом, на этом примере можно установить следующие этапы работы механизмов включения: 1) холостой ход; 2) рабочий ход (сопровождающийся упругой деформацией); 3) ход замыкания (перебег) с частичным уменьшением упругой деформации. Следует отметить, что не у всех механизмов включения имеются эти три этапа работы. Так, например, на рис. IV.19 схематически показана конструкция механизма, не имеющего третьего этапа. Зато этот механизм

требует специального устройства для фиксации положения включающей втулки. Обозначения на рис. IV.18 аналогично указанным на рис. IV.18. Разница лишь в том, что перебег S_n служит только для фиксации механизма включения без изменения силы сжатия конусов трения.

Некоторые типы муфт не имеют второго этапа; в таких механизмах включения сжатие ведомых и ведущих элементов производится с помощью пружин, постоянно сжатых и ослабляемых при включении муфты. Иногда для получения большей плавности сцепления необходимо уменьшить жесткость элементов, передающих усилия в муфте. Тогда в механизмах включения вместо обычных тяг и рычагов применяют пружинные детали.

В муфте, показанной на рис. IV.17, в выключенном состоянии между трущимися поверхностями имеется суммарный осевой зазор x , которому соответствует перемещение S_x (рис. IV.18) втулки 9. По мере износа трущихся поверхностей величина x возрастает, а при данном состоянии механизма включения это повлечет за собой уменьшение силы нажатия, а следовательно, и уменьшение величины момента $M_{тр}$, передаваемого муфтой. Поэтому для компенсации износа (уменьшения величины x), а также для первоначальной настройки муфты в ней предусмотрено регулировочное устройство в виде гайки 7, навинчиванием которой можно переместить центры рычагов и упоры a в нужное положение. Отметим еще одну функцию, выполняемую гайкой 7: благодаря ей усилия сжатия конусов не передаются опорам вала — они воспринимаются ведомой полумуфтой 2 и уравниваются.

Величина холостого хода механизма включения определяется в зависимости от величины зазоров, образующихся в муфте при ее расцеплении.

Рекомендуемые величины зазоров δ

Для муфт рекомендуются следующие величины зазоров:

Для конических муфт (рис. IV.20):	
при облицованных фрикционным материалом конусах	1,5—2,0
* необлицованных конусах	0,5—1,0
Для дисковых муфт:	
масляных	0,6—0,4
сухих с необлицованными дисками	0,7—1,0
с облицованными дисками	1,0—1,5
В муфтах с разжимным кольцом	1,0

В соответствии с величиной δ определяется величина перемещения x муфт:

Одноконусных	$\delta/\sin \alpha$
Двуконусных	$2\delta/\sin \alpha$
Многодисковых	δz
С разжимным кольцом (рис. IV.21)	$\pi\delta$

z — число пар поверхностей трения.

Величина S_x определяется аналитически или графически по вычисленной величине x .

Регулирующее приспособление муфты позволяет изменять величину упругой деформации муфты S_0 ; зазор увеличивается с уменьшением x .

Для каждой муфты могут быть построены так называемые регулировочные характеристики, показывающие изменение запаса сцепления и других величин в муфте в зависимости от величины рабочего хода S_0 . Для примера рассмотрим регулировочную характеристику (рис. IV.22) муфты сцепления тракторов С-60 и С-65 ЧТЗ [88] со следующими обозначениями: S_0 — рабочий ход передвигной втулки включения; $P_{н.вкл}$ — нажимное усилие, действующее на диски при замыкании муфты; Q_{max} — наибольшее усилие, действующее на передвигную втулку при включении муфты; f_n — суммарные горизонтальные деформации деталей муфты за время включения; β — коэффициент запаса сцепления.

Положим, что $S_0 = 12$ мм. Этому ходу соответствуют $f_v = 0,45$; $Q_{\max} \approx 120$ кгс; $P_{н.вкл} = 2100$ кгс; $\beta = 2,5$. Положим, что после некоторого времени работы и износа деталей муфты (в основном, дисков) рабочий ход втулки S_0 уменьшился до 9 мм. Как видим, этой величине соответствует $f_v = 0,25$; $Q_{\max} = 55$ кгс;

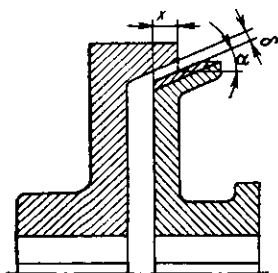


Рис. IV.20. Зазоры в конических муфтах

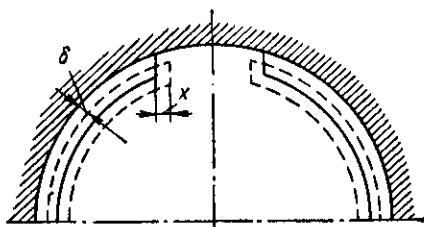


Рис. IV.21. Величина перемещения разжимного кольца

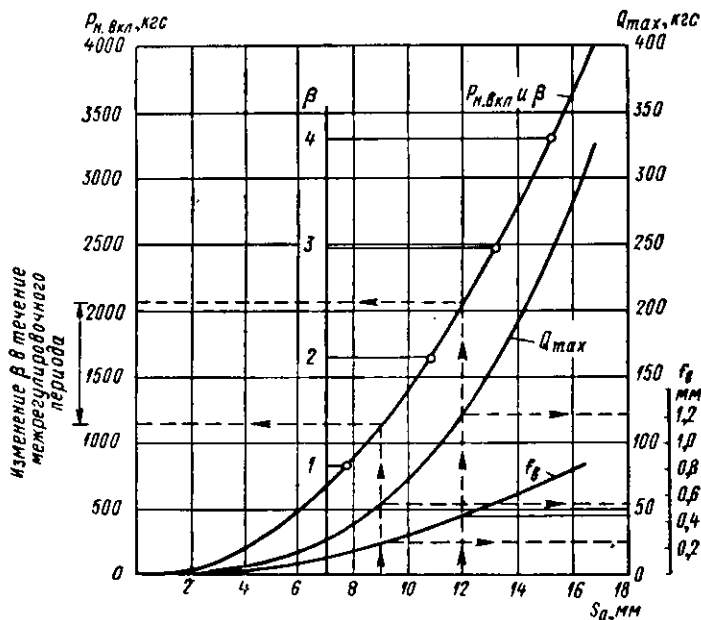


Рис. IV.22. Регулировочная характеристика муфты сцепления тракторов С-60 и С-65

$P_{н.вкл} = 1150$ кгс; $\beta \approx 1,4$, т. е. коэффициент запаса сцепления понизился с 2,5 до 1,4.

Конструкции механизмов включения весьма разнообразны. Основные типы их и расчетные зависимости подробно освещены в литературе [21, 93].

Нормализованные многодисковые муфты по МН 5656—65 (рис. IV.23)

Основные размеры и параметры этих муфт приведены в табл. IV.9. Муфты предназначены для передачи крутящих моментов от 2,5 до 250 кгс·м.

Установлены следующие типы муфт:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1) МТМ-1 — односторонние | } масляные муфты со шлицевым отверстием |
| 2) МТМ-2 — двусторонние | |
| 3) МТМ-1А — односторонние | } масляные муфты с гладким отверстием и шпоночным пазом |
| 4) МТМ-2А — двусторонние | |
| 5) МТМ-1С — односторонние | } сухие муфты со шлицевым отверстием |
| 6) МТМ-2С — двусторонние | |
| 7) МТМ-1Ас — односторонние | } сухие муфты с гладким отверстием и шпоночным пазом |
| 8) МТМ-2Ас — двусторонние | |

В нормале 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.

При выборе муфт следует произвести их оценку¹:

по статическому (передаваемому) моменту;

по динамическому (среднему вращающему) моменту;

по времени переходного процесса в приводе.

При оценке муфты по статическому (передаваемому) моменту номинальный крутящий момент выбранной муфты, величина которого приведена в табл. IV.9, должен превышать статический момент, приведенный к валу муфты, $M_{ном} > kM_{ст}$, где k — коэффициент, зависящий от характера нагрузки, $k = 1,3 \div 2,0$.

При оценке муфты по динамическому (среднему вращающему) моменту $M_{в. ср} > M_{ст}$, где $M_{в. ср}$ — среднее значение вращающего момента за период разгона, торможения или реверса. Значение $M_{в. ср}$ для масляных муфт $M_{в. ср} = (0,4 \div 0,5) M_{ном}$; для сухих — $M_{ст} < 0,9 M_{ном}$.

При оценке муфты по времени переходного процесса в приводе время разгона механизма

$$t_p = GD_{\Sigma}^2 n_1 / (375 \Delta M) = GD_{\Sigma}^2 n_1 / [375 (M_{в. ср} - M_{ср})],$$

где n_1 — частота вращения ведущей части муфты, об/мин; $(M_{в. ср} - M_{ср})$ — средний действующий динамический момент, кгс·см.

Время торможения от n_1 до n_2

$$t_T = GD_{\Sigma}^2 (n_1 - n_2) / [375 (M_{в. ср} - M_{ср})]; \quad (IV.21)$$

время реверса

$$t_{рев} = t_T + t_p,$$

где t_T вычисляется по формуле (IV.21) при $n_2 = 0$.

Муфту следует выбирать с таким вращающим моментом $M_{в. ср}$, чтобы продолжительность времени t_p , t_T , $t_{рев}$ лежала в требуемых для данного механизма пределах. Эти пределы могут определяться заданным циклом, точностью останова и др. Более подробно см. МН 5669—65.

¹ В тексте, касающемся нормализованных муфт, использованы термины и обозначения, принятые в нормале.

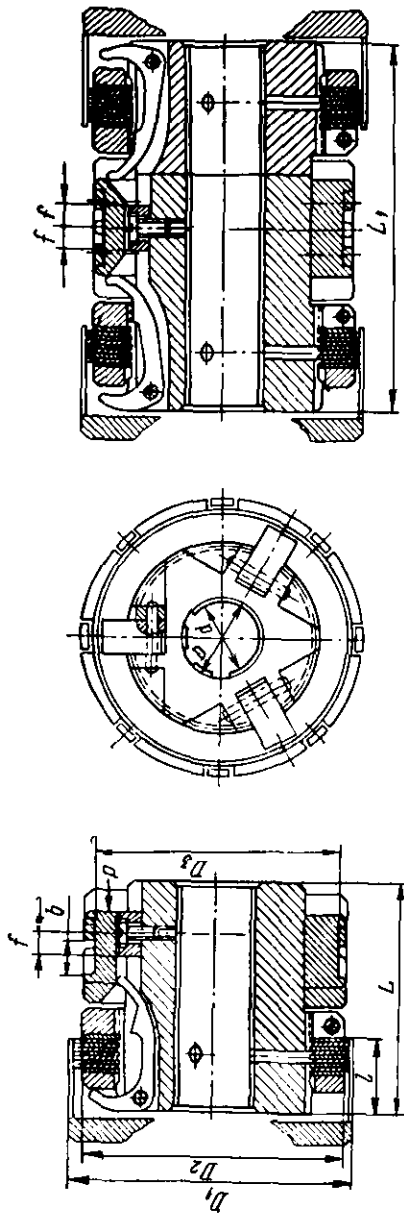
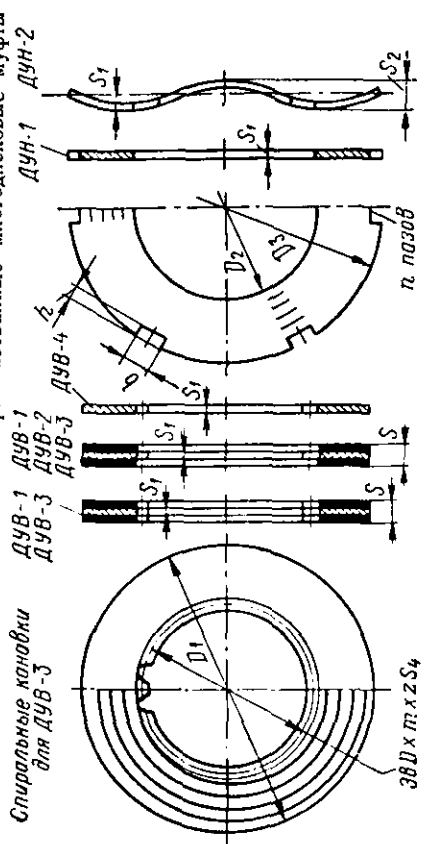


Рис. IV.23. Нормализованные многодисковые муфты



Спиральные канавки для ДУВ-3

ДУВ-1 ДУВ-2 ДУВ-3

ДУН-1 ДУН-2

Рис. IV.24. Размеры дисков

Т а б л и ц а IV.9. Размеры (мм) и параметры по МН 5664—65 (рис. IV.23)

Обозначение	Исполнение											L	L ₁		
	МТМ-1 и МТМ-2				МТМ-1А и МТМ-2А										
	z	d	D	b	d ₁	b ₁	d ₁ + t ₁		D ₁	D ₂	D ₃			D ₄	n
							номинал.	пред. откл.							
06	21	25	5	22	24,3			84	80	70	80	72	115		
07	6	26	30	6	25	6	±0,120	94	90	78	90	82	130		
							±0,023								
08	28	34	7	30	32,6			104	100	86	100	85	135		
09	36	40	10	35	37,9			118	110	95	110	95	150		
10	42	46	8	40	42,9			133	125	105	125	110	175		
11	46	54	9	50	53,6			148	140	115	140	130	210		
12	56	65	10	60	64,0			168	160	130	160	150	250		
13	62	72	20	70	74,3			188	180	140	170	175	280		
14	72	82	12	80	85,2			213	200	165	200	200	325		
15	82	92	24	90	95,2			235	220	185	220	225	370		
16	92	102	14	100	105,9			265	250	210	250	225	370		

Продолжение табл. IV.9

Обозначение	l	l ₁ , мм	l ₂	l ₃	l ₄	d ₅	b ₂	b ₃	f	Осевое усилие на переносном кольце Р, кгс	Номинальный крутящий момент M _{ном} , кгс·м	Максимальная частота вращения, об/мин	Маховой момент GD ² , кгс·м ²			Масса, кг	
													GD ² ₁	GD ² ₂	GD ² ₃	Исполнение	Исполнение
06	25	57,5	18				10	25	10	8	2,5		0,29	0,44	0,08	1,84	2,85
07	29	65,0	20		3		30	30	12	9	4,0	3000	0,58	0,87	0,12	2,54	3,85
08	34	67,5	25				12	35	10	12	6,3		0,94	1,39	0,35	3,32	5,17
09		75,0	26		4		35	13	17	10	10	2500	1,55	2,34	0,43	4,37	7,09
10	42	87,5	30				16	40	14	23	16	2200	2,65	3,98	0,94	6,46	9,83
11	43								13	36	25	2000	4,19	6,27	1,43	8,05	12,5
12	53	105,0	38		5		20	45	14	49	40	1800	8,19	12,3	3,18	11,9	18,8
13	61	125,0	45				20	62	20	62	63	1600	15,6	23,5	6,37	14,5	24,0
14	68	140,0	50				25	60	23	66	100	1400	30,0	45,0	11,3	24,7	38,6
15	80	162,5	55		6		70	70	25	81	160	1100	50,4	75,6	19,0	34,7	64,2
16	90	185,0	65				32	75	29	125	250	900	91,2	137	38,5	51,6	82,4

Примечание. GD_1^2 — суммарный маховой момент деталей муфт исполнения МТМ-1 и МТМ-1А без наружных дисков; GD_2^2 — суммарный маховой момент деталей муфт исполнения МТМ-2 и МТМ-2А; GD_3^2 — суммарный маховой момент наружных дисков муфт исполнения МТМ-1 и МТМ-1А (для муфт исполнения МТМ-2 суммарный маховой момент нужно удвоить).

Т а б л и ц а IV.10. Размеры узких дисков (рис. IV.24), мм

D_1 (пред. по откл. Δ_{11})	D_2	D_3 (пред. по откл. Δ_{11})	$D \times t \times z$	b	h	Количество пазов l	s для дисков			S_1	S_2
							ДУВ-1	ДУВ-2	ДУВ-3		
45	33	49	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	1,4	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	0,8	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	1,0	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	80×2,5×30	16	4,5	6	2,0	2,8	1,7	1,2	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	220×5×42	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	263	425	260×5×50	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 коэффициент трения покоя $f_0 \geq 0,35$, движения $f > 0,3$; для дисков ДУВ-3 $f > 0,22$.

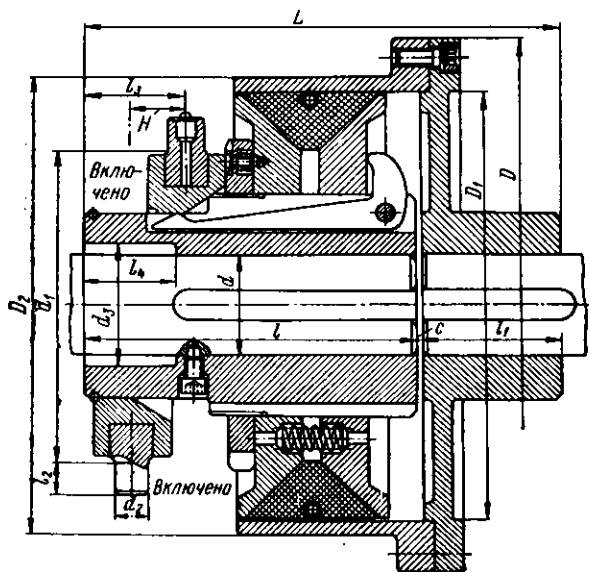


Рис. IV.25. Конусная фрикционная муфта

По МН 5656—65 предусмотрены следующие типы дисков:

ДУВ-1 — диски узкие внутренние с металлокерамическим покрытием для работы всухую;

ДВУ-2 — диски узкие внутренние с пластмассовым покрытием;

ДУВ-3 — диски узкие внутренние с металлокерамическим покрытием для работы со смазкой;

ДУВ-4 — диски узкие внутренние без покрытия;

ДУН-1 — диски узкие наружные плоские;

ДУН-2 — диски узкие наружные синусные;

ДШВ-1 — диски широкие внутренние;

ДШН-1 — диски широкие наружные синусные.

В табл. IV.10 даны размеры узких дисков по рис. IV.24. Более подробные сведения приведены в нормалл.

На рис. IV.25 (табл. IV.11) показана конусная фрикционная муфта.

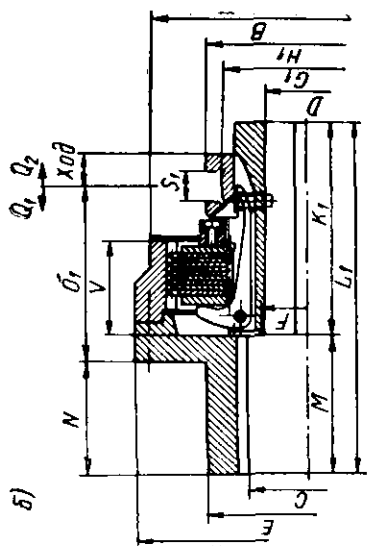
Муфты фрикционные многодисковые по нормали станкостроения Р-94-1 и Р-94-2, а также муфты фрикционные с пневматическим и гидравлическим управлением см. [50] и [22].

Многодисковые муфты BSD

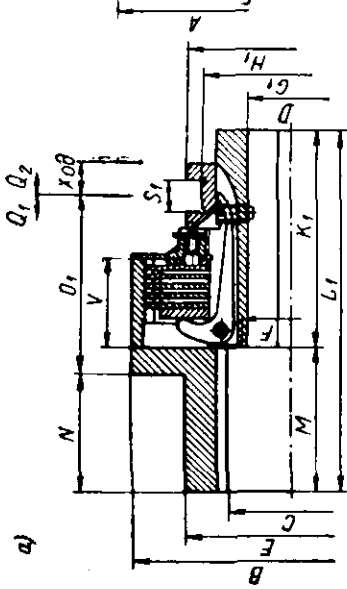
Устройство многодисковых фрикционных муфт BSD показано на рис. IV.26, IV.27 (табл. IV.12 и IV.13). Наружные диски связаны с наружным корпусом при помощи зубьев. Аналогичным образом связаны внутренние диски с внутренним корпусом. Наружные диски имеют плоскошлифованные боковые поверхности. Боковые поверхности внутренних дисков имеют ряд радиально расположенных выпуклостей, образующих волнистую поверхность. Для включения служат несколько расположенных параллельно оси муфты рычагов, приводимых в действие при помощи втулки включения. При этом выпуклости (волны) на поверхности внутренних дисков упруго сжимаются. Высота волн определяет собой усилие прижатия дисков и, следовательно, силу трения и максимальный передаваемый муфтой крутящий момент. Для их регулирования служит упорное кольцо

Т а б л и ц а IV.11. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IV.25)

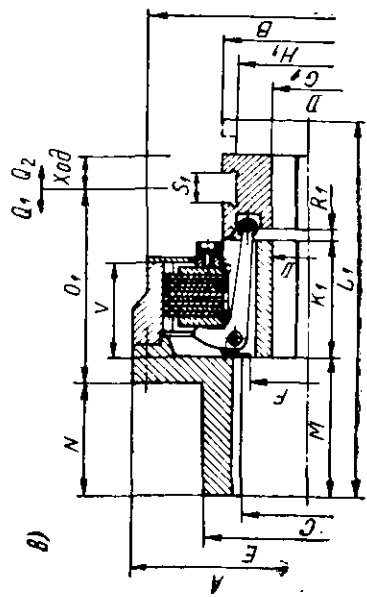
Обозначение	Мкр, кгс-м	n , об/мин	l	l_1	e	d	d_1	l_2	d_2	l_3	d_3	l_4	H	D	D_1	D_2	L	Масса, кг
4	7,16	4000	90	29	1	20	80	8	11	22	22	25	12	125	90	100	120	3,2
5	14,5	3200	101	33	1	25	90	10	12	27	26	29	15	152	115	125	135	6,5
7	21,5	2550	136	45	2	20—35	111	15	17	45	37	48	30	195	148	160	183	13
11	35,8	2120	153	60	3	30—55	140	17	17	50	57	58	30	235	185	200	216	22
13	57,3	1710	176	75	4	45—65	170	18	18	67	67	67	39	290	234	250	255	37
14	115	1360	216	90	5	60—80	200	25	22	64	82	70	43	365	295	315	310	65
20	179	1225	256	120	5	70—100	250	30	25	80	102	85	55	410	335	355	390	105
24	358	1080	315	150	5	90—120	300	30	28	90	122	100	61	450	376	400	470	190
28	716	855	389	170	6	110—140	360	30	35	114	142	125	70	580	472	500	565	320
34	1432	700	470	210	6	130—170	420	30	35	100	172	125	65	710	594	630	688	670



б)

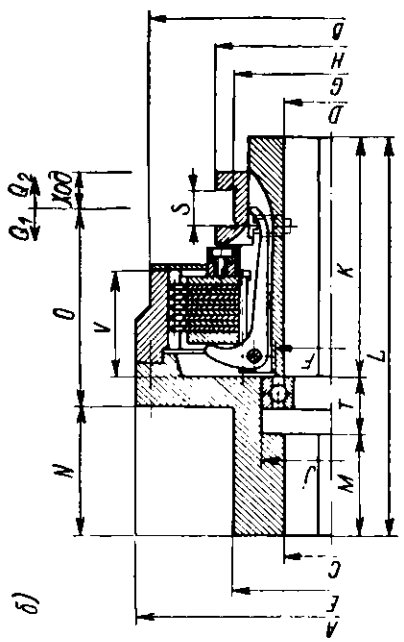


а)

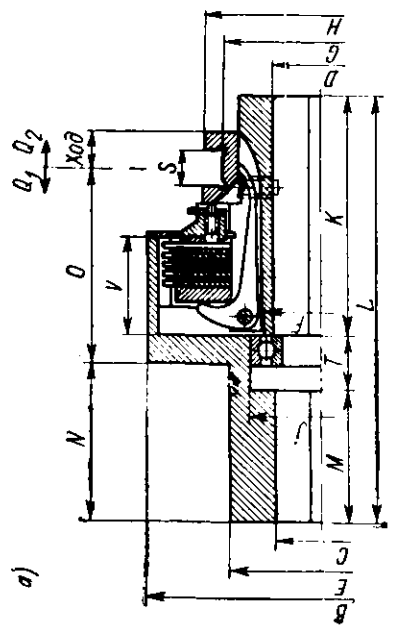


б)

Рис. IV.26. Многодисковая фрикционная муфта BSD



а)



б)

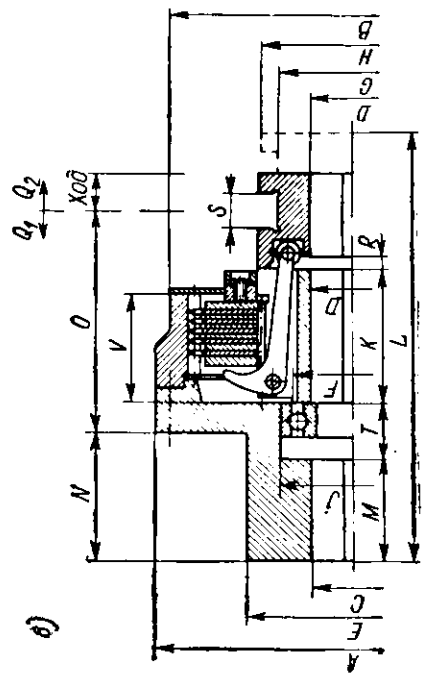


Рис. IV.27. Многодисковая фрикционная муфта BSD с ша-
рикоподшипником

Т а б л и ц а IV.12. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IV.26)

Обозначение	№ рисунка	M, кг·м	Масса, кг	GD ² , кгс·м ²		Усилие включения Q ₁	Усилие выключения Q ₂	D _{max}	D _{продв}	B	
				внутренних частей	наружных частей					закрытое исполнение	открытое исполнение
006	IV.26, а	2	1,6	0,001	0,001	8	5	20	12	70	65
010		6	3,0	0,004	0,007	13	8	24	15	90	80
020		8	4,2	0,010	0,011	13	8	30	18	100	92
025		12	4,7	0,014	0,020	17	10	32	18	108	100
030		16	6,5	0,017	0,028	20	12	45	20	125	115
035		20	7,5	0,019	0,040	25	15	45	20	135	125
040		32	11,0	0,030	0,060	30	18	48	20	150	140
050		45	25,0	0,110	0,170	40	25	60	28	170	170
055		60	30,0	0,140	0,290	50	30	70	30	195	195
060		IV.26, б	90	40,0	0,240	0,400	60	36	70	30	210	210
070	140		70,0	0,640	1,180	80	50	80	50	260	260
080	235		110,0	1,500	2,800	120	75	100	70	335	315
090	360		170,0	2,720	5,900	150	90	100	70	395	370
0100	IV.26, в	540	260,0	5,400	10,800	200	120	130	70	460	435
0110		750	360,0	9,800	17,700	280	170	140	88	515	490
0120		1600	500,0	36,500	78,000	375	225	175	100	700	650

Продолжение табл. IV. 12

Обозначение	№ рисунка	С _{тах}	С _{продв}	E	F	G ₁	H ₁	K ₁	L ₁	M	N	O ₁	R ₁	S ₁	Ход	V
006		35	12	55	26	45	55	55	89	34	30	40	—	10	9	21
010		45	15	65	35	60	75	81	137	56	50	64	—	10	10	35
020		50	18	80	45	70	85	81	152	71	65	64	—	10	11	35
025		50	18	80	45	70	85	81	152	71	65	64	—	10	11	35
030	IV.26, а	60	20	100	55	85	100	95	195	100	90	77	—	15	12	38
035		60	20	100	55	85	100	95	195	100	90	77	—	15	12	38
040		80	20	125	68	85	100	105	215	110	100	83	—	15	16	43
050		90	28	155	75	120	140	145	283	138	125	113	—	26	20	51
055		100	30	180	80	120	140	145	283	138	125	113	—	26	20	59
060		100	30	190	80	120	140	175	305	130	115	140	—	26	25	68
070		130	50	220	100	145	170	205	395	190	178	163	—	26	30	94
080	IV.26, б	140	70	250	110	175	205	230	443	215	195	180	—	30	38	102
090		150	70	310	145	145	170	148	510	215	195	250	—	26	46	123
0100		160	70	335	160	175	205	165	525	215	195	250	20	30	50	145
0110	IV.26, в	180	88	380	210	190	240	175	600	222	200	300	52	45	70	155
0120		200	100	400	260	190	240	230	725	276	250	350	50	45	90	207

Т а б л и ц а IV.13. Размеры (мм) и параметры муфт (рис. IV.27)

Обозначение	№ рисунка	Мкр. кгс.м	Мас. са. кг	GD ² , кгс.м ²		Усилие выключения Q ₁		Усилие выключения Q ₂	D шах	D пруда	A	B		C шах	C пруда
				внутренних частей	наружных частей	кгс	кгс					закрывающее исполнение	открывающее исполнение		
006		2	1,6	0,001	0,001	8	5	20	12	—	—	70	65	18	12
010		6	3,0	0,004	0,007	13	8	24	15	—	—	90	80	24	15
020		8	4,2	0,010	0,011	13	8	32	18	—	—	100	92	32	18
025		12	4,7	0,014	0,020	17	10	32	18	—	—	108	100	32	18
030		16	6,5	0,017	0,027	20	12	45	20	—	—	125	115	45	20
035	IV.27, а	20	7,2	0,019	0,040	25	15	45	20	—	—	135	125	45	20
040		32	10,4	0,030	0,070	30	18	48	20	—	—	150	140	50	20
050		45	22,5	0,110	0,170	40	25	60	28	—	—	170	170	50	28
055		60	29,5	0,140	0,290	50	30	70	30	—	—	195	195	70	30
060		90	38,5	0,240	0,390	60	36	70	30	225	225	210	210	70	30
070		140	64,0	0,640	0,920	80	50	80	50	285	285	260	260	80	50
080		235	94	1,500	2,200	120	75	100	70	335	335	315	315	100	70
090		360	157	2,720	5,000	150	90	100	70	395	395	370	370	100	70
0100		540	247	5,400	11	200	120	130	70	460	460	435	435	130	70
0110		750	325	9,800	18	280	170	140	85	515	515	490	490	140	85
0120	IV.27, б	1600	495	36,500	79	375	225	175	100	700	700	650	650	175	100

Продолжение табл. IV.13

Обозначение	№ рисунка	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	R	S	Ход	T	V
006	IV.27, а	40	26	45	55	28	55	89	22	30	40	—	10	9	12	21
010		55	35	60	75	35	81	137	40	50	64	—	10	10	16	35
020		60	45	70	85	47	81	152	51	65	64	—	10	11	20	35
025		60	45	70	85	47	81	152	51	65	64	—	10	11	20	35
030		70	55	85	100	55	95	195	75	90	77	—	15	12	25	38
035		70	55	85	100	55	95	195	75	90	77	—	15	12	25	38
040		80	58	85	100	62	105	215	85	100	83	—	15	16	25	43
050		120	75	120	140	50	50	145	283	110	125	113	—	26	20	28
055		120	80	120	140	90	90	145	283	110	125	113	—	26	20	28
060		IV.27, б	130	80	120	140	100	175	305	140	115	140	—	26	25	30	68
070	130		100	145	170	100	205	395	160	175	163	—	26	30	30	94
080	160		110	175	205	125	230	445	180	195	180	—	30	35	35	102
090	190	145	175	170	140	140	145	510	170	195	252	—	26	40	45	123
0100	IV.27, в	230	160	175	205	140	165	525	155	195	255	20	30	50	60	145
0110		260	210	190	240	160	175	601	162	200	300	52	45	70	60	155
0120		300	260	190	240	215	230	725	215	250	353	50	45	90	60	207

(гайка). При отводе включающей муфты волны принимают прежнюю форму и при этом автоматически разобщают диски.

В наружных корпусах предусмотрено отверстие для заливки масла, закрывающееся винтом. Муфты, расположенные в коробках скоростей, смазываются масляными брызгами или через вал.

Для уменьшения усилия включения в муфтах, передающих большие крутящие моменты (рис. IV.26, в и IV.27, е), к длинным плечам рычагов прикреплены ролики.

Коническая муфта «Конакс»

Конструкция фрикционной конической муфты «Конакс» типа STA представлена на рис. IV.28 (табл. IV.14). Два конических фрикционных кольца связаны с внутренним корпусом муфты при помощи шпонок. Посредством рычагов, при-

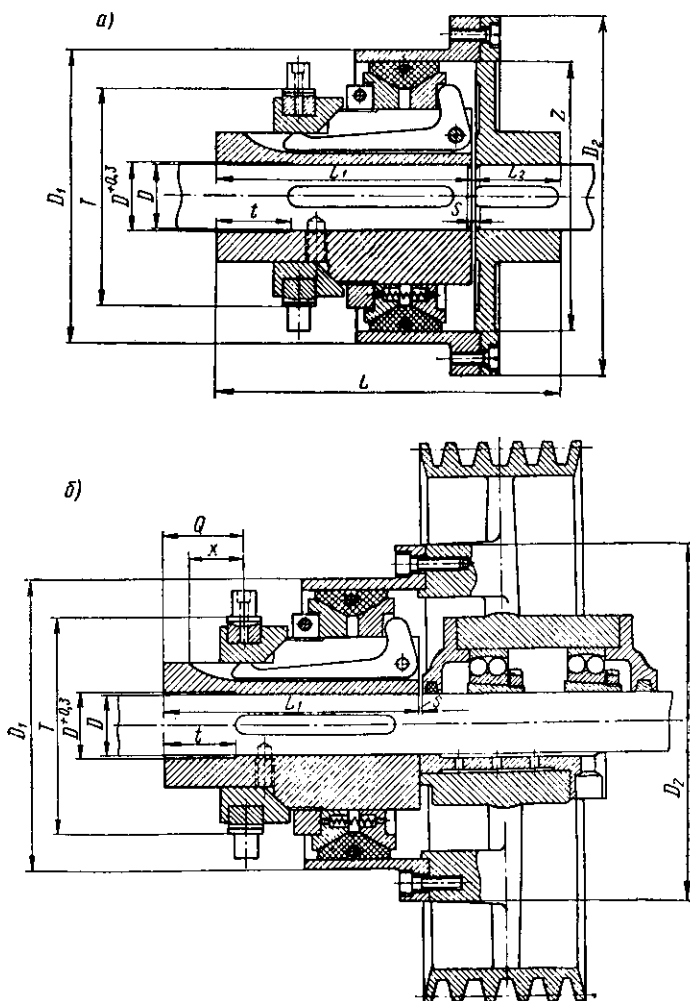


Рис. IV.28. Коническая муфта «Конакс» типа STA

водимых 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. Возникающие на поверхностях контакта колец и наружного корпуса силы трения позволяют осуществить передачу крутящего момента от вала, связанного с внутренним корпусом муфты, к валу, связанному с наружным корпусом (рис. IV.28, а), или от вала на шкив (рис. IV.28, б).

Выключение муфты производится отводом включающей 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 «Коналус»

Двухконусные фрикционные муфты «Коналус» типа КВА (рис. IV.29, табл. IV.15) и типа КВС (рис. IV.30, табл. IV.16) служат для соединения двух валов, имеющих до сепления 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 идентичны.

Муфты устроены следующим образом: две внутренние конические поверхности корпуса муфты 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.

Т а б л и ц а IV.14. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IV.28)

Обозначение	$\frac{N}{n}$	$M_{кр}$, кгс·м	L	L_1	L_2	D	D_1	Q	S	T	t	x	D_2	Z
4/1	0,014	10	120	90	29	40	120	22	1	80	25	12	145	110
5/2	0,028	20	135	101	33	45	125	27	1	90	29	15	155	115
7/3	0,042	30	183	136	45	50	160	45	2	111	48	30	195	145
11/5	0,07	50	216	153	60	60	200	50	3	140	50	33	235	185
13/8	0,112	80	254	176	75	70	250	60	3	170	58	39	290	235
16/16	0,224	160	309	216	90	90	315	64	3	200	70	43	365	295
20/25	0,35	250	390	265	120	110	355	80	5	250	85	55	410	335
24/50	0,70	500	470	315	150	130	400	90	5	300	100	61	460	375
28/100	1,4	1000	565	389	170	150	500	114	6	360	125	70	580	470
34/200	2,0	1432	688	470	210	180	600	100	8	420	125	65	700	570

Т а б л и ц а IV.15. Размеры (мм)

Обозначение	Предварительная расточка	d_{\min}	d_{\max}	N/n	$M_{\text{кр. макс.}}$ кгс·м	n , об/мин	P
КВА 125	68	70	125	0,7	500	2000	500
КВА 140	88 108	90 110	110 140	1,0	716	1680	610
КВА 160	108 123	110 125	130 160	2,0	1 432	1400	750
КВА 180	123 158	125 160	150 180	4,0	2 864	1120	860
КВА 200	—	125	200	7,0	5 000	1000	1000
КВА 220	—	140	220	10,0	1 160	900	1205
КВА 240	—	160	240	15,0	20 740	800	1305
КВА 280	—	200	280	25,0	17 900	750	1420
КВА 320	—	200	320	40,0	28 640	710	1650

Т а б л и ц а IV.16. Размеры (мм) и параметры двухконусных

Обозначение	Предварительная расточка	Диаметр отверстия d		N/n	Крутящий момент $M_{\text{кр.}}$ кгс·м	$n_{\text{мах.}}$ об/мин	P	D	l	l_1
		Диаметр окончательный								
		нанм.	нанб.							
КВС 125	68	70	125	0,7	500	2000	500	462	145	85
КВС 140	88—106	90—110	110 140	1,0	716	1680	610	560	170	100
КВС 160	108—123	110—125	130 140	2,0	1 432	1400	750	690	210	100
КВС 180	123—158	125—160	150 180	4,0	2 864	1120	860	810	225	160
КВС 200	—	125	200	7,0	5 000	1000	1000	920	250	195
КВС 220	—	140	220	10,0	1 160	900	1205	1145	280	260
КВС 240	—	160	240	15,0	10 740	800	1325	1255	300	270
КВС 280	—	200	280	25,0	17 900	750	1420	1400	350	270
КВС 320	—	220	320	40,0	28 640	710	1650	1625	400	300

и параметры муфты (рис. IV.29)

D	l	l_1	a	h	B	L	Усилие включе- ния Q , кгс	GD^2 , кгс·м ²	Масса, кг
462	145	85	67	55	5	380	220	18,5	168
560	170	100	85	70	5	445	300	73	260
690	210	100	95	77	5	525	375	130	570
810	225	160	130	105	10	670	450	237	770
920	250	195	160	115	10	785	600	418	1100
1145	260	260	200	140	10	830	800	1145	1820
1255	300	270	200	145	10	830	1100	2170	2270
1400	350	270	220	165	10	980	1500	4130	3955
1625	470	300	220	190	10	1110	2000	7100	5900

фрикционных муфт «Коналус» типа КВС (рис. IV.30)

d	h	L_1	P_1	C_1	F_1	K_1	M_1	z	Усилие включе- ния Q , кгс	GD^2 , кгс·м ²	Масса, кг
67	55	330	460	340	220	430	15	8	270	20	168
85	70	385	540	420	290	500	15	8	300	75	262
95	77	470	680	520	340	640	20	8	375	134	570
130	105	560	720	600	410	680	20	16	450	243	770
160	115	650	850	680	440	800	25	16	600	425	1100
200	140	770	1000	850	540	950	25	16	800	1175	1820
200	145	830	1100	920	580	1050	30	24	1100	2220	2270
220	165	950	1250	1000	700	1200	30	24	1500	4230	3955
220	190	1050	1400	1100	820	1350	30	24	2000	7300	5900

До включения муфты контакт между фрикционными коническими поверхностями отсутствует. Сцепление муфты производится подачей включающей втулки влево через три шарнирных механизма (на рисунках виден один), которые раз-

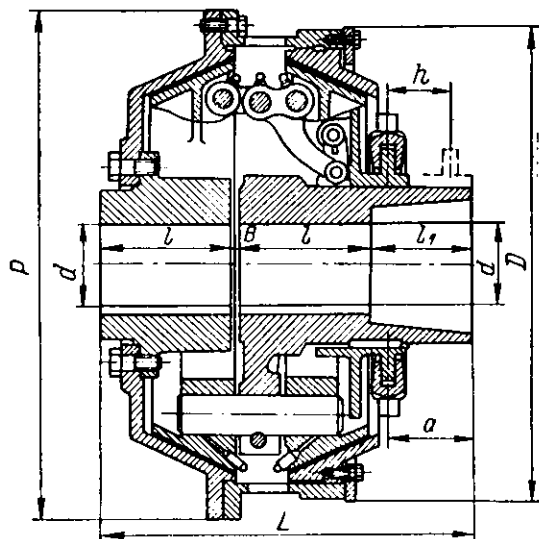
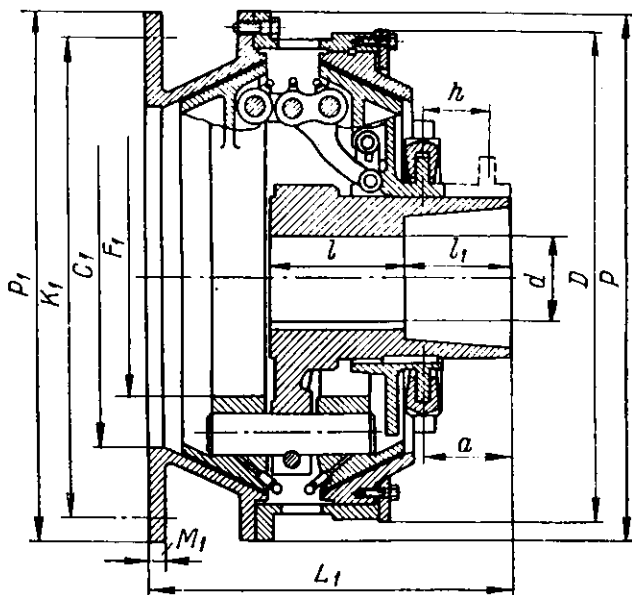


Рис. IV.29. Двухконусная муфта «Коналус» типа КВА

Рис. IV.30. Двухконусная муфта «Коналус» типа КВС



двигают внутренние конусы и прижимают их к фрикционным поверхностям корпуса. При этом звенья шарнирного механизма самоаклинуются. Расцепление муфты производится передвижением включающей втулки в исходное положение.

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ

А. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МУФТЫ

Пневматические муфты относятся к классу фрикционных муфт с дистанционным пневматическим управлением. Эти муфты подразделяют на шинно-пневматические (пневмокамера которых участвует в передаче крутящего момента) и пневмокамерные (пневмокамера которых не участвует в передаче крутящего момента). К пневмокамерным относят также и муфты типа «Пневмафлекс», представляющие собой комбинацию фрикционной и упругой муфты.

1. ШИННО-ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МУФТЫ

Шинно-пневматические муфты нашли широкое применение в буровых и судовых установках, экскаваторах, землеройных машинах, в кузнечно-прессовом оборудовании, конвейерах, шахтных подъемниках и т. д. Они позволяют регулировать величину передаваемого крутящего момента путем изменения давления воздуха в баллоне, допускают местное и дистанционное плавное включение и выключение, компенсируют значительные смещения валов (радиальное — до 3 мм, угловое — до 2 мм на 1 м длины вала, осевое — до 15 мм при отключенной и до 1 мм при включенной муфте). Износ фрикционных поверхностей в этих муфтах компенсируется автоматически, без какой-либо дополнительной регулировки — за счет увеличения хода одной из трущихся поверхностей по мере изнашивания.

Шинно-пневматические муфты обладают высокими упругими и демпфирующими свойствами. Без каких-либо существенных изменений конструкции эти муфты могут быть использованы в качестве тормозов, а также в качестве ограничителей перегрузок.

Недостатки этих муфт: снижение крутящего момента при попадании на поверхность трения смазочных материалов; довольно узкий температурный интервал, при котором сохраняется их работоспособность: они применимы при температуре окружающей среды от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$; постепенное уменьшение рабочего зазора между трущимися поверхностями, обусловленное остаточными деформациями резино-кордного баллона; старение резины, приводящее к изменению упругих свойств баллона.

Различают шинно-пневматические муфты радиального, осевого и ленточного типов.

Радиальные шинно-пневматические муфты

Принципиальная схема радиальной шинно-пневматической муфты показана на рис. V.1. Между ведущей 1 и ведомой 2 полумуфтами помещается резино-кордный баллон 4, прикрепленный к полумуфте 1. На внутренней поверхности баллон несет фрикционные накладки 3. При поступлении сжатого воздуха через штуцер 5 в камеру баллона последний расширяется, и колодки прижимаются к полумуфте 2 с силой, обеспечивающей передачу заданного крутящего момента.

Баллон может быть прикреплен и к полумуфте 2. В этом случае колодки располагают на внешней стороне баллона. В первом случае муфта называется обжимной, во втором — разжимной. В муфтах второго типа центробежная сила, действующая на колодки, препятствует размыканию муфты при выключении, что может потребовать применения специальных отжимных пружин. Большое распространение получили обжимные муфты, в которых центробежная сила способствует расцеплению ведущей и ведомой частей муфты (при выключении на ходу).

Баллон шинно-пневматических муфт представляет собой резино-кордную оболочку, имеющую в поперечном сечении форму замкнутого овального кольца

(рис. V.2). Внутренняя эластичная резиновая камера 1 предназначена для обеспечения герметичности. Баллон армирован каркасом 2, который обеспечивает необходимую прочность и устойчивость его профиля при действии внутреннего давления воздуха. Каркас изготавливается из нескольких слоев прорезиненного корда, число которых зависит от типа и размера муфты. На каркас накладываются внутренний 5 и наружный 3 резиновые протекторы, защищающие каркас от вредного воздействия среды и механических повреждений. Сжатый воздух подается во внутреннюю полость баллона через сверление в вале и ниппель 4. К внутреннему протектору штифтами 8 крепятся металлические колодки 7, облицованные фрикционными накладками 6.

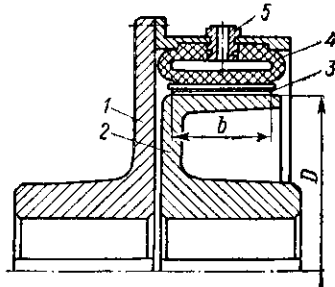


Рис. V.1. Схема радиальной шинно-пневматической муфты

Существуют баллоны бесколодочного исполнения, в них рабочей является поверхность внутреннего протектора 5, который в этом случае облицовывается фрикционным резиновым слоем. Отсутствие фрикционных колодок облегчает монтаж и обслуживание муфты. Баллон может быть цельным или разъемным. В последнем случае значительно упрощается замена износившихся баллонов. Возвращение фрикционных колодок в исходное положение осуществляется за счет сил упругости баллона.

Основные размеры и параметры шинно-пневматических муфт радиального действия приведены в табл. V.1.

Исходным параметром при выборе шинно-пневматической муфты является номинальный крутящий момент $M_{ном}$. С учетом динамических нагрузок в системе, а также непостоянства коэффициента трения расчетный момент определяют так:

$$M_{расч} = k k_p M_{ном},$$

где k — коэффициент запаса сцепления, равный 1,2—1,5; k_p — коэффициент режима.

Зная расчетный момент и учитывая требование $M_{расч} \leq M_{max}$ (M_{max} — максимальный момент, допускаемый для муфты данного размера по табл. V.1), с помощью табл. V.1 находят необходимый размер муфты.

Далее устанавливают требуемое внутреннее давление в баллоне, принимая его в первом приближении равным давлению на поверхности трения (кгс/см²):

$$p = 2M_{расч} / (\pi D_{тр}^2 B f), \quad (V.1)$$

где $D_{тр}$ — диаметр поверхности трения, см; B — ширина колодок, см; f — коэффициент трения; обычно используются следующие значения f :

Асбонаучук—сталь	.....	0,3—0,32
Асбобакелит—сталь	.....	0,2—0,35
Резина—сталь:		
при давлении воздуха до 10 кгс/см ²	.....	0,4—0,45
» » » » 20 кгс/см ²	.....	0,35—0,4
» » » » свыше 20 кгс/см ²	.....	0,3—0,35

Найденное по формуле (V.1) давление обычно увеличивают примерно на 10%, с тем чтобы возместить часть его, расходуемую на преодоление упругой деформации баллона и центробежных сил баллона вместе с колодками.

Момент M_{max} , приведенный в табл. V.1, определяется, с одной стороны, работоспособностью фрикционной части муфты, а с другой — работоспособностью резино-кордного баллона. Максимальный момент, который способна передавать муфта из условия стойкости поверхностей трения,

$$M_{max} \leq 0,5 \pi D_{тр}^2 B [q] f, \quad (V.2)$$

где $[q]$ — допускаемое давление на поверхности трения, кгс/см².

Максимальный момент (кгс·см) из условия работоспособности баллона [63]

$$M_{\max} \leq 2\pi r_0^2 (p - p_0) H \operatorname{tg}^2 \beta_1 / \operatorname{tg} \beta_0, \quad (\text{V.3})$$

где r_0 — средний радиус баллона, см (рис. V.3); p_0 — давление, расходуемое на преодоление начального зазора между колодками и шкивом, равное 0,3 — 0,5 кгс/см²; H — средняя высота каркаса, см; β_0 — угол наклона нитей корда к меридиану на среднем радиусе r_0 баллона (угол закроя корда), ...°; β_1 — угол наклона нитей корда к меридиану на радиусе r_1 ,

$$\sin \beta_1 = r_1 \sin \beta_0 / r_0.$$

За допустимый момент принимают меньший из найденных по формулам (V.2) и (V.3).

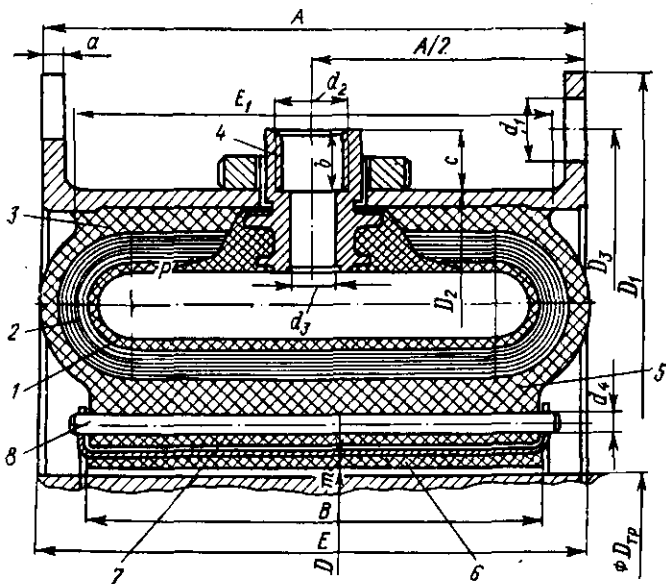


Рис. V.2. Баллон шинно-пневматической муфты с основными размерами

Обычно проводят еще и дополнительную проверку баллонов по наибольшему растягивающему усилию в нитях корда и по напряжениям сдвига в протекторах баллона. Наибольшее растягивающее усилие (кгс) в нитях корда имеет место у перехода от боковой к внутренней стенке баллона на радиусе r_1 . Оно равно [63]

$$N = M_{\max} / (2\nu r_1 \sin \beta_1) + [(p - p_0) H \pi r_0 \cos \beta_0 / (\nu \cos^2 \beta_1)],$$

где ν — число нитей корда в каркасе, определяемое по формуле $\nu = 2\pi r_0 n_k \times \cos \beta_0 / t_0$; n_k — число слоев корда; t_0 — шаг нитей корда на окружности баллона радиусом r_0 , см.

Условие прочности нитей корда $N \leq [N]$. Допускаемая нагрузка на нить

$$[N] = P_{\text{разр}} / (k_n [k]),$$

где $P_{\text{разр}}$ — разрывная нагрузка на нить корда (табл. V.2), кгс; k_n — коэффициент неравномерности распределения нагрузки, равный 2,15 (по данным НИИШП); $[k]$ — допускаемый запас прочности нитей корда на разрыв, обычно принимаемый равным 5.

Т а б л и ц а V.1. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. V.2)

Обозначение	Допусковая длина, мм	M _{кр} max, кгс·м	n, об/мин	Рабочее давление воздуха P, кгс/см ²	Жесткость				Обод					
					крутильная податливость e, 10 ⁻¹⁰	радиальная C	осевая C _о	D	D ₁ (поп. ступ. по ф11)	D ₂	D ₃	D ₄	Отверстия	
														кгс ⁻¹ ·см ⁻¹	A	d_{1}
ПМ 300×100	140	170	1500	6—10	2300—4500	—	—	—	297	450	400 ⁺²	430	115	13H12
ПМ 500×125	280	600	1000	6—10	600—1120	—	—	—	497	720	658 ⁺²	690	154	17H12
ПМ 605×175	—	1150	780	9—10	380—480	12 000	1800	550	870	820 ⁺²	820 ⁺²	830	190	16
ПМ 700×200	600	1060	600	6—10	800—900	—	—	695	1000	900 ⁺²	900 ⁺²	950	240	27 *
ПМ 850×230	—	4800	700	13—15	130—180	20 000	2400	845	1136	1020 ⁺⁵	1020 ⁺⁵	1035	290	25
ПМ 940×215	—	3000	500	8,5—10	110—170	17 000	2000	935	1240	1145 ⁺⁵	1145 ⁺⁵	1170	280	25
ПМ 1070×200	900	4150	450	6—10	200—300	—	—	1065	1400	1292 ⁺⁵	1292 ⁺⁵	1350	240	27 *
ПМ 1330×200	—	6000	440	7—10	150—180	—	—	1330	—	1550	1550	—	240	—

Продолжение табл. V.1

Обозначение	Обод		Колодка		Ниппель				Баллон			Масса, кг				
	Отверстия	а	В	m	Кол-чество z _к	d _н	b	c	d _з	E ₁	d ₄	Объем внутр. тренойной полости V, л	Количество		Баллона муфты	
													пл.-нок z _п	нит-пелей z _н		
ПМ 300×100	12	5	98	5	12	M20×1,5	17	14	12	115±2	100±1	1,4	6	1	6±1	16,2
ПМ 500×125	12	6	123	6	12	M20×1,5	17	17	12	152±2	125±1	5,6	6	1	17±1	35
ПМ 605×175	24	20	179	5	15	M16×1,5	21	11	20	215±3	190±1	11,0	8	1	20±2	370
ПМ 700×200	16	15	198	7,5	18	M33×1,5	20	17	25	246±3	200±1	15,8	8	2	49±2	117
ПМ 850×230	24	20	241	5,5	18	M16×1,5	32	8	20	265±3	240±2	12,0	10	1	64±3	1140
ПМ 940×215	24	20	213	5,5	26	M18×1,5	21	10	24	262±3	231±2	19,5	12	1	75±3	760
ПМ 1070×200	16	15	198	7,5	26	M33×1,5	20	16	25	246±2	205±2	30,5	14	2	70±3	176
ПМ 1330×200	—	15	198	7,5	32	M33×1,5	20	—	25	225±3	205±2	21,6	14	2	80±3	—

Примечания: 1. Баллоны ПМ 300×100, ПМ 500×125, ПМ 700×200, ПМ 1070×200, ПМ 1330×200 имеют фрикционные колодки, изготовленные из асбобакелита (ткане- и картобакелита). Баллоны ПМ 605×175, ПМ 850×230, ПМ 940×215 имеют колодки, изготовленные из асбобакелитовой массы шифра 6КВ-10А. 2. Ободья муфт ПМ 300×100, ПМ 605×175, ПМ 700×200, ПМ 850×230, ПМ 940×215 имеют одну реборду. 3. У муфт ПМ 700×200, ПМ 1070×200, ПМ 1330×200 ниппели расположены под углом 180°. 4. Диаметр D указан при свободном состоянии.

* Четыре отверстия имеют диаметр 25H7.

Касательные напряжения τ_1 для внутреннего и τ_2 для наружного протекторов также не должны превышать допускаемых значений:

$$\tau_1 = M_{\max} / (2\pi b_1 r_{\text{пр}1}^2) \leq [\tau];$$

$$\tau_2 = M_{\max} / (2\pi b_2 r_{\text{пр}2}^2) \leq [\tau],$$

где b_1 и b_2 — ширина внутреннего и наружного протекторов, см (рис. V.3); $r_{\text{пр}1}$ и $r_{\text{пр}2}$ — средний радиус внутреннего и наружного протекторов, см.

Обычно принимают $[\tau] = 3 \div 5$ кгс/см².

Крутильная податливость муфты (кгс⁻¹·см⁻¹), характеризующая ее упругие свойства, может быть определена по формуле

$$e = Hl_0 / (2n_k E_k r_0^3 \sin^2 2\beta_0) + \eta_1 h_1 / (G2\pi r_{\text{пр}1}^3 b_1) + \eta_2 h_2 / (G2\pi r_{\text{пр}2}^3 b_2), \quad (V.4)$$

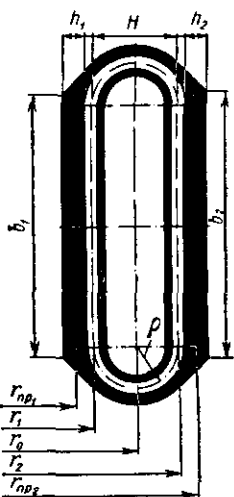


Рис. V.3. Размеры баллона шинно-пневматической муфты

где E_k — модуль упругости корда, кгс/см²; η_1 и η_2 — коэффициенты, характеризующие отношение максимального напряжения к среднему во внутреннем и наружном протекторах; G — модуль сдвига резины протектора, кгс/см².

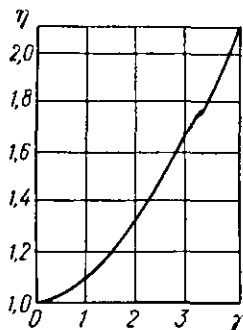


Рис. V.4. Зависимость коэффициента η от параметра γ

В зависимости от того, подсчитывается статическая или динамическая податливость муфты, в формулу (V.4) должны подставляться статический или динамический модуль упругости E_k корда и модуль сдвига G резины протектора.

Т а б л и ц а V.2. Основные характеристики корда

Корд	Плотность нитей на 1 см	[N], кгс/нить	$P_{\text{разр}}$ (кгс) при $T = 80^\circ \text{C}$	Примечание
Капрон 14к	12,8	1,2	12,4	МРТУ 6—06
Капрон 23к	12,8	1,2	19	—
Вискозный 228	9,6	1,2	20	ГОСТ 14311—69
Анидный 23А	9,6	1,5	20	—
Металлокорд 21Л15 (7×3)	6,5	5	До 70	—

Численные значения коэффициентов η_1 и η_2 находятся по графику, приведенному на рис. V.4, в зависимости от параметра

$$\nu \approx 2 \frac{r_{\text{пр}}}{r} \sqrt{[t_0 b^2 G / (n_k h E_k \sin^2 2\beta)]}. \quad (\text{V.5})$$

При подсчете коэффициента η_1 в формулу (V.5) вместо r , $r_{\text{пр}}$, b , h , β необходимо подставлять значения r_1 , $r_{\text{пр}1}$, b_1 , h_1 , β_1 (см. рис. V.3), а при подсчете коэффициента η_2 — соответственно r_2 , $r_{\text{пр}2}$, b_2 , h_2 , β_2 .

Расчетная зависимость (V.4) выведена без учета влияния нелинейности характеристик резино-кордного баллона, его температуры, скорости деформации и некоторых других факторов. Поэтому для ответственных агрегатов податливость муфты определяется экспериментально в режимах динамического нагружения.

Ленточная шинно-пневматическая муфта

Разновидностью обжимной шинно-пневматической муфты является фрикционная ленточная муфта, рассчитанная на передачу большого крутящего момента (рис. V.5). Муфта состоит из обода 3, барабана 6 и стальной ленты 2, к ко-

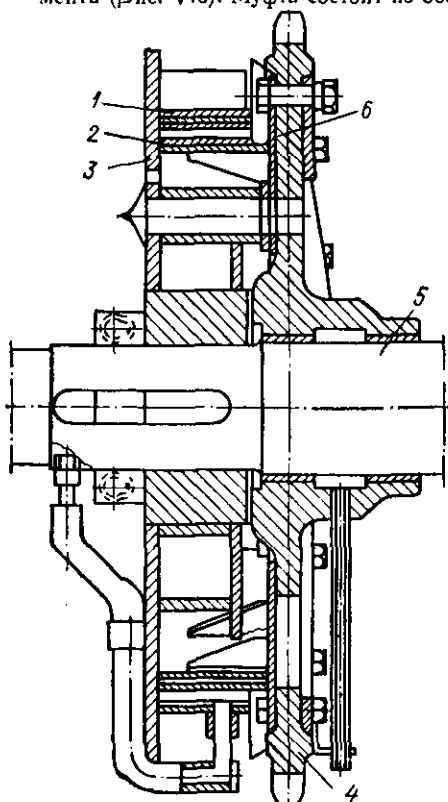


Рис. V.5. Ленточная шинно-пневматическая муфта

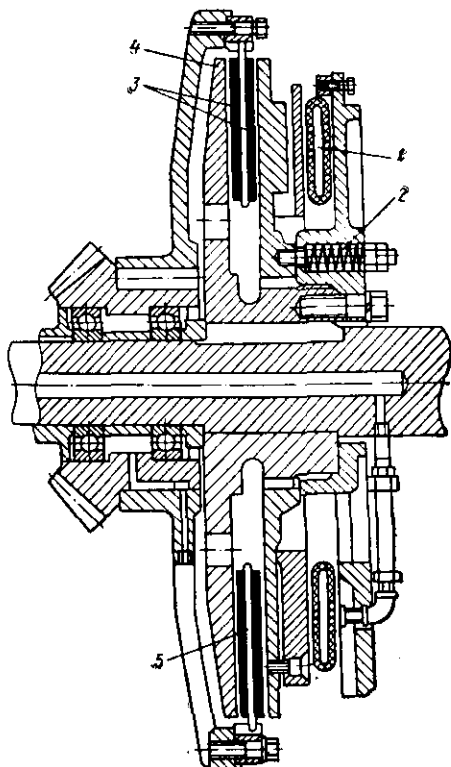


Рис. V.6. Осевая шинно-пневматическая муфта

торой прикреплены фрикционная накладка и резино-кордный баллон 1. Один конец ленты шарнирно соединен с ободом, другой свободен. При включении баллон расширяется и прижимает стальную ленту с фрикционной накладкой

к барабану. При вращении последнего происходит натяжение ленты и передача крутящего момента от звездочки 4 к валу 5. После выпуска воздуха лента разжимается и выключает муфту. Большая неравномерность давления по длине ленты вызывает значительный износ и нагрев ленты.

Передаваемый муфтой крутящий момент (кгс·см)

$$M_{кр} = (\exp f\alpha - 1) (pR^2b - mv^2R/g),$$

где α — угол обхвата; p — давление воздуха в камере, кгс/см²; R — радиус внутреннего барабана, см; b — ширина ленты, см; m — масса единицы длины всех подвижных элементов (ленты с накладками и внутренней стенки камеры), кгс/см²; v — окружная скорость на поверхности барабана, см/с; g — ускорение свободного падения, см/с².

Наибольшее давление на поверхности трения (кгс/см²) для пневматической муфты по аналогии с ленточными фрикционными муфтами

$$q_{max} = S_1/(bR) + p,$$

где S_1 — сила натяжения ведущей ветви ленты при $S_2 = 0$ (S_2 — сила натяжения ведомой ленты); наименьшее давление (кгс/см²) $q_{min} = p$.

Осевая шинно-пневматическая муфта

Осевые шинно-пневматические муфты (рис. V.6) не подвержены заметному действию центробежных сил. Баллон 1 при подаче воздуха прижимает диск 4 к диску 5. Заключенные между ними фрикционные диски 3 обеспечивают передачу крутящего момента. Отключение муфты происходит с помощью пружин 2 после стравливания воздуха из баллона. Габаритные размеры и масса осевых муфт меньше, чем радиальных; расход воздуха также ниже. Однако осевые муфты плохо компенсируют смещения осей соединяемых валов, поэтому применяются ограниченно.

2. 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 пневмокамерная муфта по МН 5019—63 (рис. V.7, табл. V.3)

Муфта состоит из следующих основных деталей: 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 пальцев-упоров 5. Принцип действия пневмокамерной муфты заключается в следующем: пневмокамера при впуске в нее сжатого воздуха расширяется и прижимает фрикционные колодки 7 к ведомому ободу 6. Окружное усилие, действующее на фрикционные колодки, воспринимается пальцами-упорами 5, которые закреплены на разъемном ведущем ободу. Окружное усилие передается от ведущего обода через пальцы-упоры и фрикционные колодки ведомому ободу, пневмокамера же в передаче крутящего момента не участвует. Пружина 4 при удалении воздуха из пневмокамеры возвращает фрикционные колодки в исходное положение.

Выбор муфты осуществляется по величине расчетного момента $M_{расч}$, определяемого зависимостью (V.1).

Представленная на рис. V.8 номограмма дает возможность быстро находить требуемый размер колодочной пневмокамерной муфты. Для этого необходимо

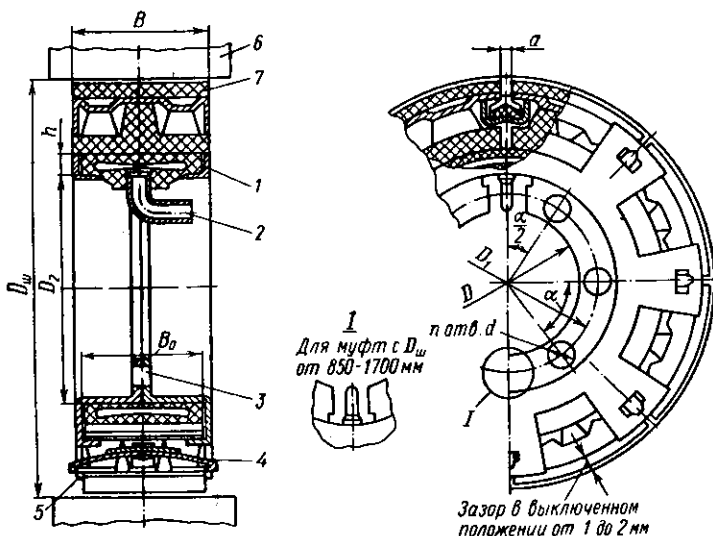


Рис. V.7. Пневмокамерная фрикционная муфта по нормали МН 5019—63

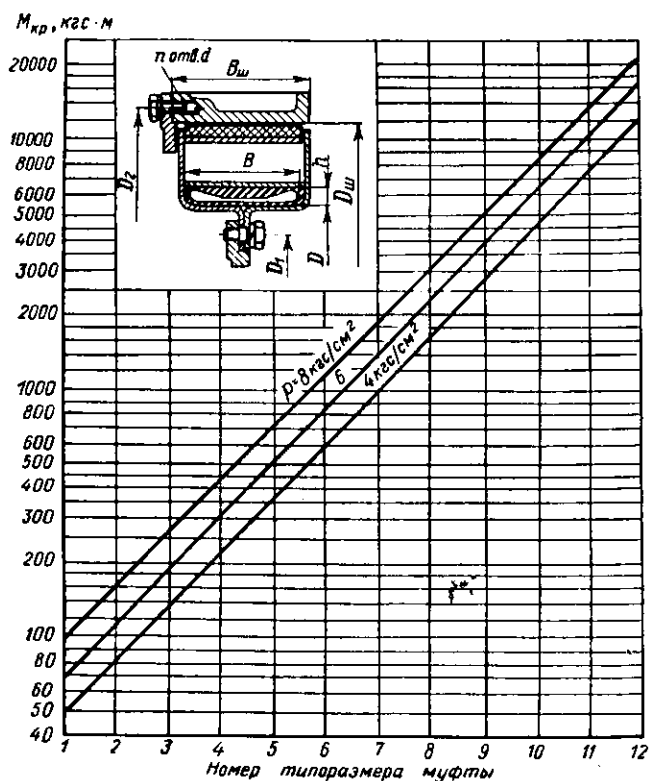


Рис. V.8. Нома-
грамма для оп-
ределения типо-
размера коло-
дочной пневмо-
камерной муфты

Т а б л и ц а V.3. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. V.7)

Обозначение	Давление p , кгс/см ²			$D_{ш}$	D	D_1	d	Количество болтов z	Накладка		Камера			Мас-са, кг	
	4	6	8						B	Ко-личество	D_2	B_n	h		Вели-чина хода δ пах
	Допускаемая окружная ско-рость v (м/с) на поверхности трения при числе включений 400—500 в 1 ч														
	4,5	3	2,25												
$M_{кр}$, кгс·м															
250×80	50	70	100	250	85	110	11	4	80	145	70	3,5	7		
300×90**	80	125	160	300	105	130			90	173****	80		10		
360×100**	125	200	250	360	155	185		6	100	233****	90		15		
420×110**	200	315	400	420~	195	225	13	8	110	278****	100	16	20		
475×128**	315	500	630	475***	230	260		10	128	313****	115	11,5	30		
600×118	500	800	1 000	600	365	345		12	118	450	105	15	35		
710×125**	800	1 250	1 600	710	445	485		8	125	544****	110	16	50		
850×135	1 250	2 000	2 500	850	615	650		10	135	710	120		60		
1000×160	2 000	3 150	4 550	1000	690	750	17		160	850	140	15	150		
1180×205	3 550	5 600	8 000	1180	840	900		12	205	1000	180		220		
1400×245	6 300	10 000	14 000	1400	980	1040	22	20	245	1180	220	20	350		
1700×275	11 200	17 000	25 000	1700	1280	1350	26	20	275	1500	250	20	500		

Пр и м е ч а н и е. Муфты рекомендуется устанавливать на консольной части валов.

* Крутящие моменты рассчитаны при коэффициенте трения фрикционных накладок по чугуну, равном $0,4 \pm 0,04$.

** Для указанных муфт нормы МН 5020—63 и МН 5021—63 предусматривают рабочие чертежи.

*** Ограниченного применения.

**** Камеры освоены промышленностью.

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 пневмокамеры, наименьшего диаметра впускного отверстия в системе управления, обеспечивающего оптимальное время нарастания крутящего момента, а также времени срабатывания муфты.

Дисковая пневмокамерная муфта (рис. V.9)

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 неподвижным (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 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 изготавливают с ребрами, что увеличивает поверхность теплоотдачи. Расположение ребер параллельно оси вращения 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 [8].

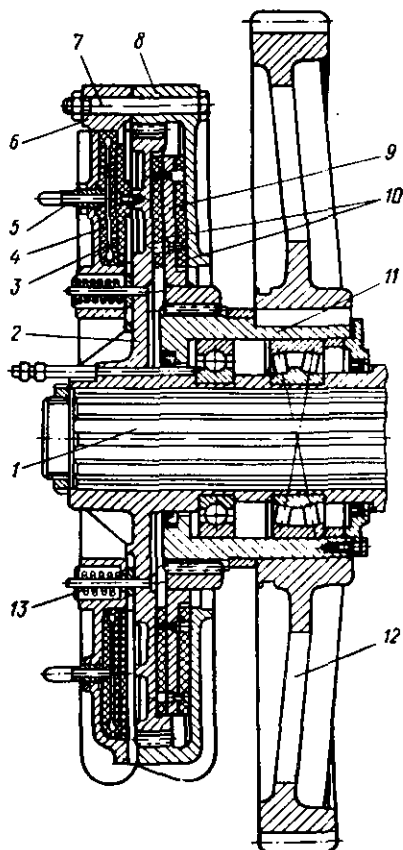


Рис. V.9. Фрикционная дисковая пневмокамерная муфта

8. МУФТА ПНЕВМАФЛЕКС» [108]

Пневматическая фрикционная муфта «Пневмафлекс» фирмы «Ломани—Штоль», ФРГ (рис. V.10, табл. V.4) является комбинацией фрикционной муфты с упругой. Она представляет двойную коническую фрикционную муфту, содержащую ведомую 1 и ведущую 3 подмуфты с поверхностями трения 2, пневмоцилиндр 5,

поршень 4, воздухопроводы 7 и 6 и четыре упругих элемента из резины. Упругие элементы расположены так, что при отсутствии сжатого воздуха в пневмоцилиндре поверхности трения разведены. Фрикционные обкладки прикреплены к внутренним коническим поверхностям ведомой полумуфты. Образующаяся при включении теплота отводится в наружный кожух.

Муфта управляется сжатым воздухом при давлении 6—8 кгс/см². Как во всех пневматических муфтах, подвод сжатого воздуха может регулироваться дроссельным вентилем, благодаря чему скорость воздуха, подаваемого в муфту,

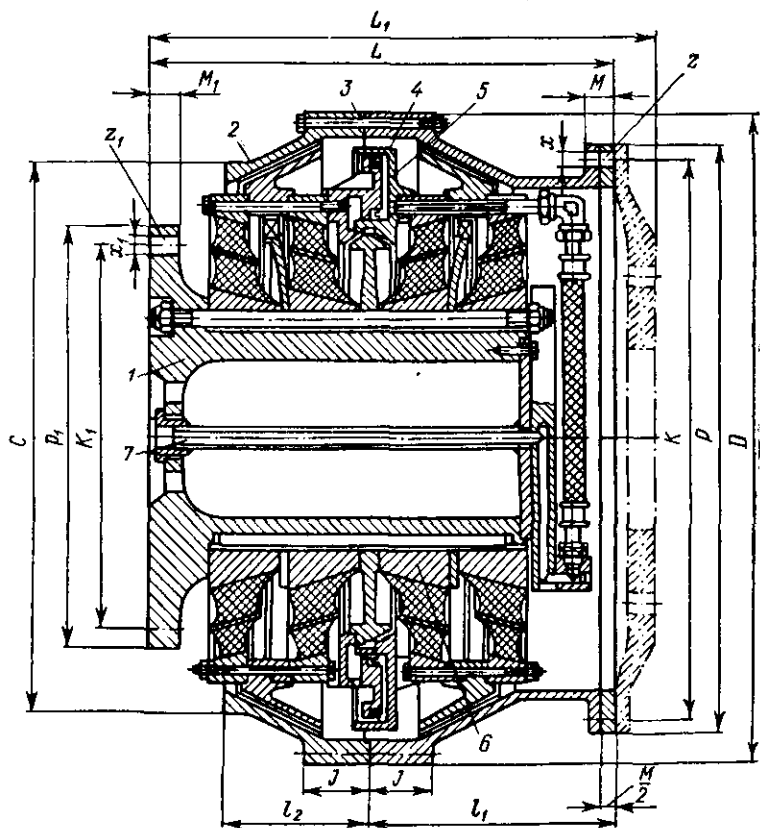


Рис. V.10. Муфта «Пневмафлекс»

можно менять в больших пределах и соответственно устанавливать требуемое время включения. Благодаря большой сжимаемости воздуха, давление в цилиндре муфты нарастает достаточно плавно.

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. В таком положении осуществляется передача муфтой нагрузки. При этом 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

Т а б л и ц а V.4. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. V.10)

Обозначение	$N_{ном}/л \cdot с./об/мин$	$M_{ном}$	$M_{кр\max}$		$\alpha_{ном}$	Угол закручивания, ...		Жесткость			D	P	P_1
			$кгс \cdot м$	$л \cdot тах. об/мин$		при $M_{ном}$ $\Phi_{ном}$	при $M_{тах}$ $\Phi_{тах}$	кру- тильная C_{***}	ради- альная $C_{рад}$	акси- альная $C_{акс}$			
КА 120	0,65	468	1 400	3000	11,4	38	2 700	6 600	1820	470	425	290	
КА 140	0,84	600	1 800	2500	11,4	38	3 600	7 200	1980	515	460	315	
КА 160	1,1	790	2 370	2500	11,4	38	4 600	7 800	2200	555	500	340	
КА 180	1,44	1 030	3 090	2500	11,4	38	6 000	8 400	2400	600	540	370	
КА 200	1,86	1 320	3 960	2000	11,4	38	7 800	9 200	2600	650	585	400	
КА 220	2,4	1 720	5 160	2000	11,4	38	10 000	10 000	2800	710	640	445	
КА 240	3,1	2 230	6 690	2000	11,4	38	13 200	11 000	3100	765	680	480	
КА 260	4,0	2 864	8 640	2000	11,4	38	17 200	12 000	3300	820	720	530	
КА 280	5,3	3 800	11 400	1500	11,4	38	22 000	13 200	3600	900	800	580	
КА 300	7,0	5 000	15 000	1500	11,4	38	30 000	14 400	4000	990	870	620	
КА 320	8,8	6 360	19 000	1500	11,4	38	38 000	15 600	4400	1090	980	680	
КА 340	11,0	7 900	23 700	1000	11,0	37	47 200	16 500	4640	1180	1030	750	
КА 360	14,5	10 400	31 200	1000	11,0	37	62 000	18 200	5100	1300	1170	840	
КА 380	18,8	13 500	40 500	1000	11,0	37	80 600	19 800	5580	1400	1260	900	
КА 400	21,8	15 600	46 800	1000	11,0	37	93 000	27 300	7650	1400	1170	840	
КА 420	28,2	20 250	60 750	1000	11,0	37	120 000	29 700	8370	1500	1260	900	

Обозначение	L	...	l_1	l_2	K	K_1	C	J	M	M_1	x	x_1	z	z_1	Расход воздуха на включение, л	Масса, кг
КА 120	415	465	230	127	400	260	385	75	28	24	9	11	12	12	1,5	205
КА 140	430	480	235	133	435	285	410	73	28	26	9	13	12	12	1,8	235
КА 160	445	500	240	140	475	310	445	73	30	28	11	15	12	12	2,1	290
КА 180	480	540	250	150	510	340	480	73	30	30	13	15	12	12	2,5	360
КА 200	520	585	278	160	555	370	525	83	32	32	13	15	12	16	3,0	475
КА 220	545	615	285	190	605	410	570	82	32	34	15	18	12	12	3,7	575
КА 240	575	650	300	180	650	440	620	82	36	36	15	18	16	16	4,3	740
КА 260	605	680	315	195	690	490	660	82	36	38	15	18	16	16	5,0	880
КА 280	650	735	325	215	760	530	730	90	40	42	18	22	16	16	6,0	1150
КА 300	720	810	367,5	240	830	570	800	105	44	46	18	22	16	16	7,2	1590
КА 320	810	910	420	270	945	620	910	120	48	50	18	28	24	16	9,0	2150
КА 340	865	975	440	290	980	680	940	120	52	55	22	28	16	16	13,0	2800
КА 360	945	1065	480	320	1110	760	1050	130	56	60	28	28	16	16	16,0	3700
КА 380	1030	1160	520	350	1200	820	1130	150	60	65	28	34	16	16	19,0	4620
КА 400	1320	1460	660	470	1110	760	1050	210	80	90	28	28	24	24	23,0	5400
КА 420	1450	1600	720	530	1200	820	1140	245	90	100	28	34	24	24	27,0	7000

* Данные для окружающей среды до 70° С и для резины средней твердости.

** Конструкция муфты, выполненные из стали или чугуна со сферическими графитом для окружных скоростей $v = 28$ м/с, динамически балансируются, нормальная конструкция из серого чугуна балансируется статически.

*** Данные значения получены при статической нагрузке.

**** Размер L_1 , установочный при применении промежуточного фланца для соединения с фланцем вала.

в радиальном и осевом направлениях, а следовательно, препятствуют возникновению дополнительных усилий. Кроме того, муфты снабжены ограничителем от проворачивания полумуфты. 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.

Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ¹

Из муфт этого вида наиболее распространены электромагнитные многодисковые фрикционные и порошковые муфты, а также муфты скольжения (индукционные муфты). Первые два вида нашли применение в станко- и приборостроении. В станках эти муфты используются в регулируемых приводах подачи, обеспечивая компактность конструкции и удобство управления. В приборах они служат как элементы автоматики в кинематических цепях различных устройств. Индукционные муфты применяются на дизельных судах в дополнение к зубчатой передаче, они сглаживают толчки и высокочастотные крутильные колебания. В строительной технике широко используются муфты всех перечисленных видов (в приводах лебедок, транспортеров, кранов и т. п.).

Сравнительные свойства названных видов муфт характеризуются следующим образом.

1. Наименьшую перегрузочную способность² 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.

3. Электромагнитные порошковые муфты в силу свойств ферропорошковых наполнителей работают при более низких скоростях вращения, чем электромагнитные фрикционные и индукционные муфты.

4. Наименьшие затраты управляющей мощности (0,1—1% от мощности, передаваемой муфтой) при одинаковом передаваемом моменте имеют место у электромагнитных фрикционных муфт.

4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ДИСКОВЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ МУФТЫ

В электромагнитных дисковых муфтах сцепление фрикционных дисков, связывающих ведомую и ведущую части муфты, происходит под действием сил магнитного притяжения, возникающих при пропускании тока через обмотку катушки возбуждения. Эти муфты, являясь в основном сцепными, обладают предохранительными свойствами.

Наибольшее применение нашли многодисковые фрикционные муфты как более компактные при одинаковом передаваемом моменте по сравнению с кольцевыми 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

¹ Основные термины и их определения см. в ГОСТ 18306—72 «Муфты электромагнитные с механической связью».

² Перегрузочная способность оценивается величиной отношения номинального момента, передаваемого муфтой, к максимальному.

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 фрикционные муфты выполняются как с вынесенными, так и с магнитопроводящими дисками. Эти муфты имеют вращающуюся обмотку возбуждения с подводом тока через скользящий контакт или неподвижную обмотку.

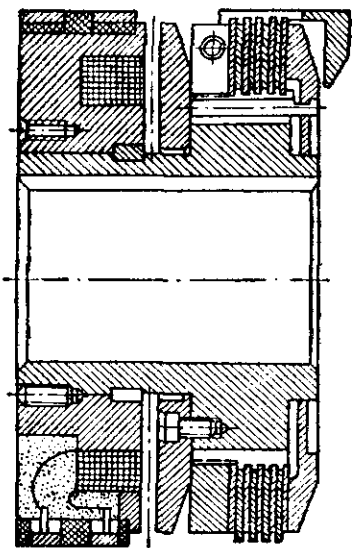


Рис. V.11. Сухая многодисковая муфта с электромагнитным управлением и вынесенными дисками

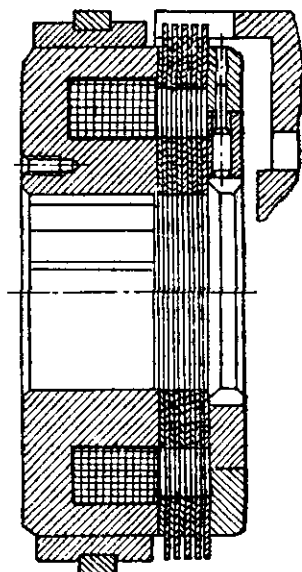


Рис. V.12. Масляная многодисковая муфта с магнитопроводящими дисками

Муфты с магнитопроводящими дисками отличаются от муфты с вынесенными дисками большей компактностью и саморегулируемостью при износе дисков. Магнитопроводящие диски выполняются стальными с фигурными вырезками для уменьшения рассеяния магнитного потока, проходящего через диски в обоих направлениях. Эти муфты изготавливаются масляными.

Муфты с вынесенными дисками допускают возможность изготовления дисков из любых материалов.

В муфтах с вынесенными дисками (рис. V.11) подвод тока осуществлен через два контактных кольца, в муфтах с магнитопроводящими дисками (рис. V.12) — через одно кольцо и массу.

Нормами машиностроения предусмотрено изготовление многодисковых фрикционных муфт для моментов от 0,25 до 1600 кгс·см. Предусмотрены следующие типы электромагнитных многодисковых фрикционных муфт:

- 1) муфты с вынесенными дисками и контактным токоподводом (МН 5657—65);
- 2) муфты с магнитопроводящими дисками и контактным токоподводом (МН 5658—65);
- 3) муфты с вынесенными дисками и бесконтактным токоподводом (МН 5659—65);
- 4) муфты с магнитопроводящими дисками и бесконтактным токоподводом (МН 5660—65).

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МУФТЫ

Передача крутящего момента электромагнитной порошковой муфтой основана на сцеплении ведущей и ведомой частей муфты, возникающем при воздействии электромагнитного поля на ферромагнитный наполнитель (порошок), в результате чего он увеличивает свою вязкость и прочно соединяет ведущую и ведомую части муфты.

Принципиальное устройство порошковой муфты представлено на рис. V.13. Цилиндрические поверхности наружного 4 и внутреннего 3 цилиндров, обычно выполняемых из малоуглеродистой стали, ограничивают кольцевой рабочий зазор, заполненный наполнителем 1, который представляет собой смесь ферромагнитного порошка со смазывающим веществом (сухим или жидким). Обмотка управления 2 питается постоянным током. Подвод тока к обмотке осуществляется

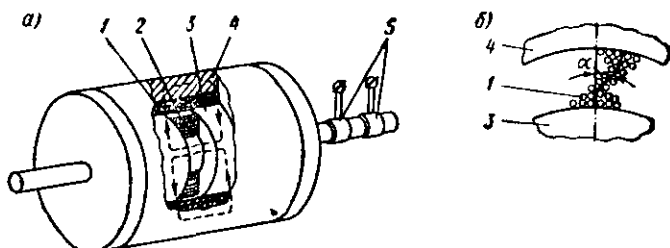


Рис. V.13. Схема муфты (а) и связка в рабочем зазоре (б)

через щетки и контактные кольца 5. Магнитный поток, создаваемый электрическим током, проходит по внутреннему цилиндру 3, рабочему зазору и наружному цилиндру 4, образуя замкнутую цепь (обозначена на схеме штриховой линией).

В результате воздействия электромагнитного поля на наполнитель из ферромагнитных частиц образуются связки, ориентированные вдоль магнитных силовых линий и соединяющие наружный 4 и внутренний 3 цилиндры (ведомую и ведущую части муфты). При этом создается определенное сопротивление сдвигу, которое тем сильнее, чем больше магнитные силы сцепления частиц в связках. Изменяя ток управления, можно соединить ведущую и ведомую части муфты либо жестко, либо с проскальзыванием до полного расцепления. Эти муфты применяются в качестве:

1) сцепных или пусковых, обеспечивающих плавный и регулируемый по времени пуск;

2) предохранительных;

3) муфт автоматического управления, используемых для плавного регулирования крутящего момента и скорости вращения валов исполнительных машин.

Порошковые муфты отличаются высоким быстродействием. Время достижения номинального момента муфтой колеблется от секунд (для муфт, рассчитанных на передачу больших крутящих моментов) до сотых долей секунды — для приборных муфт. В отличие от фрикционных муфт порошковые характеризуются отсутствием износа рабочих поверхностей муфты, так как при работе ведущая и ведомая поверхности непосредственно не соприкасаются. При равных значениях передаваемого муфтой момента электромагнитные порошковые муфты по массе и габаритным размерам несколько уступают механическим и электромагнитным фрикционным многодисковым муфтам, но превосходят по тем же показателям индукционные муфты.

На величину крутящего момента, передаваемого муфтой, отрицательно влияние оказывает уплотнение наполнителя и необратимое изменение физико-химических свойств его (старение). Уплотнение наполнителя происходит как под действием центробежных сил — в работающей муфте, так и за счет оседания наполнителя (слеживания) — в неработающей муфте, в результате чего частицы наполнителя теряют подвижность в рабочем зазоре муфты.

Униполярные схемы

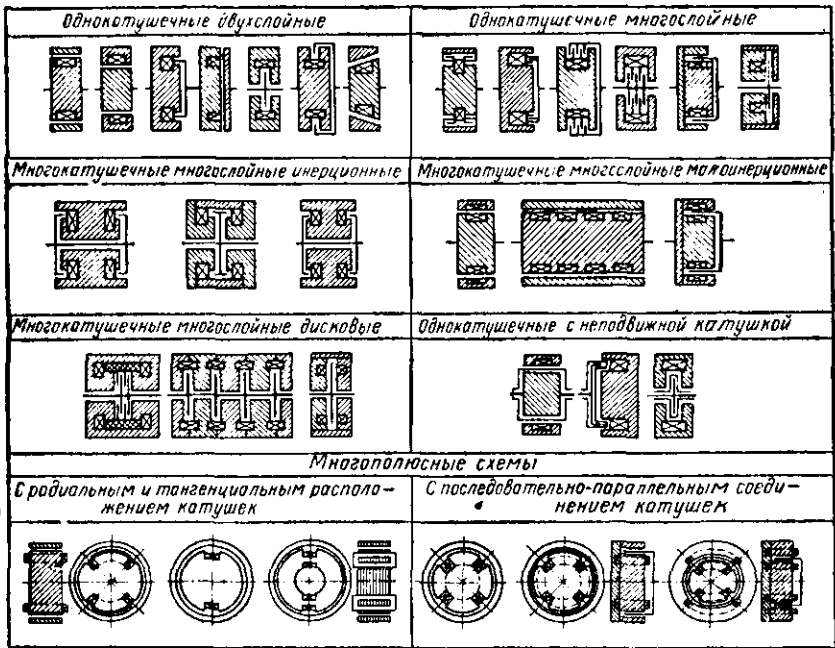


Рис. V.14. Конструктивные схемы порошковых муфт

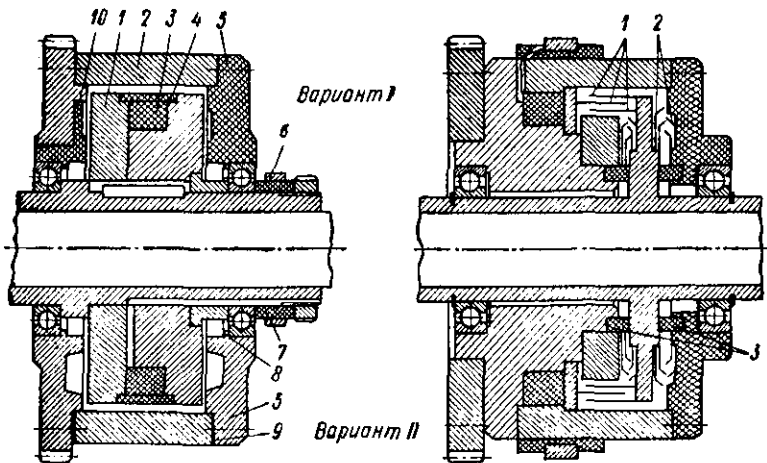


Рис. V.15. Устройство порошковых муфт

Порошковые муфты можно классифицировать по следующим основным признакам: 1) форме и расположению рабочих зазоров относительно оси вращения; 2) количеству рабочих зазоров (слоев); 3) количеству катушек управления; 4) способу подвода тока к обмотке управления (вращающаяся или неподвижная обмотка); 5) соотношению моментов инерции ведомой и ведущей частей.

Конструктивные схемы муфт различных типов представлены на рис. V.14 [78]. Униполярные однокатушечные муфты находят применение там, где размеры муфты и время переходного процесса не играют существенной роли. Муфты с несколькими рабочими слоями, бесконтактным токоподводом и малоинерционной ведомой частью имеют малое время переходного процесса и используются в устройствах автоматического регулирования. Многокатушечные схемы муфты целесообразно использовать для повышения плотности магнитного потока в рабочем слое. Многополюсные схемы распространения не получили. Наибольшее распространение получили цилиндрические однообмоточные конструкции муфт как наиболее простые в изготовлении и эксплуатации.

Примерное устройство порошковых муфт показано на рис. V.15. Муфта с жидким наполнителем (смесь ферромагнитного порошка с маслом) представлена в варианте I. Для удобства монтажа обмотки 3 ведомый элемент 1 сделан разборным. Снаружи обмотка закрыта немагнитным кольцом 4. К корпусу 2 крепятся две боковые крышки, причем одна из них выполнена в виде приводного зубчатого колеса, посаженного на немагнитную втулку 10. Крышка 5 (верхняя половина рисунка) изготовлена из немагнитного материала. Если крышка 5 стальная, а зубчатое колесо без магнитной изоляции, то в местах крепления крышек с корпусом ставят немагнитные прокладки 9. Резиновые уплотненные кольца 8 препятствуют вытеканию наполнителя. Ток в обмотке подводится через контактное кольцо 6 на изоляционной втулке 7. Вторым проводником служит корпус.

В варианте II изображена многозазорная муфта. Эта муфта имеет четыре цилиндрических зазора и заполняется сухим наполнителем. Ведомый элемент малоинерционный. Система уплотнения состоит из козырьков и уплотнительных колец 3 из войлока или шерсти. Детали 1, образующие рабочие зазоры, изготовлены из мягкой стали. Остальные конструктивные элементы такие же, как у муфты варианта I.

Расчет электромагнитных порошковых муфт

Основой для расчета порошковых муфт служит методика ЭНИМС [78]. Эта методика разработана применительно к условиям станкостроения, однако она используется при расчете муфт и для других отраслей машиностроения.

Различаются следующие режимы работы муфты:

- 1) $n_1 - n_2 = 0$ (установившийся режим);
- 2) $n_1 - n_2 = f(t) \neq 0$ (режим скольжения), где n_1, n_2 — скорости вращения соответственно ведущей и ведомой части муфты.

Основой расчета является зависимость

$$M = \pi k_p k_b m D^3 p / 200, \quad (V.6)$$

где M — момент, передаваемый муфтой, кгс·м; k_p — коэффициент режима работы, равный для установившегося процесса 1,0, а для режима скольжения 0,7—0,9; D — средний диаметр муфты по рабочим зазорам, см; $k_b = b/D$ — отношение ширины рабочего зазора к среднему диаметру; m — число рабочих зазоров (число слоев порошка); p — удельная сила сцепления в рабочем зазоре, кгс/см².

При заданных геометрических параметрах муфты ее момент является функцией p , величина p определяется следующим образом:

$$p = k_m k_c k_a k_{\mu} B_z^n, \quad (V.7)$$

где k_m — коэффициент, зависящий от материала наполнителя. Для карбонильного железа и масла, если железо в смеси по объему составляет 0,3—0,45, $k_m = 1$; для карбонильного чистого железа с содержанием железа в смеси по объему 0,65 $k_m = 1,4$; для карбонильного железа и окиси цинка при содержании железа

в смеси по объему 0,5—0,65 $k_M = 1,1$; для карбонильного железа и двуокиси кремния с тем же содержанием железа $k_M = 1$; k_p — коэффициент, учитывающий линейную скорость движения частиц в зазоре и зависящий также от величины зазора (рис. V.16); k_3 — коэффициент, учитывающий влияние числа рабочих зазоров на плотность наполнителя; при числе зазоров 1, 2, 4, 6, 8 коэффициент k_3 соответственно составляет 1; 0,95; 0,9; 0,8; 0,7; k_n , n — величины, зависящие от плотности наполнителя и размера зазора δ ; на рис. V.17 они даны для содержания в рабочей смеси 0,30 и 0,45 железа (по объему).

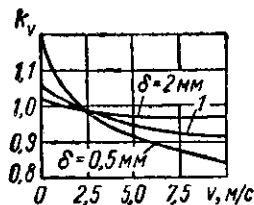


Рис. V.16. Зависимость коэффициента k_p от скорости частиц в зазоре

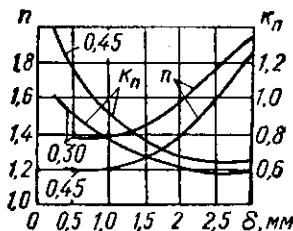


Рис. V.17. Зависимость коэффициентов k_n и n от размера зазора δ

Намагничивающая сила $I\omega$ (ампер-витки), необходимая для создания индукции B_3 , определяется по формуле

$$I\omega = B_3 (\mu\delta + \alpha) / \mu_0, \quad (V.8)$$

где μ_0 — магнитная проницаемость зазора; выбирается она по графику, приведенному на рис. V.18, причем штриховая кривая соответствует сухому наполнителю; α — коэффициент, зависящий от индукции B_3 и величины коэффициента k_3 (рис. V.19).

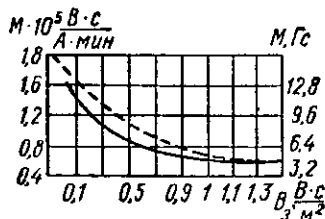


Рис. V.18. Зависимость магнитной проницаемости от индукции в зазоре

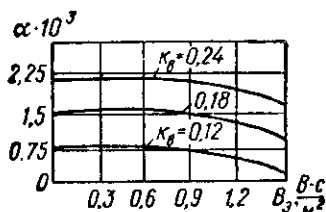


Рис. V.19. Зависимость коэффициента α от индукции в зазоре

Диаметр обмоточного провода определяется из условия обеспечения необходимой намагничивающей силы

$$d = 2 \sqrt{I\omega D_{ср} \rho / U}, \quad (V.9)$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр обмотки, м; ρ — удельное сопротивление провода, см·мм²/м; U — напряжение, подводимое к обмотке, В.

Площадь сечения паза под обмотку

$$S_0 = 0,25\pi U d^2 / (k_{зап} N_y), \quad (V.10)$$

где $k_{зап}$ — коэффициент заполнения сечения медью, $k_{зап} = 0,6 \div 0,7$; N_y — удельная мощность омических потерь (на один ампер-виток), $N_y = N / (I\omega)$; N — мощность омических потерь в катушке.

Порядок расчета муфт следующий.

1. Определяют средний диаметр D рабочего зазора муфты из формулы (V.6), принимая p в пределах 0,3—1,7 кгс/см² (большие значения p соответствуют меньшим значениям δ).

Основные размеры муфты: ширину рабочего зазора b , внутренний и средний диаметры обмотки D_B и D_{CP} и наружный диаметр муфты D_H берут из таблицы

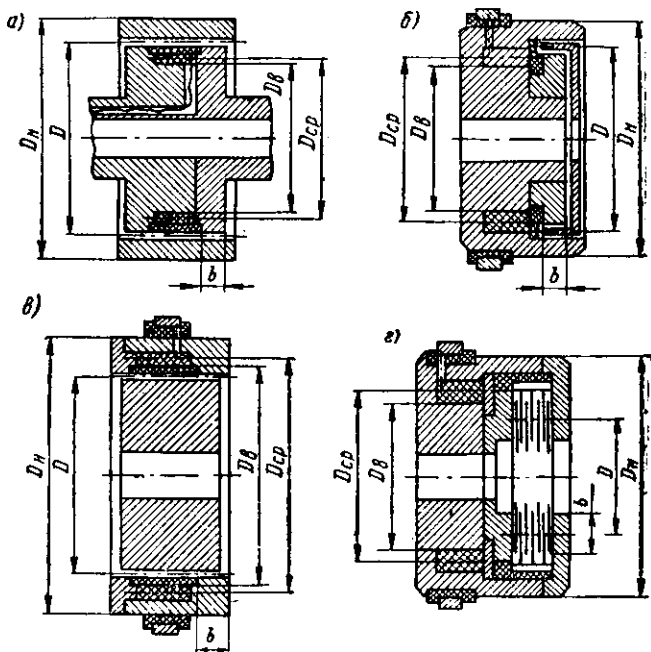


Рис. V.20. Соотношения основных размеров муфт:

Обозначение размера	Соотношения основных размеров муфт			
	a	б	в	г
b	$(0,12 \pm 0,3) D$	$(0,12 \pm 0,3) D$	$(0,12 \pm 0,3) D$	$0,4D$
D_B	$0,75D$	$0,76D$	$\sim D$	$1,25D$
D_{CP}	$0,85D$	$0,85D$	$1,15D$	$1,4D$
D_H	$\sqrt{D(D+4b)}$	$\sqrt{D(D+4b)}$	$\sqrt{D(1,5D+4b)}$	$\sqrt{D(2,7D+4b)}$

к рис. V.20 в зависимости от принятой конструктивной схемы муфты. Величина рабочего зазора для муфт средней мощности $\delta = 0,5 \div 3$ мм.

2. По формулам (V.7) и (V.8) определяют B_3 и $I\omega$.

3. По формулам (V.9) и (V.10) определяют диаметр провода и площадь сечения паза под обмотку.

Конструкция порошковых муфт

Конструкции электромагнитных порошковых муфт чрезвычайно разнообразны. Известны порошковые муфты для приводов транспортеров, экскаваторов, вемлечерпалок, насосных и вентиляционных установок, металлорежущих станков. Создан ряд конструкций муфт для систем автоматического регулирования.

На рис. V.21 [85] показана разработанная в ГДР муфта для номинального момента 315 кгс·м. Наружный диаметр 615 мм, длина 295 мм. Массивный ротор 4 может соединяться либо с валом приводного двигателя, либо с валом редуктора. Ротор вращается в подшипниках, посаженных в крышках 1 и 3 наружного корпуса 2. В кольцевом пазу размещена обмотка возбуждения 8, закрытая немагнитным кольцом 9. Концы обмотки выведены на контактные кольца 12, сидящие на ступице ротора. Цилиндрические поверхности корпуса и ротора образуют рабочий зазор 10, заполненный порош- ком. Уплотняется он магнитными ловушками, выполненными в виде заостренных шайб 11, закрепленных на торцовых поверхностях ротора. Частицы порошка, прилипая к за- остренному краю шайбы, препятствуют

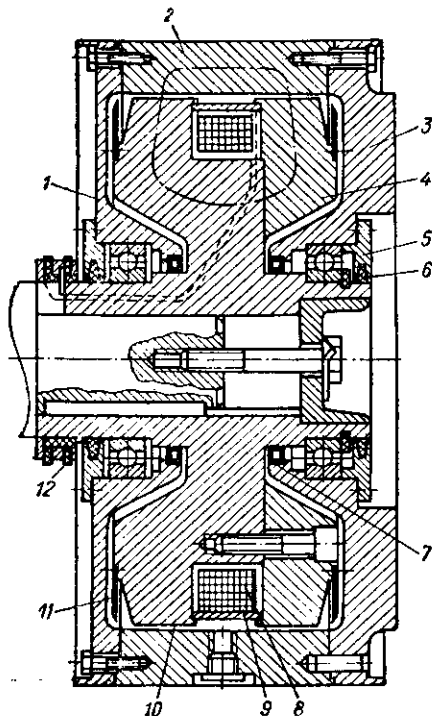


Рис. V.21. Порошковая муфта

рабочий зазор 10, заполненный порош- ком. Уплотняется он магнитными ловушками, выполненными в виде заостренных шайб 11, закрепленных на торцовых поверхностях ротора. Частицы порошка, прилипая к за- остренному краю шайбы, препятствуют

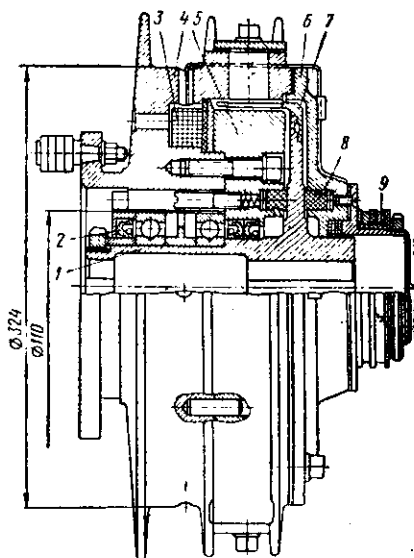


Рис. V.22. Порошковая муфта крано- вого типа

перетеканию наполнителя из рабочего слоя в зону подшипников. Дополни- тельно к магнитным ловушкам перед подшипниками установлены уплотнители- ные кольца 7. Подшипники закрыты крышками 5 и сальниками 6.

Муфта аналогичной конструкции, разработанная в Гипронефтемаше для привода буровой установки, имеет следующие данные:

Момент, кгс·м:	
номинальный	400
максимальный	600
Частота вращения номинальная, об/мин	750
Мощность возбуждения, кВт	0,05
Наружный диаметр, мм	650
Длина, мм	500
Масса муфты, кг	700

Муфта кранового привода [85] представлена на рис. V.22. Ведущая часть муфты состоит из корпуса-магнитопровода 4 и сердечника 5, соединенных бол- тами. Корпус закрыт дюралюминиевой крышкой 6. На наружной поверхности

корпуса имеются ребра для отвода теплоты. В кольцевом пазу корпуса расположена обмотка возбуждения 3 из провода с теплостойкой кремнийорганической изоляцией. Обмотка питается током при помощи двух контактных колец 9.

Ведомая часть муфты представляет собой тонкостенный стальной ротор 7, обод которого образует с поверхностями ведущей части двухазорное кольцевое пространство, заполняемое порошковой смесью и уплотненное графитовыми кольцами 8. Обод ротора жестко соединен со ступицей 1 из магнитного чугуна. Полости подшипников уплотнены резиновыми манжетами 2.

Технические данные муфты

Номинальный момент, кгс·м	34
Частота вращения ведущего вала, об/мин	1500
Напряжение, подводимое к обмотке, В	110

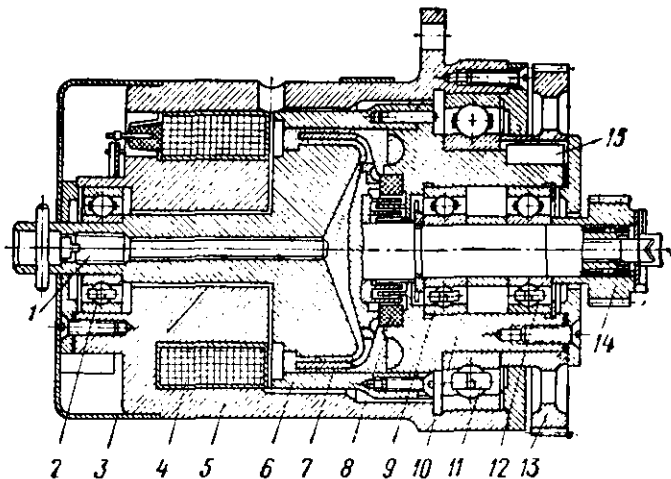


Рис. V.23. Бесконтактная порошковая муфта

Конструкция приборной бесконтактной порошковой муфты представлена на рис. V.23. Муфта состоит из неподвижного корпуса-магнитопровода 5, в котором на шарикоподшипниках 2 и 11 вращается магнитопровод из двух частей 6 и 10. Магнитопровод 6 состоит из стакана и сердечника, разделенных кольцом из немагнитного материала. Заполняют муфту порошковой смесью через отверстие в сердечнике (вдоль оси), закрываемое пробкой 1. Магнитопровод 10 вращается в шарикоподшипнике 11, а в отверстие магнитопровода установлены подшипники 9 и 12 вала ротора; на конце магнитопровода на шпонке 15 посажена ведущая шестерня 13. Малоинерционный ротор 7 из низкоуглеродистой стали жестко соединен с валом из немагнитной стали, что предохраняет кольца подшипников от намагничивания. На конце валика на шлицах посажено зубчатое колесо 14, передающее вращение рабочему органу.

В пазу неподвижного магнитопровода находится обмотка 4, ток к которой подводится через клеммную колодку, закрываемую кожухом 3. Уплотнение рабочей полости муфты комбинированное — из лабиринта и магнитного кольца 8.

Технические данные муфты

Номинальный момент, кгс·см	22
Номинальная частота вращения, об/мин	2000
Максимальный ток возбуждения, А	0,04
Сопротивление обмотки, Ом	40
Время разгона ведомого вала вхолостую до полной скорости при максимальном токе возбуждения, с	0,025
Постоянная времени нарастания момента, с	0,040

Пример расчета муфты [85] кранового привода. Расчетная схема муфты представлена на рис. V.24. Исходные данные: номинальный момент $M_{ном} = 34$ кг·м; $n_1 = 1500$ об/мин; напряжение, подводимое к обмотке муфты, $U = 110$ В; муфта выполнена двухзазорной ($m = 2$), ширина зазора $b = 5$ см.

Принимаем $\rho = 0,3$ кг/см³, $k_p = 1$ и из выражения (V.6) находим средний диаметр муфты

$$D = \sqrt{[200M / (\pi k_p b m \rho)]} = \sqrt{[200 \cdot 34 / (3,14 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 0,3)]} = 26 \text{ см.}$$

Находим $k_b = b/D = 0,19$, что приемлемо. Величину индукции определяем из формулы (V.7). Принимая $k_m = 1,3$, $k_v = 1$, $k_s = 0,95$, $k_n = 0,7$, $n = 1,3$, находим $B_s^{1,3} = \rho / (k_n k_v k_m k_s) = 0,3 / (0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,95) = 0,36$; $B_s = 0,47$ В·с/м², принимаем $B_s = 0,5$ В·с/м² = 5000 га.

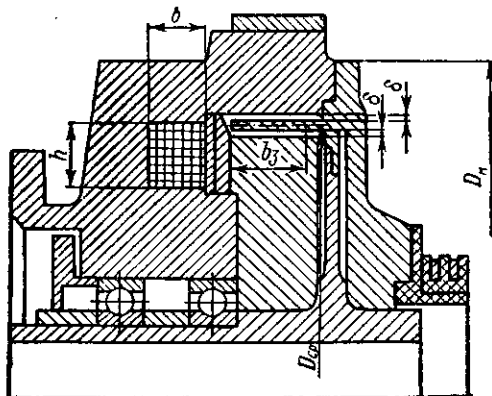


Рис. V.24. Расчетная схема муфты

Необходимая намагничивающая сила определяется по формуле (V.8), для чего принимаем $\mu_s = 0,8 \cdot 10^{-8}$ В·с/(А·м); $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-2}$; размер зазора $\delta = 0,0015$ м.

После подстановки в формулу (V.8) получим

$$I\omega = \frac{2 \cdot 0,0015 \cdot 0,5}{0,8 \cdot 10^{-8}} \left(1 + \frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 0,0015}\right) = 280 \text{ ампер-витков.}$$

Для магнитопровода из обычной стали величину $I\omega$ удваиваем и принимаем равной 560 ампер-витков.

Принимая $D_{ср} = 0,24$ м и $\rho = 0,0175$ Ом·мм²/м, находим по формуле (V.9)

$$d = 2 \cdot 600 \cdot 0,24 \cdot 0,0175 / 110 = 0,30 \text{ мм.}$$

Выбираем провод ПСДК диаметром $d = 0,44$ мм, с учетом изоляции $d_n = 0,65$ мм.

Размер паза для обмотки принимаем $b \cdot h = 26 \times 30$ мм, сечение обмотки с учетом изоляции $b_0 h_0 = 23 \times 27$ мм².

Число слоев в обмотке

$$k_1 = h_0 / d_n = 27 / 0,65 = 42.$$

Число витков в слое

$$k_2 = b_0 / d_n = 23 / 0,65 = 36.$$

Число витков в обмотке

$$\omega_0 = k_1 k_2 = 42 \cdot 36 = 1512.$$

Наибольший ток

$$I_y = U d / (4 \omega_0 D_{ср} \rho) = 110 \cdot 0,44^2 / (4 \cdot 1512 \cdot 0,24 \cdot 0,0175) = 0,84 \text{ А.}$$

Наибольшая намагничивающая сила

$$I_y \omega_0 = 0,84 \cdot 1512 = 1270 \text{ ампер-витков.}$$

Наибольшая плотность тока (в период разгона)

$$\Delta = 4 I_y / (\pi d^2) = 4 \cdot 0,84 / (3,14 \cdot 0,44^2) = 5,5 \text{ А/мм}^2,$$

что допустимо для провода с кремнийорганической изоляцией,

Помимо указанных расчетов некоторые авторы [47, 85] проводят представляющие немалые трудности расчеты магнитной цепи и тепловые расчеты для конкретных типов муфт и конкретных условий их работы, которые дают в большинстве случаев лишь ориентировочные решения и уточняются экспериментальными данными.

6. ИНДУКЦИОННЫЕ МУФТЫ

Как видно из принципиальной схемы индукционной муфты (муфты скольжения — рис. V.25), она состоит из двух механически не связанных между собой вращающихся частей — индуктора 1 и якоря 2. При вращении индуктора его магнитное поле пересекает якорь и индуцирует в нем токи, взаимодействие которых с магнитным полем индуктора создает вращающий момент, в результате чего ведущая часть муфты увлекает за собой ведомую.

Индукционные муфты в составе приводов выполняют две основные функции:

- 1) соединение или разъединение двигателя и исполнительной машины;
- 2) регулирование частоты вращения вала исполнительной машины независимо от частоты вращения двигателя.

По сравнению с другими типами электромагнитных муфт, также служащих для соединения двух валов, эти муфты имеют преимущества:

- 1) возможность бесступенчатого регулирования скорости вращения ведомого вала при постоянной скорости ведущего;
- 2) повышенные надежность и долговечность, связанные с отсутствием трущихся фрикционных элементов

Кроме того, индукционные муфты обладают предохранительными свойствами, обусловленными ограниченностью величины передаваемого момента; они также могут сглаживать удары и колебания нагрузки.

К недостаткам этих муфт относятся:

- 1) меньшие значения удельных вращающих моментов, т. е. моментов, приходящихся на единицу объема или массы муфты;
- 2) меньшее быстродействие, связанное с повышенными значениями электромеханической и электромагнитной постоянных времени по сравнению с другими типами электромагнитных муфт.

Применение индукционных муфт целесообразно в приводах, в которых работа муфты с большим скольжением происходит в течение коротких промежутков времени; общий к. п. д. привода в этом случае получается достаточно высоким. Рациональной областью применения этих муфт являются механизмы с моментом нагрузки, пропорциональным квадрату скорости вращения. К настоящему времени отечественной промышленностью освоены индукционные муфты с номинальным моментом до 1600 кгс·м.

На схеме приведена упрощенная классификация муфт по [91 и 89]. Рассмотрим основные разновидности магнитных систем наиболее распространенных типов муфт.

1. Индукторные и панцирные муфты со скользящим токоподводом состоят в основном из зубчатого индуктора с обмоткой возбуждения 3, посаженного на один вал с токоподводящими контактными кольцами, и цилиндрического якоря 2, скрепленного с другим валом муфты (рис. V.26). На рис. V.26 показана развернутая схема магнитной системы, конфигурация зубьев-полюсов для индукторной муфты (а) и панцирной (б). Якорь в этих муфтах обычно выполняется ферромагнитным.

2. Муфты с явно выраженными полюсами (асинхронные) в отличие от муфт предыдущего типа имеют на каждом полюсе отдельную обмотку возбуждения. На рис. V.27 схематически показана магнитная система такой муфты.

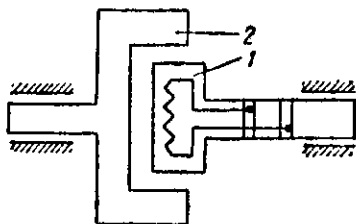
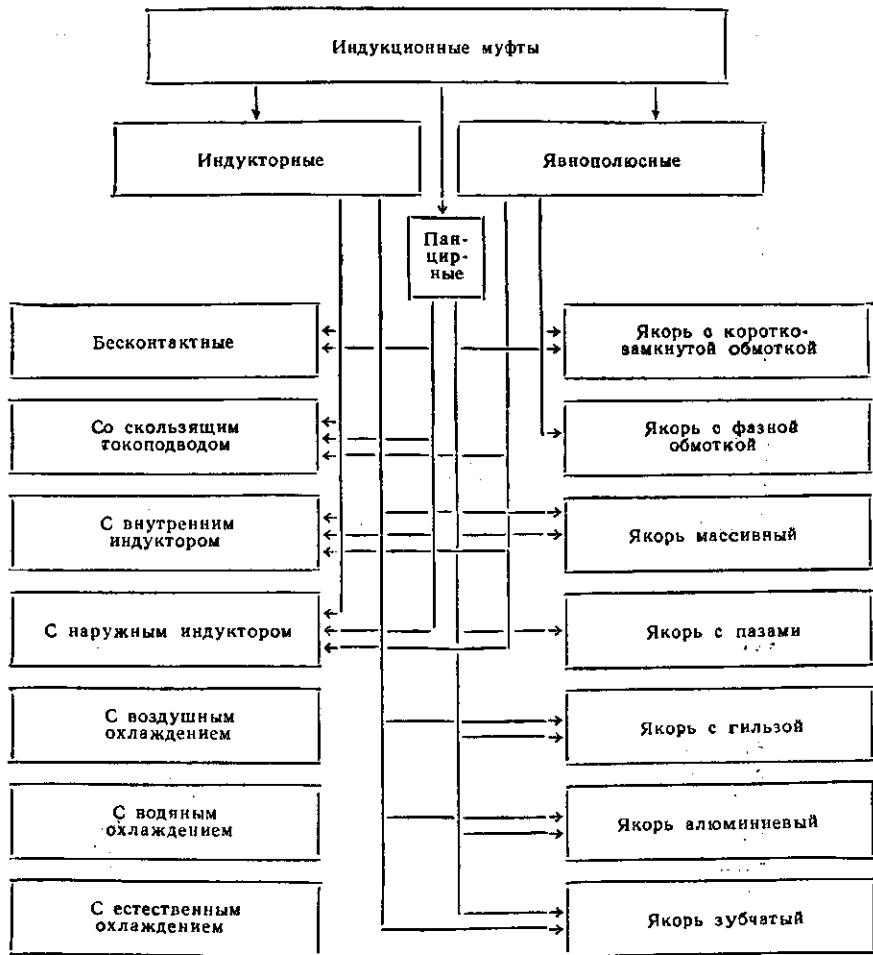


Рис. V.25. Схема индукционной муфты

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНДУКЦИОННЫХ МУФТ



В явнополюсных муфтах обмотка якоря обычно бывает короткозамкнутой, реже встречаются якоря с фазной обмоткой, выведенной на контактные кольца.

3. Асинхронно-синхронные муфты находят применение в приводах, где не требуется регулирования скорости. Основной режим работы такой муфты — синхронный (частоты вращения ведущего и ведомого валов равны). Эти муфты используются в качестве предохранительных, так как при синхронной частоте вращения вращающий момент максимальный.

Схемы устройства асинхронно-синхронных муфт индукторного и панцирного типа показаны на рис. V.28. Конструкция индуктора такая же, как у муфты индукторного и панцирного типа. Размеры зубьев якоря равны размерам зубьев индуктора. В этой муфте с увеличением скорости вращения и уменьшением скольжения момент не снижается, как в муфтах с массивным якорем, а возрастает, как в асинхронных двигателях с короткозамкнутым ротором, причем прибли-

жается к максимальному асинхронному моменту при критической скорости. Критическая скорость из-за малого сопротивления короткозамкнутой обмотки близка к синхронной, при достижении ее муфта работает синхронно, зубья якоря и индуктора в этот момент находятся один против другого, и скольжение равно

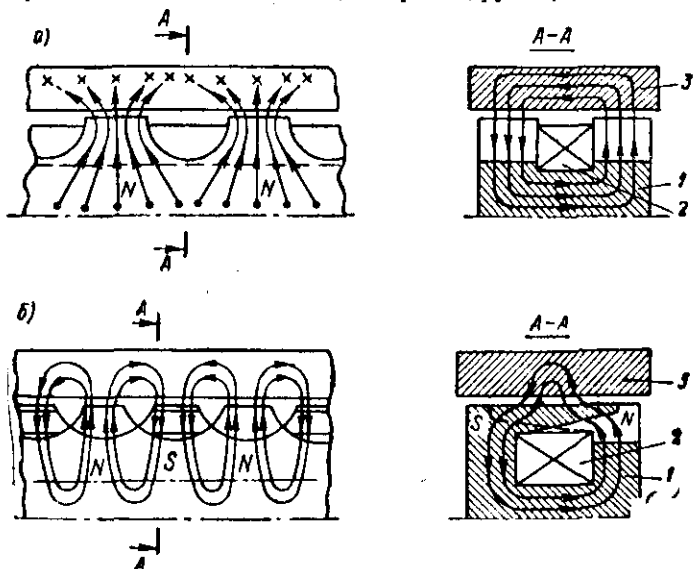


Рис. V.26. Магнитная система индукторной и панцирной муфты
1 — магнитопровод; 2 — якорь; 3 — обмотка возбуждения

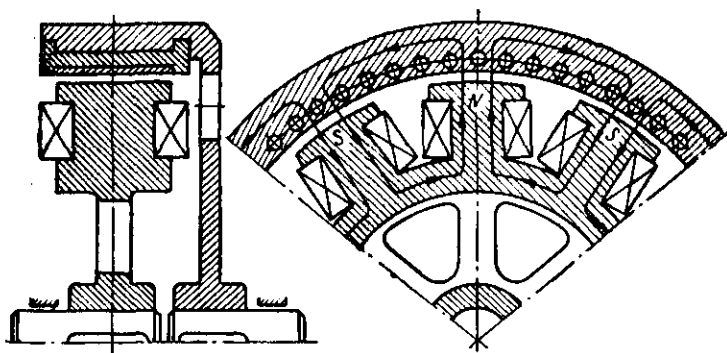


Рис. V.27. Магнитная система явнополюсной муфты

нулю. Смещению зубьев якоря относительно зубьев индуктора препятствуют электромагнитные силы притяжения, действующие между зубьями и создающие синхронный реактивный момент.

В бесконтактных муфтах скольжения (рис. V.29) отсутствует скользящий токопровод. Эти муфты по сравнению с контактными обладают более высокой надежностью, хотя уступают им по габаритно-массовым показателям.

Схема магнитной системы муфты индукторного типа представлена на рис. V.29, а. Неподвижные магнитопровод 1 и обмотка возбуждения 2 образуют

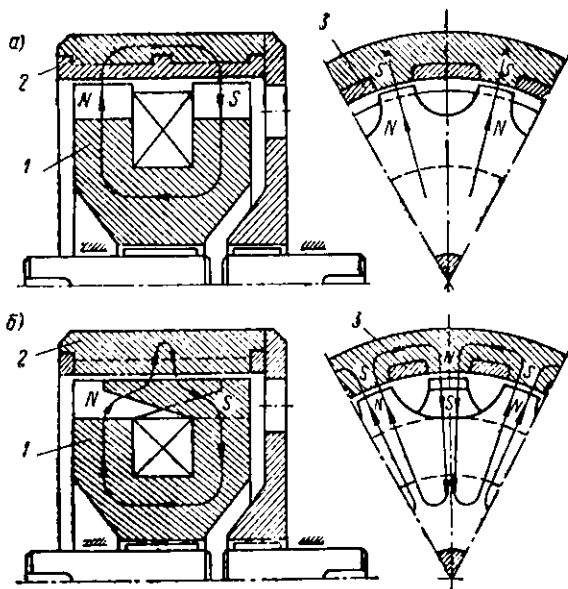


Рис. V.28. Магнитные системы асинхронно-синхронных муфт: а — индукторной; б — панцирной;
 1 — индуктор; 2 — якорь; 3 — стержни короткозамкнутой обмотки

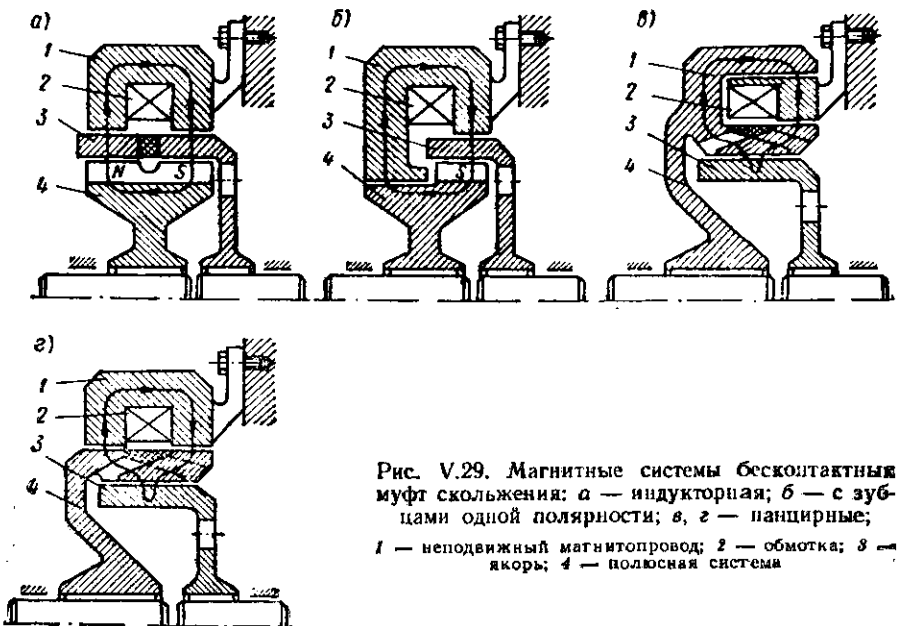


Рис. V.29. Магнитные системы бесконтактных муфт скольжения: а — индукторная; б — с зубцами одной полярности; в, г — панцирные;
 1 — неподвижный магнитопровод; 2 — обмотка; 3 — якорь; 4 — полюсная система

статор машины. Якорь 3 состоит из двух ферромагнитных цилиндров, разделенных в центральной части кольцом из немагнитопроводного материала. На другом валу находится часть муфты. Зубцовая часть магнитопровода и якорь могут быть как ведомым, так и ведущим элементом муфты.

На рис. V.29, б показана муфта с зубьями одной полярности. Здесь в отличие от схемы, показанной на рис. V.29, а, ферромагнитный якорь 3 монолитный, а магнитопровод 1 имеет зубья другой полярности. Эта муфта технологичнее в изготовлении, но передает меньший момент, чем муфта, изображенная на рис. V.29, а, из-за наличия нерабочих зазоров между статором и якорем и статором и зубцовой частью магнитопровода 1.

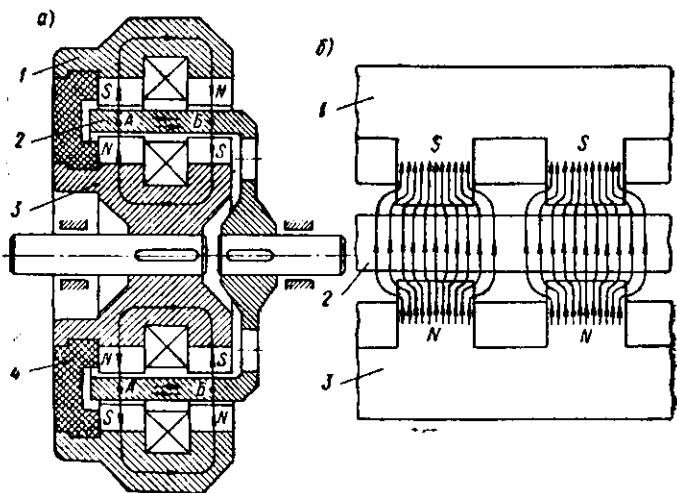


Рис. V.30. Двухиндукторная муфта скольжения: а — магнитная система; б — характер магнитного потока;
1 — наружный индуктор; 2 — якорь; 3 — внутренний индуктор; 4 — немагнитное соединение индукторов

На рис. V.29, в, е представлены схемы магнитных систем бесконтактных муфт панцирного типа. Неподвижная часть магнитопровода 1 крепится к корпусу муфты и имеет обмотку возбуждения 2. Вращающаяся часть магнитопровода имеет жогтеобразные зубья одной полярности на ферромагнитной части и ферромагнитное кольцо с зубьями другой полярности, соединенное с магнитопроводом поясом из немагнитного материала, который препятствует замыканию потока внутри индуктора.

Двухиндукторная муфта представлена на рис. V.30. Магнитная система (а) этой муфты состоит из механически соединенных внутреннего 3 и наружного 1 индукторов и расположенного между ними ферромагнитного якоря 2. Детали, соединяющие внутренний и наружный индукторы, во избежание шунтирования магнитного потока в зазоре выполняются из немагнитных материалов.

Магнитные напряжения между точками А и Б от двух обмоток противоположны по направлению и компенсируют друг друга, поэтому магнитный поток по якорю не замыкается

Расчет индукционных муфт

Основной задачей при расчете муфты является определение по заданному моменту диаметра якоря (кгс·м) по воздушному зазору и его активной длине, равной длине полюсов. Ориентировочно эти значения можно определить из уравнения, связывающего вращающий момент с параметрами муфты [91],

$$M = 0,063B_{\text{лм}}^2 l_a D^3 k_m \sqrt{(n_1 - n_2)/(N\mu\mu)},$$

где B_{1m} — амплитуда первой гармоники переменной составляющей индукции в зазоре, Гс; D — диаметр якоря по воздушному зазору, м; l_a — активная длина якоря, м; n_1, n_2 — частота вращения соответственно ведущей и ведомой частей муфты, об/мин; N — число пар полюсов индуктора; μ — магнитная проницаемость стали якоря в его активном слое, Гн/м; ρ — удельное электрическое сопротивление якоря, Ом·м; k_m — коэффициент, учитывающий поперечные токи в торцах якоря,

$$k_m = 1/\sqrt{1 + K_{\Phi m} D / (\rho l_a)},$$

где $K_{\Phi m}$ — коэффициент, зависящий от отношения переменной составляющей потока к полному потоку; $K_{\Phi m}$ изменяется в пределах 0,18—0,26; l_a — аксиальная длина зуба.

Использование этого уравнения для практических расчетов затруднительно из-за неопределенности величины μ , зависящей от индукции в активном слое якоря и от скорости скольжения. В связи с этим на практике получило распространение определение основных размеров муфты путем использования опытных данных имеющихся конструкций и пересчета их по формулам подобия для проектируемой муфты. Такая методика проектирования муфты изложена в [91]. Здесь из-за громоздкости эта методика не приводится.

Конструкции индукционных муфт

Ввиду большого разнообразия конструкций отечественных и зарубежных муфт здесь приводятся только конструкции муфт общего применения, серийно выпускаемые промышленностью.

В Советском Союзе выпускаются приводы серии ПМС, включающие двигатель, муфту скольжения индукторного типа и автоматический регулятор скорости. Выпускаются также отдельные муфты индукторного типа серии ИМС. Приводы ПМС выпускаются шести типоразмеров для моментов от 1,7 до 30 кгс·м и находят применение в механизмах с постоянным и вентиляторным моментами нагрузки.

На рис. V.31 представлена конструкция привода ПМС с индукционной муфтой трех первых типоразмеров, а на рис. V.32 — трех последующих типоразмеров. Основные технические данные приводов серии ПМС сведены в табл. V.5.

Недостатками привода серии ПМС являются повышенные требования к точности изготовления и затрудненная сборка — разборка. Конструкция привода ПМС-М, в котором отсутствуют указанные недостатки, представлена на рис. V.33.

В отличие от привода ПМС якорь 4 муфты со стороны двигателя опирается на подшипник, закрепленный в корпус 3 муфты, и соединяется с валом двигателя 1 с помощью втулки 2, кулачки которой входят в пазы ступицы якоря. Такое выполнение позволяет производить сборку муфты без двигателя и облегчает центровку якоря 4 и индуктора 7. Бесконтактный синхронный тахогенератор индукторного типа служит для регулирования скорости муфты и состоит из зубчатого ротора 9, закрепленного на ведомом валу 14 муфты, и статора, впрессованного в крышку 8 муфты и состоящего из кольца 10 с рабочей обмоткой на его выступе и диска 11 с обмоткой возбуждения. Ток к обмотке 6, закрепленной в кольце 5, подводится через кольца 13 и щетки, установленные в кожухе 12.

Муфты серии ИМС рассчитаны для работы с асинхронными двигателями, имеющими синхронные скорости 750, 1000 или 1500 об/мин, причем диапазоны регулирования скорости при постоянном моменте нагрузки составляют соответственно 710—100, 950—140 и 1450—200 об/мин. Эти муфты применяются в основном в механизмах с вентиляторным моментом нагрузки.

Конструкция индукторной муфты представлена на рис. V.34, а основные технические данные — в табл. V.6. Особенностью конструкции является открытое исполнение, требующее при монтаже применения защитных ограждений.

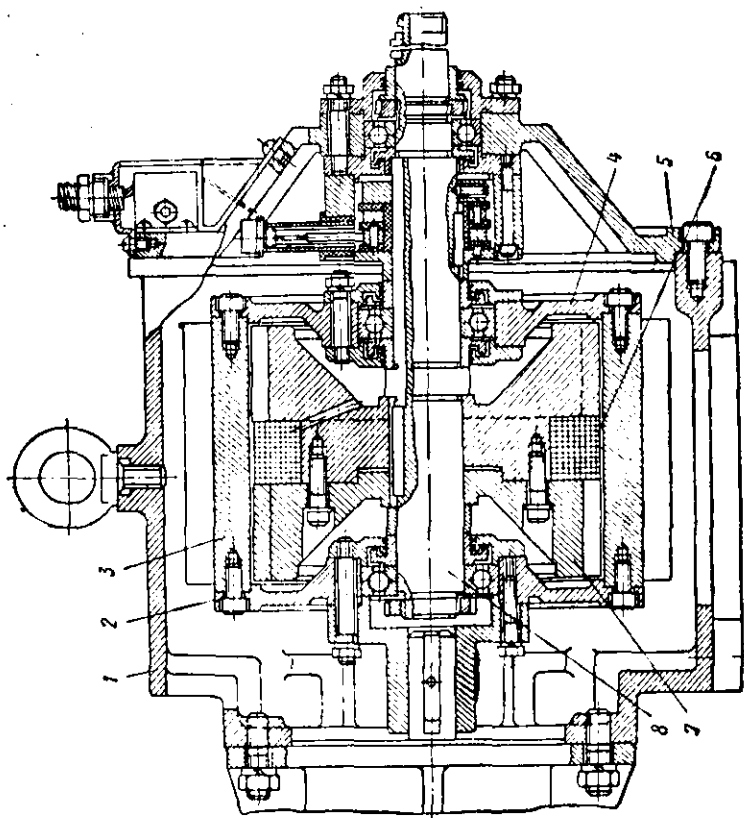


Рис. V.32. Привод в индукционной муфте серии ПМС трех последних типов
размеров:

1 — корпус; 2 и 4 — боковины якоря; 3 — обод якоря; 5 — крышка; 6 — обмотка;
7 — воздушный зазор; 8 — вентиляционный канал

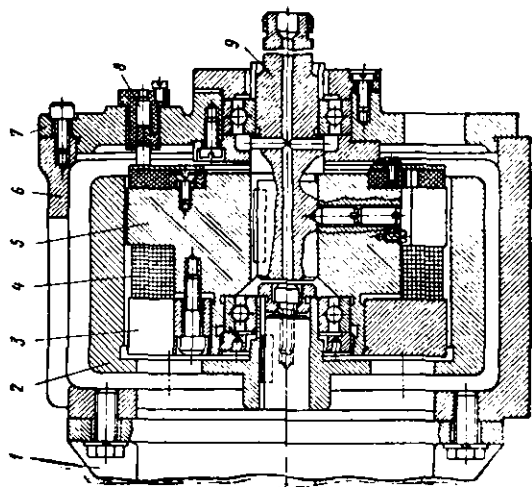


Рис. V.31. Привод с индукционной муфтой
серии ПМС первых трех типов размеров:

1 — делитель; 2 — якорь; 3 и 5 — детали индуктора; 4 — корпус; 6 — крышка; 7 — щетка; 8 — вентиляционный канал; 9 — детали индуктора

Т а б л и ц а У.5. Технические данные приводов серии ПМС

Показатели	ПМС-0,17	ПМС-0,4	ПМС-0,6	ПМС-1	ПМС-2	ПМС-3
Номинальный момент, кгс·м	1,7	4	6	10	20	30
Диапазон регулировки скорости вращения, об/мин	200—1100	200—1200	200—1300	250—1300	250—1300	270—1350
Число витков обмотки	800	770	880	846	880	—
Диаметр провода обмотки, мм	0,51	0,64	0,69	0,86	1,0	—
Сопротивление обмотки, мм	20	15	19	13	12	—
Номинальный ток возбуждения, А	1,2	1,5	1,7	2	2	—
Масса привода, кг	20	45	54	120	145	300
Мощность двигателя, кВт	0,27	0,6	1,0	1,7	2,8	4,5
Частота вращения двигателя, об/мин	1460	1410	1410	1440	1440	1455
Габаритные размеры привода, мм: длина×ширина×высота	410×180×186	453×225×230	531×250×237	750×310×380	795×365×400	980×420×480
Масса двигателя, кг	7	13	17	24	31	45

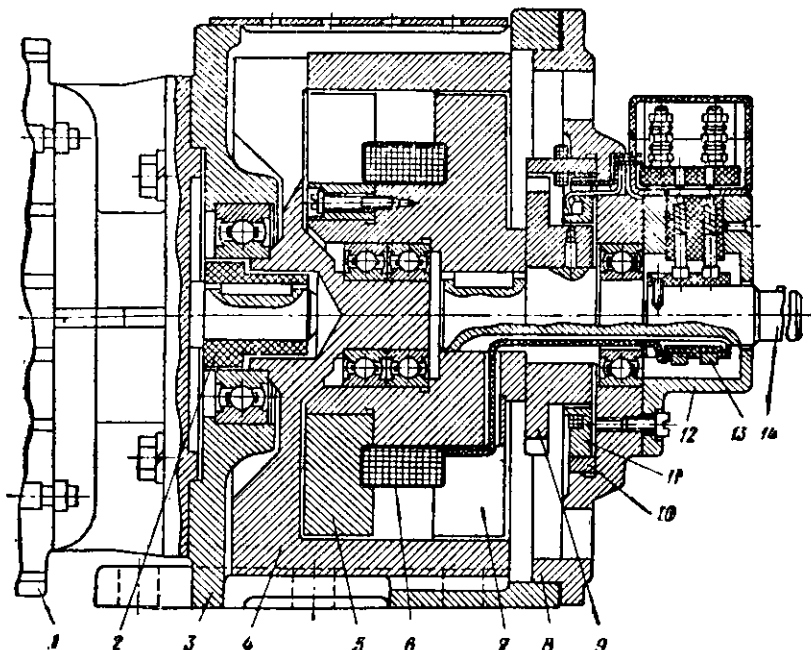


Рис. V.33. Привод с индукционной муфтой серии ПМС-М

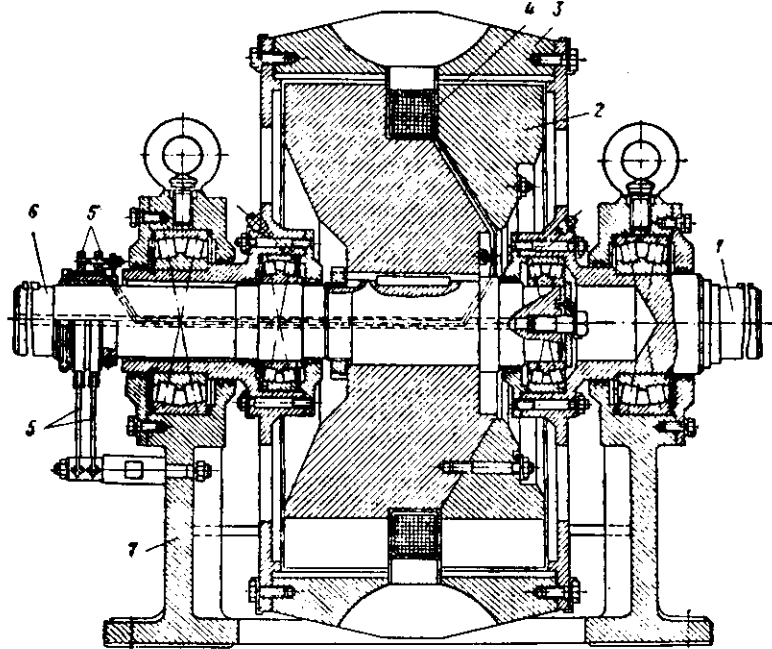


Рис. V.34. Индукторная муфта серии ИМС:

1 — ведущий вал; 2 — индуктор; 3 — якорь; 4 — обмотка; 5 — токоподвод;
6 — ведомый вал; 7 — станина

Т а б л и ц а V.6. Технические данные индукторных муфт серии ИМС

Показатели	ИМС-7	ИМС-20	ИМС-40	ИМС-75	ИМС-100	ИМС-160
Номинальный момент, кгс·м	70	200	400	750	1000	1600
Число витков обмотки	2100	2100	945	945	945	825
Диаметр провода, мм	0,9	0,96	1,4	1,4	1,4	3,28
Сопротивление обмотки, Ом	42	33,8	16,4	16,4	16,4	8,3
Масса обмотки, кг	10	12	22	22	22	47
Номинальный ток возбуждения, А	1,5	4	4	6	6	10
Масса муфты, кг	145	300	590	1170	1323	1737
Габаритные размеры муфты, мм (длина×диаметр)	530×400	613×480	915×560	1075×670	1135×800	1225×800

7. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МУФТ

Магнитопроводы. Выбирать материал для магнитной системы муфты необходимо с учетом назначения муфты. Для быстродействующих муфт применяют материалы с высокой начальной проницаемостью — пермаллой пермендюр. Для магнитопроводов регулируемых муфт наиболее пригодна низкоуглеродистая электротехническая сталь—железо Армо. Магнитопроводы медленнодействующих муфт изготовляют из стали 10. Для муфт, рассчитанных на передачу больших моментов, применяют стали 15 и 20.

Немагнитные детали. К немагнитным деталям муфты относятся крышки, валы, подшипники, крепежные детали и т. д. С целью уменьшения магнитного расстояния эти детали изготовляют из немагнитных и слабомагнитных материалов. Используют маломагнитную сталь аустенитного класса, нержавеющую немагнитную сталь (хромистую, хромоникелевую, хромомарганцевую), а также латунь, дюралюминий и т. д.

Наполнитель. Он помещается в рабочий зазор муфты, состоит из смеси ферромагнитного порошка со смазывающим веществом. В качестве ферромагнитного порошка используется карбонильное железо марок Р-4, Р-8, П-4 (цифры обозначают средний диаметр частиц в микрометрах).

В качестве сухих смазывающих веществ используются тальк, графит, окиси магния и цинка, кварц, стекло с диаметром частиц 0,1—1 мкм. В качестве жидких смазывающих веществ применяются минеральные масла: трансформаторное — для работы при температуре 40—70°С и авиамасла — для работы при 70—100°С, а также синтетические жидкие соединения для работы в области высоких температур.

Уплотнительные материалы. Уплотнения в муфте предназначены для защиты подшипников от попадания частиц наполнителя и предотвращения утечки наполнителя из рабочего зазора. Применяются войлочные или фетровые сальники, графитовые кольца, манжеты из резины и кожи. Используются магнитные ловушки — уплотнения из постоянных магнитов и электромагнитов, задерживающих железные частицы наполнителя.

МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА

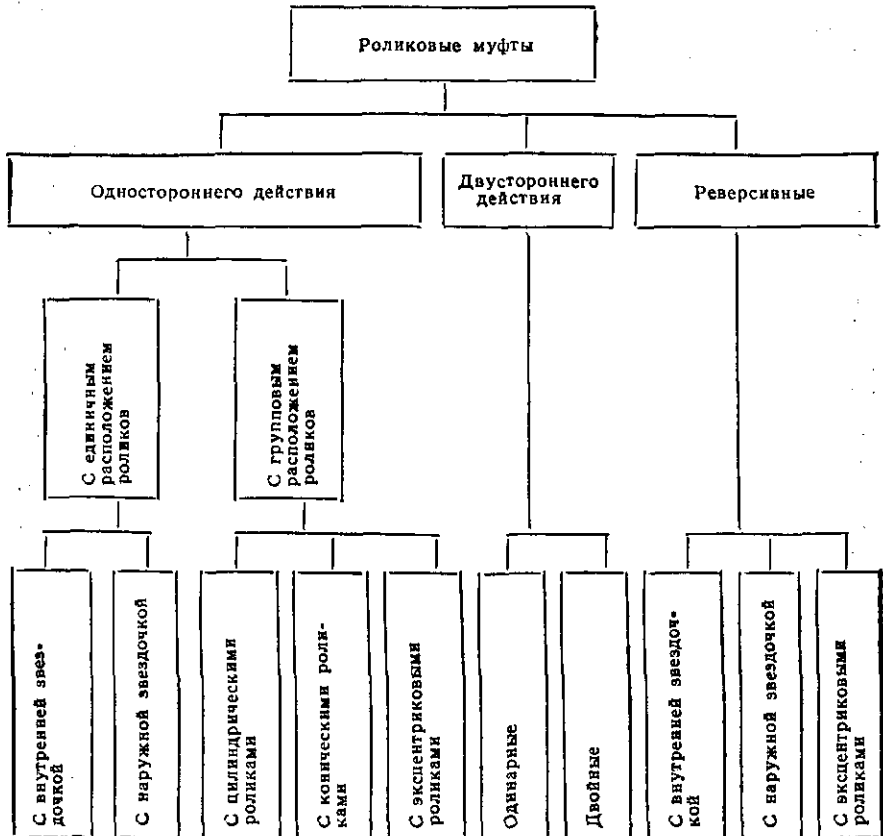
Особенностью муфты свободного хода¹ является передача момента только в заданном направлении и только до тех пор, пока скорости вращения ведущего и ведомого звеньев одинаковы: как только скорость ведомого звена превысит скорость ведущего, муфта автоматически разобщит сцепленные части.

По принципу действия различают два основных 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 используются предпочтительно фрикционные роликовые муфты, передающие незначительные нагрузки при сравнительно малых

Схема

КЛАССИФИКАЦИЯ МУФТ СВОБОДНОГО ХОДА



¹ В литературе встречаются также названия «обгонные муфты», «механизмы свободного хода».

размерах; детали их технологичны, обслуживание сводится к периодической замене смазки, промывке. Диапазон передаваемых ими моментов весьма широк: от 0,1 до 10 000 кгс·м; диаметр посадочного отверстия внутренней обоймы колеблется от 5 до 180 мм, а диаметр отверстия наружной обоймы — от 20 до 580 мм.

Недостатками фрикционных роликовых муфт свободного хода являются: отсутствие ремонтпригодности; обязательность строгой соосности ведущей и ведомой деталей; отсутствие возможности регулирования.

На схеме показана классификация муфт свободного хода [43].

1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФРИКЦИОННЫХ РОЛИКОВЫХ МУФТ

Простейшая роликовая муфта

Схема устройства простейшей роликовой муфты свободного хода представлена на рис. VI.1.

Муфта состоит из обоймы 3, звездочки 1, роликов 4 и прижимных устройств 2. Количество роликов — от 3 до 8, а иногда и больше. При значительной длине

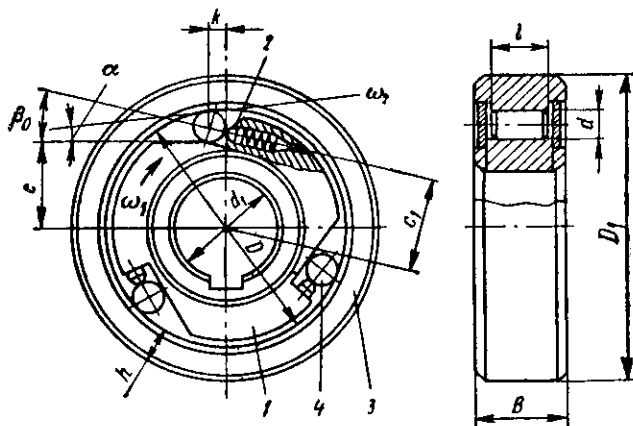


Рис. VI.1. Схема простейшей роликовой муфты свободного хода

ролика может быть установлено по два прижимных устройства на каждый ролик. Известны, впрочем, конструкции муфт, не имеющие прижимных устройств. Во избежание перекоса роликов необходимо применять сепараторы. Обычно внутренняя поверхность обоймы выполняется как поверхность цилиндра. Для получения постоянных по величине углов заклинивания роликов рабочей контактной поверхностью звездочки 1 делается иногда не плоской, а цилиндрической, эксцентричной относительно оси звездочки или профилируется по логарифмической спирали. Однако по соображениям простоты 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. VI.1 ведущей может быть только звездочка, так как только в этом случае при $\omega_1 > \omega_2$ ролик окажется втянутым в сужающуюся часть клина. Главным параметром муфты является угол заклинивания α , обычно $\alpha = 6 \div 10^\circ$. В нормалах ВНИИМаши (1961 г.) принято $\alpha = 6^\circ$.

Геометрические параметры муфты могут быть предварительно определены из следующих соотношений:

$$D \approx 16,6 \sqrt[3]{(M_{расч}/z)},$$

где $M_{расч}$ — расчетный крутящий момент; z — число роликов.

По рис. VI. 1

$$c = [\cos \alpha (D - d) - d]/2, \quad (VI.1)$$

а при обычно принимаемом $D/d \approx 8$

$$c = [d (7 \cos \alpha - 1)]/2;$$

$$\cos \alpha = (2c + d)/(D - d); \quad (VI.2)$$

$$\beta_0 \approx 15^\circ; \quad D_1 = D + 2h; \quad l \approx 1,5d;$$

$$k \approx 0,5 \sqrt{D^2 - 4(c + d)^2}; \quad c_1 = [0,5 (2c + d) - k \operatorname{tg} \beta_0] \cos \beta_0$$

$$h_{\min} = \sqrt{30M_{\text{расч}} (D_1 + D) \varepsilon k_l / (DB f_c [\sigma]_H)},$$

где D , D_1 и B — в мм; f_0 — коэффициент трения скольжения по стали при наличии смазки; для пары сталь—сталь $f_0 \approx 0,06$; $v = 1/(2z) \{z/\pi - \operatorname{ctg} (180^\circ/z)\}$ — коэффициент, учитывающий влияние количества роликов на деформацию обоймы; для стали 20X $[\sigma]_H = 20$ кгс/мм²; k_l — коэффициент, учитывающий влияние радиуса кривизны обоймы на ее деформацию. Для выбора k_l предварительно определяется величина $(D_1 + D)/(4h)$:

k_l	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 можно принимать: для малых муфт $1/5D$, для больших — $1/8D$.

Кинематическая схема одинарной муфты одностороннего действия, соответствующая схеме, приведенной на рис. VI.1, показана на рис. VI.2, а.

Одинарная муфта двустороннего действия (рис. VI.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 обойма 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 двойная двустороннего действия (рис. VI.2, в)

Двойная муфта отличается от одинарной удвоенным числом роликов и рабочих заклинивающих поверхностей. Заклинивание происходит при вращении как звездочки, так и обоймы в любую сторону. Если ведущей является обойма, то полный крутящий момент передается звездочке и ограниченный — вилке в соответствии с сопротивлением последней. Вилка может вести только звездочку, звездочка передает вращение как обойме, так и вилке.

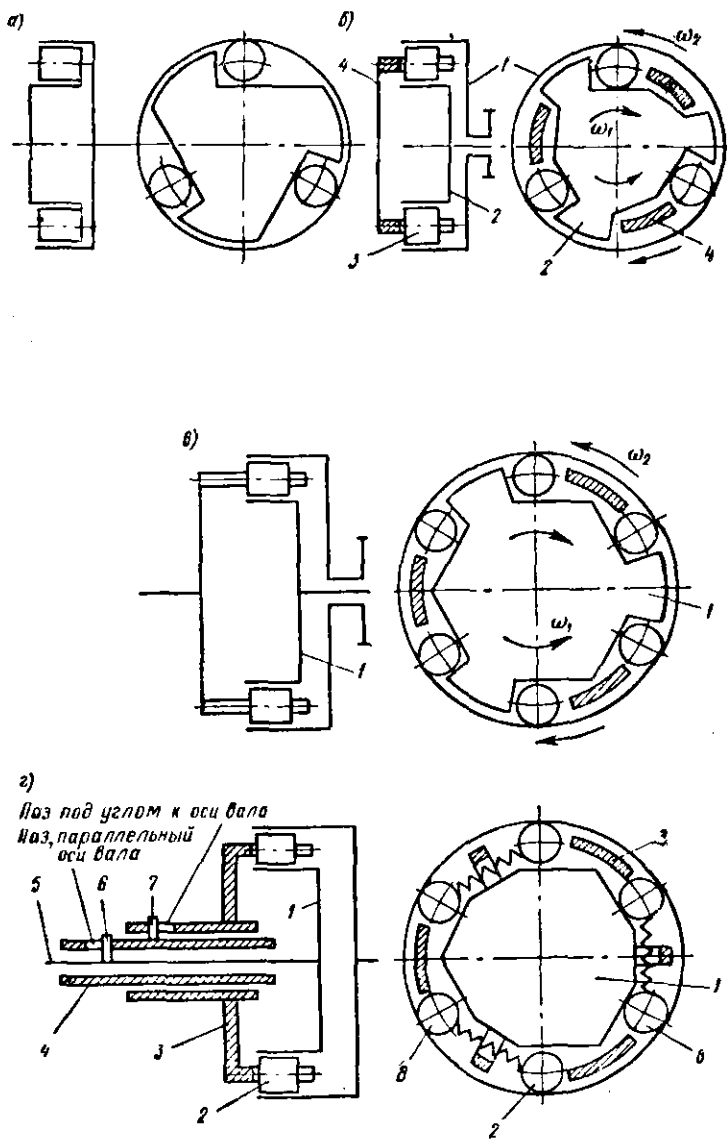


Рис. VI.2. Кинематические схемы роликовых муфт свободного хода

Реверсивная муфта (рис. VI.2, 2)

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 одном 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 той, что расперта пружиной, расположен зуб вилки переключателя 3. Если повернуть и зафиксировать зуб переключателя относительно звездочки так, чтобы он переместил ролик 2 (на правой проекции рис. VI.2, 2) 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 скользкой 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).

2. ГЕОМЕТРИЯ РОЛИКОВЫХ МУФТ

Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. VI.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.

Имеют место соотношения (VI.1) и (VI.2), а также следующие:

$$\cos(\alpha/2) = \sqrt{\{(D + 2c)/[2(D - d)]\}}; \quad (\text{VI.3})$$

$$b = [(D - d)/2] \sin \alpha; \quad c_1 = [(D - d)/2] \sin \beta.$$

Из уравнений (VI.2) и (VI.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 6 и м наибольшее и наименьшее предельные отклонения размеров деталей, то формулу (VI.2) можно записать так:

$$\cos \alpha_m = (2c_6 + d_6)/(D_m - d_6); \quad (\text{VI.4})$$

$$\cos \alpha_6 = (2c_m + d_m)/(D_6 - d_m). \quad (\text{VI.5})$$

Между величинами α 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 (см. нормаль МН 3—61) — табл. VI.1.

Если принять, например, $D = 200$, то $D_M = D_{НОМ} = 200$; $D_6 = 200 + 0,045 = 200,045$; $D_M = 25,0 - 0,014 = 24,986$; $d_6 = d_{НОМ} = 25,0$; $c_M = 74,52 - 0,14 = 74,38$; $c_6 = c_{НОМ} = 74,52$ (для роликов предельное отклонение и разница

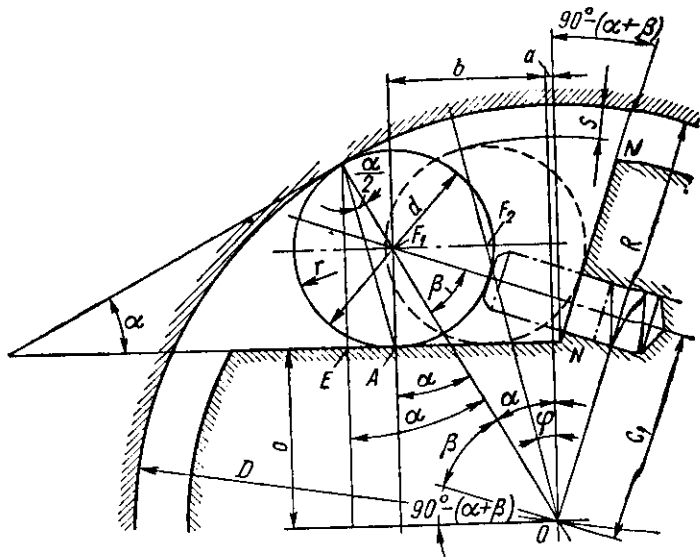


Рис. VI.3. Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки

между $\cos \alpha_M$ и $\cos \alpha_6$ [см. формулы (VI.4) и (VI.5)] составит около 1° . Следует иметь в виду, что кроме погрешностей изготовления на величину угла α оказывают влияние также деформации деталей и их износ.

Т а б л и ц а VI.1. Размеры c и c_1 (мм) с предельными отклонениями

D (пред. откл. по Н7)	c	c_1	D (пред. откл. по Н7)	c	c_1
32	11,92 _{-0,01}	13,0 _{-0,2}	100	36,76 _{-0,06}	40,5 _{-0,5}
40	14,90 _{-0,01}	16,3 _{-0,3}	125	46,20 _{-0,08}	50,8 _{-0,6}
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 _{-0,5}	200	74,52 _{-0,14}	81,5 _{-0,6}
80	29,80 _{-0,04}	32,6 _{-0,5}			

Муфта с цилиндрическими роликами и неплоским профилем рабочей поверхности звездочки

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 не-

которых размеров вследствие износа. На рис. VI.4 изображена муфта, рабочая часть профиля звездочки которой для обеспечения постоянства угла заклинивания очерчена по дуге окружности. Центр этой окружности смещен относительно центра обоймы на величину e . Для построения профиля имеются зависимости:

$$r_0 = D/2 - d = R - 2r; \quad (VI.6)$$

$$e = (D - d) \sin(\alpha/2) = 2(R - r) \sin(\alpha/2). \quad (VI.7)$$

При выбранных D , d , α находим r_0 и e .

С целью увеличения износостойкости наиболее напряженного звена механизма — ролика, диаметр его в конструкции, показанной на рис. VI.4, увеличен по сравнению с подобным механизмом свободного хода по Нормали машиностроения, что вызвало уменьшение величины D/d с 8 до 6,5 при неизменных габаритных размерах механизма.

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 ее конструкции В. Ф. Мальцева [43], показали их высокую долговечность при нагрузках, в семь раз превышающих допускаемые по Нормали машиностроения.

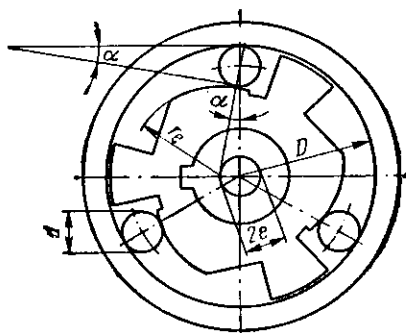


Рис. VI.4. Муфта, рабочая часть профиля которой очерчена по дуге окружности

Муфта с эксцентриковыми роликами (рис. VI.5)

Между двумя цилиндрическими поверхностями наружной и внутренней обойм размещаются эксцентриковые ролики. При условии $\omega_1 > \omega_2$ ролики заклиниваются. Преимущества такой конструкции по сравнению с муфтой с ци-

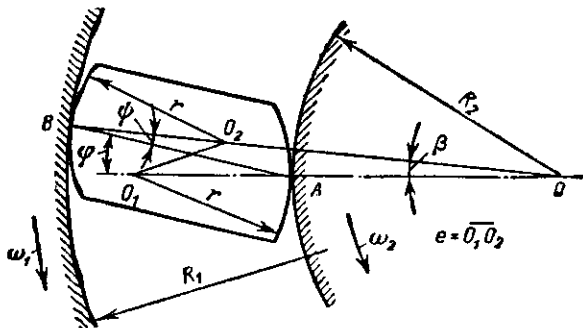


Рис. VI.5. Муфта с эксцентриковыми роликами

линдрическими роликами: а) простота выполнения обеих обойм; б) возможность разместить большее количество заклинивающих тел; в) относительно больший радиус контактирующей поверхности r . Радиусы ролика необязательно должны быть одинаковы; наоборот, для снижения контактных напряжений желательно, чтобы $r_2 > r_1$, где r_2 и r_1 — радиус поверхности ролика, обращенной соответственно к внутренней и наружной обоймам.

В рассматриваемой муфте главным параметром является угол φ (рис. VI.5). Эксцентриситет находим из выражения

$$e = \sqrt{[(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - 2(R_1 - r)(R_2 + r)\cos\beta]}. \quad (VI.8)$$

Вследствие малости угла β можно принять $\cos\beta = 1$; тогда:

$$e = \sqrt{(R_2^2 + 4r^2 + R_1^2 + 4rR_2 - 4rR_1 - 2R_1R_2)} = R_2 + 2r - R_1; \\ \sin\varphi = OB \sin\beta / (AB) = R_1 \sin\beta / \sqrt{(R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos\beta)}. \quad (VI.9)$$

Величина $\cos\beta$ может быть найдена из (VI.8)

$$\cos\beta = [(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - e^2] / [2(R_1 - r)(R_2 + r)].$$

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 VI.2.
Допускаемые напряжения

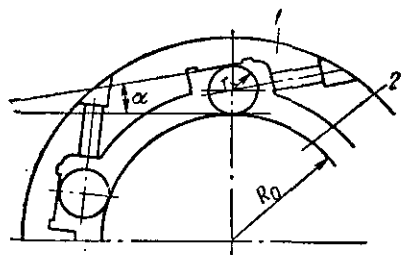


Рис. VI.6. Муфта с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности

z	Число циклов нагружения	$[\tau]$, кгс/см ²
3 5	$(26+32) 10^6$ $(30+40) 10^6$	3500
3 5	$(14+16) 10^6$ $(16+20) 10^6$	5000
3 5	$(8+10) 10^6$ $(9+14) 10^6$	6200

Полагаем, что модули упругости материалов звездочки, обоймы и ролика одинаковы, т. е. $E_3 = E_0 = E_p = E$. Тогда для муфты с внутренней звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности, касательное напряжение в зоне контакта ее с роликом:

$$\tau_{\max} = 0,142 \sqrt{M_{\text{расч}} E / [R l r z \operatorname{tg}(\alpha/2)]}; \quad (VI.10)$$

$$M_{\max} = 50 [\tau]^2 R l r z \operatorname{tg}(\alpha/2) / E. \quad (VI.11)$$

Для муфты с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности (рис. VI.6), напряжение в зоне контакта ролика со звездочкой 1

$$\tau_3 = 0,142 \sqrt{M_{\text{расч}} E / [R_0^2 l r z \operatorname{tg}(\alpha/2)]}. \quad (VI.12)$$

Напряжение в зоне контакта ролика с обоймой 2

$$\tau_0 = 0,142 \sqrt{M_{\text{расч}} E (R_0 + r) / [R_0^2 l r z \operatorname{tg}(\alpha/2)]}. \quad (VI.13)$$

В формуле (VI.13) $R_0 r / (R_0 + r)$ — приведенный радиус кривизны. Напряжения τ_3 и τ_0 неодинаковы: $\tau_3 < \tau_0$. Однако для муфт с частым включением решающее значение по признаку износа все же может иметь τ_3 [формула (VI.12)]. В формулах (VI.12) и (VI.13) R_0 — радиус внутренней обоймы (рис. VI.6).

Из (VI.12) и (VI.13) получаем максимально допустимый момент:

$$M_{\max} = 50 [\tau]^2 R_0 l r z \operatorname{tg} (\alpha/2) / E; \quad (\text{VI.14})$$

$$M_{\max} = 50 [\tau]^2 R_0^2 l r z \operatorname{tg} (\alpha/2) / [E (R_0 + r)]. \quad (\text{VI.15})$$

Для муфты с эксцентриковыми роликами (рис. VI.5):

$$\tau = 0,142 \sqrt{[M_{\text{расч}} E (R_2 + r) / (R_2^2 l r z \operatorname{tg} \varphi)];} \quad (\text{VI.16})$$

$$M_{\max} = 50 [\tau]^2 R_2^2 l r \operatorname{tg} \varphi / [E (R_2 + r)]. \quad (\text{VI.17})$$

Величина допускаемого напряжения $[\tau]$ зависит от числа циклов нагружения и может быть выбрана из табл. VI.2 [43].

В формулах (VI.10) — (VI.17) расчетный момент

$$M_{\text{расч}} = M_{\text{ном}} (k_d + k_p) k_T,$$

где $M_{\text{ном}}$ — 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.

Значения коэффициентов приведены в табл. VI.3 [43].

Т а б л и ц а VI.3. Значения коэффициентов k_d , k_p , k_T

Тип соединяемых муфт агрегатов и профиль звездочки	Коэффициенты
	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

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МУФТ И МАТЕРИАЛОВ ИХ ДЕТАЛЕЙ

Нормальная, т. е. безотказная 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 процессов.

Для муфт с цилиндрическими роликами условие самозаклинивания имеет вид

$$\alpha < 2\rho, \quad (VI.18)$$

где ρ — угол трения скольжения.

Условие саморасклинивания

$$\alpha \geq 2\rho. \quad (VI.19)$$

Условие самозаклинивания муфты с эксцентриковыми роликами

$$\varphi < \rho \quad (VI.20)$$

Принимают $\varphi \leq 4^\circ$.

В табл. VI.4 и VI.5 [43] приведены рекомендуемые величины угла заклинивания, числа роликов и значения параметров k_1 и k_2 : $k_1 = D/d$; $k_2 = l/d$, где D — диаметр расточки обоймы; l — длина ролика; d — диаметр ролика.

При использовании в качестве тел заклинивания роликов стандартных подшипников можно пользоваться табл. VI.6, в которой указаны предельные отклонения диаметров и длин роликов [6].

Угол установки оси прижимного устройства в среднем можно рекомендовать около 15° , т. е. $\alpha + \beta = 75^\circ$.

Т а б л и ц а VI.4. Рекомендуемые углы заклинивания

Разновидности службы муфт	Угол заклинивания, ...°		
	Прямолинейный профиль звездочки		Криволинейный профиль звездочки
	внутренней	наружной	
Зажимные 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

Ось прижимного штифта должна быть направлена через центр ролика. Сила пружины, действующая на ролик, должна обеспечивать постоянное прижатие ролика к обойме и звездочке. Приблизительно $P = m\omega^2 (R - r) \sin \rho$, где m — масса ролика; ω — угловая скорость звездочки; $R - r = R_0$ — радиус расположения центра ролика, м; ρ — угол трения (скольжения).

Большую роль в обеспечении долговечности и надежности муфт играет шероховатость поверхности контактирующих поверхностей звездочки, обоймы и ролика. При скоростях $v_{отн} < 6$ м/с рекомендуется шероховатость поверхности не ниже 8-го класса, при $v_{отн} > 6$ м/с — 10-го класса.

Сплошной закалке надо предпочесть цементацию с закалкой или закалку с нагревом ТВЧ, чтобы твердость сердцевины была в пределах HRC 35—45.

Т а б л и ц а VI.5. Число роликов z и параметры k_1 и k_2

Вид привода, устройства или машины	z	k_1	k_2
Токарные автоматы	3—6	7—9	1,5—3
Импульсные вариаторы	5—8	5—6	2—4
Роликовые остановы транспортеров и подъемных машин	3—4	8	1,25—1,5
Привод нагнетателя авиационного двигателя	8—10	7—9	1,0—1,25
Трансмиссии автомобилей	8—20	9—15	1,5—3
Втулка велосипеда	5	6	2
Автомобильные пусковые устройства	4—5	5—6	1,25—1,5
Самозажимные роликовые патроны и оправки	3	6—8	1,5

Т а б л и ц а VI.6. Предельные отклонения параметров роликов

Группа роликов	Интервал диаметров роликов, мм		Допускаемые отклонения (для всех степеней точности), мкм	
	свыше	до	по диаметру	по длине
Высший класс (В)	—	10	—10	—16
Повышенный класс (П)	10	50	—20	—20
Нормальный класс (Н)	—	50	—30	—30
Разного назначения (Р)	—	50	—50	—50
	—	50	—100	—100

Для обоймы применяют сталь 20Х с глубиной δ цементации (HRC 59—60) 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—1,5	1,5—1,8

Реже используются стали: 40Х (HRC 48), 12Х3 (HRC 59), У10 (HRC 60—64), ШХ15 (HRC 59—64), 12ХН3А (HRC 59—62), 20ХГНР (HRC 60—63).

Для звездочки, рабочий участок которой в большей степени подвержен усталостному разрушению, чем 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 (HRC 59—60) с указанной глубиной цементации; реже применяются стали 40Х (HRC 48—53), У10 (HRC 61), ШХ15 (HRC 59—63), 12ХН3А (HRC 60—62), 20ХГНР (HRC 59—63).

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 (HRC 59—63), У8А (HRC 60—62), У10А (HRC 59—62), ХВГ (HRC 62).

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 они вполне могут быть применены для звездочек с профилем по рис. VI.4. Обычно для роликов применяют сталь ШХ15, термически обрабатывая ее так же, как она обрабатывается для роликоподшипников до $HRC\ 59-63$. При небольшом числе включений используют сталь У8 ($HRC\ 55-58$). Применяются также стали У8А ($HRC\ 60-62$), У10А ($HRC\ 59-62$), ХВГ ($HRC\ 62$).

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 соединяемых валов 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 непрерывный подвод и отвод масла. Рекомендуется применять жидкие масла с низкой вязкостью: $(1,5-5) E_{50}^{\circ}$ (индустриальное 20). Для успешного проникновения масла к контактирующим площадкам предпочтительнее конструкции муфты с наружной звездочкой.

При невысоких окружных скоростях и редких включениях могут применяться пластичные смазки, такие же, как в подшипниках качения: солидол, консталин и т. п. Предпочтение следует отдавать смазкам, допускающим более высокую рабочую температуру (до $130^{\circ}C$).

5. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ МУФТ

Разнообразие задач, решаемых с помощью роликовых муфт, и требований к ним обусловило появление большого числа различных конструкций этих муфт.

Роликовая муфта общего назначения с сепаратором представлена на рис. VI.7 (табл. VI.7). На рис. VI.8 показана муфта с большим количеством роликов и

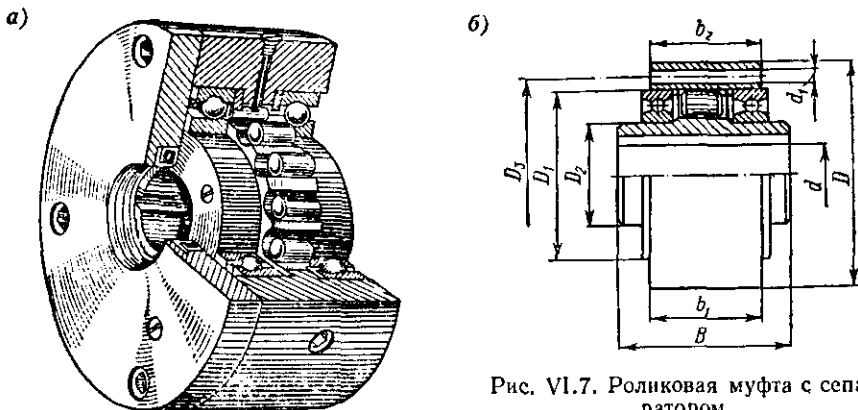


Рис. VI.7. Роликовая муфта с сепаратором

общим сепаратором. На рис. VI.9 — пятироликовая муфта ЦВКМ (Москва) со вставками из твердого сплава на звездочке; применяется в автомате для гибки полуэвнев.

На рис. VI.10 изображена муфта, большую часть времени работающая на холостом (свободном) ходу. Обойма смазывается окунанием. Неподвижный корпус удерживает обойму 1 от поворота пальцем 2 с зазором, входящим в углубление в теле обоймы. Плавающая обойма допускает некоторый перекося вала 3 относительно корпуса.

На рис. VI.11 представлена муфта стартера, широко используемая для запуска двигателей внутреннего сгорания. Здесь в качестве ведомого звена использована обойма 2, выполненная как одно целое с приводной шестерней 1. Звездочка 6 имеет полый хвостовик, снабженный винтовыми шли-

Т а б л и ц а VI.7. Основные размеры муфт, мм (рис. VI.7)

М _{кр} , кгс·м	л, об/мин	d	D	B	D ₁	D ₂	D ₃	z	d ₁	b ₁	b ₂	Масса, кг
1,0	6500	12	62	42	42	20	51	3	5,8	20	27	0,48
2,5	6000	15	68	52	47	25	56	3	5,8	30	34	0,80
5,0	5200	20	75	57	55	30	64	4	5,8	34	39	1,10
8,0	4200	25	90	60	68	40	78	4	7,0	37	42	1,70
13,0	3800	30	100	68	75	45	87	6	7,0	44	49	2,40
20,0	3600	35	110	74	80	50	96	6	7,0	48	51	3,10
27,0	3200	40	125	86	90	55	108	6	9,0	56	62	4,60
40,0	3000	45	130	86	95	60	112	8	9,0	56	62	4,80
61,0	2600	50	150	92	110	70	132	8	9,0	63	69	7,30
76,0	2500	55	160	104	115	75	138	8	11,0	67	73	8,80
110,0	2300	60	170	115	125	80	150	10	11,0	78	84	11,30
164,0	2000	70	180	134	140	90	160	10	11,0	95	103	14,20
260,0	1800	80	200	144	160	105	180	10	11,0	100	108	19,80
400,0	1600	90	230	158	180	120	206	10	13,0	115	125	30,00
530,0	1350	100	270	182	210	140	240	10	17,0	120	131	45,00
800,0	1200	120	310	202	240	160	278	12	17,0	140	152	67,00
1600,0	900	150	400	245	310	200	360	12	22,0	180	196	144,00

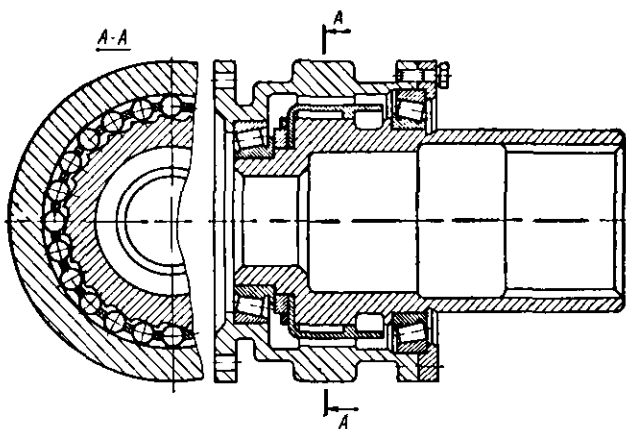


Рис. VI.8. Муфта с большим количеством роликов

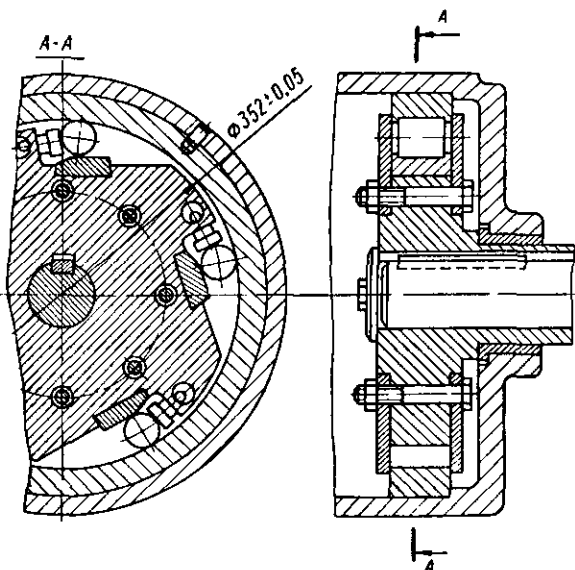


Рис. VI.9. Пятироликсовая муфта ЦБКМ

цами, которыми она сопрягается с валом электродвигателя. В осевом направлении ролик 5 и звездочка фиксируются щекой 4; последняя стопорится развальцованным на обойме кольцом 3.

На рис. VI.12 приведена бесконтактная муфта. При достижении звездочкой (в данном случае наружной) известной скорости ролики под действием центро-

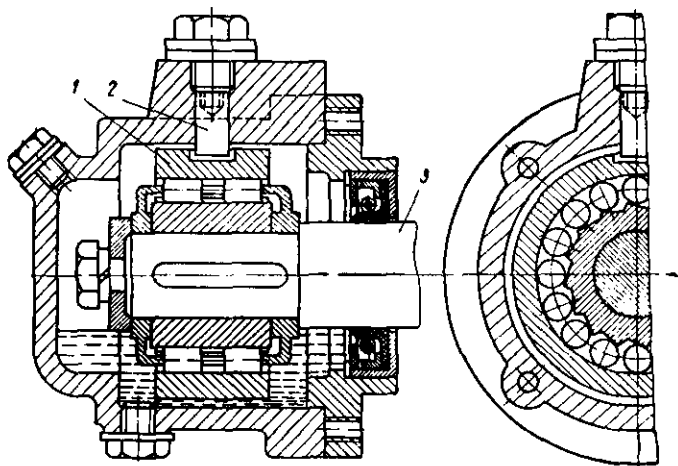


Рис. VI.10. Муфта с плавающей обоймой

бежной силы займут положение, обеспечивающее зазор S , и будут двигаться без контакта с внутренней обоймой, что снизит потери в механизме муфты. Этот зазор будет сохраняться в течение всего свободного хода. При снижении скорости движения ведущего элемента муфта автоматически включится.

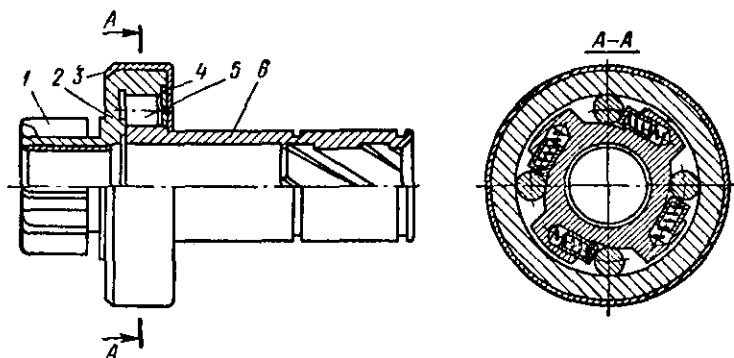


Рис. VI.11. Муфта стартера

На рис. VI.13 показана муфта с большим количеством эксцентриковых роликов. Ролики 3 (рис. VI.13, а) с торцов имеют пазы, выполненные так (рис. VI.13, б), что общая браслетная пружина 2 всегда стремится повернуть ролики в состоянии 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 наклонят их в сторону, обратную заклиниванию. Муфта заклинивается при угловой относительной скорости внешней обоймы, направленной против часовой стрелки.

Бесконтактная муфта с эксцентриковыми роликами приведена на рис. VI.14. Сепаратор 4 (рис. VI.14, а), неподвижно соединенный с внешней обоймой 2, имеет гнезда, в которых установлены эксцентриковые ролики 3 с прижимным

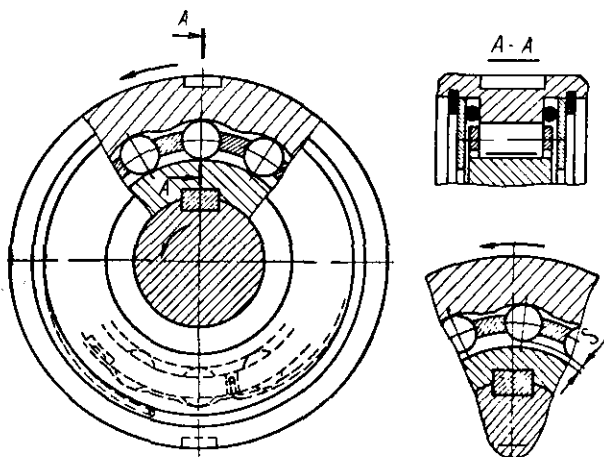


Рис. VI.12. Бесконтактная муфта

устройством, состоящим из пружины 5 и толкателя 6. При достижении обоймой 2 известной угловой скорости (200 об/мин и более) центробежная сила, действующая на ролики, поворачивает их и прижимает к наружной обойме (рис. VI.14, б),

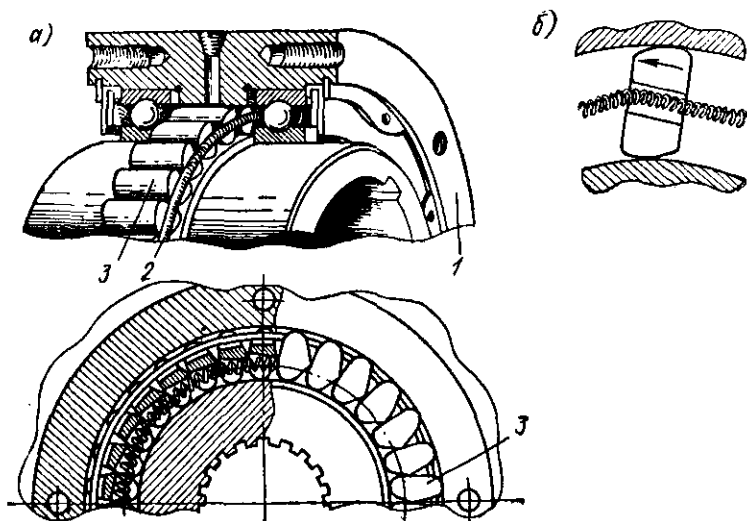


Рис. VI.13. Муфта с большим количеством эксцентриковых роликов

обеспечивая необходимый для свободного хода зазор $S = 0,2 \pm 0,3$ мм. Для успешной работы муфты необходима строгая соосность обойм 1 и 2: это может быть достигнуто установкой системы пассивных цилиндрических роликов между эксцентриковыми (рис. VI.14, в) или опиранием внешней обоймы на подшипники

жачения. Муфта предназначена для движения в период свободного хода с большими скоростями (до 30 000 об/мин).

На рис. VI.15 показана муфта с составными эксцентриковыми роликами. Устройство и действие этой муфты основано на следующем. Цилиндрические ролики диаметром d разрезаны плоскостью вдоль геометрической оси так, что суммарный размер двух полуроликов, измеренный по перпендикуляру к плоскости разреза, несколько больше, чем d . Тогда, если $0,5(D_1 - D_2) = d$, при повороте роликов против часовой стрелки произойдет их заклинивание в пространстве между обоймами (D_1 — внутренний диаметр наружной обоймы 4 и D_2 — наружный диаметр обоймы 5). Полуролики 2 несколько короче полуроликов 1:

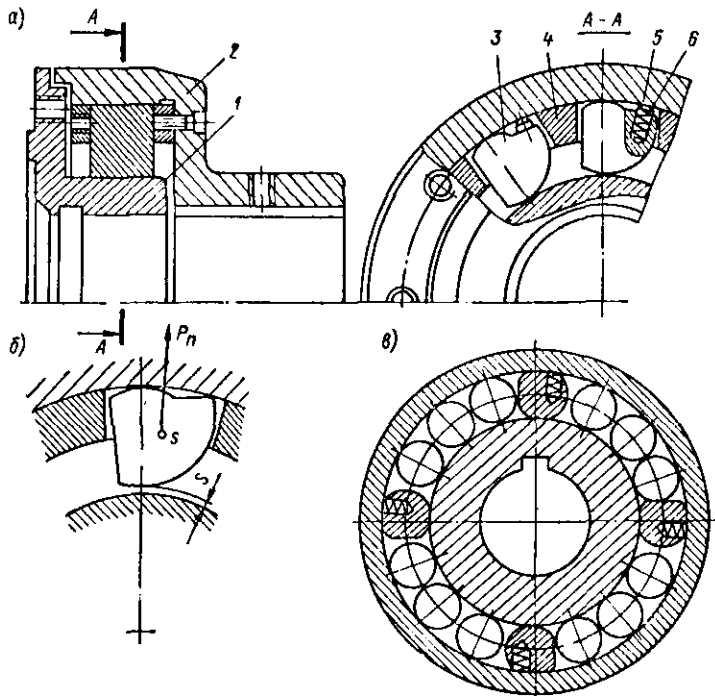


Рис. VI.14. Бесконтактная муфта с эксцентриковыми роликами

настолько, чтобы на выступающие концы последних могла быть надета общая браслетная пружина 3. Под действием этой пружины и трения скольжения обоймы 4 по полуроликам 2 и происходит заклинивание (обойма 4 должна вращаться против часовой стрелки).

На рис. IV.16 показана двусторонняя муфта свободного хода. Реверс этой муфты достигается с помощью жидкости, поступающей под некоторым давлением через канал b (b') в полость a (a'). Действуя на поршеньки-вкладыши 1 (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 вести: звездочка 4, вращающаяся против часовой стрелки, обойма 9, вращающаяся по часовой стрелке. Одновременное перемещение группы роликов 8 (или 6) достигается тем, что поршеньки-вкладыши 1 (или 5) соединены с шайбой 2 (или 3).

На рис. VI.17 (табл. VI.8) показан конструктивный вариант муфты, подобной приведенной на рис. VI.15.

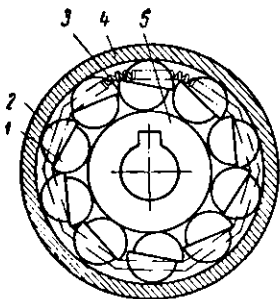


Рис. VI.15. Муфта с составными эксцентриковыми роликами

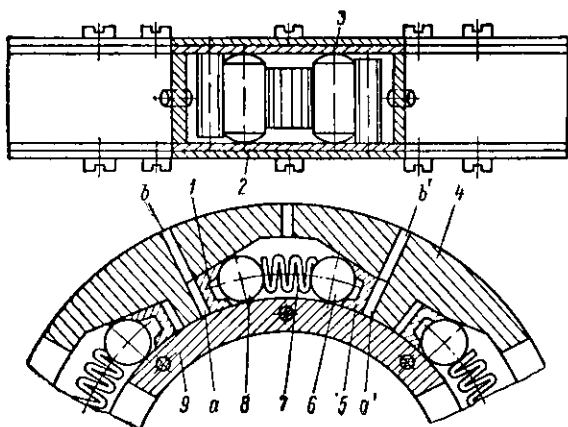


Рис. VI.16. Двусторонняя муфта свободного хода

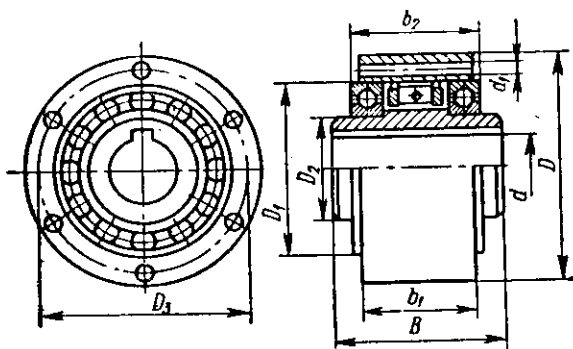


Рис. VI.17. Вариант бесконтактной муфты

Т а б л и ц а VI.8. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VI.17)

$M_{кр}$, кгс·м	n , об/мин	d	D	B	D_1	D_2	D_3	z	d_1	b_1	b_2	Масса, кг
5,0	6000	20	90	60	68	30	78	4	7	37	42	1,40
8,5	5200	25	100	68	75	40	87	6	7	44	49	2,00
14,0	5000	30	110	74	80	45	96	6	7	48	54	2,80
17,0	4500	40	125	86	90	55	108	6	9	56	62	4,10
25,0	4200	45	130	86	95	60	112	8	9	55	62	4,40
35,0	3600	50	150	92	110	70	132	8	9	63	69	6,80
41,0	3300	55	160	104	115	75	138	8	11	67	73	8,00
90,0	3100	60	170	114	125	80	150	10	11	78	84	10,70
130,0	2800	70	180	134	140	90	160	10	11	95	103	13,00
240,0	2300	80	200	144	160	105	180	10	11	100	108	18,00
320,0	2000	90	230	158	180	120	206	10	13	115	125	27,00
470,0	1800	100	270	182	210	140	240	10	17	120	131	42,00

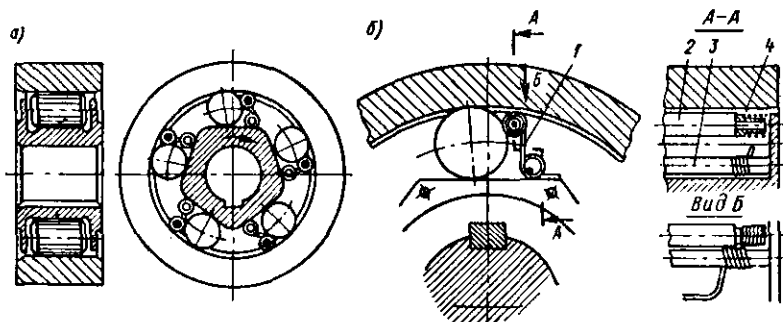


Рис. VI.18. Роликовая муфта фирмы «Мальмеди»

На рис. VI.18, а изображена роликовая муфта фирмы «Мальмеди», отличительными чертами которой являются высокие борта звездочки, ролики, фиксирующие в осевом направлении, и прижимные устройства особой конструкции. Витая пружина 1 (рис. VI.18, 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 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. VI.19—VI.22 (табл. VI.9 и VI.10) представлены конструкции роликовых обгонных муфт, изготавливаемых фирмой «Мальмеди» (ФРГ). Муфта по этим таблицам подбирается в зависимости от величины передаваемого момента, последний же определяется с учетом условий эксплуатации муфты следующим образом: $M_{расч} = M_{ном}k$.

Коэффициент k зависит от режима работы муфты:

Для нормального режима с плавным ходом механизма (без толчков)	1,0
При работе с умеренными толчками	1,3—1,5
Для тяжелого режима с резкими толчками	1,8—2,0

Муфты изготавливаются следующих четырех типов:

1) тип Nü (рис. VI.19) — для работы в закрытых коробках передач, т. е. там, где обеспечена смазка муфты. Необходима строгая соосность обоймы и корпуса внутренней звездочки;

Т а б л и ц а VI.9. Размеры (мм) и параметры муфт (рис. VI.19—VI.20)

Обозначение	М _{кр.} кгс.м	V _н об/мин	d	D	B	L ₁	Масса, кг			F для РВ и WU	Для WП		
							N0	R0	WП		L ₂	A	F
Nū—Rū—Wū6	6	3080	20	90	44	48	1,8	3,0	3,0	64	35	93	29
Nū—Rū—Wū9	9	2560	25	105	52	56	2,8	4,1	4,4	72	42	108	36
Nū—Rū—Wū12	12	2390	30	110	46	50	2,8	4,5	4,9	66	42	103	37
Nū—Rū—Wū16	16	2120	35	125	53	58	4,0	6,0	6,7	73	48	117	44
Nū—Rū—Wū25	25	1740	40	145	57	62	5,6	8,5	9,5	77	52	125	48
Nū—Rū—Wū34	34	1660	45	155	65	70	7,8	11,0	12,5	85	60	142	57
Nū—Rū—Wū48	48	1470	55	170	67	72	9,0	13,2	15,8	91	70	156	65
Nū—Rū—Wū68	68	1270	65	195	70	76	12,5	18,0	22,0	94	75	164	70
Nū—Rū—Wū100	100	1120	70	220	90	220	20,5	28	33,5	114	95	205	91
Nū—Rū—Wū145	145	960	80	255	92	102	29	41	48	120	100	216	96
Nū—Rū—Wū210	210	910	90	270	106	116	35	48	56	134	116	246	112
Nū—Rū—Wū290	290	800	100	305	110	122	52	70	84	138	122	258	120
Nū—Rū—Wū400	400	735	110	330	133	145	65	90	119	165	145	306	141
Nū—Rū—Wū570	570	620	120	380	144	157	98	125	160	176	157	330	154

2) тип Rū (рис. IV.20) — звездочка насаживается на ведущий вал, обойма соединяется (или выполняется за одно целое) с ведомой шестерней или шкивом клиноременной передачи;

3) тип Wū (рис. VI.21) — для соединения двух соосных валов. Особое внимание обращается на недопустимость несоосности и непараллельности валов. При невозможности гарантировать соблюдение этих требований рекомендуется конструкция Rū в комбинации с эластичной муфтой и упругими элементами, компенсирующими погрешности установки;

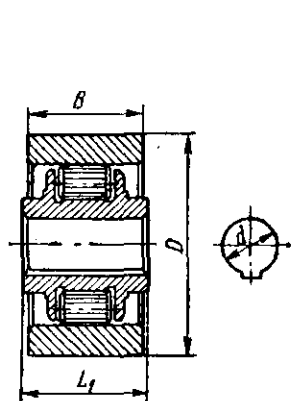


Рис. VI.19. Муфта типа Nū

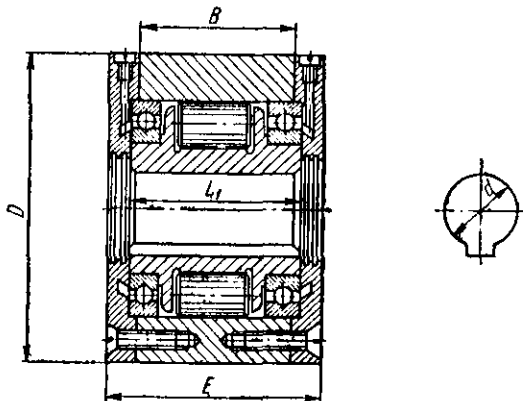


Рис. VI.20. Муфта типа Rū

Т а б л и ц а VI.10. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VI.22)

Обозначение	$M_{кр}$, кгс·м	n , об/мин	D	L_1	L_2	d_1	d_2	c	K	Масса, кг
Sū6	6	2380	110	30	30	32	20	7	42	2,6
Sū9	9	2380	110	32	30	32	22	7	42	2,8
Sū14	14	1920	125	38	35	42	25	8,5	58	3,9
Sū20	20	1920	125	40	35	42	28	8,5	58	4,1
Sū30	30	1520	150	48	35	52	32	8,5	70	5,7
Sū38	38	1520	150	50	35	52	35	8,5	70	5,8
Sū60	60	1200	190	60	45	68	40	8,5	90	12,1
Sū78	78	1200	190	62	45	68	42	10	90	12,3
Sū96	96	1100	200	68	45	68	45	10	95	15,1
Sū105	105	1000	210	70	58	75	48	11	98	17,6
Sū128	128	1000	210	75	58	75	52	11	98	18,0
Sū168	168	950	235	80	58	80	55	11	105	24,5

4) тип Sū (рис. VI.22) применяется в качестве стопора обратного хода. Внутренняя звездочка надежно фиксируется на корпусе коробки передач, двигателя и т. п. Обойма и звездочка строго центрируются.

В качестве ведомого звена во всех случаях, за исключением конструкции Sū, рекомендуется наружная обойма, особенно для быстроходных муфт.

Муфты свободного хода BSD-1 (рис. IV.23, табл. VI.11) и BSD-2 (рис. VI.24, табл. VI.12) имеют подобно муфтам «Мальмеди» несколько различных конструкций и типоразмеров. Ролики муфт снабжены индивидуальными прижимными устройствами. Поскольку звездочка является симметричной деталью, муфта может быть использована для работы в обе стороны. Муфты обозначаются рядом

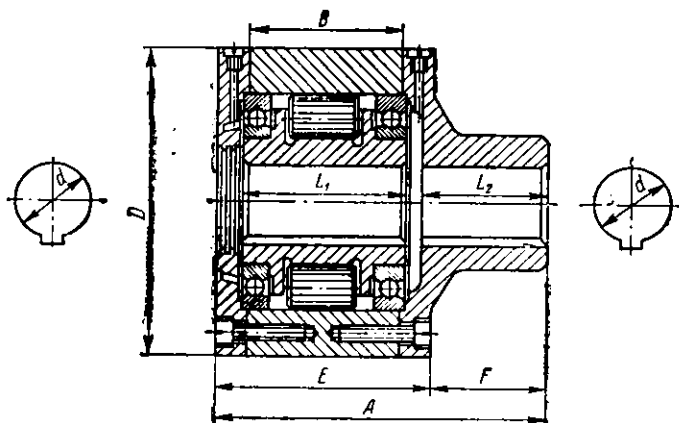


Рис. VI.21. Муфта типа Wü

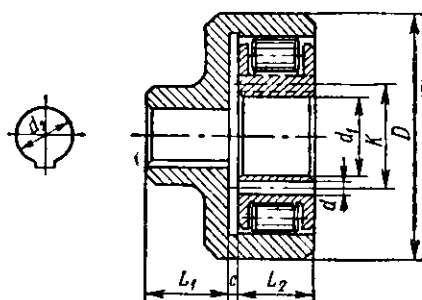


Рис. VI.22. Муфта типа Sü

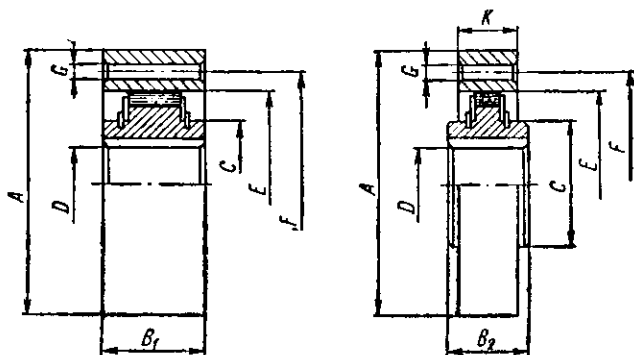


Рис. VI.23. Муфта свободного хода BSD-1

Т а б л и ц а VI.11. Размеры (мм) и параметры муфт (рис. VI.23)

Тип 20 *	Тип 200*	н. об/мин	Масса, кг		А	В ₁	В ₂	С	D	E	F	G	Кол- чество болтов	К
			Тип 20	Тип 200										
—	1,0	1800	—	0,6	60	—	26	20	12	42	50	4,5	4	20
4,0	1,6	1700	0,9	0,7	67	24	26	25	16	47	56	5,5	4	20
6,3	2,5	1600	1,2	0,9	80	38	32	30	20	55	68	5,5	4	26
10,0	4,0	1500	1,7	1,3	95	42	32	40	25	68	82	5,5	6	26
16,0	6,3	1400	2,8	2,3	105	42	34	45	28	75	90	6,5	6	26
25,0	10,0	1250	3,6	2,7	125	52	39	55	35	90	107	6,5	6	31
40,0	16,0	1100	5,1	3,9	135	52	39	60	40	95	115	8,5	6	31
63,0	25,0	960	5,8	4,2	150	60	43	70	43	110	130	11,0	6	33
100,0	40,0	840	12,0	8,5	180	74	50	85	55	130	155	11,0	6	40
160,0	63,0	745	17,0	13,0	210	76	56	100	70	150	180	13,0	6	44
250,0	100,0	635	27,0	22,0	245	85	68	120	80	180	214	13,0	8	54
400,0	160,0	550	37,0	30,0	280	100	79	140	95	210	245	17,0	8	63
630,0	250,0	480	58,0	47,0	320	115	92	160	110	240	280	22,0	8	74
1000,0	400,0	420	88,0	73,0	370	140	116	180	130	280	325	22,0	8	94
1600,0	—	360	128,0	—	410	160	—	200	140	310	360	26,0	8	—
2500,0	—	320	190,0	—	460	180	—	220	160	340	400	32,0	8	—
4000,0	—	150	280,0	—	560	180	—	300	210	440	500	32,0	12	—
6300,0	—	100	420,0	—	680	230	—	330	230	520	605	32,0	16	—

* Числовое обозначение типа муфты одновременно является величиной передаваемого крутящего момента, кгс·м.

Т а б л и ц а VI.12. Размеры (мм) и параметры муфт (рис. VI.24)

Типы 21, 22 *	л. об/мин	Масса, кг	А	В	С		D	F	F		G	H	IX Ø
					Тип 21	Тип 22			Тип 21	Тип 22			
4,0	1700	1,8	67	60	1,0	64	16	34	77	44	50	3	4×M5
6,3	1600	2,4	80	68	1,5	71	20	38	90	56	68	3	4×M5
10,0	1500	3,5	95	72	1,5	75	25	42	105	65	82	3	6×M5
16,0	1400	5,1	105	75	1,5	78	28	42	115	75	90	3	6×M6
25,0	1250	7,2	125	87	1,5	90	35	52	135	86	107	3	6×M6
40,0	1100	9,2	135	87	1,5	92	40	52	145	90	115	4	6×M8
63,0	960	11,0	150	100	1,5	105	45	60	160	105	130	4	6×M10
100,0	840	19,0	180	116	2,0	120	55	74	190	130	155	4	6×M10
160,0	745	28,0	210	120	2,0	124	70	76	220	150	180	4	6×M12
250,0	635	44,0	245	140	2,0	146	80	85	255	185	214	5	8×M12
400,0	550	62,0	280	158	2,5	163	95	100	290	210	245	5	8×M16
630,0	480	95,0	320	180	2,5	185	110	115	330	238	280	5	8×M20
1000,0	420	150,0	370	216	2,5	223	130	140	380	280	325	6	8×M20
1600,0	360	205,0	410	240	2,5	247	140	160	420	310	360	6	8×M24
2500,0	320	295,0	460	262	3,0	268	160	180	470	340	400	6	8×M30
4000,0	150	428,0	560	295	3,0	309	210	180	570	435	500	10	12×M30
6300,0	100	610,0	680	345	3,0	359	230	230	690	535	605	10	16×M30

* Числовое обозначение типа муфты одновременно является величиной передаваемого крутящего момента, кг·м.

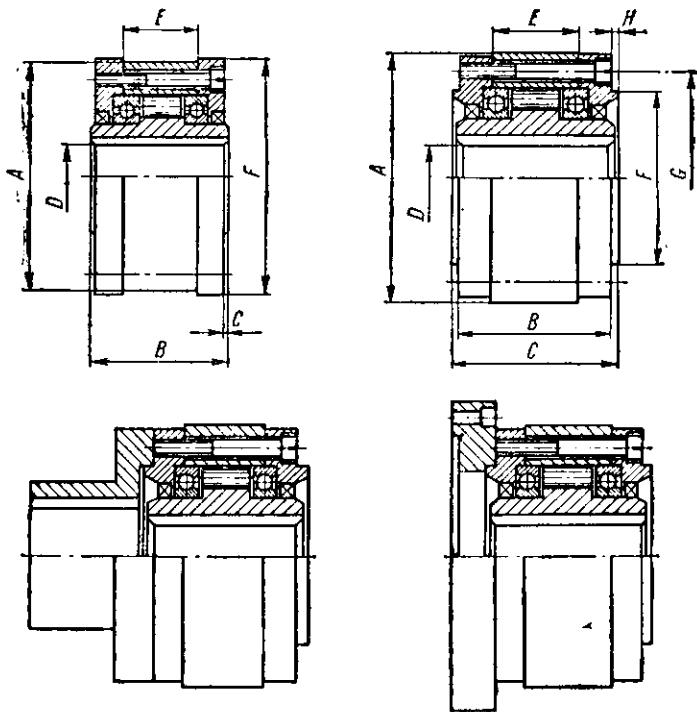


Рис. VI.24. Муфта свободного хода BSD-2

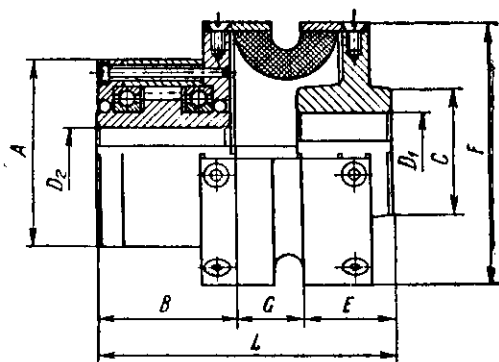


Рис. VI.25. Комбинация муфты свободного хода с упругой муфтой

условных чисел; ряд является геометрической прогрессией со знаменателем 1,6. Указывается, что муфты допускают кратковременную перегрузку, превышающую номинальную в 2,5 раза.

На рис. VI.25 (табл. VI.13) представлены те же муфты, но скомбинированные с упругой муфтой. На рис. VI.26 и VI.27 (табл. VI.14—VI.16) представлены роликовые муфты по нормали МН 3—61, разработанной ЭНИМС.

Т а б л и ц а VI.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VI.25)

$M_{кр}$, кгс·м	n , об/мин	Масса, кг	A	B	C	D_1	D_2	E	F	G	L
4	1700	3,3	67	60	50	30	16	35	110	32	127
10	1500	9,5	95	72	75	50	25	55	150	36,5	163,5
16	1400	13,5	105	75	85	55	28	60	175	44	179
25	1250	21	125	87	100	60	35	65	205	52,5	204,5
40	1100	31	135	87	115	70	40	75	240	62,5	224,5
63	960	43	150	100	130	80	45	85	275	70,5	255,5
100	840	69	180	116	150	90	55	100	325	85,5	301,5

Величины крутящих моментов $M_{кр}$ подсчитаны по формуле (VI.11) при $[\tau] = 5000$ кгс/см² и при условии, что обойма и звездочка выполнены из стали 20Х, а ролики — из стали ШХ15. Полученные значения $M_{кр}$ значительно меньше данных, рекомендуемых иностранными фирмами для своих муфт при сопоставимых габаритных размерах отечественных и зарубежных конструкций; вместе с тем они почти совпадают с данными, приведенными в [22].

Наряду с фрикционными применяются также и муфты обгонные нефрикционного действия. Лабораторной стандартизации и нормализации ВИСХОМа разработаны нормы МН 13-021—65 «Муфты обгонные нефрикционного действия роликовые» и «Муфты обгонные нефрикционного действия сахариковые», применяемые в сельскохозяйственном машиностроении. На эти муфты также разработан ГОСТ 12935—76 «Муфты обгонные сельскохозяйственных машин».

Пример выбора муфты по нормали МН 3—61. Рабочая машина—конвейер, привод от электродвигателя. Номинальный момент, передаваемый муфтой, $M_{ном} = 28$ кгс·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

$$i_{общ} = 40 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 8 \approx 10^6$$

Следовательно (см. табл. VI.2), может быть допущено $[\tau] = 6200$ кгс/см². Расчетный момент

$$M_{расч} = M_{ном} (k_d + k_p) k_z.$$

Согласно табл. VI.13, можно принять: $k_d = 0,25$; $k_p = 1,25$; $k_z = 1,30$, тогда $M_{расч} = 28 (0,25 + 1,25) \cdot 1,30 = 54,5$ кгс·м.

Ближайшая по табл. VI.15 муфта 11-160Х70, параметры которой: $d_1 = 20$ мм; $i = 32$ мм; $z = 5$; $R = D/2 = 160/2 = 80$ мм; $\operatorname{tg}(\alpha/2) = \operatorname{tg} 3^\circ = 0,052$ имеет

$$\begin{aligned} \tau_{max} &= 0,142 \sqrt{M_{расч} E / [R i z \operatorname{tg}(\alpha/2)]} = \\ &= 0,142 \sqrt{[5450 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^6 / (8 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 5 \cdot 0,052)]} = 5900 \text{ кгс/см}^2 < [\tau]. \end{aligned}$$

На рис. VI.28 показана обгонная муфта для сельскохозяйственных машин по ГОСТ 12935—76 (табл. VI.17).

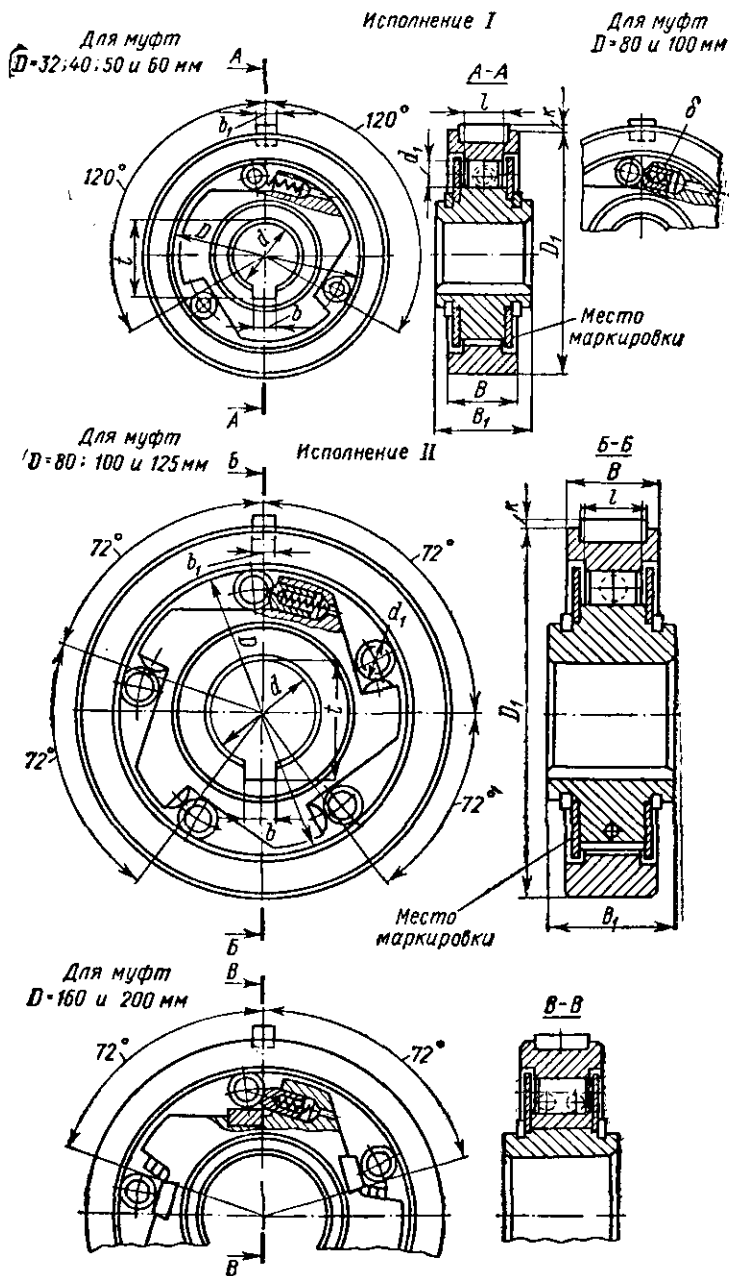


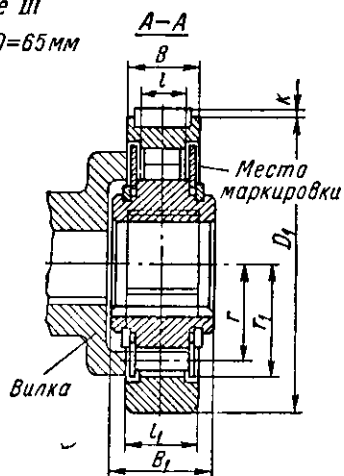
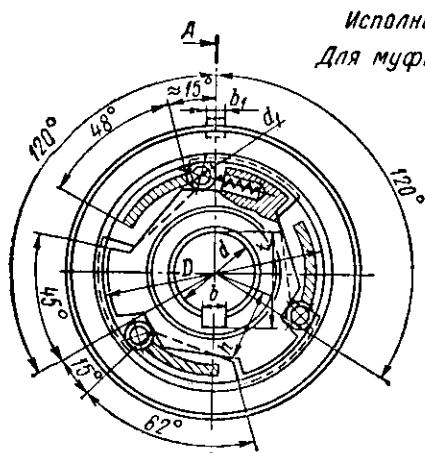
Рис. VI.26. Роликовая муфта по нормали МН 3—61

Т а б л и ц а VI.14. Размеры (мм) и параметры муфты по нормали МН 3—61 для $z = 3$ (рис. VI.26 и VI.27)

Обозначение	D (пред. откл. по Н7)	a (пред. откл. по Н7)	D ₁ (пред. откл. по H6)	d ₁ (пред. откл. по h6)	B		B ₁		b (пред. откл. по H8)	f (пред. откл. по H8)	b ₂ (пред. откл. по H8)	l (пред. откл. по D11)	K	Мас- са, кг	М ном. ккс. м
					во- мин.	пред. откл.	но- мин.	пред. откл.							
1-32×10	10								3	11,1					
1-32×12	32	12	45	4	12		+0,24	18	4	13,6	3	8	1,2	0,14	0,24
1-32×14		14				-0,12			5	15,6					
1-40×14								22			4	10	1,8	0,26	0,47
1-40×16	40	16	55	5	15				6	17,9					
1-40×18		18							8	19,9					
1-50×16		16						25		17,9					
1-50×18	50	18	70	6	18		+0,28		6	19,9				0,55	0,85
1-50×20		20							5	22,3	5	12	2,3		
1-65×16		16						28	5	17,9				0,87	1,75
1-65×20	65	20	85	8	20	-0,15			6	22,3				0,90	
1-65×25		25							8	27,6					
1-80×20		20						35	6	22,3				1,60	
1-80×25		25	105	10	25				8	27,6	6	18	2,6	1,65	3,4
1-80×30	80	30							10	32,6					
1-80×35		35							10	37,9					
1-100×25		25						45	8	27,6				2,80	
1-100×30		30	130	13	30	-0,2			10	32,6	8	24	3,2	2,90	7,4
1-100×35	100	35							12	37,9					
1-100×40		40							12	42,9					

Т а б л и ц а VI.15. Размеры (мм) и параметры муфт по нормали МН 3—61 для $\alpha = 5$ (рис. VI.26 и VI.27)

Обозначение	D (пред. откл. по Н7)	d (пред. откл. по Н7)	D ₁ (пред. откл. по H6)	d ₁ (пред. откл. по h6)	B		B ₁		b (пред. откл. по H8)	t	Мном. кгс·м	b ₁ (пред. откл. по h8)	i (пред. откл. по D11)	К	Масса. кг
					но- мн.	пред. откл.	но- мн.	пред. откл.							
II-80×25		25							8	27,6				1,55	
II-80×30	80	30	105	10	25	-0,15	35			32,6	5,6	6	18	2,6	
II-80×35		35							10	37,9				1,62	
II-100×30		30						±0,34	8	32,6				2,70	
II-100×35	100	35	130	13	30	-0,20	45		10	37,9	12,2		24	2,80	
II-100×40		40							12	42,9					
II-125×35		35							10	37,9		8		3,2	
II-125×40		40							12	42,9				5,60	
II-125×45	125	45	160	16	35	-0,25	55		14	48,3	22		28	5,70	
II-125×50		50						±0,40	16	53,6					
II-160×70	160	70	200	20	40		60		20	74,3	40	12	32	9,10	
II-200×90	200	90	250	25	50	-0,30	70		24	95,2	78,5		40	16,00	



Для муфт $D=80$ и 100 мм

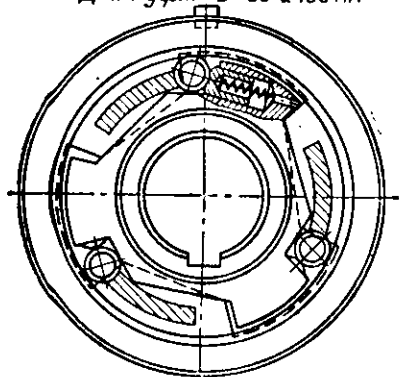


Рис. VI.27. Одинарная роликовая муфта двустороннего действия по нормам МН 3—61

Рис. VI.28. Муфта обгонная для сельскохозяйственных машин;

1 — шарик по ГОСТ 3722—60; 2 — пружина; 3 — задняя шайба; 4 — обойма; 5 — сухарик; 6 — передняя шайба; 7 — ступица

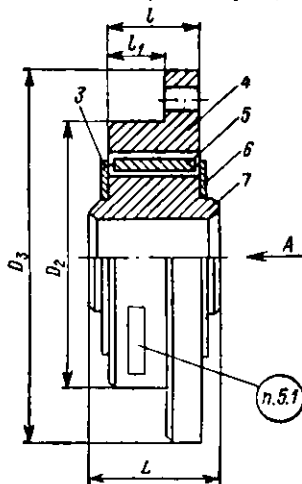
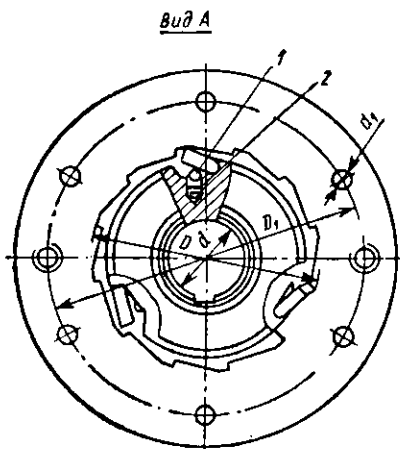


Таблица VI.17. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VI.28)

d (пред. откл. по H8)	d_1	D	D_1	D_2 (пред. откл. по H8)	D_3	t	t_1	L	$M_{кр.}$ кгс·м	n_{max} с ⁻¹	Максималь- ный угол свободного хода при ходах при вращении, ...	Шпоночный паз
30	9	90	126	110	145	35	24	48*, 52	16	25	30	По ГОСТ 8788—68
35*		100	138	120	160	40	27	50*, 60	31,5			
40												
45	11		178	160	200	45	30	65*, 82	50			
48		130						72*, 82				
55**	13		182		210			82	80			По ГОСТ 10748—68

Примечания: 1. За величину номинального крутящего 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 — левую.

Примеры условных обозначений муфт $L = 50$ 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*.

* Для вновь проектируемых машин не применять.

** Размеры рекомендуемые.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты служат для предохранения деталей машин от воздействия перегрузок.

Предохранительные муфты применяют:

в машинах ударного действия в связи с трудностью 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 при отсутствии непрерывного контроля за их работой;

в ответвляющих кинематических цепях машин, передающих небольшую часть мощности приводного двигателя, в связи с невозможностью защиты двигателя.

По принципу работы различают муфты: с разрушающимся элементом; пружинно-кулачковые; фрикционные.

Требования, предъявляемые к предохранительным муфтам:

- 1) надежность и безотказность действия;
- 2) точность срабатывания, определяемая способностью разъединять кинематическую цепь при заданном крутящем моменте;
- 3) возможность регулирования величины предельного крутящего момента;
- 4) способность автоматически восстанавливать свою работоспособность после срабатывания.

Для подбора и сравнительной оценки предохранительных муфт пользуются следующими характеристиками [82].

1. Коэффициент превышения номинальной нагрузки в машине $\gamma_{п.н}$, показывающий, насколько полно используются возможности машины и в каком интервале нагрузок должно срабатывать предохранительное устройство, чтобы передать номинальную нагрузку, но предотвратить поломку деталей (рис. VII.1)

$$\gamma_{п.н} = M_d / M_{ном}, \quad (VII.1)$$

где $M_{ном}$ — номинальный момент (наибольший момент, потребный для работы); M_d — наибольший момент, допускаемый слабейшим звеном машины.

Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать муфта,

$$M_d - M_{ном} = M_{ном} (\gamma_{п.н} - 1). \quad (VII.2)$$

Защита машины обеспечивается в том случае, если крутящий момент, достигая своего допускаемого значения, вызывает срабатывание муфты.

2. Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать предохранительная муфта,

$$\Delta M_{пр} = (M_{пр} + \delta M_{пр}) - M_0, \quad (VII.3)$$

где $M_{пр}$ — предельная величина крутящего момента, при котором заканчивается срабатывание муфты; δ — относительная погрешность срабатывания; M_0 — крутящий момент, при котором начинается срабатывание муфты.

Запишем уравнение (VII.3) в виде

$$\Delta M_{пр} = M_{пр} (1 + \delta - \gamma_ч) = M_{пр} \gamma_{пр}, \quad (VII.4)$$

где $\gamma_ч = M_0 / M_{пр}$ — коэффициент чувствительности муфты; $\gamma_{пр} = 1 + \delta - \gamma_ч$ — относительная величина поля срабатывания муфты.

Из уравнений (VII.1) и (VII.3)

$$M_{пр} \leq M_{ном} \gamma_{п.н} / (1 + \delta) = M_d / (1 + \delta). \quad (VII.5)$$

Муфта защитит слабое звено машины при условии

$$M_{н.м} (\gamma_{п.н} - 1) \leq M_{пр} \gamma_{пр}. \quad (VII.6)$$

Относительная величина поля срабатывания из условия непревышения нагрузки, допускаемой слабейшим звеном машины,

$$\gamma_{\text{пр}} = M_{\text{п}} (\gamma_{\text{п. н}} - 1) / M_{\text{пр}} \quad (\text{VII.7})$$

Из условия (VII.6) следует

$$M_{\text{пр}} = \beta_{\text{ном}} M_{\text{ном}},$$

где $\beta_{\text{ном}} = (\gamma_{\text{п. н}} - 1) / \gamma_{\text{пр}}$.

Обычно принимают $\beta_{\text{ном}} = 1,25$.

3. Коэффициент, характеризующий действие предохранительной муфты при срабатывании (рис. VII.2),

$$\gamma_{\text{д. с}} = M_{\text{д. с}} / M_{\text{пр}},$$

где $M_{\text{д. с}}$ — крутящий момент, устанавливающийся после срабатывания муфты.

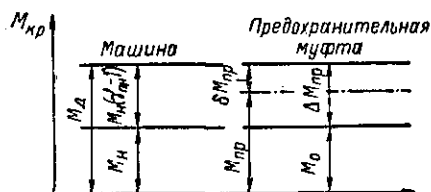


Рис. VII.1. Поле срабатывания предохранительной муфты

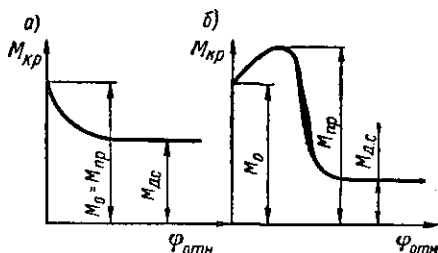


Рис. VII.2. Изменение крутящего момента при срабатывании предохранительных муфт

Величина коэффициента $\gamma_{\text{д. с}}$ зависит от принципа работы предохранительной муфты:

а) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения без прекращения передачи момента (рис. VII.2, а)

$$\gamma_{\text{д. с}} = f_{\text{дв}} / f_0,$$

где $f_{\text{дв}}$ — коэффициент трения движения; f_0 — коэффициент трения покоя;

б) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения после поворота на один шаг или целое число шагов кулачков (рис. VII.2, б)

$$\gamma_{\text{д. с}} > 1;$$

в) в муфтах, прекращающих поток энергии после срабатывания,

$$\gamma_{\text{д. с}} = 0.$$

4. Точность ограничения нагрузки муфтой характеризуется коэффициентом точности

$$\gamma_{\text{тч}} = M_{\text{max}} / M_{\text{min}},$$

где M_{max} и M_{min} — наибольший и наименьший крутящие моменты, при которых возможно срабатывание муфты.

Обычно $\gamma_{\text{тч}} \geq 1$; чем ближе $\gamma_{\text{тч}}$ к единице, тем надежнее работает муфта, тем выше ее качество. В муфтах с разрушающимся элементом $\gamma_{\text{тч}} > 1$ вследствие отклонений в размерах и механических свойствах материала разрушающегося элемента. Из-за непостоянства сил трения в сухих дисковых фрикционных муфтах принимают $\gamma_{\text{тч}} \leq 2,5$, в масляных — $\gamma_{\text{тч}} \leq 1,5$. Учитывая непостоянство жесткости пружин и сил трения в пружинно-кулачковых муфтах, принимают $\gamma_{\text{тч}} \approx 1,25 + 1,5$.

Т а б л и ц а VII.1. Эксплуатационные характеристики предохранительных муфт [82]

Предохранительные устройства	γ_{α}	δ	$\gamma_{\text{гч}}$	$\gamma_{\text{пр}}$	$\gamma_{\text{д}}$	$T_{\text{д}}$, с
Срезные предохранительные штифты	0,70—0,85	0,10—0,15	1,22—1,35	0,40—0,45	0	В зависимости от скорости нарастания нагрузки
Кудлачковые предохранительные муфты	0,85—0,90	0,09—0,10	1,21	0,20—0,24	>1	$19h \operatorname{tg} \alpha / Dn$
Шариковые предохранительные муфты	1	0,08—0,15	1,25	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, с одним конусом из текстолита (по стали или чугуну)	1	0,07	1,15	0,07	$f_{\text{дв}} / f_0 < 1$	0,004—0,014
Дисковые предохранительные муфты со стальными дисками	1	0,13—0,18	1,35	0,13—0,18	$f_{\text{дв}} / f_0 < 1$	0,004—0,014
То же, с дисками из прессованного асбеста по стали	1	0,10	1,22	0,1	$f_{\text{дв}} / f_0 < 1$	0,004—0,014

5. Время действия предохранительной муфты T_D считают от начала срабатывания до момента начала снижения нагрузки

$$T_D = T_{ав}/k,$$

где $T_{ав}$ — время, за которое наступает аварийное состояние машины; k — коэффициент безопасности ($k_{min} = 2 \div 3$).

Подбор предохранительных муфт с учетом точности срабатывания осуществляется в следующем порядке. Зная номинальный момент $M_{ном}$ и коэффициент его превышения $\gamma_{п.н.}$, задаются относительной погрешностью срабатывания δ_s и по формуле (VII.5) определяют $M_{пр}$. Затем по формуле (VII.7) находят допустимую величину поля срабатывания $\gamma_{пр}$ и по ней выбирают муфту из табл. VII.1.

Предохранительные муфты целесообразно располагать в непосредственной близости к месту приложения нагрузки.

1. МУФТЫ С РАЗРУШАЮЩИМСЯ ЭЛЕМЕНТОМ

Предохранительные элементы этих муфт чаще всего работают на срез, их выполняют в этом случае в форме цилиндрических штифтов или в виде призматических шпонок. Эти муфты отличаются простотой конструкции, что и обусловило их широкое распространение, несмотря на ряд присущих им недостатков:

1) невысокая точность срабатывания, связанная с неточностью изготовления и рассеянием прочности материалов;

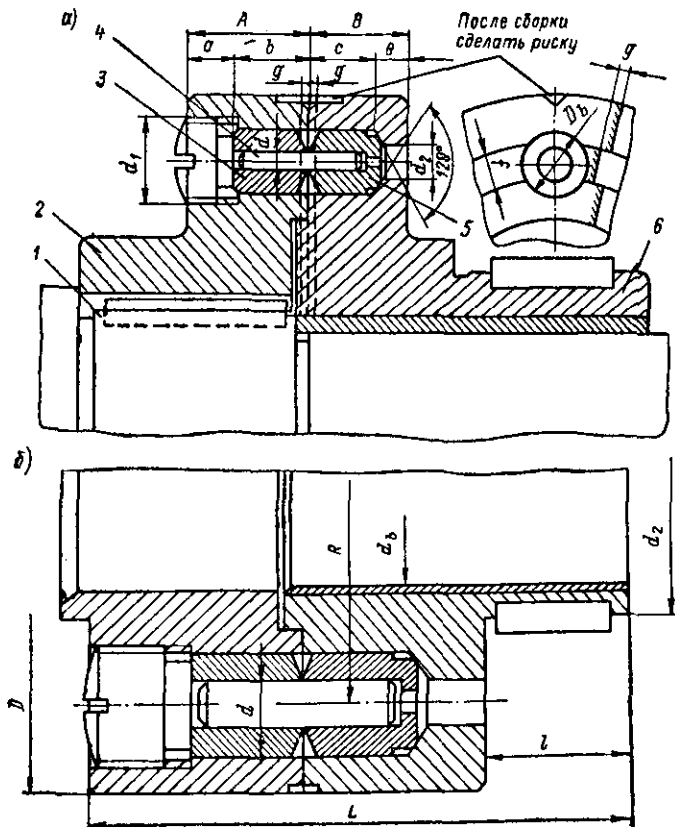


Рис. VII.3. Муфта со срезным штифтом

- 2) постепенное снижение прочности предохранительного элемента вследствие накопления усталостных повреждений;
- 3) снижение точности срабатывания при увеличении числа предохранительных элементов вследствие неравномерного их нагружения;
- 4) дополнительная нагрузка на валы и опоры при наличии одного предохранительного элемента;
- 5) необходимость замены предохранительного элемента после срабатывания муфты.

Такие муфты применяют в машинах с редкими случайными перегрузками.

На рис. VII.3, а (табл. VII.2) представлена муфта со срезным штифтом по нормали станкостроения Р95-1. Обе полумуфты расположены на валу 1. Полу-муфта 2 соединена с валом шпонкой, полумуфта 6 сидит на нем свободно, соединяясь шпонкой с деталью, расположенной на ее удлиненной ступице. Вращение сообщается полумуфтам через цилиндрический штифт 4, расположенный во втулках 3 и 5. Для увеличения долговечности втулки изготавливают из стали 40Х с последующей термообработкой до твердости HRC 50—60. При перегрузке штифт срезается, и полумуфты свободно вращаются относительно друг друга. 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. Они обладают более устойчивыми характеристиками и проще удаляются после разрушения, так как заусенец не выступает за пределы диаметра штифта.

Т а б л и ц а VII.2. Размеры (мм) деталей муфт по нормали Р95-1 (рис. VII.3, а)

Срезающая сила (минимальная), кгс	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>D</i> _б *	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
69,0 127,5	1,5 2,0	M16	5	10	22	16	10	12	11	5	8	1
285,0 520,0 810,0	3,0 4,0 5,0	M20	8	15	30	25	12	18	17	8	10	1,5
1 177,0 2 060,0 3 236,0	6,0 8,0 —	M30	12	25	50	45	22	28	26	19	16	2
5 500,0 8 340,0 13 000,0	13,0 16,0 20,0	M48	18	40	75	64	33	42	39	25	28	3

* Предельное отклонение по Н7.

Штифты изготавливают из сталей марок У8А, У10А или 40, 45, 50. Величина крутящего момента, ограничиваемого муфтой,

$$M_{np} = F k_0 \sigma_{br} R,$$

где *F* — площадь поперечного сечения штифта (или шпонки); $k_0 = \tau_{б ср} / \sigma_{br}$ — коэффициент пропорциональности; $\tau_{б ср}$ — предел прочности при срезе;

$\sigma_{\text{пр}}$ —предел прочности при растяжении материала предохранительного элемента; R — радиус, на котором расположено опасное сечение предохранительного элемента.

При проектном расчете определяют диаметр штифта

$$d = \sqrt{4M_{\text{пр}}/(\pi k_0 \sigma_{\text{пр}} R)}.$$

На величину k_0 влияют механические свойства материала и в меньшей мере — размеры. Значения k_0 в зависимости от относительного удлинения материала при растяжении приведены в табл. VII.3; получены они при кратковременном действии нагрузки. При длительной работе в условиях статического нагружения и особенно при пульсирующей нагрузке значения k_0 отличаются от приведенных в табл. VII.3.

Для муфт со срезным штифтом $\gamma_s = 0,7 \div 0,85$, со срезными шпонками $\gamma_s = 0,7 \div 0,8$ [82].

Т а б л и ц а VIII.3. Значение коэффициента k_0 для штифтов [83]

Диаметры штифтов, мм	k_0 при удлинении, (%)			
	12—20	22—30	24—25	29,5—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 испытании штифтов из сталей марок У8А, У10А, 45 и 50.

На рис. VII.3, б (табл. VII.4) представлена муфта со срезным штифтом по нормали б. СКБ-3. Материалы штифтов те же, что и у муфты по рис. VII.3, а.

Т а б л и ц а VII.4. Размеры (мм) элементов муфт по нормали б. СКБ-3 (рис. VII.3, б)

$M_{\text{пр}}$, кгс·м	Срезающая сила, кгс	d_b	d	d_s	D	R	L	l
3,0	69,0	25	1,5	45	100	35,0	70	25
3,0	69,0	28	1,5					
5,0	127,5	28	2,0					
5,0	127,5	30	2,0					
15,5	285,0	35	3,0	60	125	45,0	100	30
15,5	285,0	40	3,0					
27,0	520,0	40	4,0					
27,0	520,0	45	4,0					
43,0	810,0	45	5,0					
82,5	1177,0	50	6,0	75	160	57,5	140	35
82,5	1177,0	55	6,0					
130,0	2060,0	55	8,0					
130,0	2060,0	60	8,0					
205,0	3236,0	60	10,0					

2. ПРУЖИННО-КУЛАЧКОВЫЕ МУФТЫ

Эти муфты используют при небольших скоростях, малых крутящих моментах и маховых массах соединяемых частей. При высоких скоростях и больших массах такие муфты не применяют, так как они 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.

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 поверхности и точность изготовления).

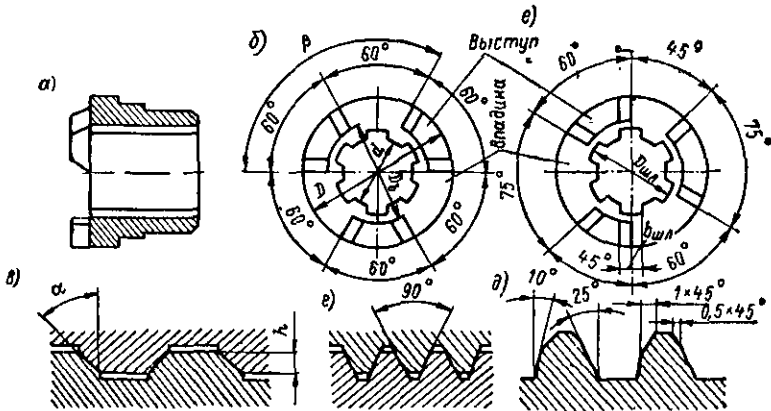


Рис. VII.4. Формы кулачков

Муфты могут быть как осевого (рис. VII.4, а), так и радиального типов. Кулачки обычно имеют трапециевидную (рис. VII.4, в) или (реже) треугольную форму (рис. VII.4, е). Рабочие поверхности кулачков могут быть винтовыми или плоскими. Первые обуславливают более благоприятные условия работы муфты (лучше контакт рабочих поверхностей, выше точность срабатывания), однако они сложнее в изготовлении, чем плоские поверхности.

Рабочие поверхности кулачков должны обладать достаточными твердостью, износостойкостью и способностью сопротивляться ударным нагрузкам. Кулачки изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости $HRC\ 56-57$ или из стали 40Х с закалкой до той же твердости. Число кулачков рекомендуется делать нечетным. Это позволяет упростить процесс изготовления и повысить точность. Число кулачков принимают равным 3—15.

При одинаковом шаге расположения кулачков на полумуфтах (рис. VII.4, б) каждый кулачок одной полумуфты может войти в зацепление с любым кулачком другой. Неточность изготовления в этом случае сильно влияет на характер распределения нагрузки между кулачками и в конечном счете на точность срабатывания. Для повышения последней шаг расположения выступов и сопряженных впадин рекомендуется делать неодинаковым (рис. VII.4, в), что при проскальзывании полумуфт обусловит зацепление лишь одинаковой пары кулачков и впадин. На рис. VII.4, г, д показаны профили мелкозубых муфт. Во избежание заклинивания ступиц на валах от действия неуравновешенных окружных сил в муфтах с неодинаковым шагом расположения кулачков делают более длинные ступицы.

Критериями работоспособности кулачковых муфт являются прочность и долговечность кулачков по контактным напряжениям и изгибу.

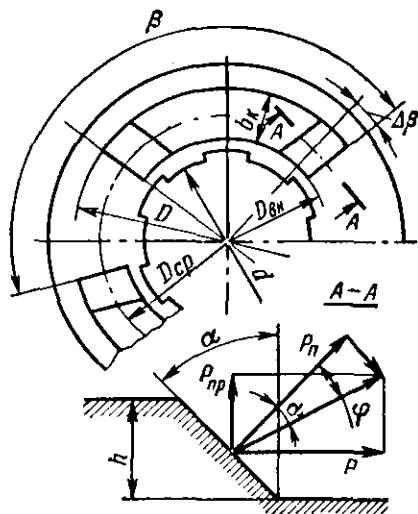


Рис. VII.5. Кулачковая предохранительная муфта

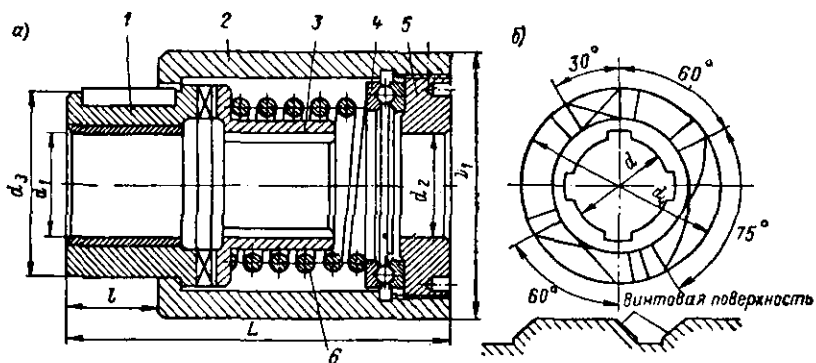


Рис. VII.6. Кулачковая предохранительная муфта 6. СКБ-3

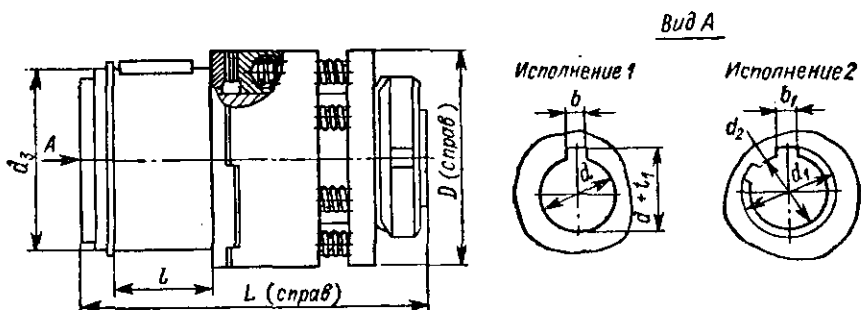


Рис. VII.7. Предохранительная кулачковая муфта по ГОСТ 15620—70

Условное давление в предположении равномерной нагрузки всех кулачков [65]

$$q = 2M_{кр}/(D_{ср}z b_k h) \leq [q],$$

где $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент; z — число кулачков; остальные обозначения см. на рис. VII.5.

Допускаемое давление при закаленных поверхностях зубьев $[q] = 800 + 1200 \text{ кгс/см}^2$.

Напряжение изгиба у основания кулачков для случая приложения силы к вершине кулачков (неполное включение)

$$\sigma_{и} = 2kM_{кр}h/(D_{ср}zW) \leq \sigma_{т}/n,$$

где k — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между кулачками, равный 2—3 (меньше значения — при большей точности изготовления и малом числе кулачков); W — экваториальный 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. VII.5)

$$P_{пр} = \frac{2M_{кр}}{D} \left[\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D}{d} f \right],$$

где $M_{кр}$ — расчетный крутящий момент при кратковременных перегрузках; α — угол профиля кулачка; φ — угол трения между кулачками (обычно $\varphi = 5 + 6^\circ$); 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

$$P_{пр} = 2M_{дл} \operatorname{tg} \alpha / D,$$

где $M_{дл}$ — расчетный крутящий момент при длительной перегрузке.

Сила сжатия пружины не должна сильно меняться в начале и конце срабатывания муфты. Это обеспечивается пружинами малой жесткости.

На рис. VII.6, а (табл. VII.5) представлена кулачковая предохранительная муфта, разработанная 6, СКБ-3. Муфта монтируется на одном валу и состоит из полумуфт 1 и 3, имеющих торцевые кулачки и пружины сжатия, стакана 2, упорного подшипника 4 и винта 5. Зубчатое колесо или шкив устанавливается на полу-

Т а б л и ц а VII.5. Размеры (мм) и параметры предохранительной муфты (рис. VII.6)

Шлицевое отверстие $z \times d \times D$	D_1	d_1	d_2	d_3	L	l	Пружина $d \times D \times H$	Размеры подшипника по ГОСТ 6874—54	Шаг винтовой линии	$M_{кр}'$ кгс·м
6×21×25	70	25	25	45	110	25	4×50×100	35×53×12	125,6	0,6 1,0 1,3
6×26×30	80	30	30	50	120	30	5×55×100	45×65×14	157,0	1,6 2,0 2,5
8×36×40	100	40	40	65	130	—	7×65×70	55×78×16	196,2	3,2 4,0 5,0

Т а б л и ц а VII.6. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 15620—70 (рис. VII.7)

Обозначение муфты исполнения		D (справ.)	d (пред. откл. по Н7)	Посадочные отверстия						L (справ.)	l	Пределы регулирования крутящего момента, кгс·м
				Исполнение 1		Исполнение 2						
				b (пред. откл. по Н8)	d + f ₁ (пред. откл. по Н12)	d ₁ (пред. откл. по Н7)	d ₂ (пред. откл. по Н12)	b ₂ (пред. откл. по U3)	Число зубьев z			
1-42×12	2-42×11	42	12	4	13,8	14	11	3	36	70	14	0,25—0,34
1-42×14			14	5	16,3							0,40—0,55
1-52×16	2-52×13	52	16		18,3	16	13	3,5	45	80	18	0,63—0,85
1-52×18	—		18		20,8	—	—	—				1,00—1,35
1-65×20	2-65×18	65	20	6	22,8	22	18	5	55	95	22	1,60—2,10
1-65×22	—		22		24,8	—	—	—				2,50—3,30
1-80×25	2-80×26	80	25	8	28,3	32	26	6	65	110	30	4,00—5,30
1-80×28	—		28		31,3	—	—	—				6,30—8,40
1-95×32	2-95×32	95	32	10	35,3	38	32	6	75	130	36	10,00—13,10
1-95×36	—		36		39,3	—	—	—				
1-110×40	2-110×42	110	40	12	43,3	48	42	8	85	150	45	16,00—21,60
1-110×45	—		45	14	48,8	—	—	—				
1-125×50	2-125×46	125	50		53,8	54	46	9	100	170	55	25,00—33,70

Пример условного обозначения муфты с наружным диаметром D = 42 мм и диаметром расточки под вал d = 12 мм, исполнения 1: Муфта 1-42×12 ГОСТ 15620—70, то же, диаметром расточки под шлицевой вал d_s = 11 мм, исполнения 2: Муфта 2-42×11 ГОСТ 15620—70.

муфте 1 на шпонке и соединяется с валом через торцевые кулачки, полу муфту 3 и шлицы. Полу муфта 3 свободно перемещается вдоль вала и поджимается к полу муфте 1 пружиной 6 с силой, регулируемой винтом 5.

На рис. VII.6, б показаны вид с торца на полу муфту и развертка кулачков.

На рис. VII.7 (табл. VII.6) представлена предохранительная кулачковая муфта по ГОСТ 15620—70 (исполнение 1 — со шпонкой; исполнение 2 — со шлицами).

3. ПРУЖИННО-ШАРИКОВЫЕ МУФТЫ

В пружинно-шариковых муфтах трение скольжения на кулачках частично заменено трением качения на шариках; эти муфты проще в изготовлении и отличаются большей надежностью, чем кулачковые.

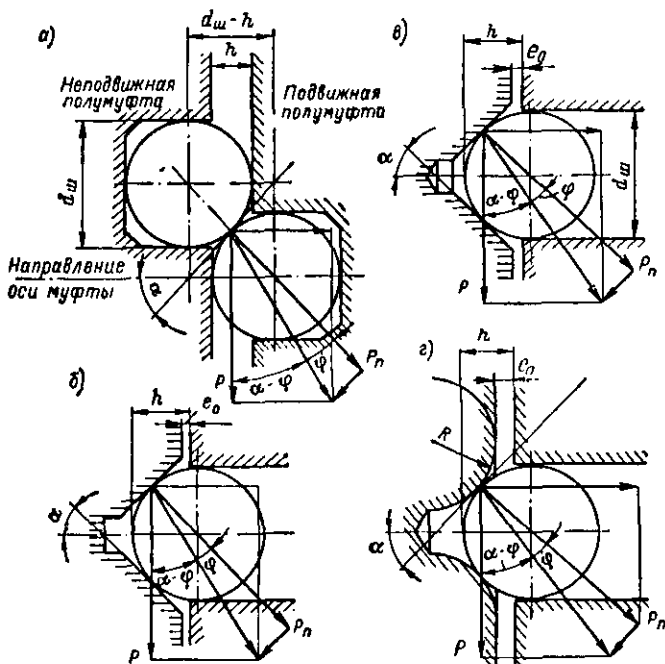


Рис. VII.8. Виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями

На рис. VII.8 представлены возможные виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями второй полу муфты. Характер процесса выключения шариков муфт зависит от вида сопряжений.

Условие равновесия подвижной полу муфты для случая сопряжения шарика с шариком или шарика с торондальной поверхностью (рис. VII.8, а, г)

$$P_{\text{пр}} = P [\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - Df/d], \quad (\text{VII.8})$$

где $P_{\text{пр}}$ — сила сжатия пружины; P — окружная сила, действующая на шарик; α — угол наклона касательной в точке касания шариков к оси муфты; ρ — угол трения между шариками; D — диаметр окружности, на которой расположены центры шариков; f — коэффициент трения в шлицевом соединении; d — средний диаметр шлицев.

Из рис. VII.8, а видно, что в процессе срабатывания муфты угол давления α изменяется по закону

$$\sin \alpha = (d_{\text{ш}} - h)/d_{\text{ш}}, \quad (\text{VII.9})$$

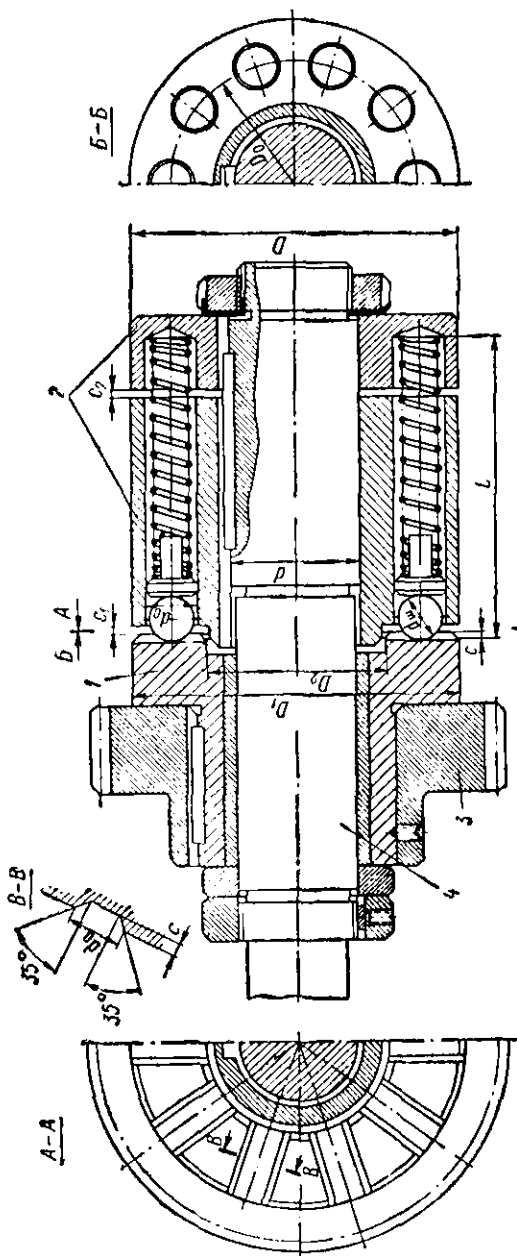


Рис. VII.9. Предохранительная шариковая муфта

где $d_{ш}$ — диаметр шарика; h — расстояние, на которое выступает шарик из полу-муфты.

Из формул (VII.8) и (VII.9) следует, что величина окружной силы $P = 2M_{кр}/D$ зависит главным образом от взаимного расположения шариков, определяемого углом α . В процессе срабатывания муфты размер h убывает, сила сжатия пружины возрастает, а угол α убывает. При этом сила P , определяющая величину крутящего момента, передаваемого муфтой, резко уменьшается. Таким образом, для полного выключения муфты (как у кулачковых муфт) не требуется дополнительного увеличения нагрузки, при этом повышается точность срабатывания шариковых муфт, приведенных на рис. VII.8, а, г.

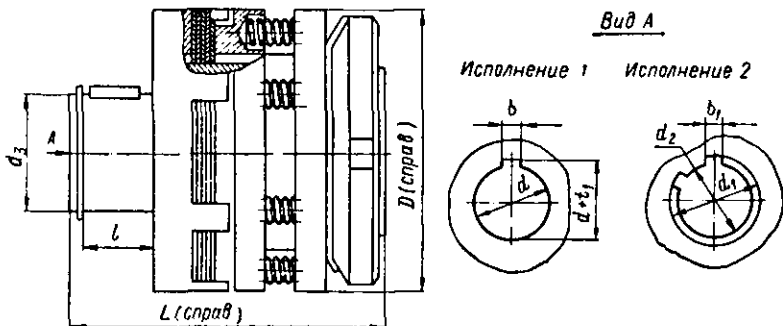


Рис. VII.10. Предохранительная шариковая муфта по ГОСТ 15621—70

Муфты, в которых шарики контактируют с призматическими канавками или коническими отверстиями (рис. VII.8, б, в), имеют постоянный угол α и срабатывают подобно кулачковым муфтам.

Для пружинно-шариковых муфт, у которых в процессе срабатывания перемещаются шарики, а не полумуфта (рис. VII.9), выражение (VII.8) приобретает вид

$$P_{пр} = P [\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - f],$$

где ρ — угол трения между шариками и сопряженной поверхностью другой полу-муфты; f — коэффициент трения между шариками и стенками отверстий.

Пружинно-кулачковые предохранительные муфты работают удовлетворительно, если нормальная сила P_H в месте контакта не превышает следующих значений (при наибольшем допустимом давлении на шарики $p_0 = 3 \cdot 10^6$ кгс/см²):

$d_{ш}$, мм	11	12	14	16	20	24	28	32
P_H , кгс	16	18	20	22	28	34	40	50

На рис. VII.9 (табл. VII.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 изменяться благодаря осевому смещению правой части корпуса 2.

На рис. VII.10 показана предохранительная шариковая муфта по ГОСТ 15621—70 (табл. VII.8).

На рис. VII.11 (табл. VII.9) представлены два варианта исполнения шариковой предохранительной муфты по отраслевому стандарту ОСТ-3, отличающейся уменьшенными динамическими нагрузками в приводе, возникающими при срабатывании муфты. Крутящий 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. Полу-муфта 2 центрируется на ступице полумуфты 1 на опоре скольжения 8. Ось-вые силы, возникающие при срабатывании муфты, воспринимает упорный

Т а б л и ц а VII.7. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.9)

Мкр., кгс.м	Число ша- риков z	D	L	D_e	d	$d_{ш}$	a_r	e	D_1	D_2	c_1	c_2	P	Пружины				Коэф- фици- ент дистор- сии
														D нар	$d_{прор}$	$t_{св}$	$t_{сж}$	
1,3—1,4 2,3—3,2 4,6—6,4	8	65	70 70 110	50	32	11	11,5	3,0	60	40	1,0	3,0	7,0 17,0 36,0	10 10 10	1,5 2,0 2,5	80 68 108	55 54 94	33 26 36
2,4—3,0 3,3—5,7 6,5—10,4	8	75	75 75 120	58	36	13	13,5	3,5	70	46	1,0	4,0	13,7 28,0 52,6	12 12 12	2,0 2,5 3,0	80 70 115	57 57 101	27 22 32
2,5—2,9 5,6—8,6 8,9—14,1	8	85	95 95 120	65	40	16	16,5	4,5	78	52	1,5	4,5	10,6 39,4 65,0	15 15 15	2,0 3,0 3,5	119 90 113	73 72 97	34 23 27
6,0—6,3 6,7—10,3 10,7—17,0	8	100	95 95 120	78	48	16	16,5	4,5	92	65	1,5	4,5	21,4 39,4 65,0	15 15 15	2,5 3,0 3,5	100 90 113	72 72 97	28 23 27
5,9—6,8 10,8—18,6 15,7—24,8	9	115	100 100 120	88	55	20	20,5	5,5	105	72	1,5	5,5	16,7 40,0 75,4	19 19 19	2,5 3,5 4,0	121 93 112	72 72 92	28 20 23

11,4—14,4	10	130	100	102	68	20	20,5	5,5	120	85	1,5	5,5	30,0	19	3,0	104	72	23
14,0—21,5		110	110	102									49,0	19	3,5	93	72	20
20,2—32,0		125											75,4	19	4,0	118	96	24
19,2—23,6	10	150	130	118	80	24	24,5	6,5	140	100	2,0	6,5	41,0	22	3,5	139	91	27
25,3—34,0		130	130	118									63,0	22	4,0	127	96	24
51,2—69,5		200											130,0	22	5,0	196	166	32
26,6—32,6	12	170	130	136	95	24	24,5	6,5	155	115	2,0	6,5	41,0	22	3,5	139	97	27
35,0—47,2		130	130	136									63,0	22	4,0	127	96	24
71,0—96,5		200											130,0	22	5,0	196	166	32
31,1—38,4	12	195	130	160	115	24	24,5	6,5	180	140	2,0	6,5	41	22	3,5	139	97	27
41,1—55,4		130	130	160									63	22	4,0	127	96	24
83,4—113,8		200											130	22	5,0	196	166	32
56,0—66,5	14	225	160	185	135	28	28,5	8,0	210	150	2,0	7,5	75	26	4,0	164	121	26
83,6—117,5		160	160	185									143	26	5,0	257	210	38
164,1—220,0		250											190	26	6,0	247	210	35
84,0—106,0	14	260	160	216	160	28	28,5	8,0	240	195	2,0	7,5	75	26	4,5	164	121	26
165,0—194,0		250	250	216									143	26	5,5	257	210	38
205,5—260,0		250											190	26	6,0	247	210	35
160,0—180,0	15	300	250	250	190	32	33,0	9,0	275	225	3,0	8,0	88	30	5,0	289	206	41
248,0—300,0		320	250	250									159	30	6,0	258	205	34
390,0—488,0			320										263	30	7,0	322	275	39

Т а б л и ц а VII.8. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 15621—70 (рис. VII.10)

Обозначение муфты исполнения		D (справ.)	d (пред. откл. по Н7)	Посадочные отверстия						Число зубьев z	d ₃ (пред. откл. по №6)	L (справ.)	f	Пределы регулирования крутящего момента, кгс·м
				Исполнение 1		Исполнение 2								
1	2			b (пред. откл. по H8)	d + t ₁ (пред. откл. по H11)	d ₁ (пред. откл. по H7)	d ₂ (пред. откл. по H11)	b ₁ (пред. откл. по U3)						
1-45×12	2-45×11	45	12	4	13,8	14	11	3	36	70	14	0,25—0,34		
1-45×14			14	5	16,3							0,40—0,55		
1-60×16	2-60×13	60	16		18,3	16	13	3,5	45	80	18	0,63—0,85		
1-60×18	—		18		20,8	—	—	—	6			1,00—1,35		
1-75×20	2-75×18	75	20	6	22,8	22	18	5	55	95	22	1,60—2,10		
1-75×22	—		22		24,8	—	—	—				2,50—3,30		
1-90×25	2-90×26	90	25		28,3	32	26	6	65	110	30	4,00—5,30		
1-90×28	—		28		31,3	—	—	—				6,30—8,40		
1-105×32	2-105×32	105	32	10	35,3	38	32	6	75	130	36	10—13,1		
1-105×36	—		36		39,3	—	—	—						
1-120×40	2-120×42	120	40	12	43,3	48	42	8	85	150	45	16—21,6		
1-120×45	—		45		48,8	—	—	—						
1-140×50	2-140×46	140	50	14	53,8	54	46	9	100	170	55	25—33,7		

Пример условного обозначения муфты с наружным диаметром D=45 мм и диаметром расточки под вал d=12 мм, исполнения 1: Муфта 1-45×11 ГОСТ 15621—70; то же, диаметр расточки под шлицевой вал d₃=11 мм, исполнения 2: Муфта 2-45×11 ГОСТ 15621—70.

подшипник. Муфта во втором исполнении (рис. VII.11, б) отличается наличием бронзовых стаканов 7 вместо стержней 4, что приводит к повышению точности срабатывания муфты, так как на сферической поверхности стакана выполнены

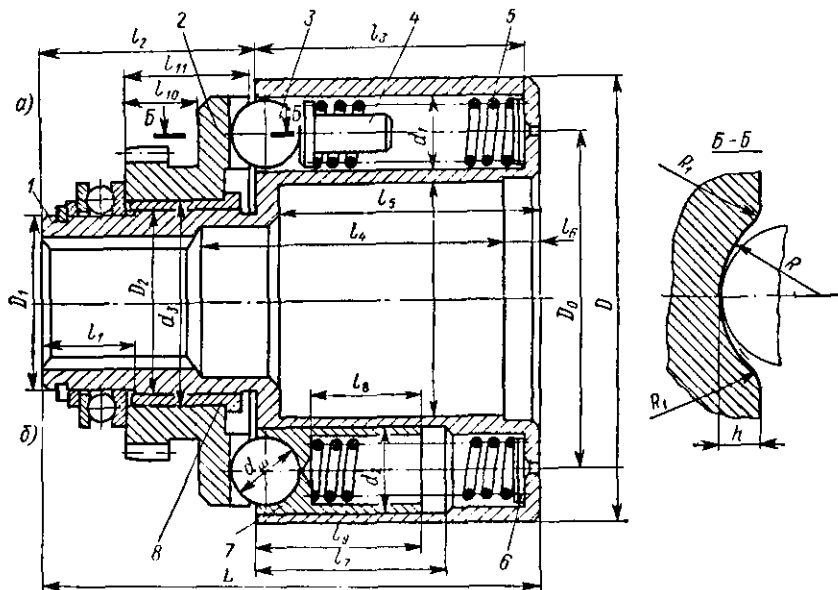


Рис. VII.11. Шариковая муфта по отраслевому стандарту ОСТ-3

канавки для смазки (рекомендуется смазка ЦИАТИМ-203, ГОСТ 8773—73). Специальный профиль гнезд на полумуфте 2 (сечение Б—Б) обеспечивает уменьшение динамических нагрузок при срабатывании муфты.

4. ФРИКЦИОННЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты применяют при частых кратковременных перегрузках, главным образом при нагрузках ударного характера и значительных угловых скоростях. Они передают крутящий момент за счет сил трения. При срабатывании муфта поглощает механическую энергию, преобразуя ее в тепловую, передача же крутящего момента не прекращается.

Фрикционные предохранительные муфты различают:

по форме трущихся поверхностей:

дисковые с плоскими поверхностями трения;

конусные с коническими поверхностями трения;

цилиндрические с поверхностями трения, очерченными круговым цилиндром;

по условиям эксплуатации:

сухие, работающие без смазки;

масляные, работающие в масляной ванне.

Сухие муфты применяются в местах, исключающих попадание смазки на трущиеся поверхности; они отличаются большей стабильностью срабатывания, чем масляные муфты, так как в последних возможно загущение смазки и слипание трущихся поверхностей.

Таблица VII.9. Размеры (мм) и па

Момент ограничения, кгс. м ± 5%	n max. об/мин ± 5%	d _ш	L	D	D _в	D ₁	D ₂	D ₃	d ₁	d ₂	d ₃	t ₁	t ₂
0,56	1510	7,14	62	46	32,5	17	18	20	7,5	10	22	15	29
0,64	1320	6,35	61	48	36,4	17	18	24	7,0	9	22	15	29
0,88	1200	7,14	65	52	40,6	20	22	28	7,5	10	26	17	32
1,25	1330	11,11	78	58	40,0	20	22	22	11,5	15	26	17	34
1,57	1240	11,91	85	62	43,2	20	22	24	12,5	15	26	17	34
2,22	1000	11,11	79	73	53,3	25	27	34	11,5	15	32	18	35
2,80	930	11,91	93	78	57,6	35	37	38	12,5	15	40	20	41
3,47	800	11,11	87	86	66,7	35	37	48	11,5	15	40	21	42
4,37	740	11,91	94	91	72,0	35	37	52	12,5	15	44	21	42
6,20	760	19,05	121	96	67,5	35	37	40	19,5	25	44	22	49
7,76	730	20,64	127	100	71,8	40	42	42	21,0	25	48	23	50
11,00	570	19,05	131	118	90,0	50	52	62	19,5	25	58	26	58
13,80	550	20,64	138	125	95,8	50	52	68	21,0	25	58	26	58
17,20	455	19,05	140	140	112,5	60	62	84	19,5	25	68	29	67
21,60	440	20,64	144	150	119,5	60	62	90	21,0	25	68	29	67
30,00	460	33,34	200	150	106,7	60	62	64	34,0	38	68	29	75
36,60	410	34,93	209	104	118,2	60	62	73	35,5	40	68	29	76
53,30	345	33,34	214	186	142,0	80	82	98	34,0	38	88	32	88
65,00	310	34,93	224	204	157,7	80	82	112	35,5	40	88	32	89
83,20	275	33,34	214	222	177,8	80	82	134	34,0	38	88	32	88
101,50	250	34,93	222	242	197,0	80	82	152	35,5	40	88	32	89

Дисковые муфты

Дисковые фрикционные муфты получили наибольшее распространение благодаря следующим свойствам:

1) большей несущей способности при малых габаритных размерах, особенно по диаметру;

2) возможности варьирования числа дисков, что существенно уменьшает номенклатуру муфт;

3) плавности работы;

4) простоте эксплуатации и ухода.

Эти муфты имеют недостатки:

1) невысокая точность срабатывания, связанная с непостоянством коэффициента трения, прилипаем дисков и непостоянством вязкости смазки в муфтах со смазкой;

2) значительное выделение теплоты при срабатывании, вызывающее разогрев трущихся поверхностей и, как следствие, непостоянство их фрикционных свойств и снижение прочности.

Число пар поверхностей трения

$$z = 8M_{пр} / [\pi (D_n^2 - D_v^2) D_{ср} [q] f_0],$$

где $M_{пр}$ — предельный крутящий момент, ограничиваемый муфтой; D_n и D_v — наружный и внутренний диаметры кольца контакта дисков, обычно $D_n = (3 \div 5) a_{вал}$; $D_v = (0,5 \div 0,6) D_n$; $D_{ср}$ — средний диаметр контакта дисков, $D_{ср} = (D_n + D_v)/2$; $[q]$ — допустимое давление на трущихся поверхностях (табл. VII.10); f_0 — коэффициент трения покоя (табл. VII.10).

раметры муфты по ОСТ-3 (рис. VII.11)

l_2	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	l_{11}	R	R_1	Номер пружины по ГОСТ 13771—68	Масса, кг	Шлицевое отверстие	
													$z \times d \times D$	b
31	43	30	7	24	13	20	10	15	5,14	1,93	290	0,5	6×11×14	3
30	43	29	7	23	11	18	10	15	4,70	1,75	279	0,5	6×11×14	3
31	43	30	7	24	13	20	11	16	5,14	1,93	290	0,5	6×13×16	3,5
42	58	40	7	36	17	30	11	17	8,00	3,00	347	1,0	6×13×16	3,5
49	65	47	10	37	17	30	11	17	8,65	3,24	362	1,0	6×13×16	3,5
42	55	40	10	32	17	27	11	17	8,00	3,00	347	1,0	6×16×20	4
49	61	47	10	39	17	27	14	21	8,65	3,24	362	2,0	6×23×28	6
42	54	40	12	31	17	27	14	21	8,00	3,00	347	2,0	6×23×28	6
49	61	47	12	37	17	30	14	21	8,65	3,24	362	2,0	6×23×28	6
69	82	67	15	53	28	43	16	26	13,70	5,15	435	4,0	6×23×28	6
74	92	72	15	59	28	47	16	26	14,85	5,57	446	4,0	6×28×34	7
70	89	68	15	55	28	43	21	31	13,70	5,15	435	6,0	8×32×38	6
77	97	75	15	62	28	47	21	31	14,85	5,57	446	6,0	8×32×38	6
70	89	68	15	55	28	43	26	37	13,70	5,15	435	7,0	8×42×48	8
74	95	72	20	54	28	43	26	37	14,85	5,57	446	8,0	8×42×48	8
120	147	118	20	100	48	73	27	43	24,00	9,00	507	14,0	8×42×48	8
128	155	125	20	109	48	73	27	43	25,40	9,40	103	16,0	8×42×48	8
121	140	119	20	102	48	73	35	53	24,00	9,00	507	20,0	8×62×72	12
130	147	126	20	111	51	77	35	53	25,40	9,40	103	25,0	8×62×72	12
121	140	119	20	102	51	77	35	53	24,00	9,00	507	25,0	8×62×72	12
128	147	126	20	109	51	77	35	53	25,40	9,40	103	29,0	8×62×72	12

Т а б л и ц а VII.10. Давления, допускаемые на рабочих поверхностях фрикционных предохранительных муфт, и средние значения коэффициента трения покоя

Материал поверхностей трения	Конусные муфты		Дисковые муфты	
	q , кгс/м ²	f_0	q , кгс/м ²	f_0
С о с м а з к о й				
Закаленная сталь по закаленной стали	—	—	2—4	0,1
Чугун по чугуну или по закаленной стали	1,0—1,2	0,15	2—4	0,15
Бронза по чугуну или стали	2—4	0,05	—	—
Металлокерамика по стали	—	—	5	0,05—0,1
Б е з с м а з к и				
Чугун по закаленной стали	3—4	0,2	—	—
Прессованный асбест, ферродо по стали или чугуну	1—2	0,3	1—2	0,3
Текстолит по стали или чугуну	2—4	0,2	—	—
Металлокерамика по стали	—	—	5—0	0,1—0,8

$$P_{пр} = 2M_{пр}/(D_{ср}2f_0).$$

На рис. VII.12 (табл. VII.11) представлена многодисковая предохранительная муфта конструкции Б. СКБ-3. На ступице полумуфты 1, свободно 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. Сила сжатия дисков создается пружиной сжатия и регулируется гайкой 4.

На рис. VII.13 (табл. VII.12) представлена муфта с изменяемым числом трущихся поверхностей. Предусматривается два исполнения муфты. В исполнении I муфта устанавливается на одном валу. Полумуфта 1 соединяется с валом шпонкой

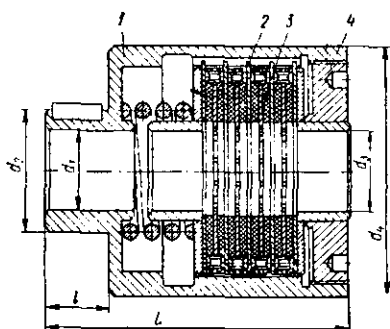


Рис. VII.12. Многодисковая предохранительная муфта Б. СКБ-3

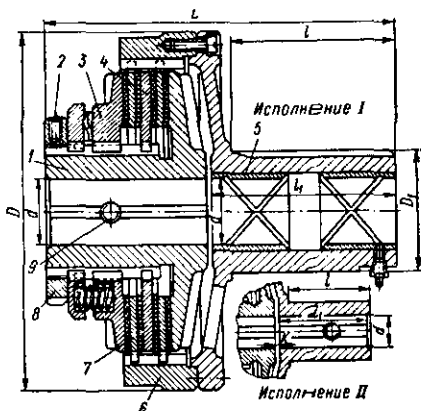


Рис. VII.13. Муфта с изменяемым числом трущихся поверхностей

и фиксируется от осевых смещений винтом 9. Внутренние диски 4 и нажимной диск 3 соединяются с полумуфтой 1 шлицами. Наружные диски 7 имеют приклеиваемые фрикционные накладки и 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 устанавливается зубчатое колесо (не показано), соединяемое с валом через муфту. Прижатие дисков создают пружины сжатия и регулирует гайка 8 со стороны 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.

На рис. VII.14, а (табл. VII.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. VII.14, б сила прижатия дисков создается рядом пружин сжатия 11, расположенных 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 и для извлечения кольца 10 вместе с гайкой 4 и крышкой 8 при демонтаже. Резьбовые отверстия 12 предусмотрены для поворота крышки.

Т а б л и ц а VII.11. Размеры (мм) и параметры
фрикционной предохранительной муфты 6. СКБ-3 (рис. VII.12)

$M_{кр}$ кгс·м	Шлице- вое от- верстие $z \times d \times D$	d_1 (пред. откл. по Н7)	d_2 (пред. откл. по k6)	d_3	d_4	L	l	Число поверх- ностей трения	Пружина $d \times D \times H$
0,01 0,10 1,50 2,00 2,50	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
3,00 4,00 5,00 6,00	6×26×30	30	45	30	100	125	25	8	5×55×75 5×55×75 6×60×80 6×60×80
8,00 12,00 16,00 20,00	8×36×40	40	60	40	120	140	30	10	7×65×45 7×65×55 8×70×50 8×70×50

Т а б л и ц а VII.12. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.13)

$M_{кр}$ (кгс·м) при коли- честве внутренних дисков			d	D	L при количестве дисков		
1	2	3			1	2	3
5,25	10,5	15,7	19—32	146	122	135	148
17,8	35,6	53,4	25,4—38	187	167	181	195
39,5	79,0	118,5	25,4—50	260	218	232	253
78,0	156,0	234,0	38—63	305	263	279	295
146,0	292,0	438,0	50—89	356	347	372	398
230,0	460,0	690,0	57—114	422	425	454	482
315,0	630,0	945,0	63—127	483	472	507	542
455,0	910,0	1365,0	69—152	533	575	610	645
1130,0	2260,0	3390,0	76—203	685	730	762	803

$M_{кр}$ (кгс·м) при коли- честве внутренних дисков			l	l_1	k	D_1	Масса (кг) при коли- честве дисков		
1	2	3					1	2	3
5,25	10,5	15,7	54	63	1,6	50,8	5,4	5,9	6,4
17,8	35,6	53,4	83	95	1,6	74,6	11,0	12,0	13,0
39,5	79,0	118,5	111	127	2,4	87,3	22,7	25,0	29,0
78,0	156,0	234,0	141	158	3,2	102	39,0	43,0	50,0
146,0	292,0	438,0	202	222	4,0	146	64,0	72,0	86,0
230,0	460,0	690,0	241	285	4,8	178	113,0	124,0	147,0
315,0	630,0	945,0	270	314	5,6	197	186,0	204,0	238,0
455,0	910,0	1365,0	327	321	6,4	229	249,0	295,0	363,0
1130,0	2260,0	3390,0	438	518	6,4	305	386,0	454,0	544,0

На рис. VII.15 (табл. VII.14) представлена многодисковая муфта, передающая большие крутящие 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 кольца 5, и регулируется гайкой 7. Гайка 7 поворачивается через

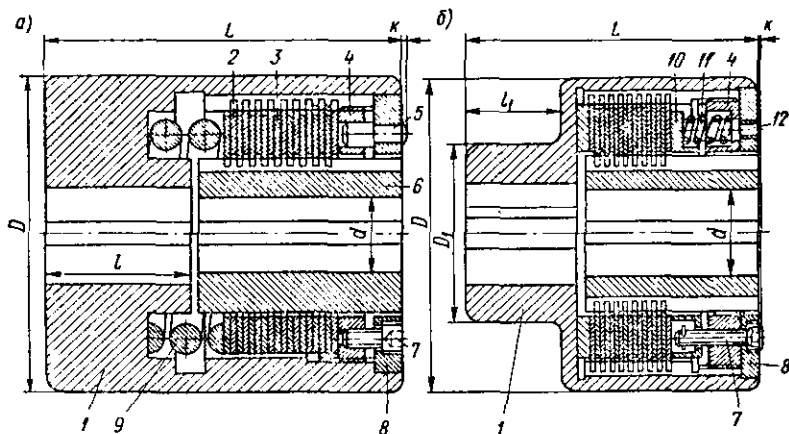


Рис. VII.14. Многодисковая муфта с малым наружным диаметром

гайку 8 и винты 9. Винты соединяют гайки 7 и 8 с нажимным кольцом 5, а также стопорят гайки в нужном положении.

На рис. VII.16, а (табл. VII.15) представлена муфта фирмы «Боленц» (ФРГ), работающая без смазки при высоких угловых скоростях и частых перегрузках благодаря хорошему теплоотводу. Диски 4 с приклеенными фрикционными накладками соединяются со ступицей 1 шлицами. Между рабочими поверхностями дисков располагается звездочка целной передачи (или любая другая деталь). Прижатие дисков создается пакетом тарельчатых пружин 5 и гайкой 2 со стопорным винтом. Звездочка центрируется на изностойном кольце 3, соединенном со ступицей шлицами.

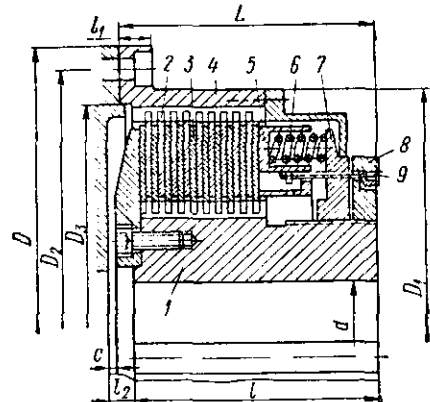


Рис. VII.15. Многодисковая муфта, передающая большие крутящие моменты

Муфта, представленная на рис. VII.16, б (табл. VII.16) применяется при средних и малых угловых скоростях и редких перегрузках. В зависимости от расположения пары тарельчатых пружин (рис. VII.16, в) муфта передает различные моменты $M_{кр}$: 1) 0,25—1,0; 2) 0,1—0,5 и работает без смазки.

На рис. VII.17 (табл. VII.17) представлены две модификации многодисковой предохранительной муфты фирмы «Боленц» (ФРГ). Рабочие поверхности дисков имеют металлокерамическое покрытие и работают без смазки. Фрикционные диски 2 и 3 подвижно 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. VII.17, а муфта, представленная на рис. VII.17, б, соединяет два вала.

Т а б л и ц а VII.13. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.14)

$M_{кр}$, кгс·м	d	D	L	l	l_1	D_1	k	Масса, кг	GD^2 , кгс·м ²
2	12—20	70	90	35	—	—	0,5	2,4	0,001
5	15—30	90	105	45	—	—	1,0	4,0	0,010
8	18—40	100	110	45	—	—	1,0	5,5	0,020
15	20—48	125	125	60	—	—	1,5	9,8	0,080
35	20—60	150	130	50	40	80	2,0	10,5	0,096
50	28—70	170	170	70	60	120	2,0	18,5	0,200
140	30—80	210	195	80	65	130	2,0	31,0	0,540

Т а б л и ц а VII.14. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.15)

$M_{кр}$, кгс·м	d	D	D_1	D_2	D_3	L	l	l_1	l_2	c	Мас- са, кг	GD^2 , кгс·м ²
140	30—80	250	210	230	105	115	120	12	—	—	22	0,55
200	50—80	310	260	285	245	130	128	15	12	2	39	1,47
450	70—110	370	315	340	295	140	135	15	15	2	61	3,19
550	70—130	430	370	400	345	165	155	20	20	5	99	7,2
1000	70—170	500	435	470	410	195	185	20	20	5	165	16,2
1500	85—190	550	490	520	465	205	195	20	20	5	224	27,7
2500	100—200	750	650	705	620	200	205	25	30	5	454	97

Т а б л и ц а VII.15. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.16, а)

$M_{кр}$, кгс·м	Масса, кг	A	B	C	D	E	F
2,5	0,5	65	40	45	11—20	10,0	9
8,3	1,0	85	46	57	14—30	12,0	9
16,0	3,0	115	52	80	18—45	14,5	9
25,0	3,5	135	62	80	18—45	17,5	11
40,0	5,0	160	67	100	24—55	19,5	13
63,0	8,0	180	82	120	28—65	23,0	17
100,0	11,0	215	84	140	38—60	24,5	17
160,0	18,0	270	100	155	48—90	27,5	21

На рис. VII.18 представлены варианты расположения тарельчатых пружин, сжимающих фрикционные диски. Вариант I применяют при высоких угловых скоростях и частых перегрузках. Благодаря мягкой характеристике пружины, износ дисков не вызывает сильного изменения силы их сжатия. Вариант II применяют при средних угловых скоростях и нечастых перегрузках. В этом случае износ 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. VII.17 три значения предельного крутящего момента достигаются путем изменения расположения тарельчатых пружин.

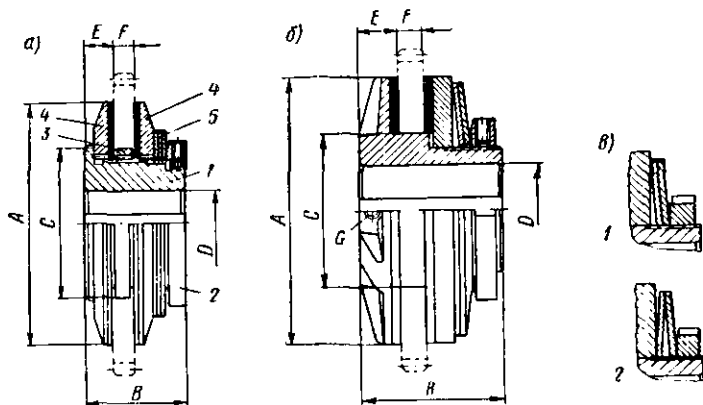


Рис. VII.16. Муфта, работающая без смазки

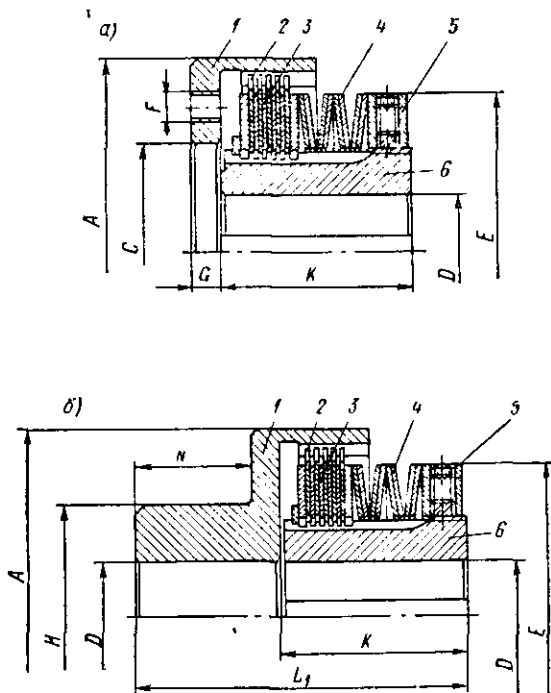


Рис. VII.17. Модификации многодисковой предохранительной муфты

Т а б л и ц а VII.16. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.16, б)

$M_{кр}$, кгс·м		Масса, кг	A	B	C	D	E	F	G
Исполнение									
1	2								
1—4	0,4—2,0	0,5	65	48	42	11—20	13	9	M4
2,5—10	1,0—5,0	1,4	90	55	52	14—26	15	9	M5
6—25	2,5—12,5	3,2	130	72	75	18—42	24	9	M8
10—40	4,0—20,0	4,3	145	80	85	24—50	26	11	M10
16—63	6,3—32,0	6,2	165	90	100	28—55	26	15	M10
25—100	10,0—50,0	8,8	190	100	110	38—65	28	18	M10
40—160	16,0—80,0	14,5	230	110	135	43—80	30	23	M10
60—250	25,0—125,0	22,0	280	140	175	58—100	30	30	—
100—400	40,0—200,0	35,0	320	160	200	68—120	35	30	—

Т а б л и ц а VII.17. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.17)

$M_{кр}$, кгс·м	A	C	D	E	F	G	H	K	L ₁	N
2,5 4,0 6,3	70	45	10—20	58	6×M6	6	60	40	90	45
4,0 6,3 10,0	90	55	12—25	75	6×M8	8	80	55	125	60
6,3 10,0 16,0	100	65	14—35	90	6×M8	8	90	55	125	60
10,0 16,0 25,0	125	75	17—45	110	8×M10	10	110	60	140	70
16,0 25,0 40,0	135	75	17—45	110	8×M10	10	110	65	150	75
25 40 63	150	95	22—55	120	8×M12	12	125	75	180	95
40 63 100	170	110	28—65	155	8×M12	12	140	85	200	100
63 100	195	125	33—70	165	8×M16	15	150	95	220	110
100 160 250	210	140	38—60	180	8×M16	15	170	110	260	135

На рис. VII.19 (табл. VII.18) представлена многодисковая предохранительная муфта фирмы «Боленц» (ФРГ) для передачи значительных крутящих моментов. Рабочие поверхности дисков имеют металлокерамическое покрытие и рабо-

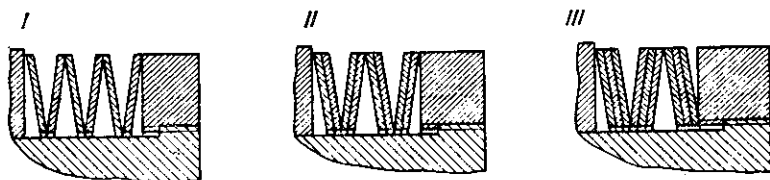


Рис. VII.18. Варианты расположения тарельчатых пружин

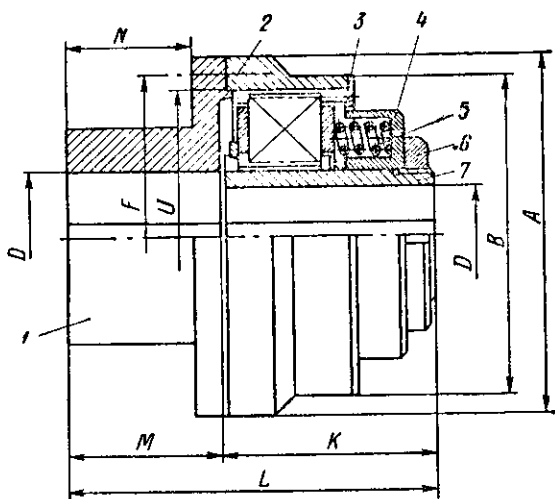


Рис. VII.19. Многодисковая предохранительная муфта

Т а б л и ц а VII.18. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.19)

$M_{кр}$, кгс·м	A	B	D	K	L	M	N	F	U	Масса, кг	GD^2 , кгс·м ²	
											внутрен- них ча- стей	наруж- ных ча- стей
400	285	260	50—100	178	368	190	175	260	245	70	0,79	1,55
800	335	315	60—115	182	397	215	195	310	295	105	1,75	3,50
1300	395	370	70—135	226	441	215	195	365	345	185	3,90	7,35
2500	460	435	70—150	255	470	215	195	430	419	310	10,00	13,50

тают 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

винчивании гайки кольцо 4 удерживается от поворота выступами, входящими в пазы крышки 3. Винты 2 соединяют части полумуфты 1.

На рис. VII.20 показана предохранительная фрикционная муфта по ГОСТ 15622—70 (табл. VII.19).

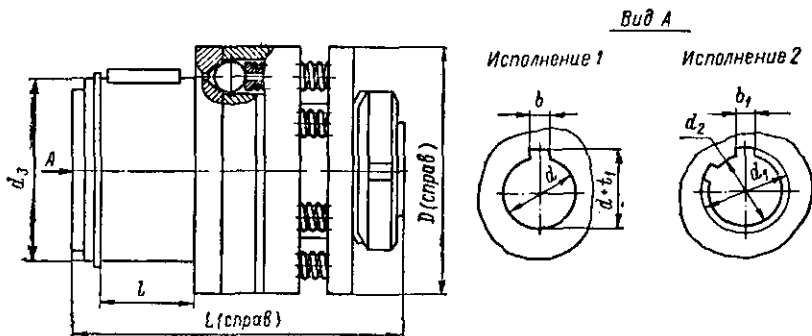


Рис. VII.20. Предохранительная фрикционная муфта по ГОСТ 15622—70

Конусные муфты

Эти муфты отличаются хорошей расцепляемостью и относительной простотой конструкции. Однако они имеют значительные радиальные габаритные размеры и отличаются высокими требованиями к соосности соединяемых валов и точности изготовления рабочих поверхностей.

На точность срабатывания этих муфт влияют: величина давления, чистота трущихся поверхностей, закон изменения нагрузки на муфту, продолжительность неподвижного контакта фрикционных поверхностей и величина нагрузки 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 высокий класс шероховатости трущихся поверхностей.

Конусные муфты могут работать как со смазкой трущихся поверхностей, так и без смазки. При расчете конусных фрикционных муфт (рис. VII.21) определяют:

предельный крутящий момент, ограничиваемый муфтой,

$$M_{\text{пр}} = \pi D_{\text{ср}}^2 b [q] f_0 / 2,$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр поверхности трения; b — ширина поверхности трения; $[q]$ — допустимое давление на поверхности трения (см. табл. VII.10); f_0 — коэффициент трения покоя (см. табл. VII.10);

ширину поверхности трения

$$b = 2M_{\text{кр}} / (\pi D_{\text{ср}}^2 f_0 [q]);$$

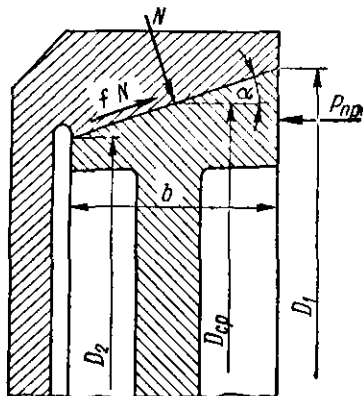


Рис. VII.21. Конусная фрикционная муфта

Т а б л и ц а VII.19. Размеры (мм) и параметры муфты по ГОСТ 15622—70 (рис. VII.20)

Обозначение муфты исполнения		D (справ.)	d (пред. откл. по Н7)	Последние отверстия						d ₅	L (справ.)	l	Пределы регулирования крутящего момента, кгс·м
				Исполнение 1		Исполнение 2							
				b (пред. откл. по Н8)	d + t ₁ (пред. откл. по Н7)	d ₁ (пред. откл. по Н8)	d ₂ (пред. откл. по Н8)	b ₁ (пред. откл. по U3)	Число зубьев z				
1-50×12	2-50×11	50	12	4	13,8	14	11	3		22	65	12	0,25—0,34
1-55×14	2-55×11	55	14	5	16,3					25	70	14	0,40—0,55
1-60×16	2-60×13	60	16		18,3	16	13	3,5		28	75	16	0,63—0,85
1-65×18	2-65×16	65	18		20,8	20	16	4		30	80	18	1,00—1,35
1-80×20	2-80×18	80	20	6	22,8	22	18	5		32	90	20	1,60—2,10
1-90×22	2-90×21	90	22		24,8	25	21			36	100	22	2,50—3,30
1-100×25	2-100×26	100	25	8	28,3	32	26	6		40	110	25	4,00—5,30
1-110×28	2-110×26	110	28		31,3					45	120	30	6,30—8,40
1-120×32	2-120×32	120	32	10	35,3	38	32	7		55	140	38	10—13,1
1-120×36	2-120×36		36		39,3	42	36						
1-135×40	2-135×42	135	40	12	13,3	48	42	8		70	160	48	16—21,6
1-135×45			45		48,8								
1-150×50	2-150×46	150	50	14	58,8	54	46	9		90	180	60	25—33,7

Пример условного обозначения муфты с наружным диаметром D=50 мм и диаметром расточки под вал d=12 мм исполнения 1: Муфта 1-50×12 ГОСТ 15622—70; то же, с диаметром расточки под шлицевой вал d₅=11 мм, исполнения 2: Муфта 2-50×11 ГОСТ 15622—70.

средний диаметр поверхности трения

$$D_{\text{ср}} = 2\sqrt[3]{M_{\text{пр}} / (2\pi\psi f_0 [q])},$$

где

$$\psi = 2b/D_{\text{ср}} = 0,3 \div 0,5; \quad D_{\text{ср}} = (D_1 + D_2)/2$$

силу, создаваемую пружиной,

$$P_{\text{пр}} = 2M_{\text{пр}} \sin \alpha / (D_{\text{ср}} f_0),$$

где α — угол наклона образующей конуса; его задают исходя из условия $\alpha \geq \varphi$ (φ — угол трения). Для металлических поверхностей трения угол α принимается равным $8-10^\circ$, при фрикционных обкладках на асбестовой основе — $12-15^\circ$ и более.

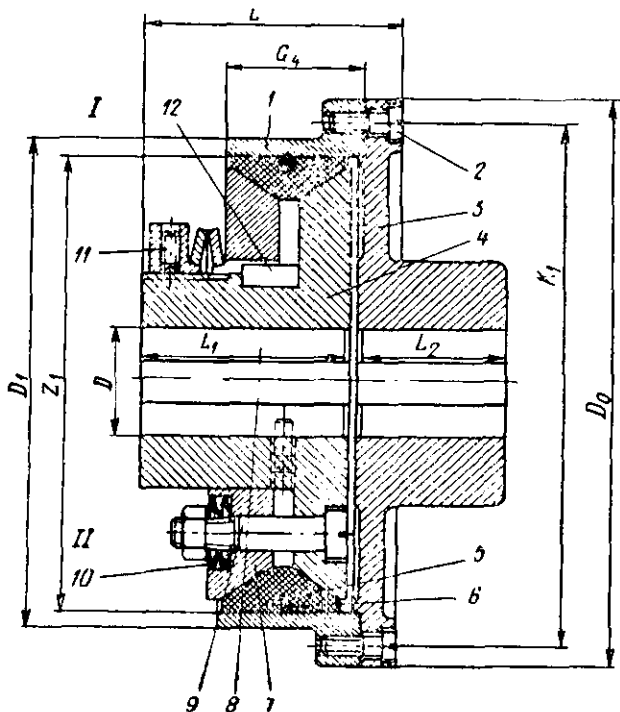


Рис. VII.22. Муфта с рабочими поверхностями в форме конуса и цилиндра

На рис. VII.22 (табл. VII.20) представлена муфта фирмы «Деш» (ФРГ), рабочие поверхности которой имеют форму конуса и цилиндра. Муфта работает без смазки и выпускается в двух вариантах: I — для ограничения малых и средних крутящих моментов, II — для ограничения больших моментов. Муфта состоит из фрикционного барабана 1, полумуфт 3 и 4, соединяемых с валами шпонками, фрикционного кольца 5, состоящего из сегмента, соединяемых спиральной пружиной 6, тарельчатых пружин 10, прижимающих через диск 7 фрикционное кольцо 5 и рабочим поверхностям полумуфт, гаек 11, регулирующих степень сжатия тарельчатых пружин, винта 8 для фиксации полумуфт на валу. В первом варианте конструкции подвижный вдоль оси диск 7 центрируется по ступице, имеющей направляющую шпонку 12; во втором — по болтам 9. Благодаря

Т а б л и ц а VII.20. Основные размеры (мм) и параметры муфты
(рис. VII.22)

М кр. шах, кгс.м	л. об/мин	D_0	D	D_1	G_*	K_1	L	L_1	L_2	Z_1
6	5400	92	22	70	25	80	60	34	25	62
12	4000	125	30	100	35	112	80	50	29	90
24	3280	152	38	125	40	138	94	60	33	115
36	2550	195	25—50	160	47	177	115	68	45	148
60	2120	235	30—60	200	58	217	143	80	60	186
96	1710	290	35—70	250	70	268	183	105	75	234
192	1360	365	40—90	315	96	340	223	130	90	295
300	1225	410	50—110	355	105	383	270	145	120	335
600	1080	460	60—125	400	130	430	335	180	150	376
1200	855	580	80—150	500	165	536	386	210	170	472
2400	700	710	90—180	630	200	670	468	250	210	594

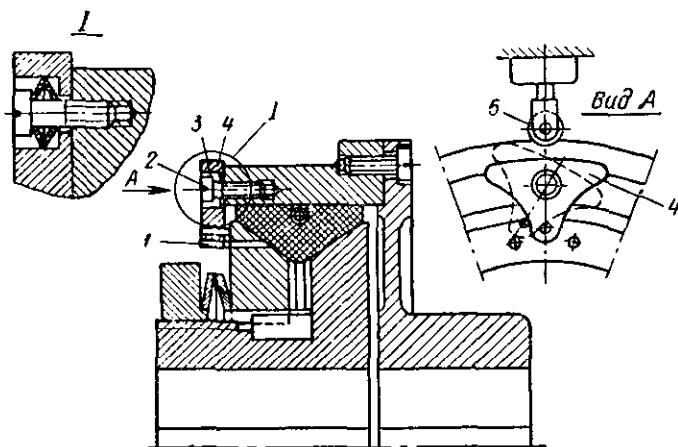


Рис. VII.23. Конструкция муфты с отключением электродвигателя

винтам 2, соединяющим части 1 и 3, упрощается монтаж и изготовление муфты. Фрикционные кольца изготовляют из материала на основе асбеста.

Возможен вариант, предусматривающий отключение электродвигателя при срабатывании муфты (рис. VII.23). На подвижном диске устанавливается штифт 1, который при срабатывании муфты вызывает поворот собачки 4, сидящей на оси (винте) 2. Собачка ударяет по ролику конечного выключателя 5 и размыкает цепь. Тарельчатые пружины 3 обеспечивают плотную фиксацию собачки.

На рис. VII.24 (табл. VII.21) представлена фрикционная предохранительная муфта фирмы «Боленс» (ФРГ) с винтовой пружиной. Муфта располагается на валу 2 и состоит из ведущей 3 и ведомой 1 полушестерен, соединенных между собой винтовой пружиной 5 с витками прямоугольного поперечного сечения переменной величины. Пружина крепится к полушестерне 3 (рис. VII.24) так, что с помощью

регулирующего винта (не показан) обеспечивается относительное смещение ее концов в окружном направлении. При этом пружина подобно канату на барабане охватывает наружную цилиндрическую поверхность полумуфты 1. Полумуфта 3 свободно располагается на валу 2 на бронзовой втулке 4. Смазку к трущимся поверхностям пружины и опоры скольжения подводят через пресс-масленки.

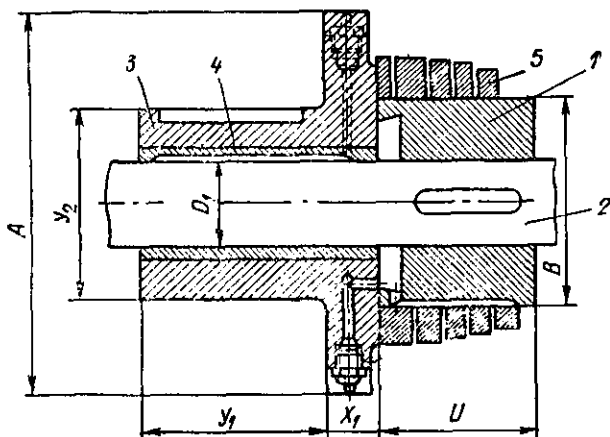


Рис. VII.24. Фрикционная предохранительная муфта с винтовой пружиной

Т а б л и ц а VII.21. Размеры (мм) и параметры муфты с винтовой пружиной (рис. VII.24)

$M_{вр.}$ кгс·м	Масса, кг	A	B	D_1 max	U	X_1	Y_1	Y_2
18	9	175	80	40	55	17	70	80
25	12	200	90	45	60	20	80	85
36	21	215	100	50	80	20	90	90
72	28	245	125	60	90	25	95	100
100	50	300	150	80	110	30	120	120
143	69	330	175	90	120	30	144	140
215	98	385	200	105	135	35	155	160
360	135	425	225	120	150	40	160	170
500	186	480	250	130	165	45	180	180
610	234	520	275	145	170	50	200	200
680	285	575	300	160	185	55	215	220
790	352	600	325	170	200	60	220	230
1000	411	640	350	185	220	65	225	240
1290	507	680	375	200	235	70	240	260
1500	680	720	400	220	250	75	250	270

На рис. VII.25 (табл. VII.22) представлена колодочная муфта фирмы «Карл Зигерт» (ФРГ), рабочая поверхность которой имеет форму кругового цилиндра. Муфта работает без смазки и состоит из полумуфт, трех тормозных колодок с фрикционными накладками, трех пакетов тарельчатых пружин, создающих прижатие трущихся поверхностей, регулирующего клинцев и гайки, соединенной буртиком

Т а б л и ц а VII.22. Основные размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.25)

Мкр. кгс.-м	л _{тах} об/мин	A	a	B	C	D	d _{тах}	d _{пред}	M	H	S	E	e	K	f	Y ₁	Y ₂	z	P _к кгс/см ²
1,6	5000	29	—	—	19	45	12	—	61	70	8	52	30	38	25	5	6	—	12,57
1,2 5,0 7,5	4800	49	—	—	35	75	24	10	94	105	10	83	50	59	45	6	8	—	1,56 6,51 9,76
3,0 10,0 15,0	4500	50	84	98	36	95	40	12	116	128	10	105	70	79	50	8	8	4	2,43 8,11 12,16
6,0 20,0 30,0	3700	59	99	117	41	120	50	12	143	160	11	130	90	100	60	10	10	4	2,61 8,72 13,08
10,5 35,0 52,5	2900	64	114	132	46	152	65	15	180	200	14,5	164	110	126	70	13	12	4	2,49 8,32 12,48
18,0 60,0 90,0	2400	71	139	159	51	185	85	30	215	240	14,5	199	140	156	90	16	14	4	2,56 8,56 12,84

$M_{кр}$, кгс/м	n_{max} , об/мин	A	a	B	C	D	d_{max}	$d_{пред}$	M	H	S	E	ρ	K	l	Y_1	Y_*	z	P , кгс/см ²
36,0 120,0 180,0	1870	86	181	204	63	240	115	40	273	300	14,5	256	185	207	120	18	16	6	2,50 8,34 12,51
60,0 200,0 300,0	1530	96	218	244	70	300	150	55	337	370	14,5	320	240	253	150	20	20	8	2,44 8,14 12,21
90,0 300,0 450,0	1320	106	258	284	80	340	170	65	382	420	17,5	362	265	292	180	20	20	8	2,44 8,15 12,22
150,0 500,0 750,0	1200	125	280	305	100	380	180	70	424	470	17,5	404	375	321	180	20	20	8	2,53 8,46 12,69
300,0 1000,0	1000	144	328	352	120	450	200	85	497	550	17,5	476	310	372	210	20	20	8	2,96 9,87

с клиньями. Гайка стопорится тремя радиальными винтами. В зависимости от силы прижатия колодок муфта обладает различной несущей способностью при неизменных габаритных размерах.

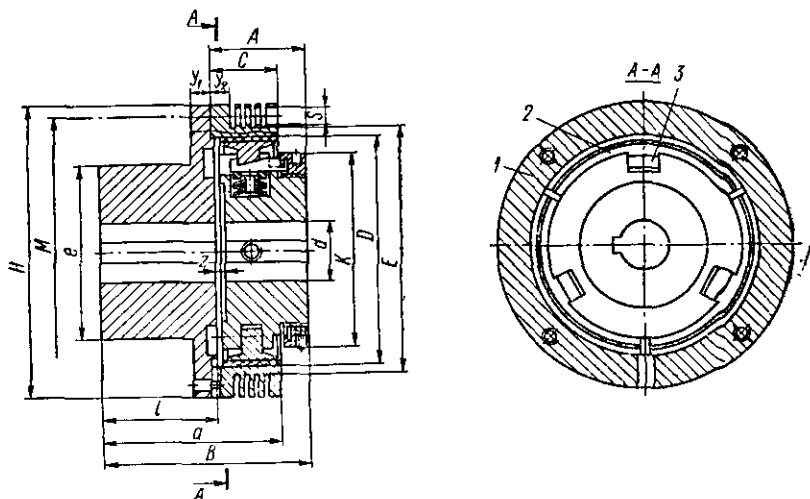


Рис. VII.25. Колодочная муфта

При необходимости лучшего отвода тепла у напряженно работающих муфт на наружной поверхности полумуфты выполняют кольцевые ребра. Муфта отличается пониженной чувствительностью к неточности взаимного расположения соединяемых валов.

Б. 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 крутящим моментом некоторого предела происходит уменьшение давления, а вместе с ним и сил трения на фрикционных поверхностях, что ограничивает крутящий момент, передаваемый муфтой¹ [50], [73].

На рис. VII.26 (табл. VII.23) представлена конструкция муфты со стабилизирующим устройством по ведомственному 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 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 пружин 5, а тем самым и сила сжатия фрикционных

¹ Есипенко Я. И. и др. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки. Киев, «Техника», 1972. 168 с.

Запорожченко Р. М. О характеристиках предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания. — «Изв. вузов. Машиностроение», 1971, № 1, с. 48—52.

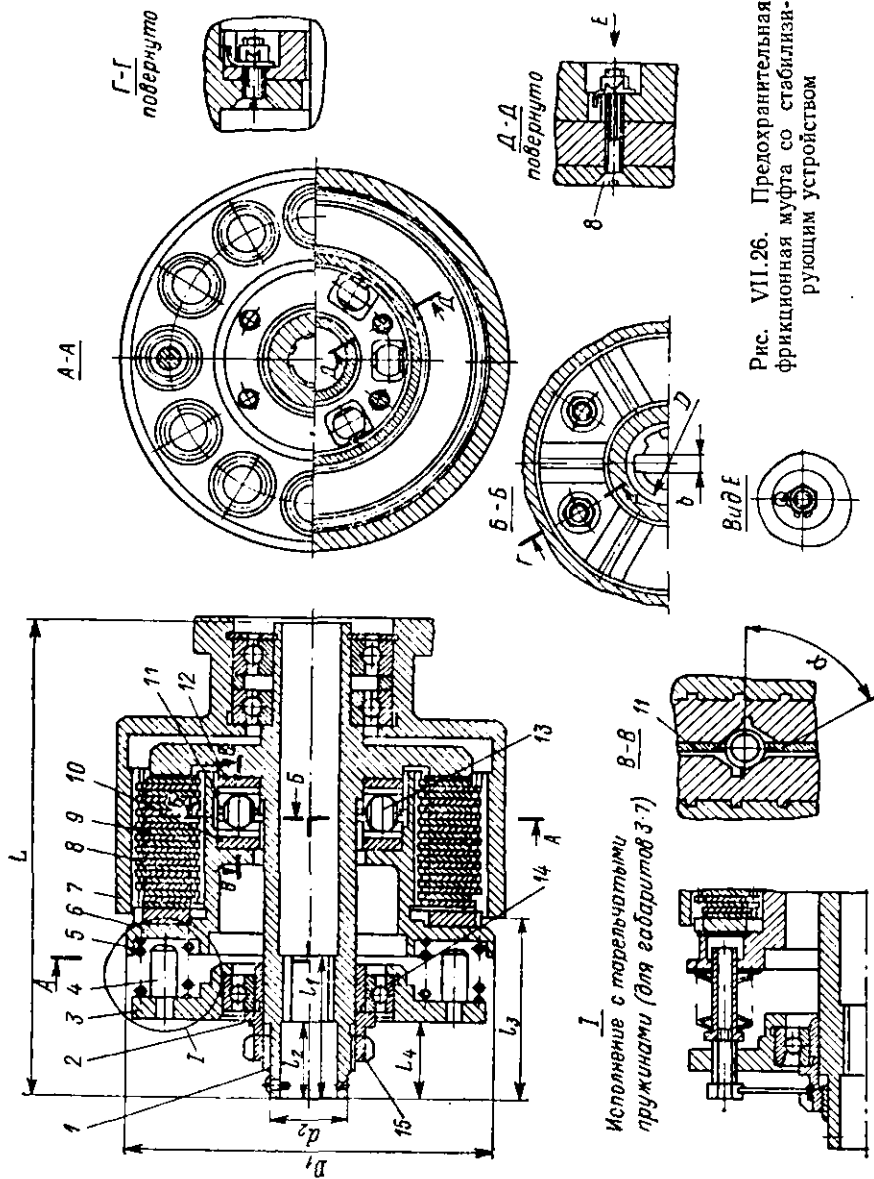


Рис. VII.26. Предохранительная фрикционная муфта со стабилизирующим устройством

Т а б л и ц а VII.23. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VII.26)

Обозначение	Исполнение со шлицами		d_2	D_1	L	l_1	l_2	l_3	l_4 , не менее	Предел регулирования		Масса, кг	Маховой ** кис. М ² комонт.	α Max ***	ρ Max ****	
	D	b								* M ρ max	кгс·м					M ρ min
МПФС21-0-20А	20	4			60											
МПФС21-0-20	—	—	M33X1,5	118	157	—	30	78		15,5	4,5	5,05	0,035	1° 34'	6° 40'	
МПФС21-0-22	22	5			62											
МПФС22-0-22	22	5			65				20							
МПФС22-0-22А	—	—			—											
МПФС22-0-25	25	5	M39X1,5	138	176	70	32	82		28	10	8,12	0,074	1° 32'	6° 3'	
МПФС22-0-25А	—	—			—											
МПФС22-0-28	28	6			74											
МПФС23-0-28	28	6														
МПФС23-0-28А	—	—			77											
МПФС23-0-30А	—	—	M48X1,5	158	203	82	35	90		53	13	12,9	0,164	1° 20'	5°	
МПФС23-0-32	32	6							23							
МПФС23-0-34	34	7			85											

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, установленных 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. Крутящий 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

$$P_1 = P_0 \operatorname{tg} \alpha,$$

где $P_0 = 2M_{кр}/d$ — окружная сила на роликах: d — диаметр окружности, на которой расположены ролики; α — угол скоса паза обоймы (сечение $B-B$).

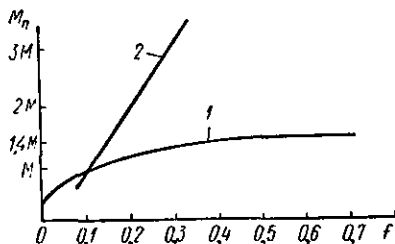


Рис. VII.27. Кривые изменения крутящего момента

С изменением крутящего момента на муфте растет и распорная сила, уменьшающая силу трения на фрикционных дисках. Благодаря этому повышается точность срабатывания муфты. На рис. VII.27 представлены кривые изменения крутящего 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. VII.26) ставится уплотнение.

Для уменьшения влияния динамики привода на величину крутящего момента и уменьшения нагрева муфты рекомендуется устанавливать на тихоходном валу.

Муфты выбирают по предельному крутящему моменту $M_{пр}$, передаваемому муфтой в начале срабатывания.

$$M_{пр \min} \leq M_{пр} \leq M_{пр \max}$$

и по угловой скорости вала n .

При тепловом расчете кратковременно перегружаемых муфт (теплоотдачу муфты не учитывают) определяют приведенную работу трения

$$A = M_{пр} n \tau \leq A_T,$$

где $\tau = \tau_1 + \tau_2$ — время буксования муфты: τ_1 , τ_2 — время буксования муфты (с) до выключения электродвигателя и после него.

Значения A_T приведены ниже:

Диаметр муфты D_1 , мм	118	138	158	175	198	212	254
A_T , кгс·м	$194 \cdot 10^3$	$340 \cdot 10^3$	$528 \cdot 10^3$	$730 \cdot 10^3$	$865 \cdot 10^3$	$117 \cdot 10^4$	$163 \cdot 10^4$

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 $\pm 50^\circ \text{C}$.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты служат для автоматического соединения (или разъединения) валов при достижении ведущим валом заданной угловой скорости.

По принципу действия эти муфты являются фрикционными, автоматически управляемыми центробежными силами и пружинами. Как и все сцепные муфты, они делятся на нормально-разомкнутые и нормально-замкнутые. В первых рабочие элементы раззаты пружинами и замыкаются под действием центробежных сил, во вторых — наоборот.

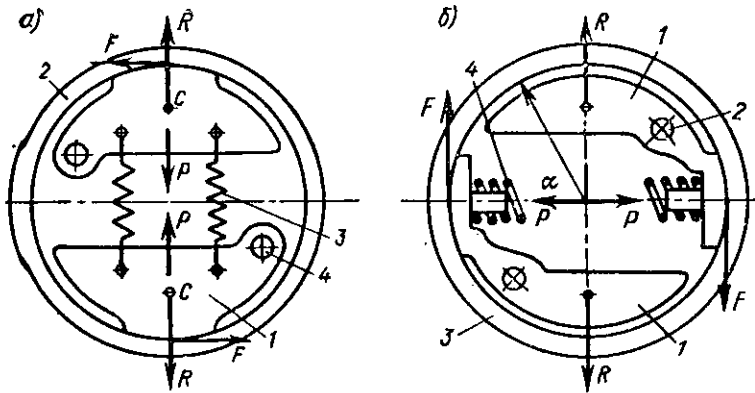


Рис. VIII.1. Принципиальные схемы колодочных муфт

Нормально-разомкнутые муфты используют в качестве пусковых для облегчения разгона машин двигателями с малыми пусковыми моментами (асинхронные электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания) и получения плавной характеристики пускового режима. Нормально-замкнутые муфты используют для ограничения чрезмерного возрастания скорости рабочей машины.

По виду рабочего элемента центробежные муфты подразделяют на колодочные и на муфты с сыпучим рабочим телом (стальная дробь и т. п.).

На рис. VIII.1 представлены принципиальные схемы колодочных муфт. Нормально-разомкнутая муфта (рис. VIII.1, а) имеет на ведущей полумуфте колодки 1 с осью поворота 4 и пружины 3, отжимающие с силой P колодки от рабочей поверхности ведомой полумуфты 2. По мере разгона ведущей полумуфты центробежные силы R , преодолевая силу пружин, прижимают колодки к рабочей поверхности ведомой полумуфты, вызывая появление силы трения F .

Нормально-замкнутая муфта (рис. VIII.1, б) имеет на ведущей полумуфте колодки 1 с осью поворота 2, которые усилием P 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. Нормально-разомкнутые колодочные муфты выполняются и без отжимных пружин.

На рис. VIII.2 изображена принципиальная схема муфты с дробью. Разъемный корпус муфты 1 жестко соединен с ведущим валом 5. Диск 2, выполняемый плоским или с гофрами, располагается внутри корпуса и жестко соединяется с ведомым валом 4. Стальная дробь 3, расположенная внутри корпуса, под действием центробежных сил при вращении муфты отбрасывается к периферии корпуса и соединяет его с диском. Процесс сцепления муфт подробно освещен в [55].

На рис. VIII.3, VIII.4 и VIII.5 приводится характеристика процесса сцепления муфт.

На рис. VIII.3 показан характер изменения угловой скорости обычной муфты при разгоне машины (кривая 1), а также характер изменения угловой скорости ведомой полумуфты центробежных муфт; колодочной нормально-разомкнутой (кривая 2); колодочной без отжимных пружин (кривая 3); муфты с дробью (кривая 4). Наибольшее время разгона машины и плавное сцепление обеспечивает муфта с дробью, меньше — обычная муфта. Сокращение времени разгона связано с появлением значительных нагрузок при пуске машин с большими инерционными массами.

На рис. VIII.4 показан характер изменения крутящего момента асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, крутящего момента пусковой муфты

M_M , сила тока в цепи I и момента сил сопротивления M_C , нагружающего муфту, в зависимости от угловой скорости ротора. Движение ведомой полумуфты начинается, когда момент муфты M_M достигает значения M_C (точка S_1). При дальнейшем увеличении скорости двигателя момент муфты M_M возрастает до момента двигателя M_D (точка S_2). Точка S_2 не должна находиться левее точки $M_{D\max}$

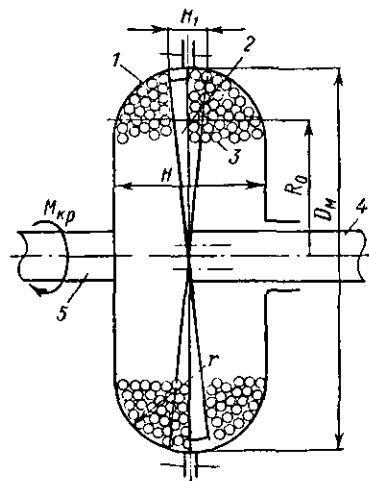


Рис. VIII.2. Принципиальная схема муфты с дробью

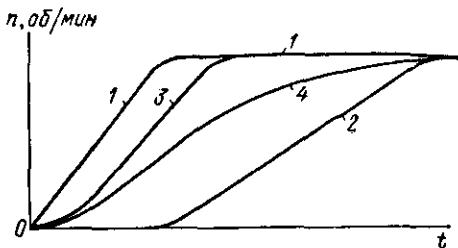


Рис. VIII.3. Характер изменения угловой скорости муфты при разгоне машины

(неустойчивая ветвь), так как в этом случае двигатель не сможет разогнаться до полной скорости. Далее по мере разгона момент двигателя убывает до величины момента сопротивления (точка S_2).

Видно, что пусковая муфта выполняет функции предохранительной. Если момент сил сопротивления M_C возрастает до M_C , то момент двигателя также увеличивается, а скорость уменьшается. Если момент нагрузки M_C превышает значение, соответствующее точке S_2 , то муфта начнет буксовать.

Центробежные муфты позволяют не нагружать электродвигатель до достижения $M_{D\max}$ (рис. VIII.4), когда сила тока больше номинальной в 4—7 раз, что исключает перегрев двигателя. Муфта позволяет электродвигателю легко разогнаться и по достижении им определенной скорости начинает плавный разгон машин без перегрузки.

На рис. VIII.5 представлен характер изменения во времени угловых скоростей ведущей n_1 и ведомой n_2 полу муфт для колодочных муфт без пружин, а также крутящих моментов асинхронного короткозамкнутого электродвигателя M_D , момента муфты M_M и момента сопротивления M_C машины. Кроме того, представлен характер изменения силы тока при наличии пусковой муфты (кривая 1) и без пусковой муфты (штриховая кривая 1'). Видно, что время разгона двигателя, в течение которого в его обмотках возникают значительные токи, вызывающие перегрев, мало по сравнению со временем разгона машины. Разгон машины происходит в течение значительного промежутка времени, что исключает

появление больших инерционных нагрузок на детали привода при пуске. В точке S_1 момент M_M , развиваемый муфтой, становится равным моменту сопротивления M_C , и начинается разгон машины. В точке S_2 момент муфты M_M становится равным моменту двигателя M_D . В точке S_2' заканчивается процесс сцепления полу-муфт. В точке S_3 момент двигателя M_D становится равным моменту сил сопро-тивления.

Время разгона машины t (с), в предположении, что значения M_M и M_C в те-чение периода разгона сохраняются постоянными, определится приближенно

$$t = GD^2 n / 375 (M_M - M_C), \quad (\text{VIII.1})$$

где M_M — крутящий момент, передаваемый муфтой, кгс·м; M_C — момент силы сопротивления, приведенный к валу муфты, кгс·м; $M_M - M_C$ — избыточный момент, идущий на разгон машины; GD^2 — маховый момент ведомой части, при-веденный к валу муфты, кгс·м²; n — частота вращения, об/мин.

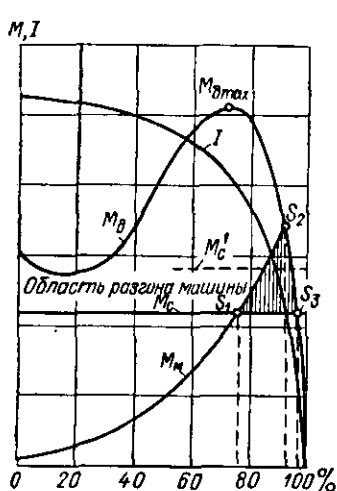


Рис. VIII.4. Характер измене-ния параметров электродвигате-ля и муфты в зависимости от угловой скорости ротора

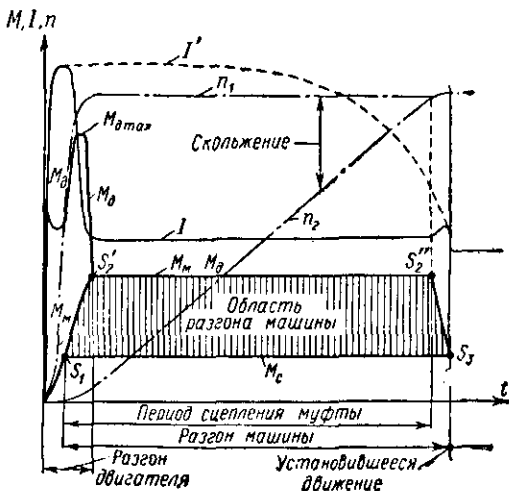


Рис. VIII.5. Характер изменения угловых скоростей полу муфт

Исходя из условий работы машины и электродвигателя, получаем необходимое время разгона машины t , а из формулы (VIII.1) определяем значение M_M .

Работа трения (кгс·м) за период сцепления муфты

$$A_{\text{тр}} = M_M \omega t / 2, \quad (\text{VIII.2})$$

где ω — угловая скорость муфты, 1/с.

Количество теплоты (ккал), выделяемой муфтой за период сцепления,

$$Q = A_{\text{тр}} / 427. \quad (\text{VIII.3})$$

Если вся теплота пойдет на нагрев корпуса ведомой полу муфты, то его тем-пература к концу сцепления

$$t_k = Q / (Gc) + t_b.$$

где G — масса обода, кг; c — теплоемкость, ккал/(кг·°C); t_b — наружная тем-пература воздуха; t_k не должна превышать 75°. При $t_k > 75^\circ$ в конструкции муфты необходимо предусматривать усиленный отвод теплоты (ребра на наружной по-верхности корпуса и т. п.).

Для колодочных муфт с отжимными пружинами момент сил трения (кгс·м), развиваемый муфтой,

$$M_m = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} (n^2 - n_0^2) f R_{\text{тр}} z, \quad (\text{VIII.4})$$

где G — масса колодки, кг; g — ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$; r — расстояние от оси муфты до центра тяжести, м; n — скорость вращения муфты после полного спеления, об/мин; n_0 — частота вращения ведущего вала, при которой центробежная сила, действующая на колодку, становится равной силе пружины, об/мин; f — коэффициент трения; $R_{\text{тр}}$ — радиус трения; z — число колодок.

Для колодочных муфт без отжимных пружин момент сил трения (кгс·м), развиваемый муфтой,

$$M_m = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} n^2 / R_{\text{тр}} z. \quad (\text{VIII.5})$$

Давление на колодки (кгс/см²)

$$q = Q/F \ll [q], \quad (\text{VIII.6})$$

где $Q = G\pi^2 r / [900 (n^2 - n_0^2)]$ — центробежная сила, действующая на колодку, кгс; F — площадь проекции рабочей поверхности колодки на диаметрально плоскость, см²; $[q]$ — допускаемое давление, кгс/см².

Момент сил трения (кгс·см) в муфтах, наполненных дробью, с корпусом, выполненным в форме тора (рис. VIII.2) равен;

1) для муфты с гладким диском [25]

$$M_m = \frac{\pi \gamma \omega^2 c' f}{7.5g} (a_1 R_0^5 + b_1 R_0^4 + c_1 R_0^3 + d_1 R_0^2 + h_1 R_0 + e_1); \quad (\text{VIII.7})$$

2) для муфты с гофрированным диском

$$M_m = \pi \gamma \omega^2 c' f (a R_0^5 + b R_0^4 + c R_0^3 + d R_0^2 + h R_0 + e) / g, \quad (\text{VIII.8})$$

где

$$a_1 = 3 + 2A^{5/2} - 5A; \quad b_1 = r(15 + 6,28A^{5/2} - 23A);$$

$$c_1 = r^2(30 + 12,5A^{5/2} - 42A); \quad d_1 = r^3(30 + 10A^{5/2} - 38,6A);$$

$$h_1 = r^4(15 + 4,2A^{3/2} - 18A); \quad e_1 = r^5(3 + 0,7A^{5/2} - 3,4A);$$

$$a = 2,5 - 1,8A^{5/2} - 0,7A; \quad b = r(3,1 - 4,5A - 7,2A^{5/2});$$

$$c = r^2(8 - 9,4A - 11,5A^{5/2}); \quad d = r^3(7,9 - 10A - 9,6A^{5/2});$$

$$h = r^4(5,3 - 5,1A - 3,8A^{5/2}); \quad e = r^5(1,2 - A - 0,6A^{5/2});$$

$$A = 1 - k_1,$$

$r = H/2$ — радиус кривизны меридиана торовой поверхности, см; R_0 — радиус кривизны цилиндрической поверхности корпуса, см; $\gamma = 0,0078$ — плотность материала дроби, кгс/см³; $f = 0,185 + 0,22$ — коэффициент трения шариков о корпус; ω — угловая скорость корпуса, 1/с; $c' = 1 - 0,02d_{\text{ш}}$ — коэффициент, учитывающий влияние диаметра шариков; $d_{\text{ш}}$ — диаметр шариков, мм; $k_1 = 0,5 \div 0,7$ — коэффициент заполнения муфты шариками.

Высота гофра принимается $H_1 = 2d_{\text{ш}}$. Диаметр диска принимается $D_d = D_m - 0,9d_{\text{ш}}$, где $D_m = 2(R_0 + r)$.

Толщина диска выбирается в пределах 2—5 мм в зависимости от величины момента сил трения; твердость после термообработки $HB 280 - 320$.

1. КОЛОДОЧНЫЕ МУФТЫ

На рис. VIII.6 (табл. VIII.1) представлена колодочная муфта фирмы «Крофтс» (Англия), выпускаемая в двух модификациях. В первой (рис. VIII.6) на ведущей полумуфте 1 предусмотрены направляющие ребра 4, между которыми расположены колодки 5 с фрикционными накладками. С помощью винта 2 и винтовой пружины сжатия 3 колодка постоянно поджимается к полумуфте 1. Ведомая полумуфта 6 выполняется либо цельной, либо состоящей из двух деталей, что

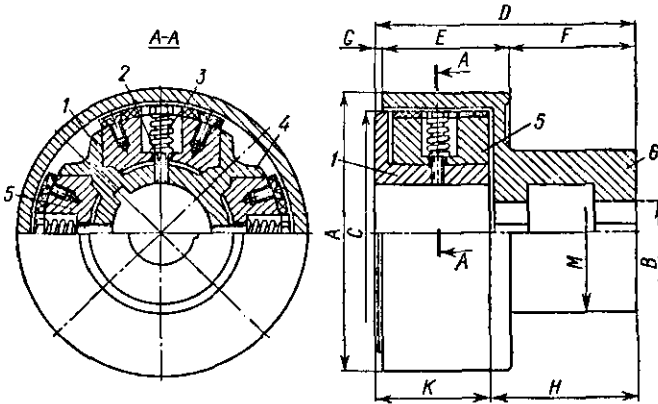


Рис. VIII.6. Колодочная муфта фирмы «Крофтс»

Т а б л и ц а VIII.1. Размеры (мм) колодочной муфты (рис. VIII.6)

Обозначение	A	B _{max}	C	D	E	F	G	H	K	M
1	100	22	81	84	54	33	3	41	48	44
2	127	31	113	108	62	40	5	51	55	63
3	152	38	136	124	70	50	5	60	62	76
4	178	44	160	138	81	52	5	66	70	81
5	203	54	184	147	84	58	5	73	73	108
6	254	70	233	160	92	63	5	79	79	133
7	304	81	282	181	101	70	8	89	89	165
8	356	101	330	200	114	78	8	98	98	190
9	406	114	378	225	127	90	8	111	111	210
10	456	133	426	244	135	98	11	120	120	241
11	508	146	470	270	149	108	13	133	133	266
12	610	178	565	295	165	117	13	146	146	330

упрощает монтаж и уход за муфтой. Во второй модификации 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.

У муфты с винтовыми пружинами сцепление валов начинается при 75% полной скорости ($n = 0,75n_n$). У муфт без пружин сцепление начинается при меньшей скорости и при 75% полной скорости передается 50% нагрузки.

В табл. VIII.2 даны значения мощности, передаваемой муфтами с пружинами сжатия, в зависимости от частоты вращения и количества колодок, а в табл. VIII.3 — значения мощности, передаваемой муфтами без пружин.

Обозначение	Кол-во Колодок	Наружный диаметр	Диаметр отверстия под вал	Мощность (л. с.) при n (об/мин)																К
				мм																
				300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000		2500	3000
7	3	304	81	0,75	1,75	3,5	6,0	9,5	14,0	20,0	28,0	37,0	48,0	60,0	—	—	—	—	—	—
	6			1,5	3,5	7,0	12,0	19,0	28,0	40,0	56,0	74,0	96	120	—	—	—	—	—	—
8	4	356	100	2,1	5,0	10,0	16,0	26,0	40,0	57,0	78,0	104	—	—	—	—	—	—	—	—
	6			3,2	7,6	15,0	25,0	40,0	60,0	86,0	118	157	—	—	—	—	—	—	—	—
9	4	406	114	4,2	10,0	19,0	33,0	53,0	80,0	112	165	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6			6,3	15,0	29,0	50,0	80,0	120	170	230	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	6	456	133	8,0	19,0	37,0	63,0	100	150	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8			11,0	25,0	49,0	84,0	134	200	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	6	508	146	13,0	30,0	58,0	100	160	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8			17,0	40,0	78,0	135	215	324	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	6	610	178	29,0	68,0	135	232	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8			33,0	92,0	179	310	440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Значения мощности для промежуточных значений определяются по формуле: $N = K \left(\frac{n}{100} \right)^2$.

Т а б л и ц а VIII.3. Мощность, передаваемая муфтами без пружин (рис. VIII.6)

Обозначение	Количество колодок	Наружный диаметр	Диаметр отверстия под вал	Мощность* (л. с.) при n (об/мин)															K				
				мм																			
				300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800		2000	2500	3000	
1	2	100	22	—	—	—	—	—	—	0,15	0,21	0,38	0,50	0,62	0,9	1,0	1,2	1,7	2,3	4,5	6,6	0,29	
	4			—	—	—	—	—	0,30	0,42	0,76	1,0	1,25	1,6	2,0	2,4	3,4	4,6	9,0	13,5	0,57		
2	2	127	32	—	—	—	—	—	—	0,25	0,37	0,50	0,76	1,0	1,3	1,5	2,0	3,0	4,2	5,8	11,0	—	0,75
	4			—	—	—	—	0,50	0,74	1,0	1,5	2,0	2,6	3,2	4,0	5,0	6,0	8,4	11,6	22,0	—	1,5	
3	2	152	38	—	—	—	—	—	—	0,60	0,9	1,3	1,8	2,4	3,1	4,0	5,0	6,1	7,5	10,5	14,5	16,5	1,8
	4			—	—	—	—	1,2	1,8	2,6	3,6	4,8	6,2	8,0	10,0	12,2	15,0	21,0	29,0	33,0	—	3,6	
4	2	178	44	—	—	—	—	—	—	1,0	2,3	4,5	6,0	7,8	10,0	12,0	15,5	18,5	21,0	23,5	—	—	4,5
	4			—	—	—	—	3,0	4,6	6,6	9,0	12,0	15,6	20,0	25,0	31,0	37,0	42,0	—	—	—	—	9,0
5	2	203	54	—	—	—	—	—	—	1,0	2,7	4,1	6,9	10,5	14,0	18,0	22,0	27,0	30,0	34,0	—	—	8,0
	4			—	—	—	—	2,0	3,4	5,4	8,2	11,8	16,0	21,0	28,0	36,0	44,0	54,0	60,0	68,0	—	—	16,0
6	2	254	70	—	—	—	—	—	—	7,4	11,0	16,0	22,0	29,0	37,0	40,0	42,5	—	—	—	—	—	22,0
	4			—	—	—	—	14,8	22,0	32,0	44,0	58,0	74,0	80,0	85,0	—	—	—	—	—	—	—	44,0

Обозначение	Количество ко- лодок	Наружный диаметр	Диаметр от- верстия под вал	Мощность (л. с.) при л (об/мин)															К	
				л																
				300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800		2000	2500	3000
7	3	304	30	1,3	3,2	6,3	11,0	17,0	25,0	36,0	50,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	56,0	50,0
	6			2,6	6,4	12,6	22,0	34,0	50,0	72,0	100	112	112	112	112	112	112	112	112	112	100
8	4	356	100	4,0	9,0	17,0	30,0	50,0	72,0	93,0	104	104	104	104	104	104	104	104	104	142
	6			6,0	14,0	26,0	46,0	74,0	110	140	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	216
9	4	406	115	8,0	18,0	36,0	62,0	99,0	126	160	196	196	196	196	196	196	196	196	196	290
	6			12,0	28,0	54,0	93,0	148	190	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	435
10	6	456	135	15,0	34,0	67,0	116	135	195	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	385
	8			20,0	46,0	90,0	154	180	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	260	650
11	10	508	145	24,0	58,0	110	195	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	800
	8			32,0	77,0	146	260	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	1070
12	10	610	180	56,0	132	255	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	1880
	8			75,0	176	340	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	420	2510

* См. примечание к табл. VIII.2.

На рис. VIII.7 (табл. VIII.4) представлен вариант муфты с колодками для соединения шкивов ременных передач с валом. В этой муфте колодки 1, имеющие фрикционные накладки, отжимаются от рабочей поверхности ведомой полумуфты 4 с помощью винтовых пружин сжатия 2, регулируемых винтами 3. Существует конструкция, в которой пружины 2 и винты 3 отсутствуют. Предусмотрен подвод смазки к опоре скольжения.

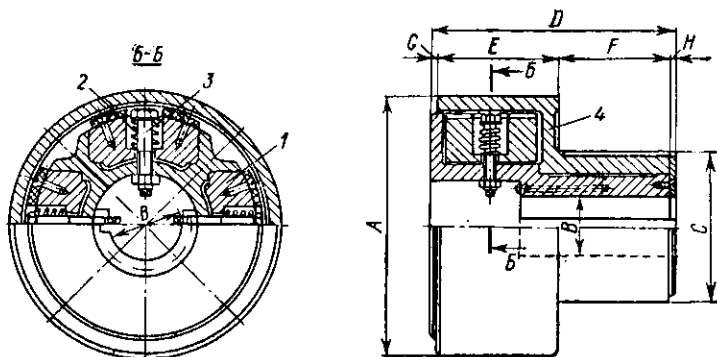


Рис. VIII.7. Муфта с колодками для соединения шкива с валом

Т а б л и ц а VIII.4. Основные размеры (мм) муфты (рис. VIII.7)

Обозначение	A	B	C	D	E	F	G	H
1	100	12—22	57—66	117	54	57	3,2	3,2
2	127	19—32	70—82	143	62	63	4,8	4,8
3	152	25—38	76—91	155	70	76	4,8	4,8
4	178	28—44	85—100	181	80	80	4,8	4,8
5	203	28—54	92—117	195	84	100	4,8	4,8
6	254	38—70	100—146	228	92	127	4,8	4,8
7	304	41—80	136—184	268	100	152	8,0	6,3
8	356	48—100	155—210	303	114	178	8,0	6,3
9	406	57—114	171—228	348	127	203	8,0	9,5
10	456	63—133	190—260	384	135	228	11,0	9,5
11	508	70—146	210—286	428	143	254	12,7	12,7
12	610	80—178	254—343	495	165	304	12,7	12,7

На рис. VIII.8, а (табл. VIII.5) показана колодочная муфта [29], состоящая из ведущей полумуфты 3, соединенной шпонкой с валом и имеющей направляющие 7 для колодок 2 с фрикционными накладками 5, и ведомой полумуфты 1, являющейся шкивом плоскоременной передачи. Шкив установлен на ступице полумуфты 3 на опорах качения. Через колодку проходит пластинчатая пружина 4, концы которой располагаются в пазах направляющих ведущей полумуфты. Винтами 6 создается предварительный натяг пружины.

В начале процесса разгона 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, прижимаются к рабочей поверхности шкива и увлекают его во вращение.

Размеры сечения пружины (рис. VIII.8, б) определяют из выражений:

$$h = [\sigma]_n t^2 / (6\gamma E); \quad b = 3Fl / (2h^2 [\sigma]_n),$$

где $F = Gv_0^2/(gr)$ — центробежная сила, действующая на колодку при скорости n_0 ; y — стрела прогиба пружины при угловой скорости n_0 (обычно ее принимают равной примерно 0,8—1,5 мм); остальные обозначения — см. на рис. VIII.8, б.

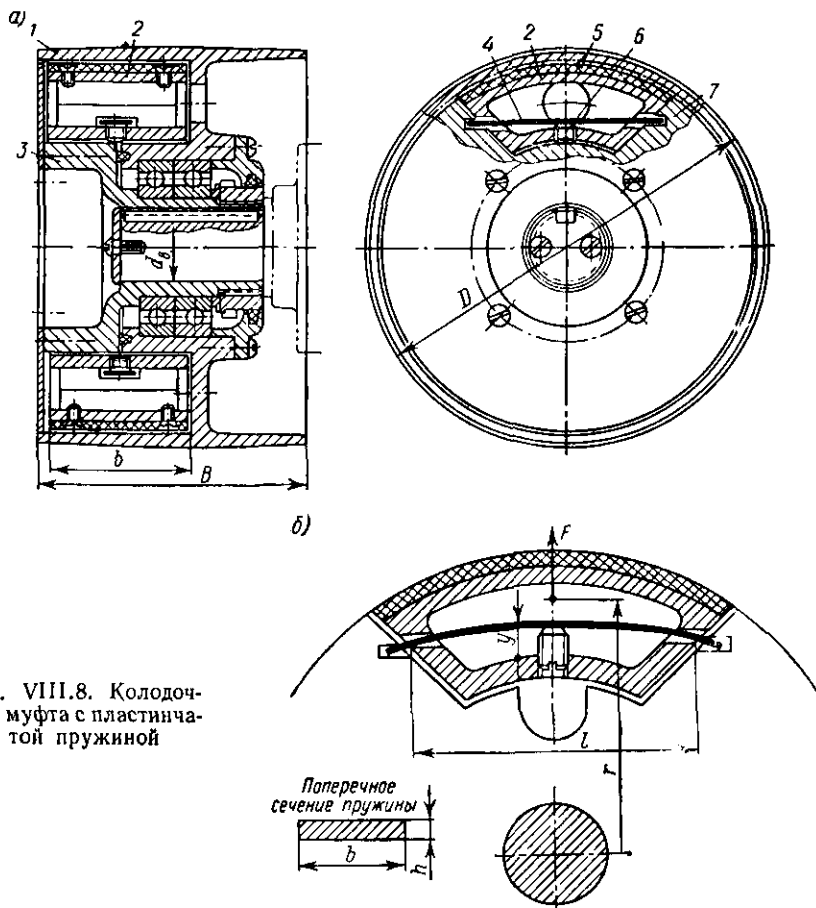


Рис. VIII.8. Колодочная муфта с пластинчатой пружиной

Таблица VIII.5. Основные размеры (мм) и параметры муфты (рис. VIII.8)

N/n , л. с./об/мин	d_a	D	B	b	N/n , л. с./об/мин	d_b	D	B	b
0,23	20	100	75	45	2,10	50	180	125	70
0,33	30	125	75	60	5,60	65	230	165	80
0,87	40	150	100	65	14,00	80	280	180	90

На рис. VIII.9 (табл. VIII.6) представлена колодочная муфта фирмы «Вулкан» (ФРГ) в двух исполнениях: для соединения со шкивом плоскоремной передачи (рис. VIII.9, а) и для соединения со шкивом клиноремной передачи (рис. VIII.9, б). Муфта состоит из ведущей полушестерни 1, выполненной в форме

Т а б л и ц а VIII.6. Мощность, передаваемая муфтами, и основные размеры (мм) муфт (рис. VIII.9)

Q*, ккал	Мощность (л. с.) при n (об/мин)						Исполнение II (рис. VIII.9, б)										
	Исполнение I			Исполнение II			A	D	L	M	N	A	C	D	L	M	T
	1000	1500	3000	1000	1500	3000											
6,55	—	0,20	1,55	—	0,20	1,55	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
6,55	—	0,27	2,05	—	0,27	2,05	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
6,55	0,115	0,39	—	0,115	0,39	—	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19,0
8,00	0,180	0,60	—	0,180	0,60	—	98	20	86	75	76	96	89	20	86	75	19,0
10,20	0,232	0,78	—	0,232	0,78	—	98	20	93	75	83	96	89	20	93	75	19,0
8,00	0,350	1,20	—	0,350	1,20	—	118	27	92	82	82	116	109	27	92	82	19,0
9,50	0,470	1,60	—	0,470	1,60	—	118	27	91	87	87	116	109	27	97	87	19,0
11,00	0,590	1,95	—	0,590	1,95	—	118	27	102	90	92	116	109	27	102	90	19,0
12,45	0,710	2,40	—	0,710	2,40	—	118	27	107	90	97	116	109	27	107	90	19,0
12,00	0,215	0,73	5,90	0,215	0,73	—	125	30	95	85	85	125	106	30	88	78	24,5
12,00	0,300	1,00	8,10	0,300	1,00	—	125	30	100	90	90	125	106	30	88	78	24,5
12,00	0,430	1,45	—	0,430	1,45	—	125	30	100	90	90	125	106	30	84	78	24,5
14,40	0,590	1,95	—	0,590	1,95	—	125	30	100	86	90	125	106	30	94	80	24,5
16,30	0,710	2,40	—	0,710	2,40	—	125	30	108	89	98	125	106	30	99	80	24,5
18,35	0,850	2,90	—	0,850	—	—	125	30	113	89	103	125	106	30	104	80	24,5
22,60	1,100	3,80	—	1,100	—	—	125	30	127	92	117	125	106	30	115	80	24,5
26,90	1,420	4,85	—	1,420	—	—	125	30	136	92	126	125	106	30	126	80	24,5
30,80	0,710	2,40	—	0,710	2,40	—	170	50	135	122	120	170	150	50	111	98	32,5
35,70	0,920	3,10	—	0,920	3,10	—	170	50	135	122	120	170	150	50	117	104	32,5
40,50	1,100	3,80	—	1,100	3,80	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5

40,50	1,600	—	—	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
40,50	2,350	—	—	—	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
46,00	2,800	—	—	—	170	50	145	123	130	170	150	50	130	110	32,5
52,50	3,300	—	—	—	170	50	152	125	137	170	150	50	138	110	32,5
77,50	2,35	7,8	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
77,50	3,20	11,0	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
77,50	4,70	16,0	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
92,50	6,40	—	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	155	142	30,5
121,00	9,30	—	—	—	220	80	165	152	150	220	225	80	172	159	30,5
139,00	—	—	—	—	220	80	170	157	155	220	225	80	207	160	30,5
151,00	—	—	—	—	220	80	175	160	160	220	225	80	207	160	30,5
102,50	14,50	—	—	—	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
123,00	20,00	—	—	—	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
142,00	—	—	—	—	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	31,50	—	—	—	290	110	305	285	290	290	450	110	218	200	48,0
143,00	45,00	—	—	—	290	110	305	280	290	290	450	110	233	215	48,0
178,00	—	—	—	—	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.

штулки с радиальными ребрами, колодок 2 с фрикционными накладками и ведомой полумуфты 4, выполненной в форме шкива ременной передачи. По мере разгона ведомой 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 разборки, для этого достаточно снять крышку 3.

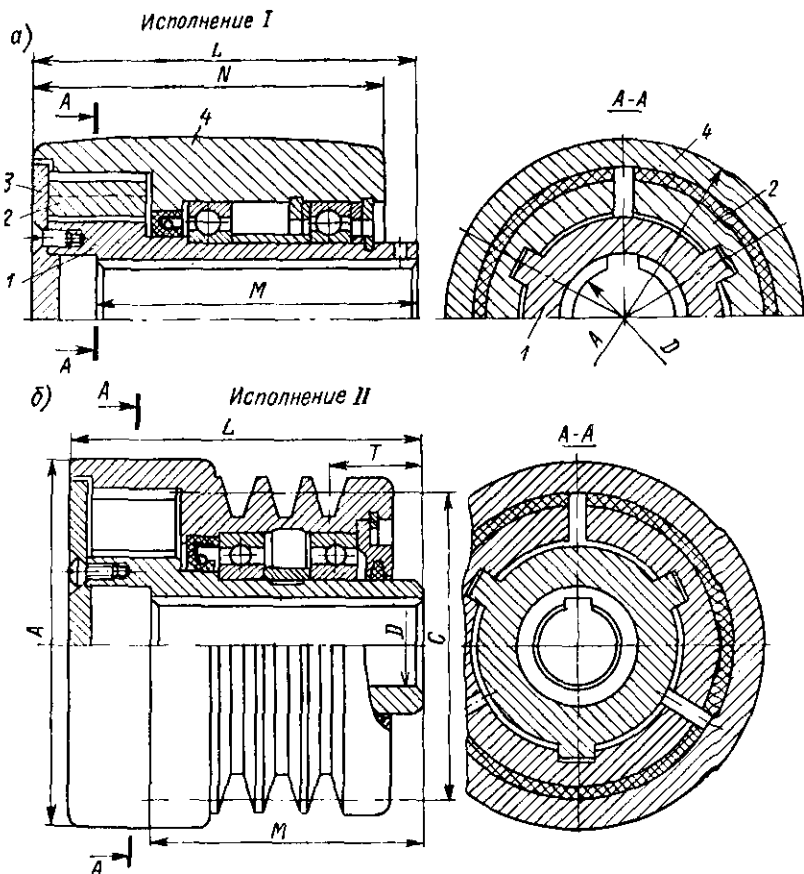


Рис. VIII.9. Колодочная муфта фирмы «Вулкан»

На рис. VIII.10, а (табл. VIII.7) представлена двухрядная колодочная муфта для соединения валов, состоящая из полумуфт 1 и 2, имеющих радиальные ребра, между которыми свободно располагаются колодки с фрикционными накладками. Муфта отличается тем, что каждый ряд колодок соединен со своей полумуфтой, поэтому любая муфта 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. VIII.10, б представлена такая же муфта, соединяющая с валом шкив ременной передачи (на чертеже не показан). Полумуфта 1 устанавливается

на валу на шпонке; полумуфта 2, на которой устанавливается шкив, центрируется по полумуфте 1 на опорах скольжения. Кольцо 3 фиксирует полумуфту 2 от осевых смещений.

На рис. VIII.11 (табл. VIII.8) изображены два варианта колодочной муфты для соединения валов. При изменении направления вращения вращающий момент

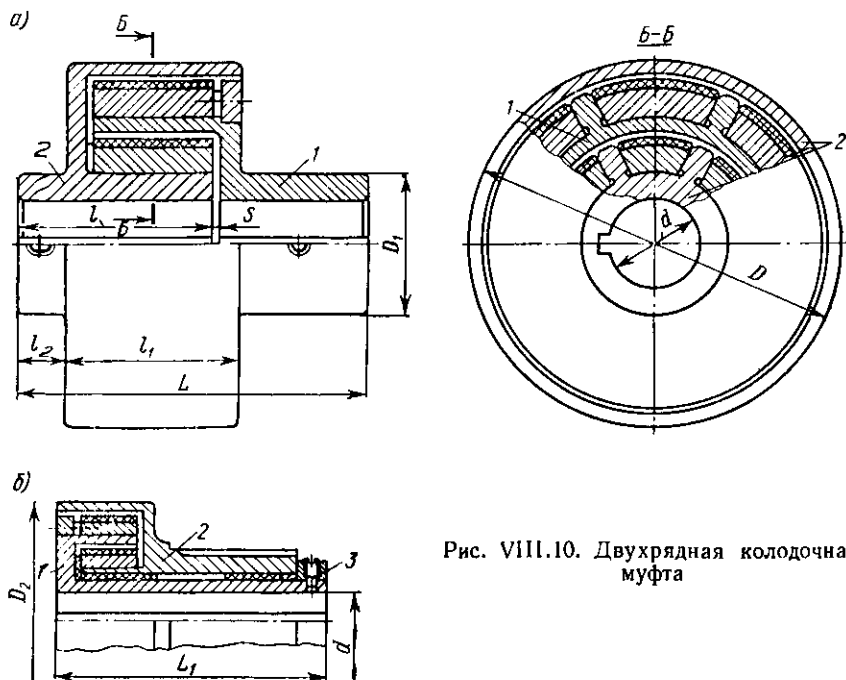


Рис. VIII.10. Двухрядная колодочная муфта

Т а б л и ц а VIII.7. Основные размеры (мм) и масса муфты (рис. VIII.10)

d	D	D_1	L	l	l_1	l_2	s	D_2	L_1	Масса, кг
28	111	44	105	58	52	12	1,6	111	148	4,54
41	165	76	159	76	76	63	3,2	165	203	11,3
47	190	85	184	89	89	75	3,2	190	246	18,1
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

на муфте изменяется. Ведущая полумуфта 1 соединяется с колодками 2 пластинами 5, жестко укрепленными на осях 4 резино-металлических шарниров 3. Благодаря зубьям на торцах пластин и осям шарниров рычаг может быть повернут относительно шарнира на такой угол, чтобы колодки не касались рабочей поверхности ведомой полумуфты 6 у невращающейся муфты. По мере разгона ведущей полумуфты центробежные силы преодолевают упругие силы резины

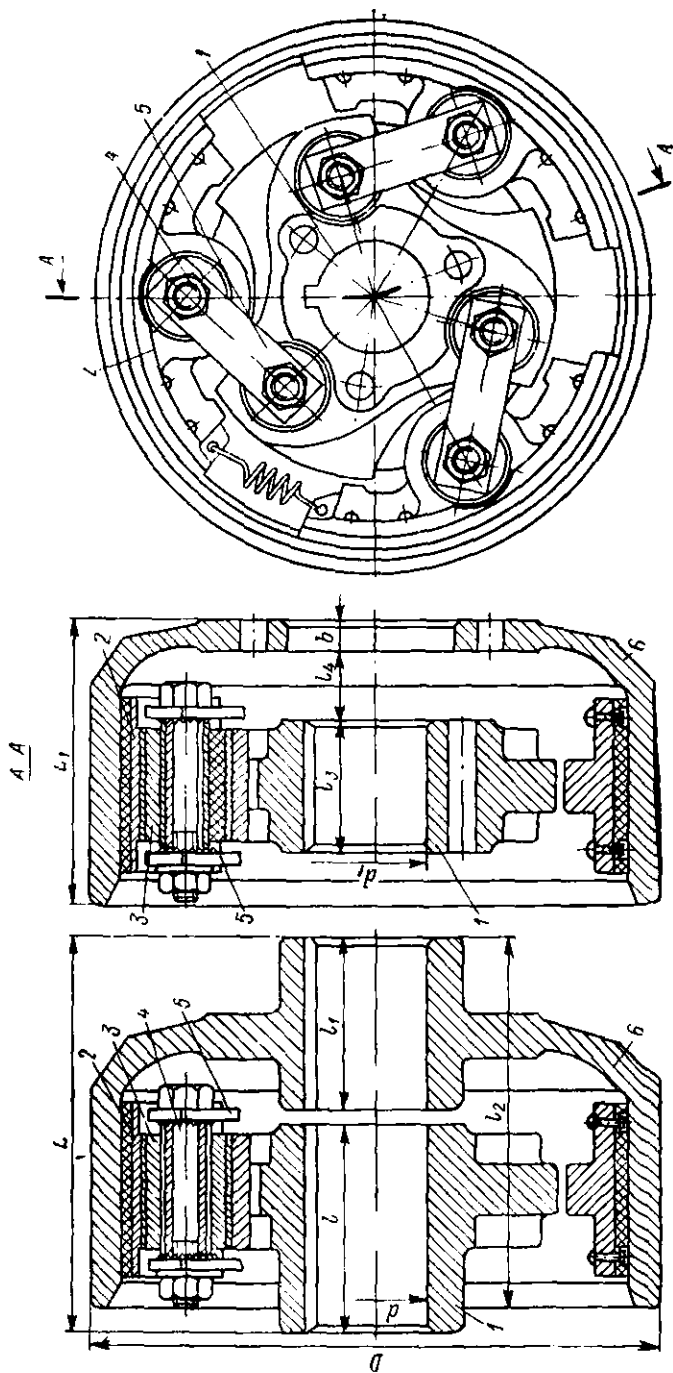


Рис. VIII.11. Колодочные муфты для соединения валов

Т а б л и ц а VIII.8. Основные размеры (мм) муфты (рис. VIII.11)

d	d_1	D	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	l_4	b
наибольший										
34,9	31,7	165	117	63	61,4	50	111	39,7	20,6	8,0
38,1	44,5	175	124	69	50,8	63	127	19,1	22,2	9,5
60,3	63,5	222	155	95	68,0	79	160	63,5	20,6	12,7
63,5	70,0	267	178	124	76,4	95	186	59,0	25,4	22,2
70,0	76,2	305	184	124	76,4	102	189	59,0	25,4	22,2
86,6	101,8	362	235	152	112,0	124	241	59,0	50,8	22,2
114,0	140,0	432	292	170	119,0	165	298	50,8	47,5	22,2
127,0	140,0	500	332	175	140,0	184	338	50,8	54,0	25,4
140,0	205,0	585	362	178	152,4	205	368	50,8	60,5	25,4

и прижимают колодки к ведомой полумуфте. Благодаря шарнирам муфта обладает крутильной податливостью.

На рис. VIII.12 (табл. VIII.9) приведено два исполнения колодочной муфты фирмы «Вулкан» (ФРГ) — для встройки в шкив ременной передачи и для соединения соосных валов. Три колодки с фрикционными накладками 1 вращаются вместе с ведущей полумуфтой 2, увлекаемые радиальными ребрами 3. Браслетные кольцевые пружины 4 отжимают колодки от ведомой полумуфты.

На рис. VIII.13 представлена номограмма для выбора размера муфты в зависимости от величин крутящего момента и частоты вращения.

На рис. VIII.14 изображена двухколодочная центробежная муфта. Она состоит из ведомого шкива 2, колодок 3 (с фрикционными накладками 4), поворачивающихся на пальцах 5. Последние закреплены в ведущей траверзе 1. При вращении ведущего вала под действием центробежных сил колодки прижимаются к рабочей поверхности шкива. Колодки могут быть пустотелыми, и тогда в зависимости от количества засыпаемой в колодки дробин будет меняться величина передаваемого муфтой крутящего момента. Для засыпки дробин в колодках предусмотрены отверстия с пробками.

На рис. VIII.15 представлена колодочная муфта¹ со свободными дополнительными грузами, состоящая из ведомой полумуфты 1, внутри которой расположена ведущая полумуфта 2 со спиралевидными окнами и свободно перемещающимися цилиндрическими грузами 3. В рабочем положении грузы опираются на легкую колодку 4 с фрикционной накладкой 6, прикрепленную к ступице через пластинчатую пружину 5. Перемещению грузов в осевом направлении препятствуют боковины 7.

В начале пуска в направлении, указанном стрелкой, полумуфта 2 движется ускоренно; под действием касательных сил инерции грузы 3 смещаются на охватываемую поверхность окон и удерживаются там. По окончании разгона касательная сила инерции исчезает. Благодаря наклону поверхности, охватываемой груз, он перемещается на угол γ на колодку и прижимает ее к барабану. С этого момента начинается плавный разгон машины.

Рекомендуемые размеры муфты для двух угловых скоростей ω приведены в табл. VIII.10.

Вместо спиральной поверхности окон можно применить цилиндрическую, полученную путем обработки пальцевой фрезой диаметром $d = (1 + 2)$ мм по радиусу R со смещением e относительно оси муфты. При этом момент включения муфты, зависящий от характеристики и махового момента асинхронного электродвигателя и параметров R, e, γ окон полумуфты, приближенно определяют по рис. VIII.16. $M_n, M_o, M_{д.н}$ — пусковой, опрокидывающий и номинальный моменты электродвигателя; ω_c — синхронная скорость вращения его магнитного поля.

¹ Поляков В. С., Кобцев Б. Г., Косыкин В. П. Выбор размеров муфты со свободными грузами и определение момента ее включения. — Вестник машиностроения, 1977, № 4.

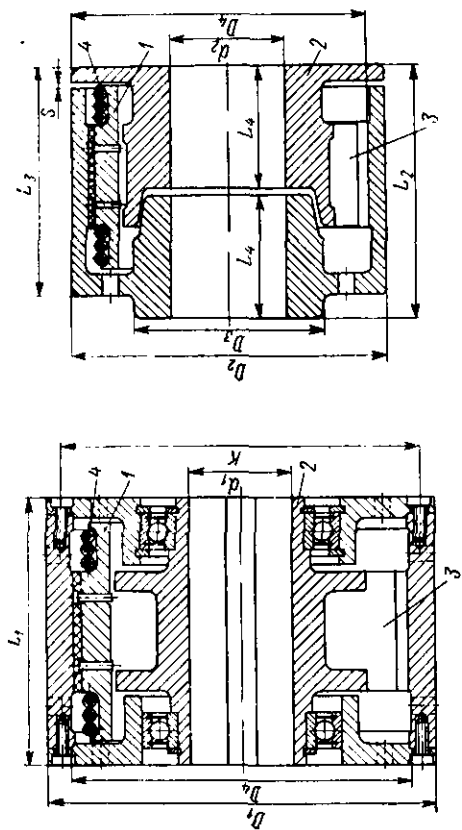


Рис. VIII.12. Муфта с колодками

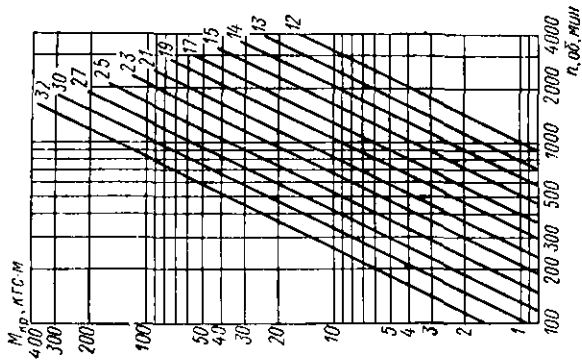


Рис. VIII.13. Номограмма для подбора муфт с колодками

Т а б л и ц а VIII.9. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VIII.12)

Номер муфты	D_1	D_2	d_1 max	d_2 max	D_3	К	Внут	D_4	L_1	L_2	L_3	L_4	S	Допустимая работа сил трения, кгс·м	
														за одно включение	за 1 ч
12	144	135	35	48	80	132	M5	122	100	112	97	55	2—3	3 650	77 400
13	155	148	40	55	86	143	M5	133	107	122	106	60	2—3	13 450	93 800
14	167	162	44	60	96	155	M5	145	116	133	116	65	2—3	18 300	111 000
15	184	178	50	65	106	170	M6	159	128	142	127	69	2—4	24 700	133 700
17	200	195	55	70	116	186	M6	175	140	154	139	75	2—4	31 700	160 000
19	223	214	60	76	126	206	M8	191	153	172	155	84	2—4	44 300	194 000
21	240	232	65	85	138	223	M8	208	165	185	168	90	2—4	53 650	230 000
23	261	255	75	95	154	244	M8	229	180	205	183	100	3—5	69 800	277 000
25	288	280	85	100	164	268	M10	250	200	225	200	110	3—5	93 500	331 000
27	311	305	100	110	184	291	M10	273	216	245	220	120	3—6	118 500	398 000
30	338	338	110	120	205	318	M10	300	235	266	240	130	3—6	167 000	476 000
32	370	370	115	130	220	348	M12	328	258	293	263	143	3—6	226 000	575 000

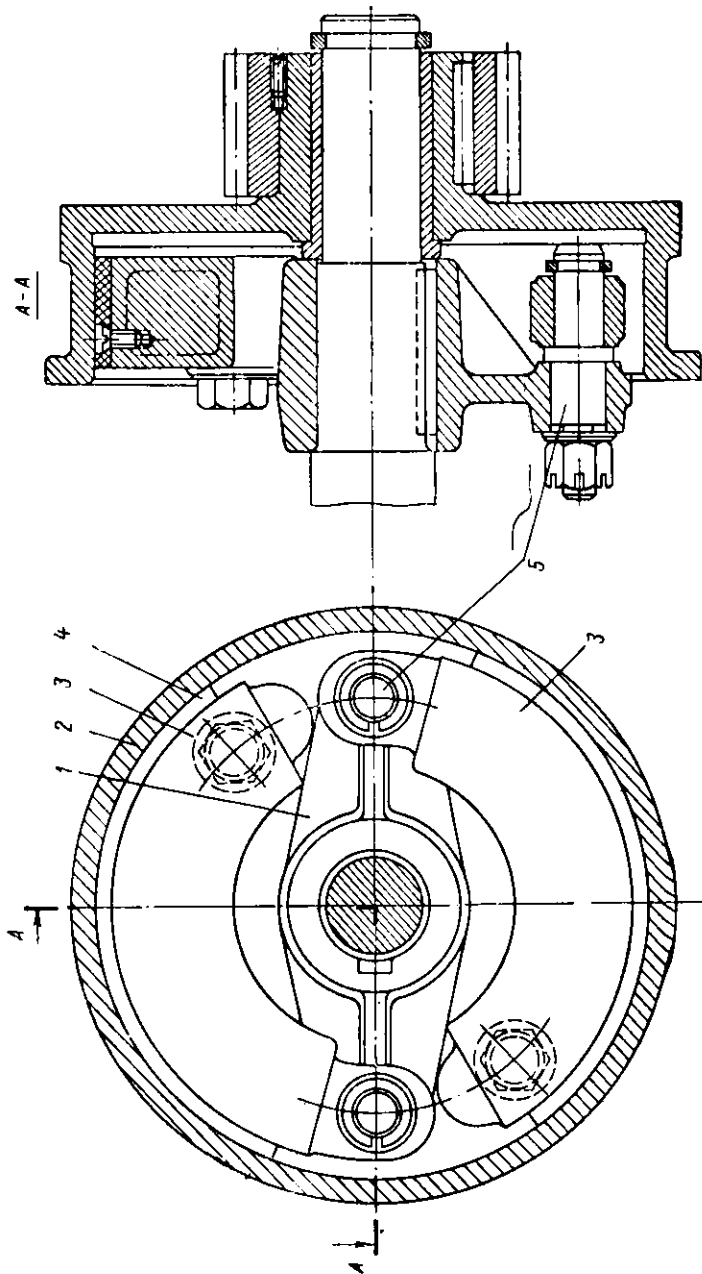


Рис. VIII.14. Двухлодоочная центробежная муфта

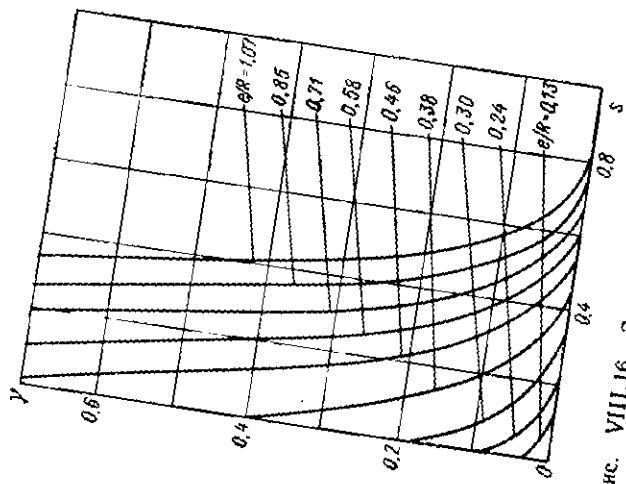


Рис. VIII.16. Зависимость углового перемещения грузов γ от скользяния s ротора электродвигателя

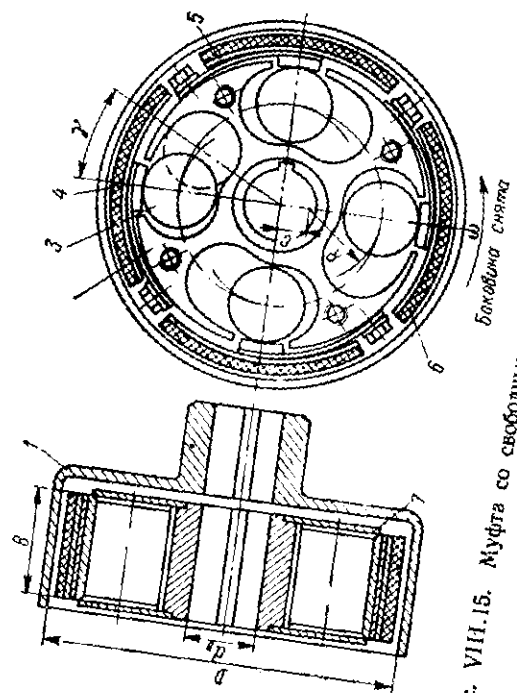


Рис. VIII.15. Муфта со свободными дополнительными грузами
Боковая снята

Т а б л и ц а VIII.10. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. VIII.15)

$\omega = 300 \text{ 1/c}$										$\omega = 150 \text{ 1/c}$				
M_p' кгс·м	D	B	d_B	$R + e$	d	z	M_p' кгс·м	D	B	d_B	$R + e$	d	z	
0,6	85	25	18	30	13,0	6	6,0	110	30	18	34	17,5	8	
0,9	90	25	18	30	15,0	6	10,0	110	32	18	36	20,0	8	
1,5	100	30	25	38	5,0	6	17,5	120	35	25	42	23,0	8	
2,4	110	35	25	40	16,5	6	29,0	130	45	25	52	25,0	8	
3,6	120	45	35	45	16,5	6	46,0	150	50	35	55	25,0	8	
5,0	140	50	35	52	18,5	4	71,0	160	60	35	58	30,0	6	
7,0	150	60	35	55	19,0	4	100,0	170	70	35	62	32,0	6	
10,0	170	70	35	60	19,0	4	150,0	180	80	35	68	34,0	6	
14,5	180	80	38	65	20,0	4	200,0	200	90	38	75	34,0	6	
20,0	190	90	38	75	20,0	4	290,0	220	100	38	80	35,0	6	
28,0	210	100	55	85	20,0	4	410,0	240	115	45	90	36,0	6	
40,0	235	115	55	90	21,0	4	560,0	260	125	45	90	44,0	4	
50,0	250	125	55	95	22,0	4	760,0	290	145	55	100	44,0	4	
78,0	260	130	65	100	25,0	4	1000,0	310	150	55	100	50,0	4	

В случае применения электродвигателя с характеристикой, отличной от приведенной на графике, масштаб последнего пересчитывают по соотношениям:

$$M_o q / [GD^2 \omega_c^2 (1 - s) s_k] = \text{idem};$$

$$\frac{M_o - M_{п}}{M_{д.н}} \frac{1 - s}{1 - s_k} = \text{idem},$$

где s_k — критическое скольжение.

С помощью рис. VIII.16 можно определить отношение эксцентриситета e к радиусу R по заданному моменту включения, выраженному через скольжение ротора s . Принимают $e/R = 0,2 \div 0,4$; $\gamma = 0,1 \div 0,2$; при этом упругая сила пластинчатой пружины должна уравновешивать центробежную силу колодки.

2. МУФТЫ С ДРОБЬЮ

Эти муфты обеспечивают более плавное включение, чем муфты рассмотренного типа, и обладают более высокими предохранительными свойствами. Они имеют почти такую же характеристику, что и гидромуфты, в то же время они лишены ряда присущих им недостатков. Эти муфты при сравнительно малых габаритных размерах способны передавать значительные крутящие моменты

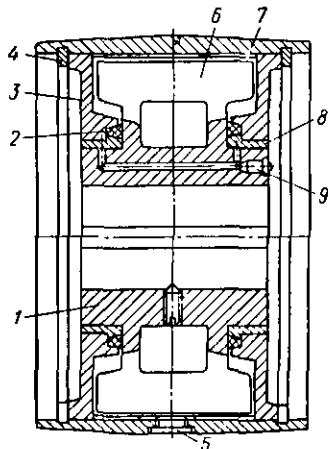


Рис. VIII.17. Муфта фирмы «А. Шутц» для шкива

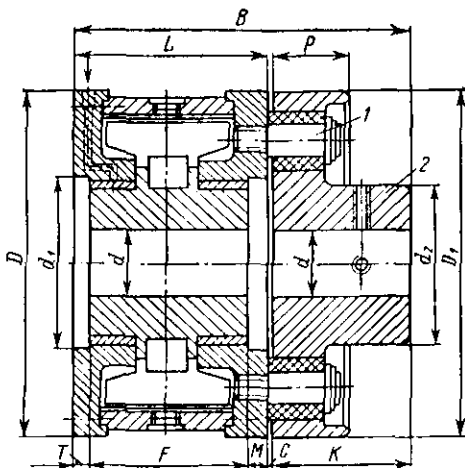


Рис. VIII.18. Муфта фирмы «А. Шутц» для соединения валов

и с успехом могут применяться в приводах, работающих 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 [25].

На рис. VIII.17 представлена муфта фирмы «А. Шутц» (ФРГ). Муфта состоит из ведущей полумуфты 1 с двумя диаметрально расположенными лопастями 6, ведомой полумуфты 7, являющейся ободом шкива ременной передачи, крышек с бронзовыми втулками 8 и торцовыми уплотнениями 2, пробки 5, стопорных колец 4 и пресс-масленки 9. Во внутренней полости муфты находится смесь стальной калиброванной дроби с графитом. Ведущая полумуфта 1 соединяется с валом шпонкой. Ведомая полумуфта 7 центрируется по ступице ведущей полумуфты через крышки 3. Для лучшего сцепления с дробью на внутренней поверхности ведомой полумуфты 7 выполнены продольные канавки. Через отверстие с пробкой 5 засыпается рабочая смесь. В процессе пуска лопасти увлекают дробь и через

нее — ведомой полумуфты. По мере разгона ведомой полумуфты дробь под влиянием центробежной силы превращается в плотную массу, жестко соединяющую полумуфты при некоторой угловой скорости. При перегрузках силы трения в дробь становятся недостаточными, и муфта проруксовывает. На рис. VIII.18 показано исполнение этой муфты для соединения валов. Оно отличается от первого исполнения тем, что ведомая полумуфта 2 соединена с корпусом через пальцы 1 с резиновыми втулками, что допускает некоторое смещение соединяемых валов. В табл. VIII.11 приведены основные размеры муфты по рис. VIII.18, а в табл. VIII.12 — параметры муфт обоих исполнений (рис. VIII.17 и VIII.18).

Т а б л и ц а VIII.11. Размеры (мм) и масса муфты (рис. VIII.18)

Обозначение	D	B	L	P	d ₂	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	122	26	1	109	75—80	52
280	290	309	187	51	150	272	142	10	152	25	1	120	80—100	58
300	310	328	207	51	150	272	150	10	172	25	1	120	90—100	73

Т а б л и ц а VIII.12. Параметры муфт (рис. VIII.17 и VIII.18)

Обозначение	Мощность (л. с.) при n (об/мин)					Масса, кг	
	500	750	1000	1500	3000	Рис. VIII.17	Рис. VIII.18
120	—	0,5—0,9	0,6—1,6	1,1—4,3	5—25	3,5	8,0
180	—	0,7—1,7	1,5—3,0	4,0—8,5	25—55	12,0	20,0
200	—	1,7—4,0	3,5—7,5	9,0—20,0	55—130	13,0	28,5
220	1,0—2,5	2,5—6,0	5,0—11,0	14,0—33,0	100—200	18,0	35,0
250	2,2—4,0	6,0—11,0	11,0—22,0	33,0—65,0	—	25,0	62,0
280	4,0—8,5	12,0—23,0	23,0—48,0	68,0—150,0	—	35,0	68,0
300	7,5—13,0	20,0—34,0	35,0—75,0	110,0—250,0	—	41,0	73,0
350	13,0—25,0	34,0—70,0	70,0—170,0	220,0—650,0	—	63,0	120,0
400	19,0—44,0	60,0—130,0	135,0—275,0	400,0—850,0	—	110,0	145,0
450	45,0—90,0	125,0—250,0	275,0—540,0	850,0—1600,0	—	160,0	200,0
500	90,0—160,0	250,0—490,0	535,0—1000,0	—	—	220,0	260,0
550	130,0—260,0	390,0—700,0	700,0—1600,0	—	—	270,0	400,0
600	210,0—400,0	580,0—1100,0	1280,0—1900,0	—	—	—	500,0
650	320,0—575,0	880,0—1750,0	1800,0—4150,0	—	—	—	650,0

На рис. VIII.19 и рис. VIII.20 (табл. VIII.13 и VIII.14) изображена муфта фирмы «Металлук» (ФРГ), состоящая из ведущей полумуфты 1, выполненной 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.

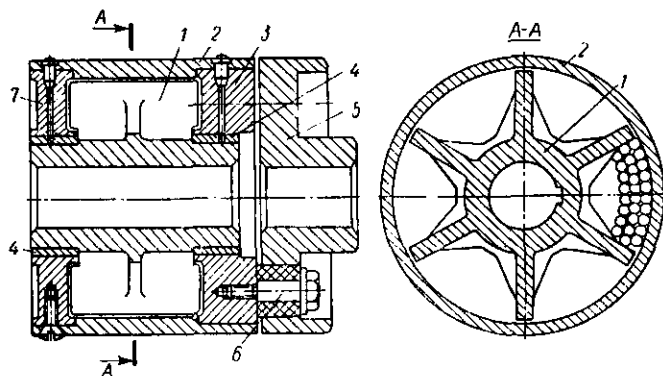


Рис. VIII.19. Муфта фирмы «Металлук»

Т а б л и ц а VIII.13. Основные размеры (мм) и масса муфты (рис. VIII.19 и VIII.20)

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	159	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

На рис. VIII 21 представлена муфта фирмы «Штромаг» (ФРГ). Она состоит из ведущей полумуфты, включающей в себя 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

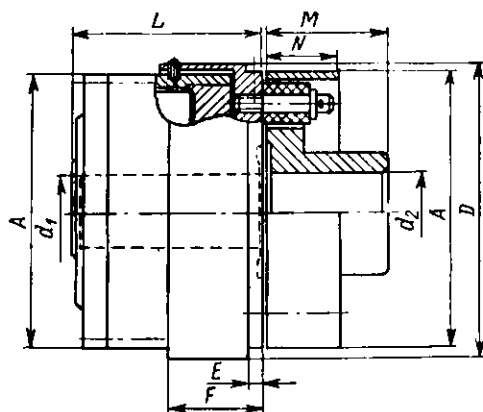


Рис. VIII.20. Центрбежная муфта

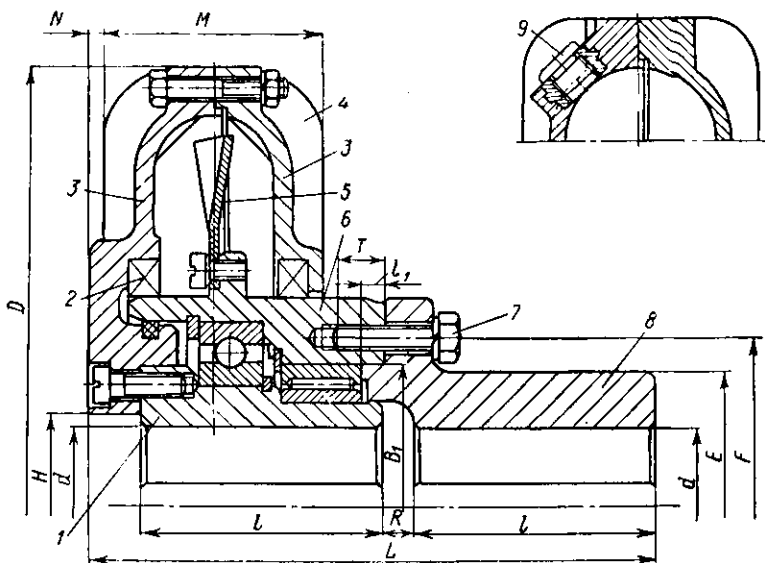


Рис. VIII.21. Муфта фирмы «Штромаг»

Т а б л и ц а VIII.14. Мощность, передаваемая муфтами (рис. VIII.20)

Обозначение	Мощность (л. с.) при n (об/мин)					
	570	710	970	1450	1750	2950
85	—	—	0,1	0,36	0,63	2,0
110	—	—	0,4	1,35	2,38	7,5
135	—	0,36	0,9	3,00	5,30	15,0
165/1	0,3	0,60	1,5	4,70	7,60	25,0
165/2	0,5	0,95	2,4	8,00	14,00	40,0
215/1	1,0	2,00	5,2	17,00	30,00	80,0
215/2	1,5	3,00	7,5	25,00	44,00	120,0
265/1	2,8	5,40	14,0	45,00	79,00	200,0
265/2	4,1	8,00	20,0	66,00	116,00	300,0
315/1	8,0	12,50	32,0	103,00	181,00	350,0
315/2	10,0	19,00	48,0	156,00	275,00	550,0
360/1	16,0	30,00	77,0	250,00	440,00	600,0
360/2	24,0	45,00	117,0	380,00	670,00	900,0
415/1	40,0	75,00	190,0	600,00	—	—
415/2	54,0	104,00	266,0	870,00	—	—
500/1	77,0	150,00	376,0	1230,00	—	—
500/2	112,0	216,00	550,0	1500,00	—	—

Т а б л и ц а VIII.15. Техническая характеристика муфт (рис. VIII.21 и VIII.22)

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	1	800 000	1500	1	400 000
	5	160 000		5	80 000
	20	40 000		20	20 000
	60	13 500		60	7 000
1000	1	600 000	3000	1	200 000
	5	120 000		5	40 000
	20	30 000		20	10 000
	60	10 000		60	3 500

которое засыпается рабочей смесью. Деталь 6 устанавливается на ступице 1 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 производят в таком порядке: сначала в собранную муфту засыпают $\frac{2}{3}$ рабочей смеси и запускают машину на малых оборотах, затем постепенно частями добавляют рабочую смесь до получения нужного времени

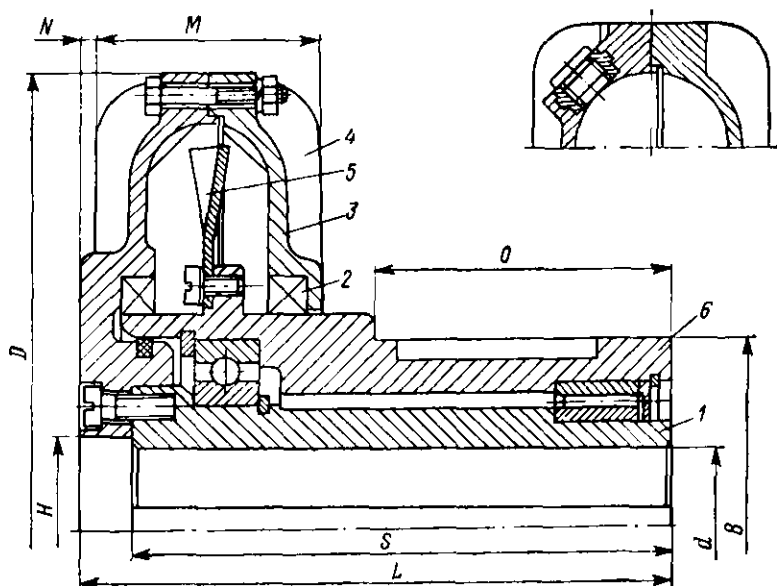


Рис. VIII.22. Муфта фирмы «Штромаг» со шкивом

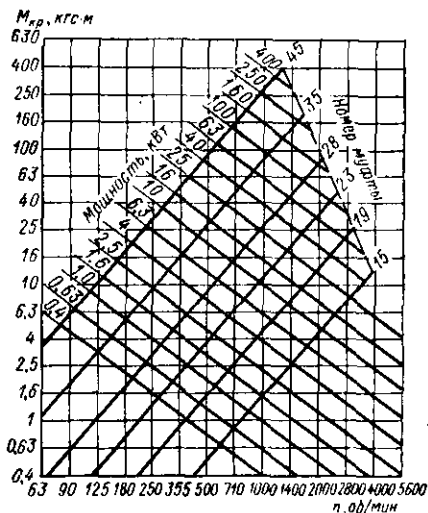
разгона машины. С течением времени рабочая смесь изнашивается и ее следует заменять новой.

На рис. VIII.22 дана такая же муфта, соединяющая шкив ременной передачи (на чертеже не показано) с валом. Ведущая полумуфта состоит из ступицы 1, соединенной с валом шпонкой, и корпуса 3 с ребрами охлаждения 4. Ведомая полумуфта состоит из ступицы 6, на которой крепится диск 5 с лопастями. Ведомый шкив ременной передачи соединен шпонкой со ступицей 6, которая установлена на ступице 1 на двух опорах качения с уплотнениями 2.

Т а б л и ц а VIII.16. Размеры (мм) и

Обозначение	$M_{кр}$ (кгс·м) при n (об/мин)						D	B_1	B	d	E	F
	600	750	1000	1250	1500	3000						
15	—	1,0	1,6	2	3	9	180	57	78	20—30	55	70
19	2	2,8	4,5	6	8	25	220	72	95	25—40	70	90
23	5	7,0	11,0	15	21	—	275	90	115	30—50	85	106
28	12	18,0	28,0	40	55	—	330	105	135	35—60	100	140
35	36	55,0	90,0	115	160	—	410	130	165	45—80	130	170
45	125	180,0	280,0	380	—	—	520	175	220	60—105	170	220

Рис. VIII.23. Зависимость крутящих моментов и мощностей муфты фирмы «Штромаг» от частоты вращения



В табл. VIII.15 приведено число пусков муфты до замены рабочей смеси в зависимости от частоты вращения ведущей полумуфты и времени разгона машины.

В табл. VIII.16 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты по рис. VIII.21 и VIII.22.

Передаваемые муфтами крутящие моменты и мощности в зависимости от рабочей частоты вращения определяют по номограмме, показанной на рис. VIII.23. Например, при $n = 1000$ об/мин и $N = 2,5$ кВт необходима муфта 19, которая передает крутящий момент 4 кгс·м.

Время разгона машины и избыточный крутящий момент в зависимости от крутящего момента двигателя, момента сопротивления, рабочей частоты вращения и махового момента разгоняемых масс определяют по номограмме, приведенной на рис. VIII.24. Например, при крутящем моменте двигателя $M_{кр} = 16$ кгс·м,

параметры муфты (рис. VIII.21 и VIII.22)

H	L	M	N	i ₁	i	R	O	S	n _{max} , об/мин	Масса рабочей смеси, кг	Масса муфты без рабочей смеси, кг	
											Рис. VIII.21	Рис. VIII.22
38	125	47	5	3	55	5	42	90	3800	0,9	6	6,5
50	150	56	2	5	65	8	54	113	3000	1,8	10	12,0
58	175	67	5	7	75	10	90	162	2500	3,3	15	18,0
75	200	83	2	7	85	10	115	185	2000	5,8	25	32,0
96	240	100	8	10	100	15	180	270	1600	10,5	45	60,0
125	275	115	10	10	115	15	280	380	1250	26,0	70	115,0

собачка 17, преодолев сопротивление амортизатора и пружины 10, войдет в сцепление со шкивом 2. Включению собачки 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. VIII.26 и VIII.27 приводятся конструкции муфт, обеспечивающие плавное нарастание передаваемого крутящего момента. Они с успехом могут быть применены в приводах ленточных транспортеров (для увеличения срока службы ленты натяжение ее при пуске не должно превышать номинальное более чем в 1,5 раза) [55].

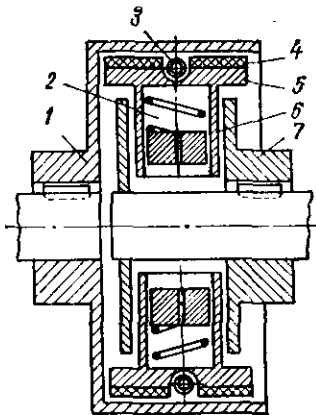


Рис. VIII.26. Муфта с гидравлическим замедлителем

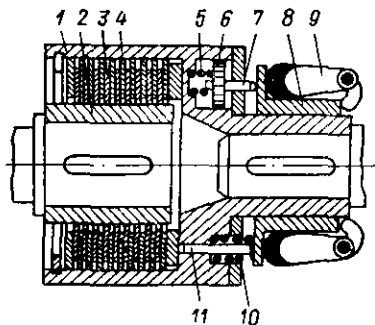


Рис. VIII.27. Многодисковая муфта с гидравлическими замедлителями

На рис. VIII.26 представлена схема муфты с гидравлическим замедлителем. Муфта состоит из ведомого шкива 1, ведущей полумуфты 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 полумуфты, при которой под действием центробежной силы поршни преодолевают сопротивление пружины 3, — колодки раздвигаются. Длительность перемещения поршней и связанная с этим длительность периода сцепления муфты зависит от скорости перетекания масла и может регулироваться.

На рис. VIII.27 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, стержня 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 тем самым осуществляет плавное включение муфты. При остановке привода втулка, рычаги и поршни под действием пружин возвращаются в исходное положение. Регулировка времени включения муфты производится дросселем.

Представленная на рис. VIII.28 муфта¹ предназначена для снижения пере-

¹ Кобцев Б. Г., Косыкин В. Н. Центробежная пусковая муфта. Авт. свид. № 418645.

грузок 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 полумуфте.

Упорный, нажимной и фрикционный 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 дисками в том случае, когда муфта выключена, служит пружина 10. Опорная поверхность упорного диска в осевом сечении выполняется по окружности или по другой кривой, по так, чтобы угол β в радиальном направлении уменьшался. Вообще говоря, форма опорной поверхности определяется заданным законом разгона машины. По соображениям технологичности предпочтительна окружность.

В состоянии покоя вследствие действия пружин 7 и 10 шарики 4 занимают самое нижнее положение. При включении муфты ведущая полумуфта 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 величины, при которой 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 крутящего момента, и ведомая и ведущая полумуфты начинают вращаться как одно целое.

При случайной перегрузке машины произойдет проскальзывание фрикционных дисков, нажимной диск 6 замедлит вращение, скорость вращения шаров 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. IV).

Число дисков 2 следует брать не более 1—2. Оптимальное число шаров — 4—6 (до 8).

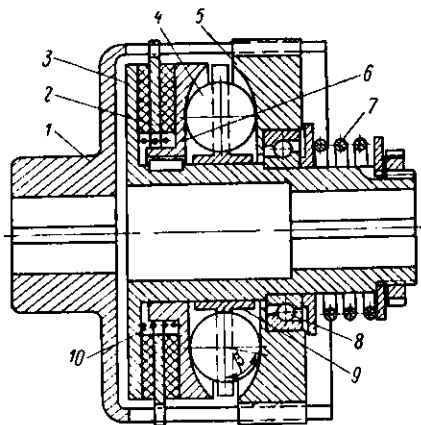


Рис. VIII.28. Муфта с грузами в виде шаров

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МУФТ

Муфты с колодками

1. По заданному передаваемому крутящему моменту $M_{кр}$ ориентировочно определяется наружный диаметр муфты.
2. Конструктивно находят значения $R_{тр}$, размеры и количество колодок z .
3. Определяется масса колодки G .
4. Значения $R_{тр}$, G и z подставляются в формулы (VIII.4) и (VIII.6), определяющие момент сил трения M_m . Если полученное значение M_m значительно отклоняется от заданного, корректируются размеры колодок в сторону увеличения или уменьшения их.
5. Производится проверка размеров колодок на давление по формуле (VIII.3).

6. В отдельных случаях выполняется проверка на нагрев по формуле (VIII.3). Для муфт с отжимными пружинами дополнительно определяются размеры пружины исходя из действующей на нее силы (кгс·м)

$$F = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} n_0^2.$$

Частота вращения муфты n_0 , при которой муфта начинает включаться, принимается $n_0 = (0,7 \div 0,8) n_{II}$.

Муфты с дробью

1. Приняв диаметр шариков ($d_{ш} = 2 \div 4$ мм), определяют невыгоднейшую ширину рабочей части полости муфты $H = 2r$. Согласно экспериментальным данным [25] принимается $H = 25d_{ш}$.

2. Задаются коэффициентом наполнения муфты шариками $k_1 = 0,5 \div 0,7$.

3. Находят радиус R_0 [25] путем подбора из уравнений (VIII.7), (VIII.8).

Выбор электродвигателя

В приводах с пусковыми центробежными муфтами используются преимущественно асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Для приводов, работающих в режиме частого пуска, номинальный крутящий момент электродвигателя $M_{д.н}$ выбирается равным M_M . Для приводов с редкими

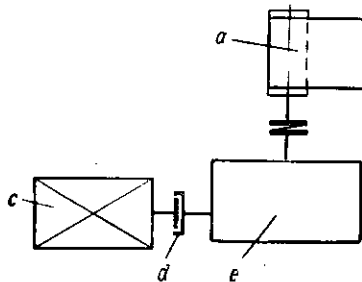


Рис. VIII.29. Схема привода транспортера

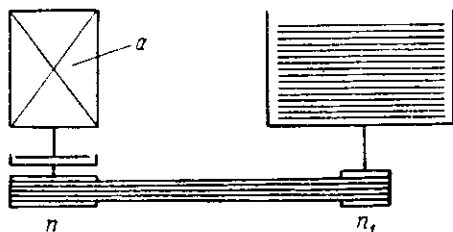


Рис. VIII.30. Схема привода центрифуги

пусками значение $M_{д.н}$ не обязательно должно быть M_M ; в зависимости от времени разгона t и от разности значений M_M и M_c значение $M_{д.н}$ выбирается в пределах от M_M до значений, близких к M_c , при условии допустимой перегрузки двигателя (M_M и M_c — значения моментов, приведенных к валу электродвигателя).

Можно рекомендовать окончательный выбор электродвигателя производить на основе специальных расчетов на нагрев. По найденному значению $M_{д.н}$ и выбранной угловой скорости электродвигателя находят его мощность.

Пример 1. Рассчитать пусковую муфту a для соединения электродвигателя c с редуктором e в приводе транспортера a (рис. VIII.29):

Исходные данные

Мощность электродвигателя N , кВт	25
Частота вращения электродвигателя n , об/мин	1450
Номинальный крутящий момент электродвигателя, $M_{ном}$, кгс·м	17
Передаточное число редуктора U	80
Скорость транспортной ленты v , м/с	1,31
Производительность транспортера Q , кгс/с	125
Длина ленты транспортера l , м	300

1. Масса транспортируемого груза перед запуском транспортера

$$G = Q/v = 125 \cdot 300/1,31 = 28\ 650 \text{ кг.}$$

2. Работа, затрачиваемая на ускорение транспортируемого груза до заданной скорости, пренебрегая массой движущихся частей,

$$A = mv^2/2 = Gv^2/2g = 28\ 650 \cdot 1,31^2/(2 \cdot 9,81) = 2500 \text{ кгс} \cdot \text{м.}$$

3. Маховый момент на валу электродвигателя

$$GD^2 = 8Ag/\omega^2 = 8 \cdot 2 \cdot 500 \cdot 9,81 \cdot 900/(3,14^2 \cdot 1450^2) = 8,5 \text{ кгс} \cdot \text{м}^2.$$

4. Время разгона транспортера

$$t = GD^2 n / (375 M_{изб}) = 8,5 \cdot 1450 / (375 \cdot 5,0) = 6,5 \text{ с,}$$

где $M_{изб} = M_M - M_C = 17 - 12 = 5,0$ кгс·м — избыточный крутящий момент, вызывающий разгон транспортера; $M_M = M_H$ — крутящий момент, передаваемый муфтой, равный 17 кгс·м; M_C — момент сил сопротивления транспортера, приведенный к валу электродвигателя; его значение определяется расчетом транспортера; в данном примере он равен ориентировочно 12 кгс·с.

Количество теплоты, выделяемое муфтой при одном пуске,

$$Q = M_M \omega t / 954 = 43 \cdot 101 \cdot 150 / 954 = 760 \text{ ккал.}$$

Количество теплоты, выделяемое муфтой при разгоне,

$$Q = M_M \omega t / 954 = 17 \cdot 152 \cdot 6,5 / 954 = 20 \text{ ккал.}$$

Пример 2. Проверить правильность выбора электродвигателя *a* для привода мощной центрифуги (рис. VIII.30):

Исходные данные

а) для электродвигателя

Мощность N , кВт	21
Частота вращения n , об/мин	970
Номинальный крутящий момент $M_{ном}$, кгс·м	21

б) для центрифуги

Частота вращения n_1 , об/мин	1200
Маховый момент барабана, кгс·м ²	1125
Маховый момент наполнителя GD^2 , кгс·м ²	318
Потребное время разгона t , с	150
Передаточное отношение U	1/1,24
Момент сил сопротивления, приведенный к валу электродвигателя M_C , кгс·м	5

Маховый момент центрифуги, приведенный к валу электродвигателя

$$GD_{пр}^2 = \sum GD^2 / U^2 = 1443 \cdot 1,54 = 2220 \text{ кгс} \cdot \text{м}^2.$$

Крутящий момент, вызывающий разгон в течение заданного времени,

$$M_{изб} = \sum GD_{пр}^2 n / 375 t = 2220 \cdot 970 / (375 \cdot 150) = 38 \text{ кгс} \cdot \text{м.}$$

Необходимый номинальный крутящий момент

$$M_{ном} = M_M = M_{изб} + M_C = 38 + 5 = 43 \text{ кгс} \cdot \text{м.}$$

Следовательно, первоначально выбранный электродвигатель не подходит. Необходим электродвигатель с номинальным крутящим моментом $M_{ном} = 43$ кгс·м.

МУФТЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ

1. УПРУГАЯ ЗУБЧАТАЯ МУФТА УЗТМ [17]

На рис. IX.1 показана упругая зубчатая муфта инж. П. К. Гедыка (УЗТМ). Эта муфта представляет сочетание зубчатой муфты с упругой втулочно-пальцевой и обладает свойствами обоих видов муфт. Муфта состоит из втулок 1 и 8, зубья которых находятся в постоянном зацеплении с зубьями охватывающих обойм 2 и 7, скрепленных вместе пальцами 6. Обойма 2 имеет во фланце внутреннюю кольцевую проточку, в которую входит диск *a* обоймы 7. Бурт *б* обоймы 2 имеет форму звездочки с внутренними зубьями, в центре которых расположены отверстия для резиновых колец 5. Диск *a* имеет форму звездочки с наружными зубьями,

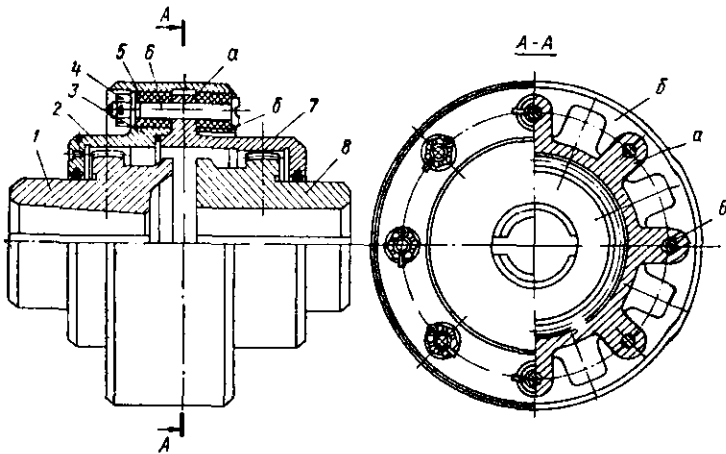


Рис. IX.1. Упругая зубчатая муфта П. К. Гедыка

в центре которых расположены отверстия под пальцы 6. При сборке центрирование осуществляется при помощи буртика обоймы 7, при этом зубья диска *a* необходимо расположить между зубьями бурта *б*, ввести диск в кольцевую проточку фланца и, повернув его, совместить отверстия. Через отверстия в резиновых кольцах 5 и диска *a* заводятся пальцы 6 и затягиваются гайками 4. При такой конструкции пальцы работают на изгиб как балка на двух опорах, поэтому распределение сил, действующих на пальцы, здесь несколько выгоднее, чем в муфтах МУВП, где пальцы работают на изгиб как балка, заделанная одним концом.

Кольцо 3 из маслостойкой резины служит для удержания смазки от вытекания в местах разъема обойм.

2. УПРУГАЯ ЦЕНТРОБЕЖНАЯ МУФТА Т. Г. РЫБЧЕВСКОГО [28]

Эта муфта (рис. IX.2) состоит из двух чашеобразных полумуфт 2 и 3, из которых полумуфта 2 является ведущей, и резиновой ленты 1, свободно облегающей внутреннюю поверхность муфты. Если массу *l* м ленты шириной *b* (помещающейся в одной полумуфте) обозначить через *q* (кг/м), то при вращении полу-

муфты 2 с лентой длиной $2\pi R$ с частотой вращения n (об/мин) лента будет прижиматься к внутренней поверхности полумуфты с силой

$$C = m\omega^2 R = q (\pi n / 30)^2 R^2 2\pi g,$$

где R — радиус средней цилиндрической поверхности резиновой ленты, м; g — ускорение свободного падения, м/с².

Подставляя числовые значения, получим $C \approx 0,007qn^2R^2$.

При прижатии ленты к полумуфтам возникает сила трения fC , которая должна быть не меньше окружного усилия P , т. е.

$$P \leq fCR,$$

где f — коэффициент трения.

Предельный момент, передаваемый муфтой (кгс·м),

$$M = fCR = 0,007qfn^2R^3.$$

С другой стороны, имеем

$$M_{кр} = 716,2 \cdot 1,36N/n,$$

где N — мощность, кВт.

Приравняв правые части обоих равенств, будем иметь

$$0,007qfn^2R^3 = 716,2 \cdot 1,36N/n.$$

Средний диаметр резиновой ленты $D = 2R$, тогда из полученного равенства можно найти величину D :

$$D = \frac{104}{n} \sqrt[3]{N/(fq)}.$$

Для пары резина — чугун $f = 0,6$. Для определения q конструктивно задаются размером b (рис. IX.2). В табл. IX.1 приведены основные параметры муфты инж. Т. Г. Рыбчевского при $f = 0,6$.

Т а б л и ц а IX.1. Параметры муфты инж. Т. Г. Рыбчевского (по рис. IX.2)

N, кВт	q = 0,5 кг/м при n (об/мин)			q = 2 кг/м при n (об/мин)			
	3000	1500	1000	3000	1500	1000	72
1	52	107	163	32	67	102	135
2	65	135	206	41	85	129	170
4	82	170	259	51	107	162	215
6	93	195	296	58	122	186	246
8	104	214	326	65	134	204	270
10	111	231	352	70	145	220	292
12	118	245	374	74	154	234	309
15	127	264	402	80	166	252	334
17	138	276	420	83	173	263	346
20	140	291	443	87	182	277	367
25	152	313	477	94	196	300	396
30	160	333	507	97	208	317	420
40	177	367	559	107	230	350	463
50	190	395	600	115	247	376	500

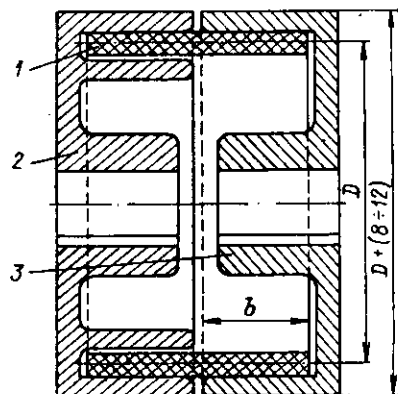


Рис. IX.2. Упругая центробежная муфта Т. Г. Рыбчевского

Рассматриваемая муфта проста по конструкции, дешева в изготовлении и обладает способностью компенсировать погрешности монтажа соединяемых валов.

Для увеличения момента, передаваемого полумуфтой, можно применять две резиновые ленты, облегчающие полумуфты по двум различным диаметрам (рис. IX.3). В этом случае мощность, передаваемая муфтой, может быть найдена из табл. IX.1 как сумма мощностей, передаваемых каждой ленте в отдельности.

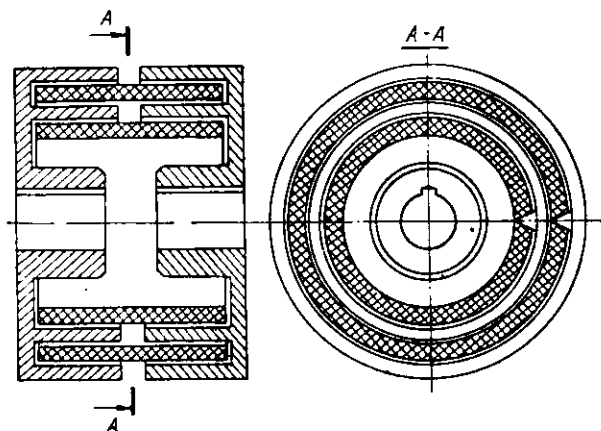


Рис. IX.3. Упругая центробежная муфта с двумя резиновыми лентами

3. УПРУГО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ МУФТА „ЭЛЬСИ“

На рис. IX.4 (табл. IX.2) показана упруго-предохранительная муфта «Эльси», конструкция которой аналогична муфте «Карделис» (см. рис. III.20). Муфта снабжена коническим фрикционным механизмом. Кроме предохранительных

Т а б л и ц а IX.2. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IX.4)

$N/C/n$	$M_{ср}$, кгс·м	n_{max} , об/мин	D	D_N	d_{max}	L	z_1	B	B_1	G , кг	GD^2 , кг·м ²
0,19	136	2350	330	112	60	90	60	175	240	40	3,06
0,26	186	2060	370	125	70	100	65	195	265	60	3,56
0,34	243	1800	415	140	80	110	75	220	295	80	6,98
0,51	365	1500	470	160	90	125	80	245	330	115	13,26
0,72	515	1430	530	180	100	140	85	270	365	155	22,10
1,06	737	1290	590	200	110	160	100	310	420	225	39,40
1,50	1 075	1150	660	225	125	180	115	350	475	305	82,10
2,06	1 475	1030	740	250	140	200	120	390	520	440	119,60
2,88	2 060	950	830	280	160	225	125	425	575	600	216
4,05	2 900	810	940	315	180	250	130	465	630	850	306
5,73	4 100	715	1060	355	200	280	130	505	690	1260	844
8,64	6 180	640	1190	400	225	315	135	555	765	1780	1309
12,15	8 700	575	1320	450	250	355	150	625	860	2450	2154
16,40	11 750	510	1480	500	280	400	138	680	938	3550	3861

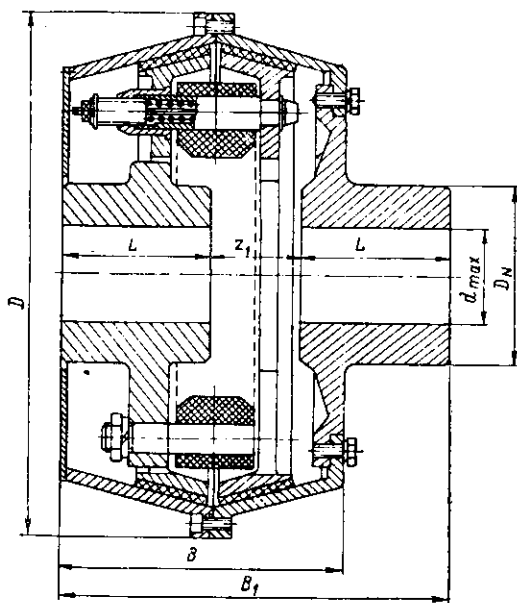


Рис. IX.4. Уруго-предохранительная муфта «Эльси»

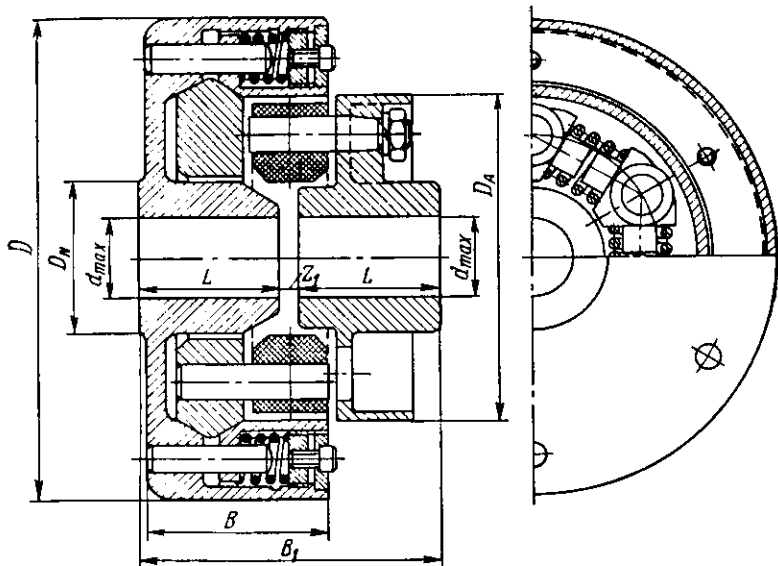


Рис. IX.5. Разновидность уруго-предохранительной муфты

Т а б л и ц а IX.3. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IX. 5)

NC/n	M _{кр.} кгс.м	n _{max.} об/мин	D	D _N	d _{max}	L	z ₁	B	B ₁	Мас- са, кг	GD ² , кг·м ²	D _A
0,0052	3,72	3800	150	45	25	45	8	60	98	8	0,087	100/П
0,0078	5,58	3450	165	50	28	50	8	65	108	13	0,150	112/П
0,0110	7,86	3100	185	60	32	55	8	75	118	15	0,270	125/П
0,0152	10,87	2750	205	65	35	60	8	80	128	19	0,440	140/П

свойств она обладает всеми положительными качествами муфты «К арделис» и выполняется в различных конструктивных вариантах, например в сочетании с маховиком, шкивом ременной передачи и т. п. Муфта хорошо зарекомендовала себя в приводах металлургического оборудования и дробильных машин.

На рис. IX.5 (табл. IX.3) представлена разновидность этой конструкции.

4. УПРУГО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МУФТЫ

Представленная на рис. IX.6 (табл. IX.4) конструкция является сочетанием центробежной муфты с дробью и описанной выше упругой муфты с торообразной оболочкой. Центробежная муфта состоит из ступицы 1, корпуса 2 из легкого

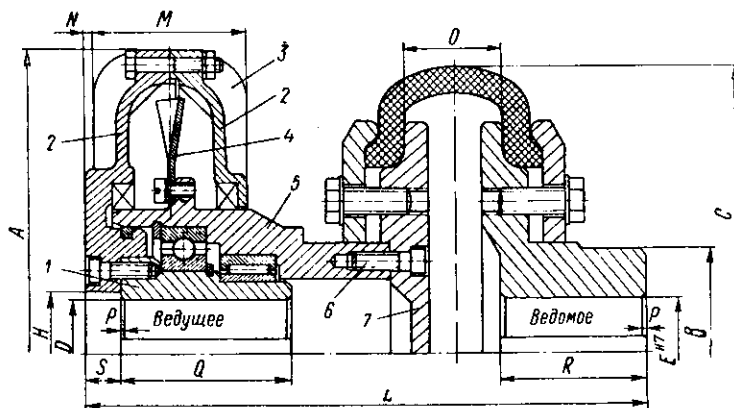


Рис. IX.6. Упруго-центробежная муфта

металла с ребрами охлаждения 3. На внутренней поверхности корпуса имеются ребра, обеспечивающие лучшее сцепление с рабочей смесью. Упругая муфта 7, соединена винтами 6 с деталью 5, к которой крепится диск 4 с лопастями. Внутренняя полость заполняется рабочей смесью из крошки стальной проволоки с графитом. По мере разгона центробежная сила увлекает диск 4 и ведомый вал.

На рис. IX.7 (табл. IX.4) представлена такая же центробежная муфта в сочетании с упругой муфтой с резиновым диском.

Т а б л и ц а IX.4. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IX.6, IX.7)

М _{кр.} кгс.м	при n (об/мин)				A	D	H	M	N	P	Q	S	n , об/мин	Масса дроби, кг	B	C	E	L	R	Масса муфты без дроби, кг	
	3000	1500	1250	1000																	
—	1	1,6	2	3	9	180	20	30—38	47	5	1×45°	55	10	3800	0,9	55	98	20—30	155	55	15
2	3	4,5	6	8	25	220	25	40—50	56	2	1,5×45°	65	12	3000	1,6	70	126	25—40	180	65	20
5	7	11,0	15	21	—	270	30	50—58	67	5	2×45°	75	15	2500	3,3	85	148	30—50	195	75	25
12	18	28,0	40	55	—	330	35	60—75	83	2	2×45°	85	20	2000	5,8	100	196	35—60	235	85	44
36	55	90,0	115	160	—	410	45	80—96	100	8	2×45°	100	25	1600	10,5	130	237	45—80	275	100	75
125	180	280,0	380	—	—	520	60	105—125	115	10	2×45°	115	30	1250	26,0	170	283	60—105	310	115	130

Т а б л и ц а IX.5. Размеры (мм) муфты (рис. IX.10)

М _{кр.} кгс.м	D	D ₁	L	d	d ₁		d ₂	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇
					d ₁	d ₂									
3	136	125	147	15	25	30	45	35	99	15	40	18	15	51	18
5	178	125	179	22	35	35	60	47	107	15	53	35	15	51	35
10	210	210	212	34	50	50	80	59	127	15	67	38	15	58	38
25	263	210	254	45	60	60	95	67	155	15	77	44	15	76	44
40	310	270	282	50	70	70	115	75	172	20	92	48	20	79	48
90	402	320	315	65	90	90	175	95	181	20	113	50	20	84	50

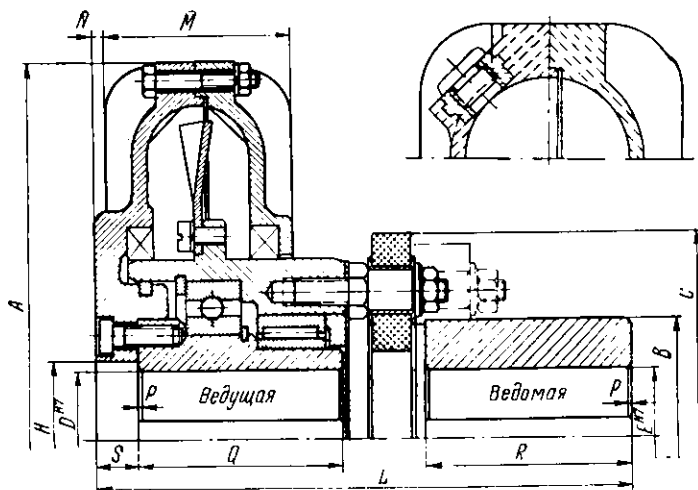


Рис. IX.7. Разновидность упруго-центробежной муфты

5. КОМБИНИРОВАННАЯ УПРУГО-РАЗОБЩИТЕЛЬНАЯ МУФТА

На Коломенском тепловозостроительном заводе им. В. В. Куйбышева разработана конструкция муфты (рис. IX.8), сочетающей свойства шинно-пневматической муфты со свойствами упругой муфты с торообразной оболочкой. Момент передается с ведущей полушестерней 1 через баллон 2 на ведомый барабан 3 шинно-пневматической муфты. Ступица ведомого барабана не имеет жесткой связи с ведомым валом 4, а соединяется с ним посредством двух резино-кордных торообразных оболочек 5. Введение в конструкцию муфты плавающей опоры 5 обеспечивает возможность компенсации всевозможных смещений осей соединяемых валов, а также уравновешивание осевых сил, возникающих в торообразных оболочках при вращении, без передачи их на валы.

6. МУФТА ВЫСОКОЙ ПОДАТЛИВОСТИ

Присущая торообразным оболочкам высокая крутильная податливость приобретает особое значение при использовании этой муфты в дизельном приводе. На Коломенском тепловозостроительном заводе им. В. В. Куйбышева в связи с этим разработана конструкция муфты, представленная на рис. IX.9.

Применение двух последовательно расположенных муфт с торообразной оболочкой дает возможность примерно в два раза увеличить крутильную податливость муфты без изменения нагрузочной способности. Наличие плавающей опоры у рассматриваемой комбинированной муфты практически обеспечивает разгрузку соединяемых валов и их опор от осевых сил, возникающих в каждой отдельной торообразной оболочке.

7. УПРУГО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ МУФТЫ

На рис. IX.10 (табл. IX.5) показана упругая муфта с торообразной оболочкой в сочетании с фрикционной предохранительной муфтой.

На рис. IX.11 (табл. IX.6) представлен другой вариант конструкции такой же муфты.

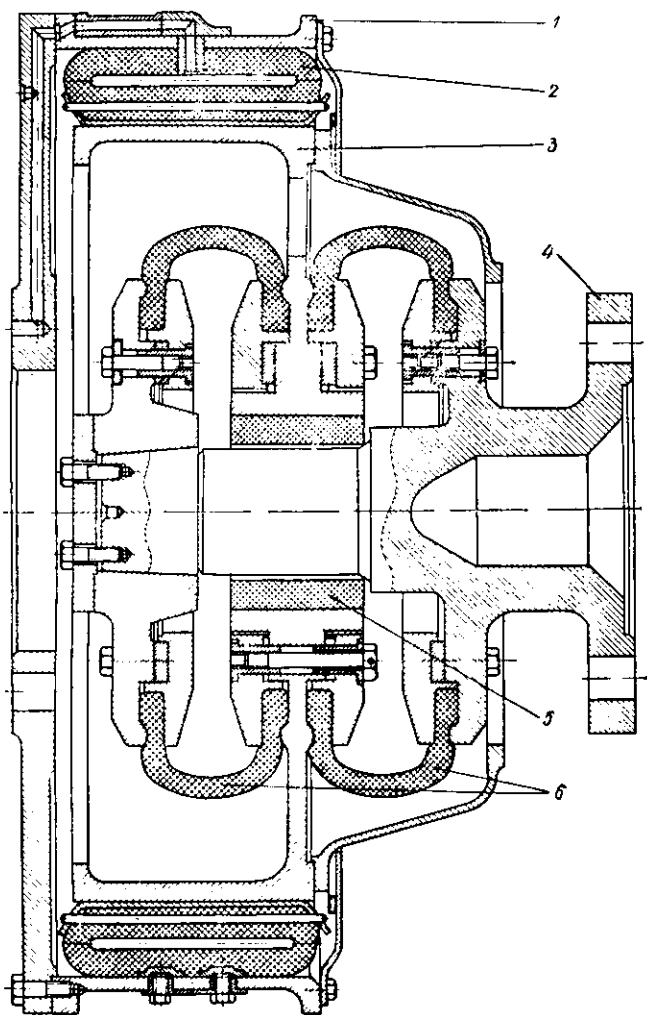


Рис. IX.8. Комбинированная упруго-разобитительная муфта

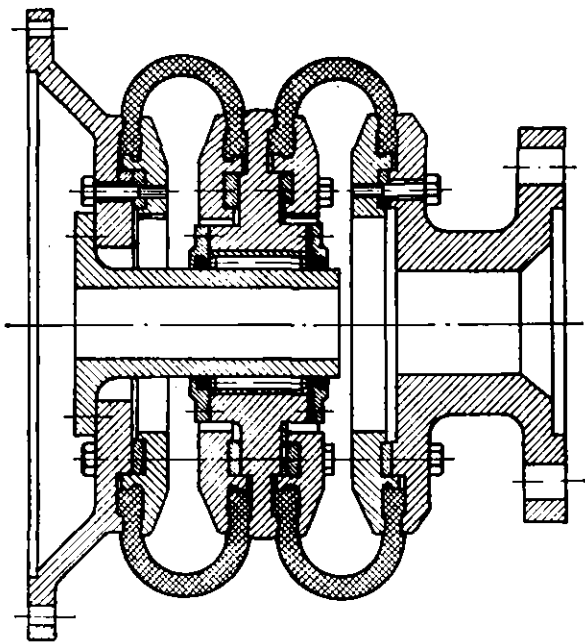


Рис. IX.9. Муфта высокой податливости

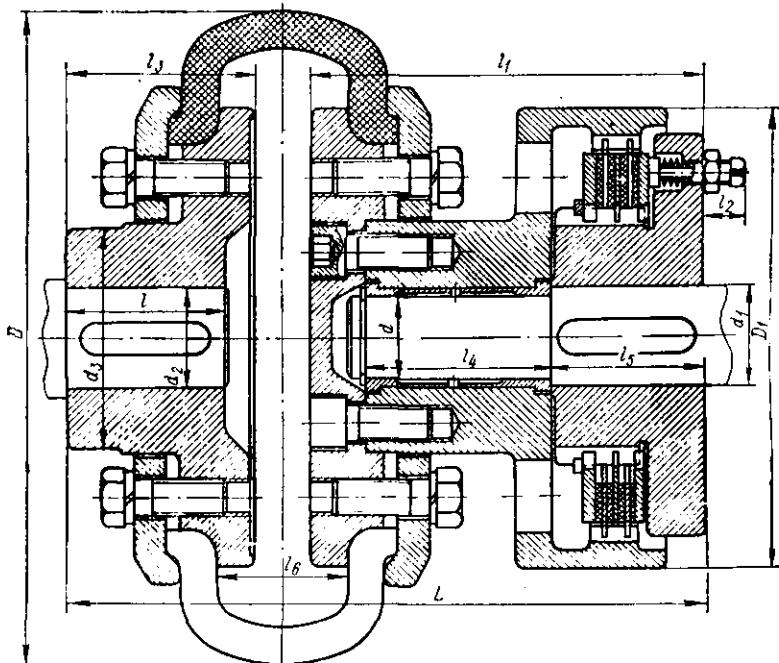


Рис. IX.10. Упруго-предохранительная муфта

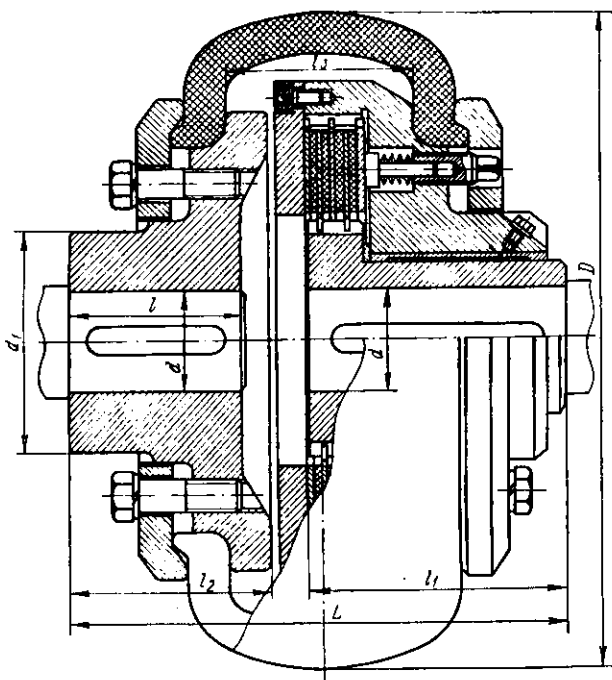


Рис. IX.11. Упруго-предохранительная муфта с дисками внутри оболочки

Т а б л и ц а IX.6. Размеры (мм) и параметры муфты (рис. IX.11)

$M_{кр}$, кгс·м		D	L	d_{max}	d_1	l	l_1	l_2	l_3
номин.	наиб.								
250	320	450	280	110	180	110	143	125	70
500	750	550	360	140	210	130	181	150	120
1000	1500	700	450	180	270	160	232	185	150

8. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ФРИКЦИОННАЯ МУФТА П. К. ГЕДЫКА (УРАЛМАШЗАВОД)

Эта муфта показана на рис. IX.12 (табл. IX.7). Она устанавливается между двигателем и приводимым в движение механизмом. Ее назначение — предохранение двигателя от перегрузок, которые могут возникнуть в процессе работы.

Муфта П. К. Гедыка состоит из двух полумуфт; ведущей 1 и ведомой 7, в которой смонтировано предохранительное фрикционное устройство. Ведущий диск 3 соединен с полумуфтой 1 пальцами 2 с резиновыми кольцами 4. Диск 3 с помощью шпонки 5 соединен с двойным конусом 12, который изготавливается из бронзы, поэтому (с целью экономии цветного металла) детали 12 и 3 выполнены отдельно

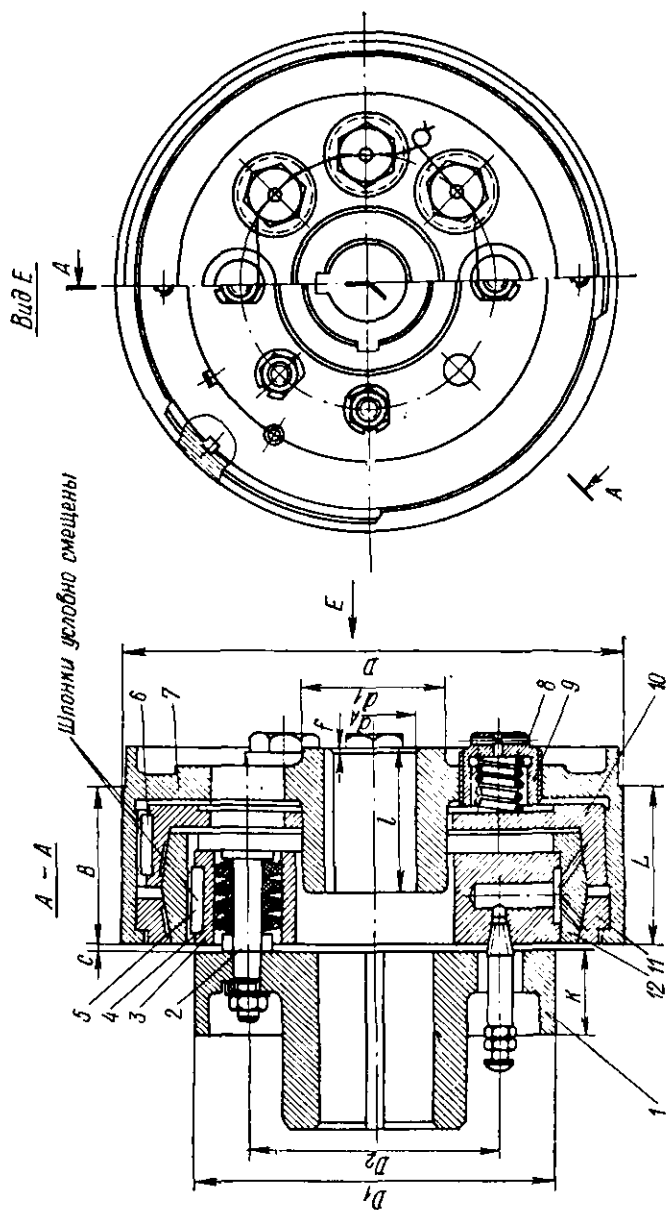


Рис. IX.12. Предохранительная фрикционная муфта П. К. Гедыка

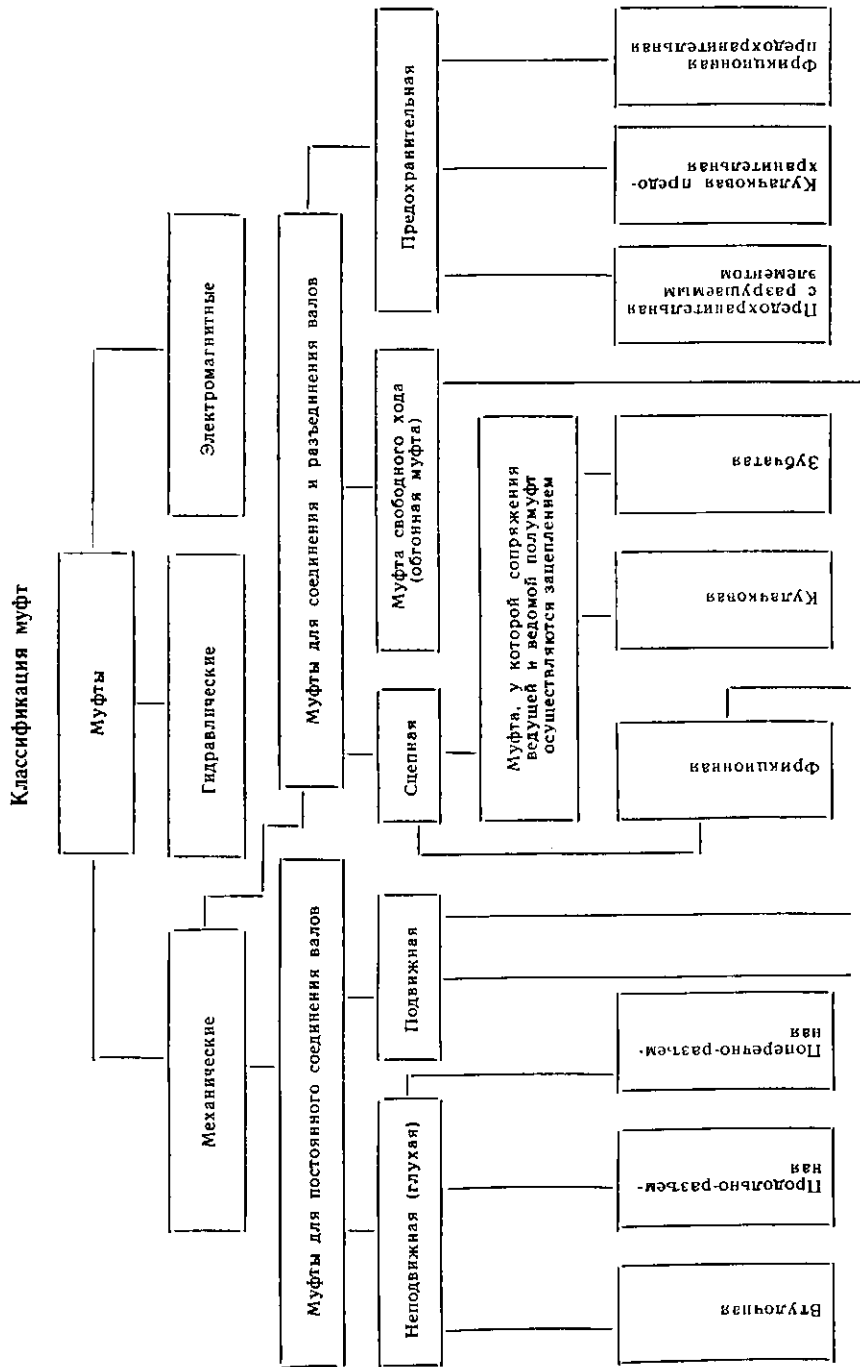
друг от друга. Двойной конус охватывается с двух сторон нажимным конусом 10 и упорным 11. Упорный конус крепится в полумуфте 7с помощью сухаря и соединен с нажимным конусом выступом, который входит в паз на нажимном конусе. Последний соединен с полумуфтой 7 скользящей шпонкой 6. Силовое замыкание осуществляется пружинами 8, помещенными в стаканах, посредством которых производится регулировка натяга пружины. Для возможной смены резиновых колец 4 в полумуфте 7 и нажимном конусе 10 предусмотрены окна. Смазка муфты производится двумя пружинными масленками.

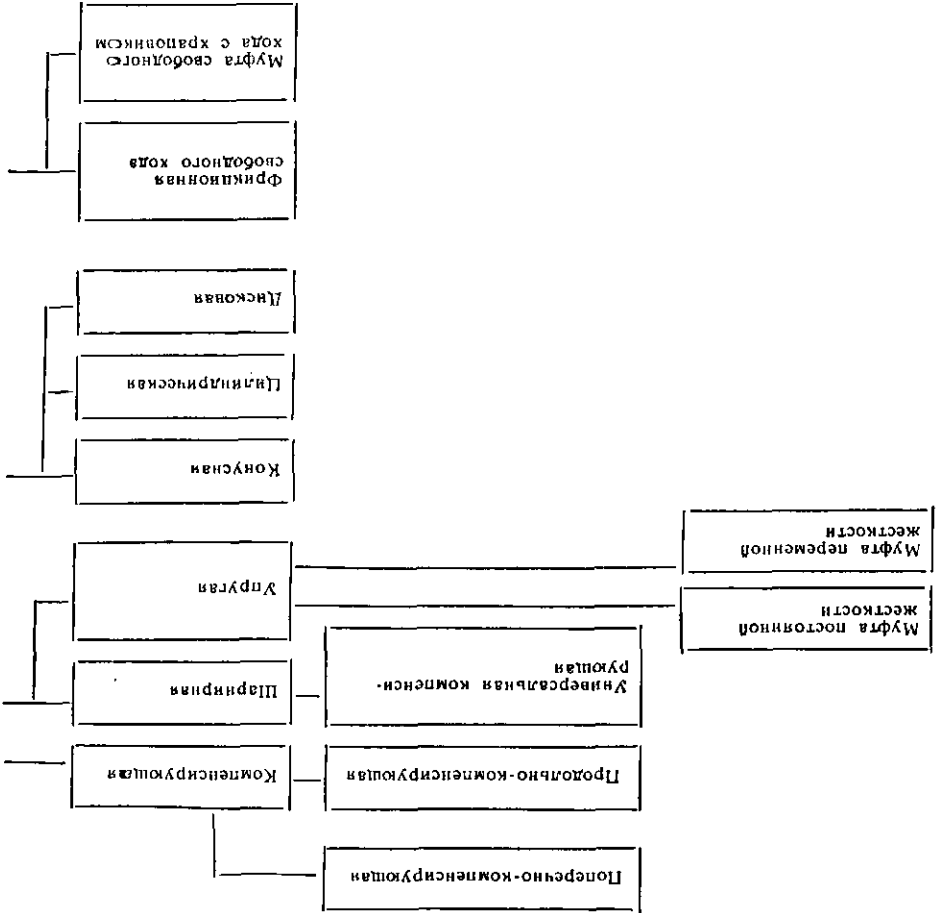
Т а б л и ц а IX.7. Размеры (мм) и параметры муфты П. К. Гедыка (рис. IX.12)

$M_{кр}$, кгс.м	D	d_A	d_1	B	l	L	D_1	D_2	K	C	f	Число пальцев	GD^2 , кг.м ²	Масса, кг	
														общая	в том числе цветного металла
5; 7; 9; 12	200	35	60	85	62	100	160	110	40	3	2,5	4	0,338	15,2	1,53
15; 20	250	40	75	90	82	100	190	140	40	3	2,5	6	0,79	21	2,75
25	300	50	90	90	85	110	240	175	55	4	3	4	1,82	38	3,2
50; 75; 100	400	70	120	120	115	150	295	210	70	5	4	6	8,19	100	10,2
150; 200	500	80	160	200	145	200	365	265	82	6	4	6	26,5	196	21,6
350; 500	600	100	185	200	175	260	445	325	105	7,5	4	6	73	358	48
600	700	110	200	250	175	270	500	380	105	7,5	5	6	133,5	427	65,3
675; 900	760	125	230	270	210	290	570	450	105	7,5	5	8	194	568	70

После монтажа и регулировки муфты нажимные стаканы 9 стопорятся проволокой. В момент срабатывания муфты происходит проскальзывание двойного конуса 12 относительно конусов 10 и 11.

Двойной конус изготавливается из БрОЦН 10-2-1,5, нажимной и упорный конусы — из стали 40X с термообработкой до HB 290—300.





Значение коэффициента режима

Машины	Род двигателя			
	турбо- машина	электро- двигатель	поршне- вой дви- гатель	Особые случаи
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
Ревверсивная 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

Приложение 111

Значения коэффициентов K_1 и K_2
для определения коэффициента K режима работы

Двигатели

 K_1

Электродвигатели, приводы с гибкими валами	~ 0,25
Паровые турбины	~ 0,3
Водяные турбины	~ 0,5
Паровые машины	~ 0,75
Двигатели внутреннего сгорания шестичилиндровые	~ 0,4
» » » четырехцилиндровые	~ 0,5
» » » трехцилиндровые	~ 0,6
» » » двухцилиндровые	~ 0,8
» » » одноцилиндровые	~ 1,2

Рабочие машины

С весьма малыми ускоряющимися массами

Контрприводы, трансмиссии, генераторы для освещения, малые вентиляторы, центробежные насосы, ротационные воздуходувки ~ 1,0

С малыми ускоряющимися массами

Элеваторы, эксгаустеры и большие вентиляторы, турбокомпрессоры, поршневые насосы со степенью неравномерности от 1 : 100 до 1 : 200, легкие деревообделочные станки, небольшие металлообрабатывающие станки, небольшие текстильные машины, гибочные машины для жести, ленточные транспортеры и подъемники ~ 1,2

Со средними ускоряющимися массами

Кольепрядильные машины, трепальные машины, спилицы, промывочные машины, мешалки, голландеры, нагнетательные насосы, транспортирующие барабаны, подвесные дороги, месильные машины, прессы, компрессоры со степенью неравномерности от 1 : 100 до 1 : 200, шлифовальные станки, фуговочные и строгальные станки для досок, пилницы, долбежные станки ~1,4

Со средними ускоряющимися массами и средними ударными нагрузками

Корды, ткацкие станки, сельфакторы, центробежные мельницы, мешалки для цемента, центрифуги, очистные барабаны, мельницы и мельничные постаны, сварочные генераторы, металлообрабатывающие строгальные станки, падающие молоты, сушильные барабаны, шахтные вентиляторы, прокатные станы для свинца, тракторы ~1,6

С большими ускоряющимися массами и большими ударными нагрузками

Лесотачки, гаучпрессы, мощные прессы и рольные аппараты для бумажной промышленности, ковочные прессы, поршневые насосы с малыми маховиками, землечерпалки, краны, канатные мотовила, пассажирские лифты, каландры, цементные мельницы, молоты, вращающиеся печи, бегуны, камнедробилки, волоочильные станы и встряхивающие (формовочные) машины ~2,0

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- А** армирование отверстий под пальцы 87
- В** втулочные муфты 5
 — —, крутящий момент 5
 — —, материал 6
 — —, размеры и параметры 6
 втулочно-пальцевая муфта 127
- Г** геометрия роликовых муфт 217
 глухие муфты 5
- Д** двухконусная муфта 158, 175
 дисковые муфты полужесткие 33, 34
 — — —, жесткость 37
 — — пневмокамерные 189
 — — — фрикционные предохранительные 262
 — — — сцепные 153, 162, 167
 — — — —, тепловой расчет 156
 — — — —, электромагнитные 193, 194
- Ж** жесткие подвижные муфты 13
- З** звездочки, глубина цементации 223
 —, материалы 223
 зубчатые муфты жесткие подвижные 14
 — — — — для передачи крутящего момента (МЗ и МЗП) 14, 18, 19
 — — — —, материал 21
 — — — — регулировочно-соединительные 14, 20
 — — — —, смазка 21
 — — — —, угол перекоса 21, 22
 — — упругие П. К. Гедыка 318
- И** изгибающий момент от сил трения в зубчатом сопряжении 22
 индукционные муфты 203
 — —, конструкции 208
 — —, расчет 207
- К** карданный вал 48
 — — фирмы «Вулкан» (ФРГ) 52
 — — — ГВБ (ФРГ) 49—51
 — — — Лёр 49—51
 классификация муфт 330
 колодочные муфты центробежные 283, 287
 — — — двухколodочные 299
 — — — двухрядные 296
 — — — для соединения валов 297
 — — —, расчет 315
 — — — со свободными дополнительными грузами 299
 — — — с пластинчатой пружиной 292
- — фирмы «Вулкан»
 конусные муфты фрикционные сцепные 152, 175
 — — — предохранительные 271
 комбинированные муфты 318
 коэффициент демпфирования 57—59
 — динамичности 58
 — запаса сцепления 151
 — ответственности передачи 22
 — трения фрикционных пар 149
 — условий работы муфты 22
 крестовые муфты — см. кулачково-дисковые муфты
 кулачково-дисковые муфты 23—25
 — — —, допускаемое давление 24
 — — —, размеры 25
 — — —, смазка 24
 кулачковые муфты сцепные 138
 — — —, материалы и расчет 140
 — — —, формы кулачков 139
 — — сцепные — см. сцепные муфты кулачковые
 — — упругие подвижные 131
- Л** линейная муфта упругая подвижная 56
 — —, работа при периодической нагрузке 57
 — —, расчет 70, 71, 73
- М** масляная многодисковая муфта с магнитопроводящими дисками 194
 мощность, передаваемая муфтами с пружинами сжатия 288
 — — — без пружин 290
 муфты «Аркуза» фирмы «Польстра» кулачковые 131
 — «Афлекс» фирмы «Деш» с резино-металлическим упругим элементом 115
 — высокой податливости 324
 — «Гурифлекс» фирмы «Штромаг» со звездочкой 86
 — двустороннего действия 215
 — для передачи больших крутящих моментов 123, 132
 — «Доппельфлекс» фирмы «Деш» пальцевые с упругими кольцами 95
 — «Кардафлекс» фирмы «Польстра» пальцевые с резино-металлическим упругим элементом 101
 — «Карделис» фирмы «Гофройтер Баум» с винтовыми пружинами 75—78
 — —, размеры и параметры 77
 — —, расчет 78
 — «Коналус» двухконусные фрикционные 175—178

— малой крутильной жесткости 134
— «Мультифлекс» фирмы «Крофтс» с кольцевыми пружинами 75
— «Мегифлекс» фирмы «Вулкан» пальцевые с упругим элементом 93
— «Минифлекс» фирмы «Польстра» пальцевые с упругим элементом 95
— «Мультикросс» фирмы «Райх» с упругими хомутами 113
— Ольдгема — см. кулачково-дисковые муфты
— «Перифлекс» фирмы «Штромаг» с разрезной торообразной оболочкой 109
— — с повышенной несущей способностью 112
— «Писвафлекс» фирмы «Ломанн — Штоль» пневматическая фрикционная 189
— «Радафлекс» фирмы «Боленц» с торообразным упругим элементом 114
— «Радиафлекс ГВ» фирмы «Польстра» с резино-металлическим упругим элементом 137
— «Радиафлекс Р» фирмы «Польстра» малой крутильной жесткости 134
— «Радиафлекс РТП» фирмы «Польстра» для передачи больших крутящих моментов 132
— с аксиальными пакетами плоских пружин 66, 68
— — винтовыми пружинами 75
— — свободного хода 213
— —, обзор конструкций 224
— —, конструктивные параметры и материалы 222
— —, смазка 224
— с гофрами 32
— — дробью центробежные 305
— — —, расчет 316
— «Симпла-Минифлекс» с витой пружиной 79
— «Симплафлекс» фирмы «Ленце» с набором винтовых пружин 79
— с кольцевыми пружинами 75
— — неметаллическими упругими элементами 83, 127
— — со звездочкой 84
— — змеевидными пружинами 70
— — скользящим сухарем 27
— — спиральной пружиной 154
— — сферическими и цилиндрическими вкладышами 122
— с пакетами гильзовых пружин 67, 70
— «Спирофлекс» фирмы «Ломанн» с резино-металлическими упругими элементами 101

— с радиальными пакетами пружин 65
— — разводными пружинными кольцами 154
— — резиновой звездочкой 84
— — резиновыми брусками 127
— — составным резино-металлическим диском 87
— «Страфлекс» фирмы «Польстра» пальцевая с упругим элементом 93
— с упругими элементами в виде стержней 80
— — — торообразными 102
— — —, расчетные нагрузки на валы 105
— — — фирмы «Вулкан» с резино-кордными оболочками 114
— — — пневмобаллонами 122
— — «Мальмеди» 70, 71
— — «Металлук» центробежная с дробью 306
— — «Пуль» со звездочкой 84
— — — для передачи больших крутящих моментов 123
— — — с вкладышами 122
— — «Уникум» с цилиндрическими вкладышами 123
— — «Фальк» с торообразным упругим элементом 113
— «Флендер» с радиальными брусками 132
— «Штромаг» центробежная с дробью 307, 310
— — «Л. Шутц» центробежная с дробью 305
— «Форст» фирмы «Рейншталь Вангейм» 80, 82, 83
— —, размеры и параметры 82
— —, расчет 83
— «Юбофлекс» фирмы «Польстра» пальцевая с упругим элементом 93

Н нагрузочная способность пружины 74
напряжения в диске 35, 87
— — пружине 68, 74
нелинейная муфта упругая подвижная 56
— —, работа при периодической нагрузке 61, 70

О обгонная муфта для сельскохозяйственных машин 238, 243, 244

П пальцевые муфты с металлическими дисками 33, 34
— — — —, жесткость 37
— — — —, максимальные напряжения 35
— — — —, пример расчета 37

— — — — —, двоянные 34, 35
 — — — — — упругим элементом 87, 88, 93, 95, 97, 101
 — — — — —, крутильная жесткость 87
 — — — — —, расчет на прочность (пример) 91, 93
 периодические нагрузки в упругих подвижных муфтах 57, 61
 плавающие муфты — см. кулачково-дисковые муфты
 пневматические муфты 179
 пневмокамерные муфты 186
 — — колодочные разжимные 186
 — — дисковые 189
 полужесткие дисковые муфты 33
 поперечно-свертные муфты — см. фланцевые муфты
 предохранительные муфты 245
 — — пружинно-кулачковые 251
 — — пружинно-шариковые 255
 — —, требования, характеристики 245—248
 — — фрикционные 261
 — — — конусные 271
 — — — П. К. Гедька 327
 — — — с повышенной точностью срабатывания 278—282
 — —, эксплуатационные характеристики 245—248
 продольно-свертные муфты 11, 12
 — — —, размеры и параметры 12
 пружинно-кулачковые муфты 251
 пружинно-шариковые муфты 255

Р радиальное смещение в зубчатой муфте 21, 22
 расчет индукционных муфт 207
 — роликовых муфт 220
 — фрикционных стелных муфт 149
 — центробежных муфт 315
 — электромагнитных порошковых муфт 199
 реверсивная муфта 217
 ролики, параметры 223
 —, число 223
 роликовые муфты 214
 — — бесконтактные 230, 231
 — —, геометрия 217
 — — обгонные 231, 238
 — —, обзор конструкций 224
 — — по нормали МН 3—61 238—243
 — —, расчет на контактную прочность 220
 — — с сепаратором 224
 — — — цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки 217
 — — — — — неплоским профи-

лем рабочей поверхности звездочки 218
 — — — эксцентриковыми роликами 219
 — — фирмы «Мальмеди» 231—233

С двоянные муфты 34, 35, 46
 синхронные муфты 46
 скелетные кривые 61—63
 смазка зубчатого зацепления 21
 специальные муфты 318
 сцепные муфты 138
 — — кулачковые 138
 — — —, материалы и расчет 140
 — — —, формы кулачков 139
 — —, механизмы включения и регулировки 158
 — —, расчет 149
 — —, рекомендуемые зазоры 160
 — — фрикционные 142
 — — — конусные 152
 — — —, конструкция 162
 — — —, материалы 147
 — — — многодисковые 162, 167
 — — —, размеры 164, 165, 167, 170—173
 — — —, процессы сцепления и расцепления 144
 — — центробежные 283

Т тепловой расчет дисковых муфт 156

У угол закручивания муфты 75, 102
 — заклинивания 222
 — поворота полумуфт 67, 71, 73
 ударные нагрузки в упругой муфте 64
 удельные давления на поверхностях фрикционных пар 151
 универсальный шпindel 53, 54
 упругая муфта зубчатая П. К. Гедька 318
 — — центробежная Т. Г. Рыбчевского 318
 упругие подвижные муфты 13, 56
 — — —, жесткость 57
 — — —, свойства 56
 — — —, работа при ударных нагрузках 64
 — — — с металлическими упругими элементами 64
 — — — — — неметаллическими упругими элементами 83
 упруго-предохранительные фрикционные муфты 324
 — — муфты «Эльси» 320
 упруго-разобитительная муфта 324
 упруго-центробежные муфты 322
 условие самозаклинивания 222
 — саморасклинивания 222

- Ф фланцевые муфты 8, 9, 11
 - —, размеры и параметры 9
 - —, расчет 11
- фрикционные материалы 147
 - муфты роликовые — см. роликовые муфты
 - — пневматические 189
 - — предохранительные — см. предохранительные муфты
 - фрикционные
 - — сцепные — см. сцепные муфты
 - фрикционные
 - — электромагнитные — см. электромагнитные муфты
 - дисковые фрикционные
 - пары, допускаемые давления 151, 263
- Х характеристики пар трения 150
- Ц центробежные муфты 283
 - —, выбор электродвигателя 316
 - — колодочные — см. колодочные муфты
 - центробежные
 - —, разновидности 312
 - —, расчет 284—286, 315, 316
 - — с сыпучим рабочим телом 283, 305, 307, 310
- цепные муфты 27
 - —, крутящий момент 31
 - — однорядные, размеры 28, 29, 30, 31
- Ш шарики, сопряжения с рабочими поверхностями 255
 - , допустимые давления 257
 - шарнирные муфты 13, 38
 - —, давление в игольчатых опорах и шарнирах скольжения 40
 - — крупногабаритные 41
 - —, крутящий момент 39, 40
 - — малогабаритные 41
 - — специальные синхронные 47, 48
 - шинно-пневматические муфты 179
 - — — ленточные 185
 - — — осевые 186
 - — — радиальные 179
- Э электромагнитные муфты 193
 - — дисковые фрикционные 193
 - — индукционные 203
 - —, материалы 212
 - — порошковые 195
 - — —, конструкция 199
 - — —, расчет 197

1. Алексеевский Г. В., Леринман С. М. Управление буровыми установками Уралмашзавода. Л., 1956.
2. Антонов А. А. Вопросы точности монтажа агрегатов буровой установки, соединенных ШПМ. — В кн.: Влияние точности изготовления и монтажа оборудования на работоспособность агрегатов буровой установки. М., 1965.
3. Аносов Ю. И. Электромагнитные муфты. М., 1952.
4. Ачеркан Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. М., 1944.
5. Базанов А. Ф., Буланов А. А. Экспериментальное исследование фрикционной вальцованной ленты. — Механизация строительства, 1953, № 4.
6. Бейзельман Р. Д., Цылкин Б. В., Перель Л. Я. Подшипники качения. Справочник. М., 1967.
7. Бидерман В. Л. и др. Автомобильные шины. М., 1963.
8. Борисов С. М. Пневмокамерные фрикционные муфты. М., 1971.
9. Бортковский К. А. Как подобрать вес колодки центробежной муфты привода центрифуги. — Сахарная промышленность, 1956, № 5.
10. Быховский М. Л. К вопросу о динамике машин с электроприводом СТММ. — Тр. ин-та машиноведения, 1958, т. 13, вып. 71.
11. Вейц В. Л. Динамика машинных агрегатов. Л., 1969.
12. Вейц В. Л., Доброславский В. Л. Расчет станочных приводов при периодической нагрузке. — Станки и инструмент, 1961, № 3.
13. Виленский Б. А., Поляков В. С. Влияние характеристики электродвигателя на резонансную частоту агрегата с нелинейной упругой муфтой. — Машиноведение, 1967, № 4.
14. Воробьева Т. М. Электромагнитные муфты. М., 1960.
15. Вульфсон И. И., Коловский М. З. Нелинейные задачи динамики машин. Л., 1968.
16. Гапоян Д. Т. Фрикционы автоматических коробок передач. М., 1966.
17. Гедык П. К. Муфты новых и улучшенных конструкций. — В кн.: Конструирование машин и оборудования. М.; Свердловск, 1952.
18. Гедык П. К. Эластичная муфта с пружинами. — В кн.: Конструирование машин и оборудования. М.; Свердловск, 1952.
19. Гутьяр Е. М. К теории и расчету центробежных муфт. — Тр. Московского ин-та механизации и электрификации сельского хоз-ва. 1956, т. 2.
20. Давыдов Б. Л. Расчет цепных муфт. — Тр. Харьковского горного ин-та, 1955, т. 2.
21. Детали машин. Справочник. В 3-х т. Под ред. Н. С. Ачеркана. М., 1969, т. 2.
22. Детали машин. Атлас конструкций. Под ред. Д. Н. Решетова. М., 1968.
23. Дмитриев В. А. Детали машин. Л., 1970.
24. Добровольский В. А. и др. Детали машин. М., 1962.
25. Дьяченко С. К., Кириач Н. Ф. Предохранительные муфты. Киев, 1962.
26. Зильберман А. С. К расчету муфт Бибби. — Советское котлотурбостроение, 1936, № 8.
27. Иванов М. Н. Детали машин. М., 1967.
28. Иванов Е. А. Некоторые новые конструкции компенсационно-упругих и предохранительных муфт приводов. — Вестник машиностроения, 1953, № 6.
29. Иванов Е. А. Муфты приводов. М., 1959.
30. Ильский А. Л. Расчет и конструирование бурового оборудования. М., 1962.
31. Клубникин П. Ф. Электромагнитные муфты для исполнительных механизмов. М., 1958.
32. Ковальский Б. С. Напряжение на площадке местного сжатия при учете сил трения. — Изв. АН СССР, 1942, № 9.
33. Коловский М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем. М., 1966.
34. Крайцберг М. И., Милич М. Б. Электромагнитные муфты скольжения в промышленном приводе. М., 1970.

35. Красношапка М. М. Теория и расчет скользящих электромагнитных муфт. — Тр. Рижского высшего авиационного училища, 1957.
36. Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов. М., 1965.
37. Кудинов В. А. Явление удара в валопроводах станков при включении кулачковых муфт. — Станки и инструмент, 1951, № 3.
38. Куликов Н. К. Механизмы свободного хода. М., 1954, вып. 75.
39. Леринман С. М. Шинно-пневматические муфты Уралмашзавода. — В кн.: Конструирование машин и оборудования. М.; Свердловск, 1952.
40. Лукин М. Г. Муфты сцепные и упругие. М., 1935.
41. Мазин Я. Л. Центробежная фрикционная муфта к токарно-винторезным станкам. — Станки и инструмент, 1957, № 12.
42. Малаховский Я. Э., Лапин А. А., Веденев Н. К. Карданные передачи. М., 1962.
43. Мальцев В. Ф. Роликовые механизмы свободного хода. М., 1968.
44. Малых Л. И. Исследование работы конусных предохранительных муфт при различных температурах. Автореф. канд. дисс. М., 1955.
45. Михайлов Ю. К., Поляков В. С. Вопросы расчета пальцевых муфт с резиновым диском. — Тр. ЛПИ, 1970, № 314.
46. Михайлов Ю. К. Вопросы расчета и проектирования пальцевых муфт с дисками. Автореф. канд. дисс. Л., 1968.
47. Могилевский В. Г. Электромагнитные порошковые муфты и тормоза. М.; Л., 1964.
48. Муфты цепные однорядные. ГОСТ 20742—75.
49. Муфты обгонные роликовые. МН 3—61. М., 1962.
50. Ниберг Н. Я. Муфты: Детали машин. Справочник. М., 1963.
51. Пилипенко М. Н. Механизмы свободного хода. М., 1966.
52. Пинчук М. С. Переходные процессы в асинхронных двигателях при периодической нагрузке. — Электричество, 1957, № 9.
53. Победин И. С. К расчету фрикционных муфт в тяжелом машиностроении. — Вестник машиностроения, 1949, № 2.
54. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Исследование динамических свойств упругих муфт. — Тр. ЛПИ, 1964, № 236.
55. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Муфты. М.; Л., 1964.
56. Поздеев А. Д., Розман Я. Б. Электромагнитные муфты и тормоза с массивным якорем. М.; Л., 1963.
57. Поляков В. С., Виленский Б. А. О выборе линейных упругих муфт. — Тр. ЛПИ, Л., 1967, № 285.
58. Поляков В. С., Виленский Б. А. Выбор упругой муфты для агрегата с электроприводом. — Изв. вузов. Сер. Машиностроение, 1968.
59. Поляков В. С., Виленский Б. А. О приближенном методе расчета момента в упругой муфте при приеме нагрузки для агрегата с электроприводом. — Тр. ЛПИ. Л., 1968, № 299.
60. Поляков В. С., Михайлов Ю. К. К вопросу определения крутильной жесткости и нагрузочной способности полужестких муфт. — Тр. ЛПИ, 1968, № 299.
61. Поляков В. С., Михайлов Ю. К. Определение компенсационной способности муфты с промежуточными дисками. — Тр. ЛПИ, 1967, № 285.
62. Пономарев С. Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. М., 1960, т. 2.
63. Потураев В. Н. Резиновые и резинометаллические детали машин. М., 1966.
64. Прочность. Устойчивость. Колебания. М.; Л., 1968, т. 3.
65. Решетов Д. Н. Детали машин. М., 1963.
66. Решетов Д. Н., Ряховский О. А. К расчету муфт с торообразным резинокордным упругим элементом. — Вестник машиностроения, 1965, № 4.
67. Резина — конструкционный материал современного машиностроения. М., 1967.
68. Ривин Е. И. Динамики привода станков. М., 1966.
69. Ряховский О. А. Теоретические и экспериментальные исследования упругих муфт. Автореф. канд. дисс. М., 1965.
70. Соколов Ю. Н. Тепловой расчет фрикционных дисковых муфт и тормозов. — Станки и инструмент, 1957, № 1.

71. Справочник машиностроителя. М., 1951, т. 3.
72. Справочник машиностроителя: Предохранители от перегрузки. М., 1955, т. 4.
73. Справочник машиностроителя. М., 1967, т. 4, кн. 1.
74. Станкостроение за границей. Эластичные соединительные муфты. М., 1950, вып. 4.
75. Старосельский А. А. — В кн.: Расчет и конструирование деталей машин. М., 1956.
76. Сулькин А. Г. К расчету упругой муфты со змеевидными пружинами. — Вестник машиностроения, 1948, № 11.
77. Сулькин А. Г. Методика расчета упругой муфты со змеевидными пружинами. — Вестник машиностроения, 1962, № 5.
78. Татур О. Н. Электромагнитные порошковые муфты. М., 1963.
79. Татур О. Н. Конструкции управляемых муфт за рубежом. М., 1963.
80. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. М., 1940, т. 5.
81. Тепинкичев В. К. Исследование кулачковых предохранительных муфт. — Станки и инструмент, 1950, № 10.
82. Тепинкичев В. К. Предохранительные устройства от перегрузки станков. М., 1968.
83. Терских В. П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. В 3-х т. М.; Л., 1953.
84. Филимонов А. А. Уточненный расчет буксования фрикционных муфт. — Тр. Новочеркасского политехнического ин-та, 1957, т. 39.
85. Хабенский М. Я. Электромагнитные порошковые муфты. М., 1968.
86. Хованов И. М., Наумов В. Н. Процесс заклинивания роликовой муфты обгона. — Изв. вузов Сер. Машиностроение, 1970, № 1.
87. Чернавский С. А., Ицкович Г. М. и др. Пресектирование механических передач. М., 1963.
88. Чудаков Е. А. Избранные труды. М., 1961, т. 2.
89. Шаров В. С. Электромагнитные муфты скольжения. М., 1958.
90. Щербаков В. Т. Вопросы расчета и проектирования линейных муфт со змеевидными пружинами. Автореф. канд. дисс. Л., 1971.
91. Щетинина Т. А. Электропривод с индукционными муфтами и тормозами. М., 1971.
92. ЭСМ. М., 1948, т. 2.
93. ЭНИИМС. Табличные расчеты деталей станков. М., 1953, вып. 2.
94. Altmann F. G. Drehfedernde Kupplungen. — VDI, B. 80, 1963, N 9.
95. Altmann F. G. Antriebs-elemente und mechanische Getriebe. — VDI, B. 95, N 19.
96. Ashcraft und Bhoft. — Maschinenbau und Wärmenwirtschaft, 10 Jg, 1955, N 7.
97. Ausgleich von Wellenverlagerungen. — Maschine und Werkzeug, 1968, N 24.
98. Bariffi M. F. Pivoted Centrifugal Friction Glutches. — Product Engineering, 1948, vol. 19, No. 2.
99. Benz W. Zur Berechnung drehelastischer Kupplungen. — MTZ, 1941, N 1.
100. Die Bowez-Kupplung. — Maschine, 1961, N 4.
101. Flexible Power Transmission Coupling. — Mater. Design. Engn., 1965, No. 5.
102. Gagne A. F. Selecting Flexible Couplings. — Machine Design, 1949, vol. 21, N 4.
103. Gagne A. F. — Product Engineering, 1953, vol. 24, No. 12.
104. Gräbner R. Ausbildung und Anwendung von Klemmzallenfreuläufen im Werkzeugmaschinenbau. — Werkstatt und Betrieb, 1953, N 12.
105. Miller Robert A. Flexible Coupling for Staffs. — Pat. США 2918809.
106. Pampel. Kupplungen. — Berlin, 1958.
107. Pinnekamp W. Der Schaltvorgang einer druckluftbetätigten Reibungsskupplung. — Maschinenmarkt, 1966, 72, N 27.
108. Winter R. Zur Entwicklung drehelastischer Kupplungen. — Technik, 1952, N 4.

Предисловие	3
Глава I. ГЛУХИЕ МУФТЫ	
1. Втулочные муфты	5
2. Фланцевые муфты (поперечно-свертные)	8
3. Продольно-свертные муфты	11
Глава II. ЖЕСТКИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ	
1. Зубчатые муфты	14
2. Кулачково-дисковые муфты	23
3. Цепные муфты	27
4. Муфты с гофрами	32
5. Полужесткие дисковые муфты	33
6. Шарнирные муфты	38
Малогабаритные шарнирные муфты	41
Крупногабаритные муфты фирмы «Крсфтс»	45
Синхронные муфты	46
Карданные валы	48
Глава III. УПРУГИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ	
1. Основные свойства	56
2. Работа линейной муфты при периодической нагрузке	57
3. Работа нелинейной муфты при периодической нагрузке	61
4. Работа упругой муфты при ударных нагрузках	64
А. Муфты с металлическими упругими элементами	—
5. Муфты с пакетами пластинчатых пружин	65
6. Муфты со змеевидными пружинами	70
7. Муфты с винтовыми пружинами	75
8. Муфты с упругими элементами в виде стержней	80
Б. Муфты с неметаллическими упругими элементами	83
9. Муфты со звездочкой	84
10. Муфты пальцевые с упругим диском	87
11. Муфты с торообразным упругим элементом	102
12. Муфты со сферическими и цилиндрическими вкладышами	121
13. Другие разновидности муфт с неметаллическими элементами	127
Глава IV. КУЛАЧКОВЫЕ И ФРИКЦИОННЫЕ СЦЕПНЫЕ МУФТЫ	
А. Кулачковые муфты	138
1. Формы кулачков	139
2. Материалы и расчет	140
Б. Фрикционные муфты	142
3. Процессы сцепления и расцепления	144
4. Фрикционные материалы	147
5. Расчет основных типов муфт	149
Конусные муфты	152
Дисковые муфты	153
Муфта с разводящими пружинными кольцами	154
Муфта со спиральной пружиной	—
Тепловой расчет дисковых муфт	156
6. Механизмы включения и регулировки муфт	158
Этапы работы механизма включения	—
Рекомендуемые величины зазоров δ	160
7. Конструкции фрикционных муфт	162
Нормализованные многодисковые муфты по МН 5656—65 (рис. IV.23)	—

Многодисковые муфты BSD	167
Коническая муфта «Конакс»	174
Двухконусные муфты «Коналус»	175

Глава V. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ

А. Пневматические муфты	179
1. Шинно-пневматические муфты	—
Радиальные шинно-пневматические муфты	—
Ленточная шинно-пневматическая муфта	185
Осевая шинно-пневматическая муфта	186
2. Пневмокамерные муфты	—
Колодочная разжимная пневмокамерная муфта по МН 5019—63 (рис. V.7, табл. V.3)	—
Дисковая пневмокамерная муфта (рис. V.9)	189
3. Муфта «Пневмафлекс» [108]	—
Б. Электромагнитные муфты	193
4. Электромагнитные дисковые фрикционные муфты	—
5. Электромагнитные поршковые муфты	195
Расчет электромагнитных поршковых муфт	197
Конструкция поршковых муфт	199
6. Индукционные муфты	203
Расчет индукционных муфт	207
Конструкция индукционных муфт	208
7. Материалы для электромагнитных муфт	212

Глава VI. МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА

1. Основные типы фрикционных роликовых муфт	214
Простейшая роликовая муфта	—
Одинарная муфта двустороннего действия (рис. VI.2, б)	215
Муфта двойная двустороннего действия (рис. VI.2, в)	—
Реверсивная муфта (рис. VI.2, г)	217
2. Геометрия роликовых муфт	—
Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем ра- бочей поверхности звездочки (рис. VI.3)	—
Муфта с цилиндрическими роликами и неплоским профилем рабочей поверхности звездочки	218
Муфта с эксцентриковыми роликами (рис. VI.5)	219
3. Расчет на контактную прочность муфт с цилиндрическими и эксцентриковыми роликами	220
4. Рекомендации по выбору конструктивных параметров муфт и материалов их деталей	222
5. Обзор конструкций муфт	224

Глава VII. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

1. Муфты с разрушающимся элементом	248
2. Пружинно-кулачковые муфты	251
3. Пружинно-шариковые муфты	255
4. Фрикционные предохранительные муфты	261
Дисковые муфты	262
Конусные муфты	271
5. Фрикционные предохранительные муфты с повышенной точ- ностью срабатывания	278

Глава VIII. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МУФТЫ

1. Колодочные муфты	287
2. Муфты с дробью	305
3. Другие разновидности центробежных муфт	312
4. Порядок расчета центробежных муфт	315

Муфты с колодками	315
Муфты с дробью	316
Выбор электродвигателя	—

Глава IX. МУФТЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ

1. Упругая зубчатая муфта УЗТМ [17]	318
2. Упругая центробежная муфта Т. Г. Рыбчевского [28]	—
3. Упруго-предохранительная муфта «Эльси»	320
4. Упруго-центробежные муфты	322
5. Комбинированная упруго-разобщительная муфта	324
6. Муфта высокой податливости	—
7. Упруго-предохранительные фрикционные муфты	—
8. Предохранительная фрикционная муфта П. К. Гедыка (Урал-машзавод)	327

Приложения	330
Предметный указатель	334
Список литературы	338

ИБ № 1406

Владимир Сергеевич ПОЛЯКОВ
Иосиф Давидович БАРБАШ
Олег Анатольевич РЯХОВСКИЙ

СПРАВОЧНИК ПО МУФТАМ

Редактор издательства Р. Н. Михеева
Художественный редактор С. С. Венедиктов
Технический редактор Л. В. Шетинина
Корректор Н. В. Семенова
Персплет художника К. А. Карпошевич

Сдано в набор 31.05.78.
Подписано в печать 07.12.78.
М-23753. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 1.
Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 21,5.
Уч.-изд. л. 23,94. Тираж 50 000 (2-й з-д 25 001—50 000) вкз.
Заказ 1214. Цена 1 р. 50 к.

Ленинградское отделение издательства
«Машиностроение»
191065, Ленинград, Д-65,
ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6
Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144,
ул. Моисеенко, 10