



Курсовое проектирование деталей машин для студентов, преподавателей и инженеров.



DM-Monster DEMO 3D - мощнейшая программа позволяющая рассчитать курсовой по деталям машин и получить **БЕСПЛАТНО** результаты расчёта, сведённые в таблицы, файл данных расчёта, а также **ТРЕХМЕРНУЮ КОМПОНОВКУ ПРИВОДА** в графической оболочке КОМПАС и ТРЕХМЕРНЫЕ ДЕТАЛИ ПРИВОДА в графической оболочке КОМПАС и КОМПАС LT!

При желании можно загрузить свой файл данных и сделать перекомпоновку валов привода, ориентируясь на трёхмерную компоновку привода или же сделать перерасчёт какой-либо части курсового (полезно, если необходимо показывать расчёты преподавателю по частям).

Расчёты в программе DM-Monster можно выполнить по учебникам:

- Чернавский С.А., Боков К.Н., Чернин И.М., Ицкевич Г.М., Козинцов В.П. "Курсовое проектирование деталей машин. Учебное пособие для учащихся.", М.: Машиностроение, 1987 г. 416с.;
- Дунаев П.Ф., Леликов О.П. "Конструирование узлов и деталей машин", М.: Издательский центр 'Академия', 2003. 496 с.;
- Шейнблит А.Е. "Курсовое проектирование деталей машин. Учебное пособие.", Изд. 2-е, перераб. и доп. - Калининград: Янтарный сказ, 2004 г., 454 с.: ил., черт. - Б. ц.

Причем можно выполнить все расчёты по одному учебнику, а можно сделать расчёты в курсовом по нескольким учебникам (разные разделы по разным учебникам).

Программа DM-Monster может рассчитать практически любой курсовой проект по деталям машин, при этом не нужно иметь под рукой никаких учебников. **В ПРОГРАММЕ НЕТ НИКАКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ НА СХЕМЫ ПРИВОДОВ.** Все схемы формируются в программе при предварительной и окончательной компоновках валов. Таким образом, можно сформировать абсолютно любую схему привода. Подробнее о построении схем можно посмотреть в документации к программе. Программой DM-Monster выполняются абсолютно все необходимые этапы расчётов курсовой работы по деталям машин: кинематический расчёт, расчёт передач (цилиндрические прямозубые, косозубые, шевронные, раздвоенные, соосные передачи внешнего или внутреннего зацепления, конические прямозубые, косозубые передачи, червячные, цепные и ременные передачи), расчёт конструкций шестерен, колёс, звёздочек, шкивов, расчёт нагрузок на валах, построение эпор, выбор подшипников, расчёт корпуса редуктора, расчёт шпонок, выбор муфт, прочностной расчёт валов, выбор смазки и т.п.

По полученному файлу данных можно заказать вывод **ПОЛНОЙ, ГОТОВОЙ К СДАЧЕ** пояснительной записки в Word-е и набросков чертежей детализовок и чертежа компоновки валов привода (2D - двухмерные) в AutoCAD-е. Пояснительная записка, качественно отформатированная, содержит все этапы расчётов, эпоры нагрузок валов, рисунки, ссылки на формулы в учебниках. Формулы имеют красивый вид: корни, черта дроби, степени и т. п.

Примеры высылаемых результатов можно посмотреть на сайте www.dm-monster.ru

DM-Monster 3D и **DM-Monster 3D PRO** - лицензионные программы, обладающие дополнительными возможностями вывода полной ПЗ, а также чертежей детализовок и наброска компоновочного чертежа в КОМПАС-е, КОМПАС-е LT или в AutoCAD-е версии 14.0 и выше. Лицензионная версия DM-Monster 3D обладает всеми возможностями программы DM-Monster DEMO 3D кроме получения/загрузки файла данных расчёта.

DM-Monster 3D Draw - программа, позволяющая по введённым геометрическим параметрам получить 3D и 2D чертежи в КОМПАСе и 2D чертежи в AutoCAD-е шестерен, колёс цилиндрической и конической передач, червяка и колёса червячной передачи, шкивов ременной передачи, звёздочек цепной передачи. ДЕМО-версия программы выводит чертежи ТОЛЬКО зубчатой цилиндрической передачи.

Ведётся приём заказов курсовых. Максимальное качество за минимальную цену. Подробности см. на сайте www.dm-monster.ru

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

СПРАВОЧНИК
ПО
МУФТАМ

ОТ ПЕЧАТНОГО ОТДЕЛА

СПРАВОЧНИК ПО МУФТАМ

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



**ЛЕНИНГРАД
„МАШИНОСТРОЕНИЕ“
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1974**

В. С. Поляков, И. Д. Барбаш, О. А. Ряховский

П54 Справочник по муфтам. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1974, 352 с.

В справочнике описаны конструкции современных механических, пневматических и электромагнитных соединительных муфт, широко применяемых в машиностроении. Рассмотрены конструкции муфт отечественного и зарубежного производства. Приведены сведения по новым прогрессивным конструкциям муфт.

Справочник снабжен большим количеством примеров расчета муфт.

Справочник рассчитан на инженерно-технических работников, конструкторов, работающих в различных отраслях машиностроения. Он также может быть полезен студентам вузов машиностроительных специальностей.

Табл. 150. Ил. 268. Список лит. 108 назв.

П 31302—019
038 (01)—74 19—74

6П5.3 (03)

Рецензент инж. Н. Ф. РОЗЕНПЛЕНТЕР

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. предусматриваются 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 машины.

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 общизвестными 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 рубрику 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 «Flender» [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. Щербаку, Б. А. Виленскому, О. Б. Корытку и Б. Д. Кукаленко за помощь, оказанную при подготовке рукописи.

Глава I

ГЛУХИЕ МУФТЫ

Глухие муфты предназначены 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 перекося 0,05 мм на 1 м длины (угол перекося $5 \cdot 10^{-5}$ рад) [24]. Глухие муфты, кроме крутящего момента, передают изгибающие моменты, перерезывающие и осевые усилия. С целью разгрузки муфт от действия изгибающего момента целесообразно располагать их вблизи опор.

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

1. ВТУЛОЧНЫЕ МУФТЫ

Втулочные муфты — наиболее простой вид глухих муфт.

На рис. 1.1 показаны четыре разновидности втулочных муфт по нормам машиностроения: втулочная муфта со штифтами (МН 1067—60); втулочная

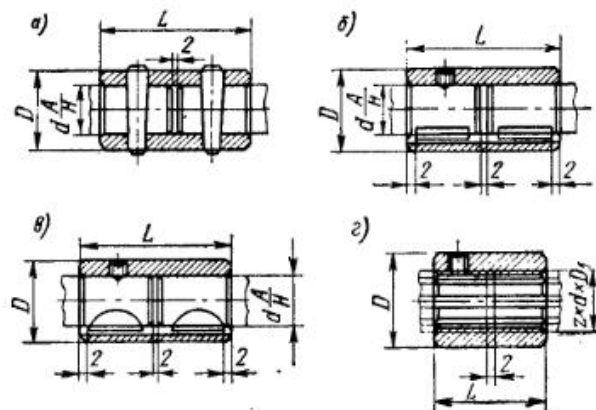


Рис. 1.1. Муфты втулочные со штифтами и со шпонками

муфта со шпонками (призматическими или сегментными, МН 1068—60), б и в; втулочная муфта со штифтами (МН 1069—60). Размеры и основные параметры муфт приведены в табл. 1.1.

Муфты втулочные со штифтами, шпонками и шлицами

d	D	L	z×d×D ₁	D	L	Допускаемый M _{кр} в кгс·м для муфт по						Масса в кг для муфт по					
						МН 1067—60				МН 1068—60		МН 1069—60	МН 1067—60	МН 1068—60		МН 1069—60	
						исполне- ние I		исполне- ние II		исполне- ние I				исполне- ние II			
Для рис. I.1, а—е						Для рис. I.1, з											
4	8	15	6	21	25	35	45	0,03	—	—	—	15	0,004	—	—	—	0,19
5	10	20	6	23	28	40	50	0,08	—	—	—	25	0,010	—	—	—	0,29
6	12	25	6	26	32	45	55	0,10	—	—	—	36	0,02	—	—	—	0,41
8	15	30	6	28	34	45	60	0,22	—	—	—	42	0,03	—	—	—	0,40
10	18	35	8	32	38	50	70	0,45	—	—	0,8	65	0,06	—	—	0,05	0,56
12	22	40	8	36	42	55	80	0,75	—	—	2,0	90	0,09	—	—	0,09	0,74
(14)	25	45	8	42	48	60	90	1,60	—	—	2,8	125	0,13	—	—	0,13	0,88
16	28	45	8	46	54	70	100	2,50	—	—	4,0	200	0,16	—	—	0,16	1,48
(18)	32	55	8	52	60	80	110	3,20	—	—	5,6	250	0,25	—	—	0,25	2,22
20	35	60	8	56	65	90	120	5,00	1,1	9,0	1,1	325	0,31	0,30	0,30	0,30	3,33
(22)	35	65	8	62	72	100	130	5,60	9,0	11,0	11,0	475	0,30	0,30	0,30	0,30	4,44
25	40	75	10	72	82	110	150	11,20	12,5	16,0	16,0	750	0,47	0,40	0,47	0,47	5,68
(28)	45	80	10	82	92	120	170	12,70	17,0	22,0	22,0	1000	0,63	0,62	0,63	0,63	7,24

Продолжение табл. I.1

d	D	L	z × d × D ₁	D	L	Допускаемый M _{кр} в кгс·м для муфт по										Масса в кг для муфт по				
						мм										МН 1067—60		МН 1068—60		МН 1069—60
						Для рис. I.1, а—е					Для рис. I.1, з					исполне- ние I	исполне- ние II	исполне- ние I	исполне- ние II	
30	45	90	10	92	102	130	190	13,20	21,2	28,0	1250	МН 1067—60	исполне- ние I	исполне- ние II	МН 1067—60	исполне- ние I	исполне- ние II	МН 1069—60		
(35)	50	105	—	—	—	—	—	25,00	35,5	45,0	—	—	0,84	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, в таблице не указаны (d = 14; 18; 22; 26; 35; 45; 55; 60; 70; 90).

2. Размеры в скобках по возможности не применять.

3. z — число зубьев; d — внутренний диаметр шлица; D₁ — наружный диаметр шлица.

Достоинствами муфт являются простота конструкции и изготовления, малые габариты и низкая стоимость. Недостаток — сложность монтажа и демонтажа, связанные с необходимостью перемещения валов или муфты вдоль вала. По этой причине на гладкие цилиндрические концы валов производится только напряженная посадка муфт.

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

При отсутствии ударных нагрузок частота вращения не ограничивается. Для валов диаметром $d = 4-16$ мм применяются только втулочные муфты со штифтами.

Материал втулок — сталь марки 45 по ГОСТ 1050—60 (для муфт со шлицами сталь марки 45 улучшенная; твердость HRC 24—30).

Соотношение между размерами муфты:

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

Наружный диаметр муфты D 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 полумуфт с фланцами, посаживаемыми на концы валов; фланцы стягиваются болтами.

На рис. 1.2 показаны четыре разновидности фланцевых муфт по нормам машиностроения МН 2726—61 — МН 2729—61: открытые (а), открытые с промежуточными полукольцами (б), закрытые (в) и закрытые с промежуточными полукольцами (г). В табл. 1.2 приведены основные параметры и размеры муфт.

Для обеспечения соосности полумуфты 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 полумуфт к оси вала.

Материал полумуфт — сталь марки 40 (ГОСТ 1050—60) или марки 45Л (ГОСТ 977—65). При окружной скорости $v \leq 35$ м/с допускается чугун марки СЧ 21—40 (ГОСТ 1412—70).

Для соединения полумуфт с валом (цилиндрическим) в нормах предусмотрена напряженная посадка. При тяжелых условиях работы (реверсивная работа и т. п.) применяется неподвижная (легкопрессовая) посадка или посадка на конусные концы. В некоторых машинах вместо полумуфт применяются фланцы, привариваемые к валу или изготавливаемые за одно целое с валом. Достоинствами муфт являются: удобный монтаж и демонтаж, особенно для муфт с промежуточными полукольцами; точное, жесткое и надежное соединение валов; способность передавать значительные крутящие моменты. Для нормализованных муфт наибольший допускаемый крутящий момент $M_{кр} = 5600$ кгс·м; муфта может быть спроектирована и для значительно больших крутящих моментов.

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).

Полумуфты соединяются полустычными болтами (ГОСТ 7808—70), вставленными в отверстия с зазорами, или чистыми болтами (ГОСТ 7817—72), вставленными в отверстия без зазора (напряженная или другая неподвижная посадка). В последнем случае муфта имеет меньшие габаритные размеры.

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

$$P = \frac{4M_{кр}k}{(D + d_s)zf},$$

где k — коэффициент режима; D и d_s — диаметры в см; f — коэффициент трения; z — количество болтов.

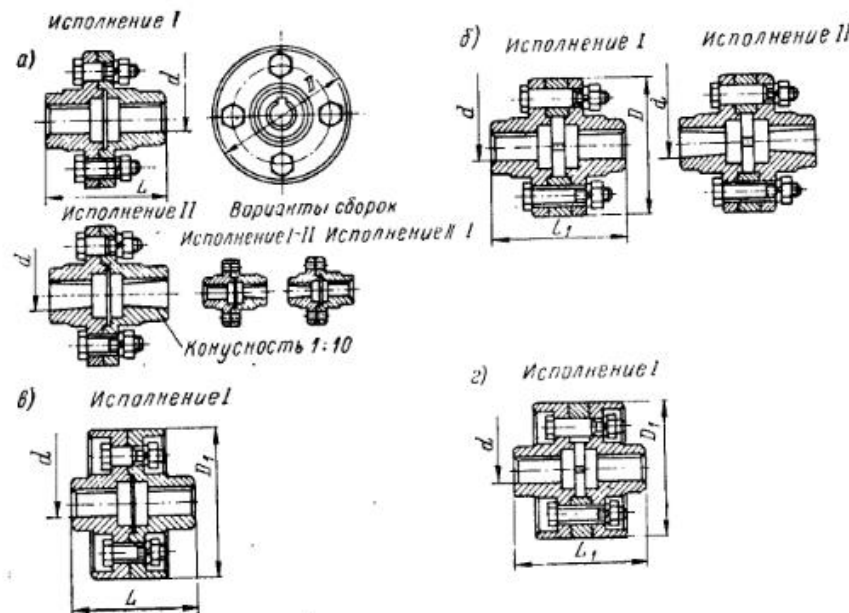


Рис. 1.2. Муфты фланцевые

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

$$S = \frac{2M_{кр}k}{D_1z},$$

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

В нормализованных муфтах половина болтов вставлена с зазором, а половина — без него.

Вышеприведенными расчетами учитывается только передача крутящего момента.

В случаях, когда муфты дополнительно нагружаются изгибающими моментами и осевыми силами значительной величины, при расчете болтов необходимо учитывать усилие дополнительной затяжки их — для исключения раскрытия стыка между полумуфтами.

Муфты фланцевые по МН 2726—61—МН 2729—61

d	D	D ₁	L	L ₁	Допускаемый M _{кр} в кгс·м	Максимальный момент для муфты по нормалам в кгс·м ²				Масса в кг (для стали) для муфты по нормалам				
						Сталь	Чугун	МН 2726—61	МН 2727—62	МН 2728—61	МН 2729—61	МН 2726—61	МН 2727—61	МН 2728—61
(12)	80	90	60	65	1,5	0,9	0,0027	0,0038	0,004	0,006	0,713	0,961	1,65	1,96
(14)	80	90	60	65	2,1	1,3	0,0027	0,0038	0,004	0,006	0,724	0,927	1,62	1,13
16	90	100	80	90	3	1,3	0,0029	0,0052	0,006	0,009	1,03	1,63	1,68	2,43
18	90	100	80	90	4	2,4	0,0029	0,0052	0,006	0,009	1,01	1,61	1,64	2,39
20	100	110	100	110	6	3,6	0,008	0,013	0,017	0,023	1,38	2,18	2,35	3,26
22	100	110	100	110	8	4,8	0,008	0,013	0,017	0,023	1,36	2,16	2,30	3,76
25	120	130	120	125	10	6,0	0,018	0,027	0,036	0,048	3,39	4,55	4,94	6,32
28	120	130	120	125	16	9,5	0,018	0,027	0,036	0,048	3,30	4,46	4,83	6,22
(30)	140	150	160	165	20	12	0,039	0,055	0,071	0,092	6,26	7,76	8,52	11,2
32	140	150	160	165	25	15	0,039	0,055	0,071	0,092	6,16	7,66	8,41	11,1
(35)	140	150	160	165	32	19	0,039	0,055	0,071	0,092	6,00	7,50	8,22	10,9
36	140	150	160	165	32	19	0,039	0,055	0,071	0,092	5,91	7,42	8,11	10,7
(38)	140	150	160	165	40	24	0,039	0,055	0,071	0,092	5,76	7,26	7,92	10,5
40	160	170	220	230	50	30	0,106	1,46	0,18	0,234	10,1	12,5	13,8	16,6
(42)	160	170	220	230	55	32	0,106	1,46	0,18	0,234	9,68	12,1	13,3	15,9
45	160	170	220	230	60	36	0,106	1,46	0,18	0,234	9,30	11,8	12,8	15,5
(48)	190	200	220	230	80	48	0,207	0,282	0,344	0,444	17,8	21,0	20,8	24,4
50	190	200	220	230	100	60	0,207	0,282	0,344	0,444	17,6	20,6	20,0	24,2
55	190	200	220	230	120	70	0,207	0,282	0,344	0,444	16,8	20,1	19,7	23,5
60	220	240	280	290	160	100	0,473	0,603	0,811	0,984	27,1	31,2	33,4	38,3
(65)	220	240	280	290	220	130	0,473	0,603	0,811	0,984	25,9	30,0	32,2	37,1

Продолжение табл. 1.2

d	D	D ₁	L	L ₁	Допустимый M _{кр} в кгс·м		Максимальный момент для муфты по нормалам в кгс·м ²				Масса в кг (для стали) для муфты по нормалам			
					Сталь	Чугун	МН 2726—61	МН 2727—62	МН 2728—61	МН 2729—61	МН 2726—61	МН 2727—61	МН 2728—61	МН 2729—61
70	220	240	280	290	250	150	0,473	0,603	0,811	0,984	25,1	29,2	31,1	35,9
(75)	220	240	280	290	280	170	0,473	0,603	0,811	0,984	24,1	28,2	30,2	35,1
80	260	280	340	350	360	210	1,23	1,47	1,96	2,28	53,6	58,4	62,0	67,9
(85)	260	280	340	350	420	250	1,23	1,47	1,96	2,28	54,2	57,2	60,7	66,7
90	260	280	340	350	480	280	1,23	1,47	1,96	2,28	51,1	55,8	59,4	65,3
(95)	260	280	340	350	500	300	1,23	1,47	1,96	2,28	49,8	54,6	58,0	63,9
100	340	360	420	425	630	380	2,98	3,64	4,79	5,66	98,1	110	120	133
(105)	340	360	420	425	800	480	2,98	3,64	4,79	5,66	95,9	108	118,0	132
110	340	360	420	425	1000	600	2,98	3,64	4,79	5,66	91,6	103	115,0	130
(120)	340	360	420	425	1250	750	2,98	3,64	4,79	5,66	89,3	101	112,0	128
125	380	400	500	505	1400	850	6,72	7,94	10,5	12,2	173	186	185	210
(130)	380	400	500	505	1500	900	6,72	7,94	10,5	12,1	169	183	182	197
140	380	400	500	505	1600	950	6,72	7,94	10,5	12,1	162	175	174	190
(150)	380	400	500	505	1800	1050	6,72	7,94	10,5	12,1	154	168	170	182
160	450	480	600	610	2000	1250	16,10	19,2	24,5	28,5	283	304	300	325
(170)	450	480	600	610	2500	1500	16,10	19,2	24,5	28,5	271	292	290	315
180	450	480	600	610	2800	1700	16,10	19,2	24,5	28,5	259	280	279	303
(190)	530	560	700	710	4000	2350	34,10	39,8	55,3	62,9	468	498	501	536
200	530	560	700	710	4500	2650	34,10	39,8	55,3	62,9	454	484	487	522
(210)	530	560	700	710	5000	3000	34,10	39,8	55,3	62,9	441	470	473	508
220	530	560	700	710	5600	3350	34,10	39,8	55,3	62,9	428	458	461	496

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

Соотношения между размерами муфт: наружный диаметр $D = (3 \div 3,5) d$; общая длина $L = (2,5 \div 4) d$, где d — диаметр вала. Меньшие значения относятся к крупным муфтам, большие — к мелким.

Фланцевые муфты, благодаря своей способности, наряду с обеспечением точного и надежного соединения валов, передавать значительные крутящие моменты, находят преимущественное применение в ответственных машиностроении (в тяжелых машинах, турбинах и т. п.).

3. ПРОДОЛЬНО-СВЕРТНЫЕ МУФТЫ

Муфта состоит из двух полумуфт, разделенных по плоскости, проходящей через ось 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.

Таблица 1.3

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

d	D		z	Допускае- мый M _{кр} в кгс·м	Моховой момент в кгс·м²		Масса в кг		n в 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	9,93	8,00	
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.

На рис. 1.3, а и б показаны две 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 приводятся 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 марки СЧ 21—40 по ГОСТ 1412—70.

Достоинствами муфты являются удобный монтаж и демонтаж без какого-либо смещения валов. Недостатки: трудность балансировки и сложность в изготовлении.

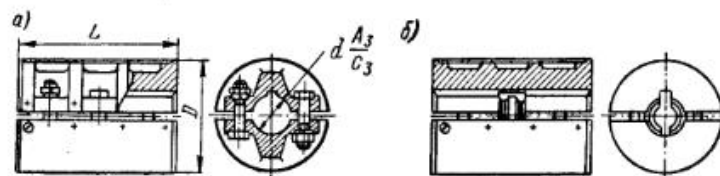


Рис. 1.3. Продольно-свертные муфты

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

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

$$P = \frac{M_{кр} k}{dzf},$$

где k — коэффициент режима; $M_{кр}$ — номинальный крутящий момент в кгс·см; f — коэффициент трения, $f \approx 0,1 \div 0,2$; d — диаметр вала в см; z — число болтов.

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

Глава II

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.

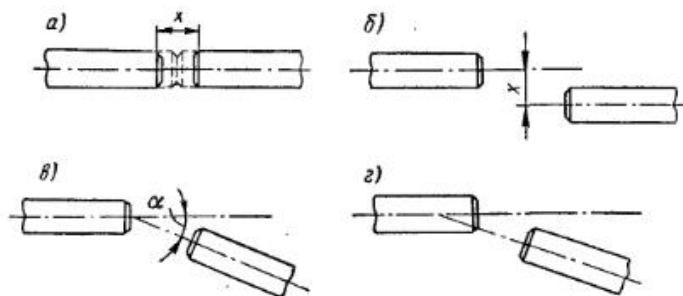


Рис. II.1. Смещения осей соединяемых валов

Разновидность возможных смещений осей валов показана на рис. II.1: осевое (рис. II.1, а); радиальное (рис. II.1, б); угловое — перекос осей валов (рис. II.1, в); различные комбинации этих смещений (рис. II.1, г).

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

На рис. II.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 сравнительно 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 $40-45^\circ$. Большие углы наклона осей валов задаются конструкцией машин.

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 машины 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 $\frac{2M_{кр}}{D}$) в зависимости от точности изготовления муфты.

(Худший случай, когда крутящий момент передается, например, в зубчатой муфте одним зубом или в упругой втулочно-пальцевой — одним пальцем).

По этой причине в ответственных и тяжелых машинах находят преимущественное применение простые и надежные глухие муфты, невзирая на увеличение стоимости соединения, связанное с повышенными требованиями к точности изготовления деталей и монтажа соединения.

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. II.3) состоит из двух обоев 1 с внутренними зубьями, находящихся в зацеплении соответственно с двумя зубчатыми втулками 2 с наружными зубьями.

Поверхности наружных зубьев обточены на окружности выступов по сфере радиусом R (рис. II.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 прямой или с эллиптической образующей (рис. II.5) или с эллиптической образующей — бочкообразный зуб (рис. II.6). В обоих случаях имеет место повышенный боковой

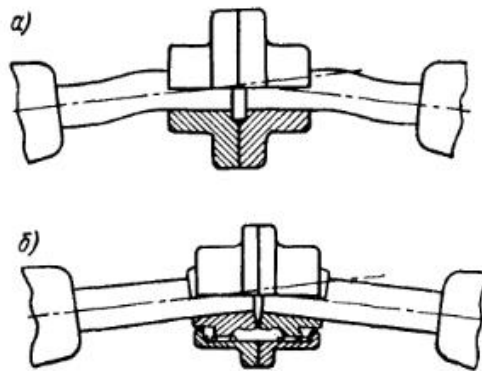


Рис. II.2. Деформации соединяемых валов

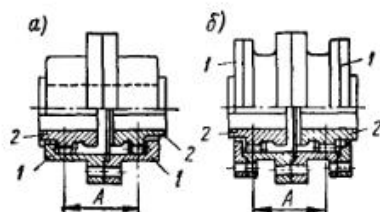


Рис. II.3. Зубчатая муфта общего назначения

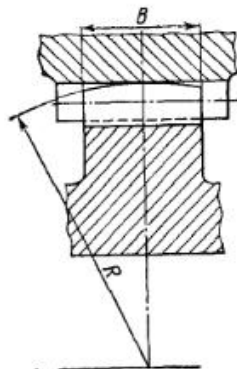
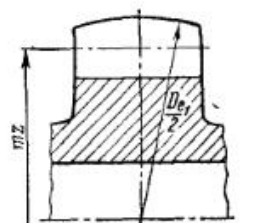


Рис. II.4. Поверхности наружных зубьев



Развертка сечения зуба втулки делительным цилиндром

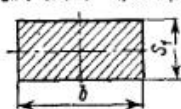
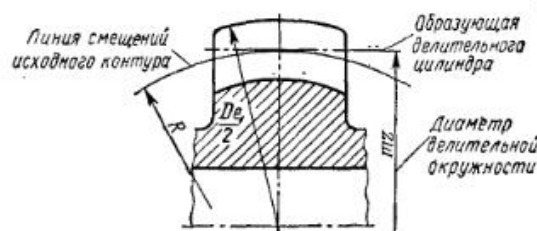


Рис. II.5. Зубчатые втулки с прямолинейной образующей зубьев



Развертка сечения зуба втулки делительным цилиндром

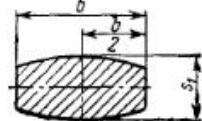


Рис. II.6. Бочкообразный зуб

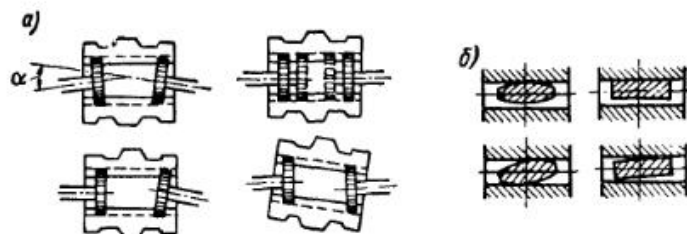


Рис. II.7. Компенсация смещений валов

зазор. Компенсация смещений валов достигается перекосом втулок относительно обойм за счет боковых зазоров и сферической поверхности наружных зубьев (рис. II.7 и II.4).

По ГОСТ 5006—55 стандартизованы два типа зубчатых муфт для передачи крутящих моментов от 71 до 100 000 кгс·м. Тип МЗ (рис. II.8) — муфты для

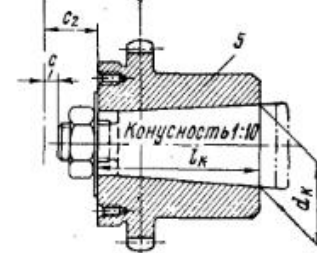
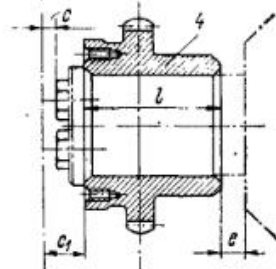
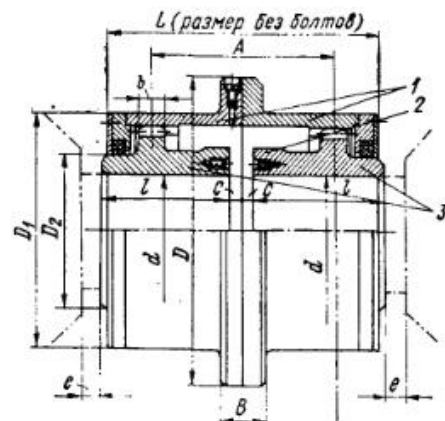


Рис. II.8. Зубчатые муфты типа МЗ:

1 — зубчатая обойма; 2 — бурт для проверки 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.

непосредственного соединения валов, состоящие из двух втулок и обойм. Тип МЗП (рис. II.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 — два исполнения.

Размеры и параметры приведены в табл. II.1.

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

Размеры (в мм) и параметры муфт

Обо- значе- ние	d	d_K	d_1	$M_{\text{ар}}$ в кгс·см	n в об/мин	A не менее	D	D_1	D_2	D_3	L			
	не более						не бо							
1	40	38	60	71	6300	49	170	110	55	95	115			
2	50	55	70	140	5000	75	185	125	70	110	145			
3	60	55	90	315	4000	95	220	150	90	145	170			
4	75	75	100	560	3350	125	250	175	110	170	215			
5	90	95	120	800	2800	145	290	200	130	190	235			
6	105	—	130	1 180	2500	160	320	230	140	210	255			
7	120	120	150	1 900	2120	185	350	260	170	240	285			
8	140	150	170	2 360	1900	210	380	290	190	270	325			
9	160	—	190	3 000	1700	220	430	330	210	280	335			
10	180	—	210	5 000	1400	245	490	390	260	320	365			
11	220	—	250	7 100	1250	280	545	445	300	380	405			
12	250	—	280	10 000	1120	350	590	490	340	420	485			
13	280	—	300	15 000	1000	375	680	555	380	480	525			
14	320	—	340	20 000	900	405	730	610	420	520	565			
15	360	—	380	25 000	800	480	780	660	480	560	645			
16	400	—	420	37 000	710	535	900	755	530	650	705			
17	450	—	480	56 000	630	625	1000	825	600	750	805			
18	500	—	530	75 000	560	710	1100	950	710	820	905			
19	560	—	600	100 000	500	730	1250	1050	800	920	975			

Примечания: 1. Частота вращения соответствует окружной скорости на 2. Размер D_2 относится только к месту под уплотнение.
3. Для муфт типа МЗ веса даны для муфт с наименьшими размерами при минн для муфт с наибольшими размерами при максимальных диаметрах отверстий во втулках 4. Для муфт типа МЗ маховые моменты даны для муфт с наибольшими размерами с наибольшими размерами и без учета промежуточных валов во втулках и полумуфтах.
5. Для муфт типа МЗ веса и маховые моменты определены для случая соединения камн и гайками, утопленными в тело фланцев, или при наличии защитных козырьков вого момента муфты; для муфт типа МЗП веса и маховые моменты определены для слу крепления обоям болтами, утопленными в тело фланцев, или при наличии защитных веса и махового момента муфты.
6. Для муфт типа МЗП при назначении размеров промежуточного вала необхо шала частоту вращения вала не менее чем на 15%.

типа МЗ (рис. II.8) и МЗП (рис. II.9)

для МЗП	B	l	l_K	c	c_1	c_2	e	G в кг	GD^2 в кгс·м ²	G в кг	GD^2 в кгс·м ²
					не менее				для МЗ		для МЗП
не								не более			
115	34	55	55	2,5	11	18	12	10,2	0,12	20,5	0,24
145	34	70	80	2,5	13	22	12	14,3	0,21	31	0,47
175	40	85	80	2,5	15	25	18	24	0,42	51	0,87
215	40	105	105	2,5	17	28	18	38	0,85	76	1,8
240	50	115	130	5	22	35	25	57	1,8	115	3,5
260	50	125	—	5	25	—	25	80	2,8	170	6,0
290	50	140	165	5	25	40	30	110	4,6	218	10,0
330	50	160	200	5	30	45	30	163	8,3	337	16,5
340	50	165	—	5	30	—	30	187	14,2	355	20,5
370	50	180	—	5	30	—	30	262	28	505	40,0
405	60	200	—	5	35	—	35	382	55	750	75,0
485	60	240	—	5	38	—	35	550	85	1050	100
530	70	260	—	7,5	45	—	40	765	160	1500	230
570	70	280	—	7,5	50	—	40	960	215	1850	340
650	70	320	—	7,5	50	—	40	1280	325	2400	500
715	90	350	—	10	—	—	50	1800	600	3500	960
815	90	400	—	10	—	—	50	2500	1140	4800	1800
915	110	450	—	10	—	—	50	3400	1600	6600	2600
990	110	485	—	15	—	—	60	4650	2700	9400	4550

начальной окружности зубчатого сопряжения, равной 25 м/с.

малых диаметрах отверстий во втулках и без масла; для муфт типа МЗП веса даны (d) и полумуфтах (d_1) без промежуточного вала и без масла.

и без учета отверстий во втулках; для муфт типа МЗП маховые моменты даны для муфт обоям болтами с открытыми головками и гайками; при креплении обоям болтами с голов- допускается увеличение размеров B и D с соответствующим увеличением веса и махо- чая соединения обоям с полумуфтами болтами с открытыми головками и гайками; при козырьков допускается увеличение размеров B и D с соответствующим увеличением

димо соблюдать условие, чтобы частота его собственных поперечных колебаний превы

Зубчатые регулировочно-соединительные муфты, применяемые в роторных машинах для соединения горизонтальных соосных валов и регулировки совпадения позиций роторов (рис. II.10), даны в нормах машиностроения МН 5023—63—МН 5026—63. Типоразмеры муфт и их основные параметры указаны в табл. II.2.

Для снижения потерь на трение и увеличения долговечности зубьев зубчатое зацепление работает в масляной ванне. Рекомендуется следующий тип смазки¹: масло цилиндрическое 52 (вапор) — ГОСТ 6411—52 с добавлением 1—2% олеиновой кислоты (ГОСТ 7580—55) или 5% сухих коллоидно-графитовых препаратов из искусственного графита марки С2 по ГОСТ 5261—50; для загустения смазки добавляется 30—50% стеарата кальция (по объему).

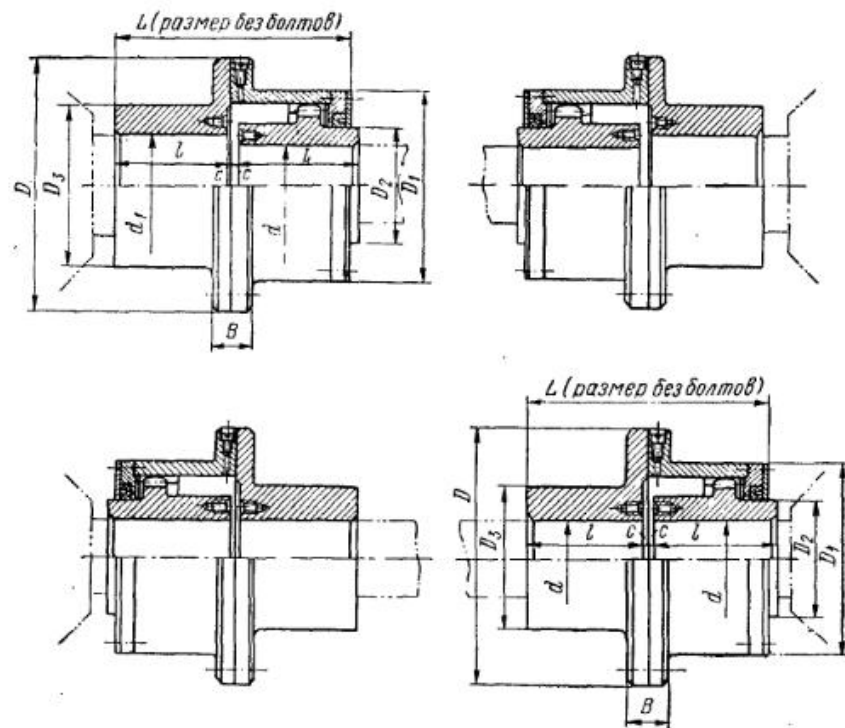


Рис. II.9. Зубчатые муфты типа МЗП

Материал втулок и обойм (поковки) — сталь марки 40 (ГОСТ 1050—60); при больших диаметрах вала ($d > 80 + 140$ мм) — стальное литье марки 45Л, группа II (ГОСТ 977—65).

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—62 с посадками A/G, A/H, A3/T или A3/G в зависимости от назначения муфты.

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

¹ Тип смазки взят из технических требований по МН 5028—63.

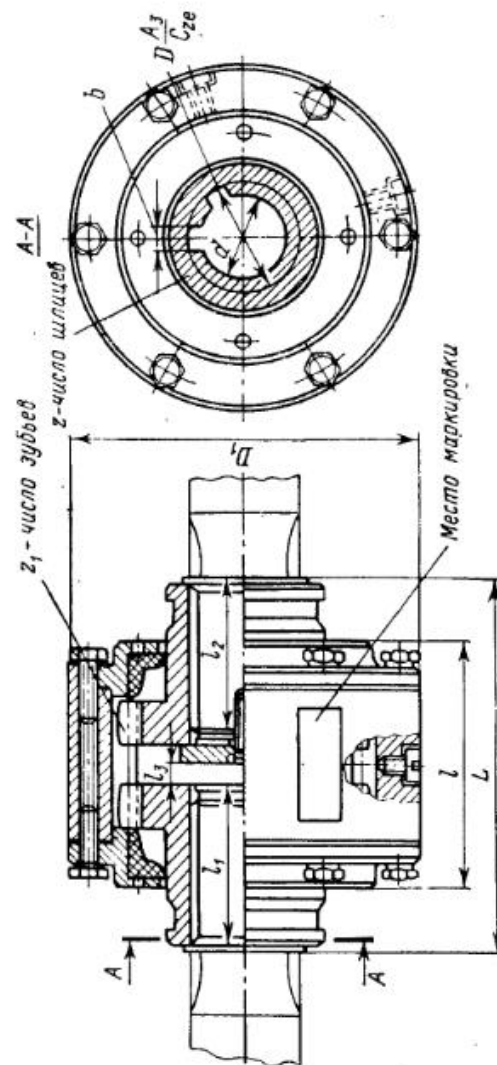


Рис. II.10. Зубчатые муфты регулировочно-соединительные

Муфты зубчатые регулировочно-соединительные со шлицами (рис. 11.10)
(нормаль МН 5023—63)

Обозначение	D в мм	Номинальные размер шлицев $r \times d \times D$	b в мм	Модуль m	Число зубьев z_1	L не более	t	t ₁	t ₂	t ₃	M _{кр} в кгс·м	n _{max} в об/мин	Масса в кг	D _i в мм
							мм							
M3-28	28	6×23×28	6	3	20	94	62	42	40	3	28	4800	2,39	90
M3-34 M3-38	34 38	6×28×34 8×32×38	7 6	3 3		110 121	62 66	50 55	50 52		50 71	3600 3600	4,10 4,18	115 115
M3-42 M3-48 M3-54	42 48 54	8×36×42 8×42×48 8×46×54	7 8 9	4 4 4	25	131 141 152	68 68 68	60 65 70	58 65 65	4	100 150 200	2900 2900 2900	5,79 6,26 6,40	135 135 135
M3-60 M3-65	60 65	8×52×60 8×56×65	10	5 5		166 177	81 81	75 80	75 75		300 355	2300 2300	12,76 13,90	180 180
M3-82	82	10×72×82	12	5	32	217	91	100	95		800	1800	22,03	210

Примечания: 1. Соединенная обойма со втулками, имеющими различные диаметры посадочных отверстий, возможна при равных 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.

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

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

Максимальные передаваемые крутящие моменты, указанные в табл. 11.1, определены при применении для изготовления муфт из стали марки 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 $\alpha_{\max}$ не более чем $0^\circ 30'$ (увеличение $\alpha_{\max}$ резко ухудшает условия работы зубчатого

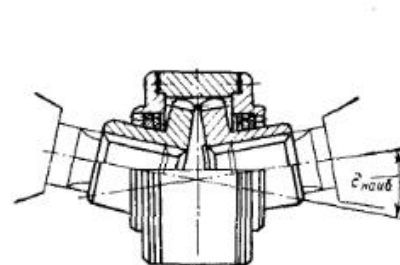


Рис. 11.11. Допускаемый угол перекоса

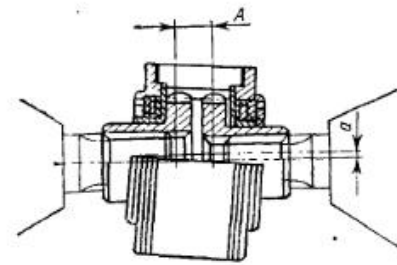


Рис. 11.12. Допустимое радиальное смещение

сопряжения). Наибольшая компенсирующая способность муфты определяется допустимым углом $\alpha_{\max}$ и расстоянием между осями зубчатых венцов A.

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

1) при $\alpha = 0$ допустимый наибольший угол перекоса (рис. 11.11)

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

2) при $\delta = 0$ допустимое наибольшее радиальное смещение (рис. 11.12)

$$a_{\text{наиб}} = A \operatorname{tg} \delta_{\text{наиб}}^* = A \operatorname{tg} 0^\circ 30' = 0,0087A;$$

3) при $\alpha \neq 0$ и $\delta \neq 0$ допустимая величина радиального смещения a определяется по формуле

$$a = a_{\text{наиб}} \frac{\delta_{\text{наиб}}^* - \delta^*}{\delta_{\text{наиб}}^*} = 0,087A \frac{\delta_{\text{наиб}}^* - \delta^*}{\delta_{\text{наиб}}^*}.$$

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

Принимая аналогично данным табл. 11.3, что соотношение между радиальным и угловым смещениями a равно перекосу осей валов в миллиметрах на 1 м длины (или $a = \delta \cdot 10^3$, где δ — угол перекоса в рад) и подставляя это

Таблица II.3

Допускаемые радиальные и угловые смещения осей валов (в мм)
при монтаже машин

Способ установки машин	Допускаемый перекос 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 $5d$, допускаемые перекосы и радиальные смещения можно увеличить в 1,5 раза.

соотношение в формулу $a = A (\alpha_{\max} - 0,5\delta)$ (где $\alpha_{\max}$ и δ — значения углов в рад), допускаемые муфтой смещения определим так:

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

Результаты подсчетов $[a]$ и $[\delta]$ для муфт МЗ приводятся в табл. II.4. По этим данным допускаемые муфтой МЗ смещения при $a \neq 0$ и $\delta \neq 0$ примерно составляют: $[a] \approx 0,0065A + 0,008A$; $[\delta] \leq 0^\circ 16'$.

Таблица II.4

Допускаемые муфтами МЗ смещения осей валов

Диаметр вала муфты d	$[a]$	$[\delta]$ в рад	$[\delta]$	Диаметр вала муфты d	$[a]$	$[\delta]$ в рад	$[\delta]$
мм				мм			
40	0,4	0,0004	$0^\circ 1,4'$	220	2,1	0,0021	$0^\circ 7,4'$
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				

Ввиду сложности учета условий работы зубьев нет надежной методики расчета их. 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

$$k_1 k_2 \leq \frac{M_{\text{мах}}}{M_{\text{раб}}}$$

и по максимальному кратковременному моменту M_0 из условия $M_0 \leq 2M_{\text{мах}}$, где $M_{\text{мах}}$ — крутящий момент, передаваемый муфтой, из табл. II.1. и II.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 оси валов,

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

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 по сравнению с существующими обладают повышенной износостойкостью и электроизоляционными свойствами. Их работа будет сопровождаться меньшим силовым воздействием на валы и опоры; кроме того, они будут проще в изготовлении.

2. КУЛАЧКОВО-ДИСКОВЫЕ МУФТЫ

Кулачково-дисковые муфты, называемые также муфтами крестовыми, плавающими, Ольдгема и т. п., предназначены в основном для соединения валов со значительным радиальным смещением, допускают также незначительные угловые и осевые смещения. Муфта (см. рис. II.13) состоит из двух полумуфт и промежуточного диска с кулачками, расположенными крестообразно и входящими



Рис. II.13. Кулачково-дисковая муфта, схема устройства

в соответствующие пазы на полумуфтах. 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 (в кгс)

$$F = G \Delta \frac{\pi^2}{45 \cdot 10^4}, \quad (\text{II.1})$$

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

Кулачково-дисковая муфта (рис. II.14) нормализована (МН 2701—61). Основные размеры и параметры муфт приведены в табл. II.5. Муфты по нормали МН 2701—61 предназначаются для соединения валов с поперечным

смещением не более $0,04d$ (d — диаметр вала) и угловым отклонением не более $0^\circ 30'$.

Материал полумуфты — сталь марки 45Л по ГОСТ 977—65. Допускается изготовление из высокопрочного чугуна ВЧ 60—2 по ГОСТ 7293—70. В полумуфтах из стали рабочая поверхность пазов закаливается токами высокой частоты на глубину 2—3 мм; твердость 46—50 HRC.

Материал диска — сталь марки 45Л. Кулачки закаливаются токами высокой частоты на глубину 2—3 мм; HRC 46—50.

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

Смазка трущихся поверхностей осуществляется масленками, устанавливаемыми на дисках. Тип смазки — масло цилиндрическое 52 (напор) по ГОСТ 6411—52 с добавлением 1—2% олеиновой кислоты технической или 5% коллоидно-графитовых препаратов из искусственного графита марки С2 по ГОСТ 5261—50. Смазка добавляется не реже одного раза в смену.

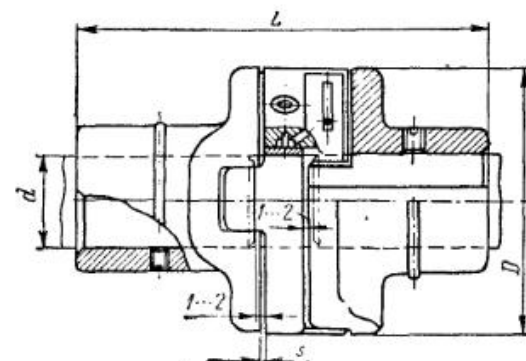


Рис. II.14. Нормализованная кулачково-дисковая муфта

Величина передаваемых крутящих моментов лежит в пределах от 12 до 2000 кгс·м. Ввиду действия на диск значительной центробежной силы частота вращения муфты ограничена: при $D = 70+240$ мм $n = 250$ об/мин; при $D = 280+340$ мм $n = 100$ об/мин (D — наружный диаметр муфты).

Коэффициент полезного действия муфты может быть подсчитан приближенно [42]:

$$\eta = 1 - (3 + 5) \frac{fe}{D},$$

где f — коэффициент трения промежуточного элемента по поверхности направляющих полумуфт; $f = 0,12+0,25$; e — эксцентриситет, равный радиальному смещению валов в мм; D — диаметр муфты в мм.

Проверка размеров муфты сводится к определению величины удельного давления на рабочих поверхностях q .

Без учета центробежной силы для муфт по нормам МН 2701—61 [50]

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

где h — высота (рабочая) гребня в см; d — диаметр вала в см; D — наружный диаметр муфты в см; $[q]$ — допускаемое давление на рабочих поверхностях в 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

Таблица II.5

Муфты кулачково-дисковые по нормам МН 2701—61 (рис. II.14)

Обозначение	d D L			s в мм		$M_{кр}$ в кгс·м	Маховой момент в кгс·м ²	n в об/мин	Масса в кг
	мм			номинальный	допускаемое отклонение				
15 17 18 20	15 17 18 20	70	95	0,5	+0,3	12	0,002	250	1,50 1,47 1,43 2,68
25 30 36	25 30 36	90	115			25	0,008		2,55 2,60 5,57
40 45	40 45	110	160			50	0,026		5,21 10,00
50 55 60	50 55 60	130 150 150	200 240 240			80 125 125	0,07 0,14 0,14		9,46 15,40 14,46
65 70	65 70	170	275			200	0,25		22,41 21,29
75 80	75 80	190 190	310 310			320	0,5		31,50 29,80
85 90	85 90	210	355			500	0,9		44,77 42,46
95 100	95 100	240	395			800	1,6		59,44 57,02
110 120	110 120	280	435	1,0	+0,5	1000	3,0	100	91,50 84,29
130 140	130 140	320	484			1600	5,75		129,55 120,00
150	150	340	550			2000	8,4		162,55

Подробный расчет такой муфты см. в [56].

Конструкция плавающей муфты со скользящим сухарем из текстолита, разработанная УЗТМ (рис. II.15) для передачи сравнительно незначительных крутящих моментов от 1,7 до 291 кгс·м является более надежной. В отличие от кулачково-дисковых муфт она применяется в быстроходных передачах ($n = 1700 \div 8200$ об/мин) — табл. II.6.

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

$$q = \frac{6M_{кр}}{ab^2} \leq [q],$$

где $[q]$ — допускаемое удельное давление; для текстолита $[q] = 80 \div 100$ кгс/см²; B и h — размеры сухаря в см (рис. II.15).

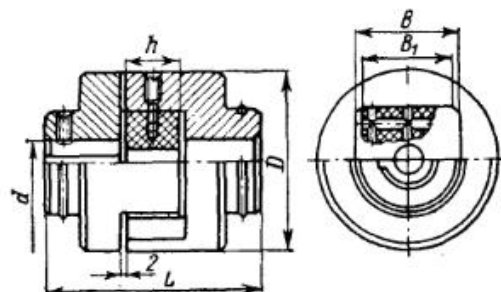


Рис. II.15. Муфта со скользящим сухарем

Таблица II.6

Муфты со скользящим сухарем по нормали Уралмашзавода (рис. II.15)

d	D	α	B	h	Допускае- мый $M_{кр}$ в кгс·м	Допускаемое n , в об/мин
мм						
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 (рис. II.16) состоит из двух звездочек (с одинаковым числом зубьев) и охватывающей их общей цепи и кожуха. Цепные муфты бывают с одно-рядной втулочно-роликовой цепью (рис. II.16), двухрядной цепью (рис. II.17) и бесшумной (рис. II.18). По конструкции (рис. II.19) обе полумуфты изготовляются из одной заготовки, которая после нарезания зубьев разрезается по диа-

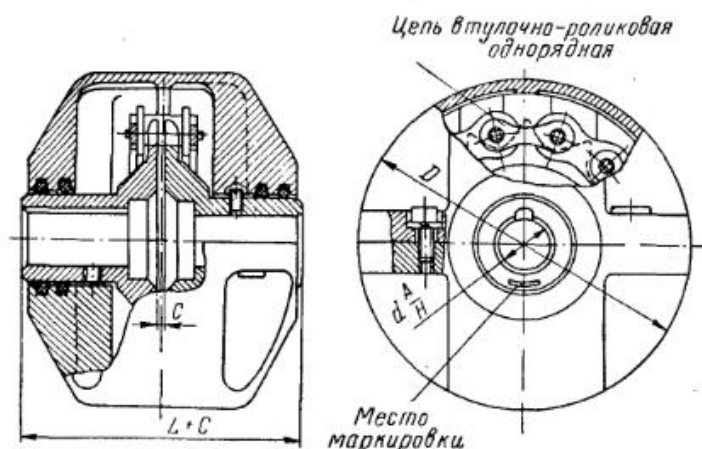


Рис. II.16. Цепная муфта

гонали на две части. Такая конструкция обеспечивает использование всей ширины цепи и увеличение передаваемого крутящего момента.

Цепные муфты с однорядной цепью нормализованы: (рис. II.16) со шпонками (МН 2091—61) и шлицами (МН 2092—61). Размеры и основные параметры приводятся в табл. II.7.

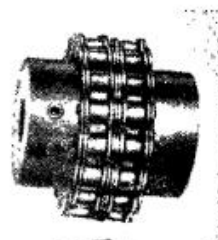


Рис. II.17. Цепная муфта с двухрядной цепью

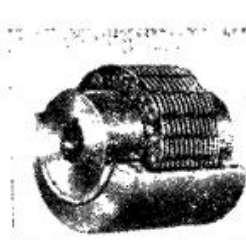


Рис. II.18. Цепная муфта с бесшумной цепью

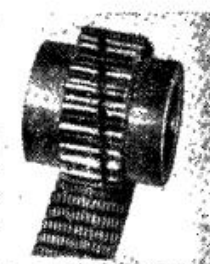


Рис. II.19. Цепная муфта с косым разрезом

Материал звездочек — сталь марки 45 (ГОСТ 1050—60); твердость зубьев HRC 40—45.

Достоинства цепной муфты следующие: простота конструкции и обслуживания; надежность в работе (подтверждается практикой их работы в угольной промышленности) [20]; технологичность изготовления и сравнительно малые

Муфты цепные однорядные (рис. II.16)

Обозначение	Для муфт по МН 2091—61				Для муфт по МН 2092—61			
	d в мм	Допускае- мый $M_{кр}$ в кгс·м	Маховой момент в кгс·м²	Масса в кг	$z \times d_s \times D_s$ в мм	$M_{кр}$ в кгс·м	Маховой момент в кгс·м²	Масса в кг
МЦ-18	18	6	0,007	1,9	6×18×22	8	0,007	1,85
МЦ-20	20	8	0,007	1,8	6×18×22	8	0,007	1,85
МЦ-22	22	10	0,007	1,75	6×21×25	12	0,007	1,75
МЦ-25	25	16	0,014	2,90	6×23×28	16	0,014	2,80
МЦ-28	28	20	0,014	2,75	6×26×32	20	0,014	2,75
МЦ-28	28	20	0,014	2,75	6×28×34	25	0,014	2,60
МЦ-30	(30)	25	0,027	4,35	6×28×34	25	0,014	2,60
МЦ-32	32	25	0,027	4,25	8×32×38	32	0,027	4,15
МЦ-35	(35)	32	0,027	4,10	8×32×38	32	0,027	4,15
МЦ-36	36	32	0,027	4,05	8×36×42	42	0,027	3,95
МЦ-40	40	40	0,089	9,5	8×42×48	60	0,089	9,20
МЦ-45	45	60	0,094	9,1	8×46×54	80	0,094	8,80
МЦ-50	50	80	0,096	8,5	8×52×60	100	0,096	8,10
МЦ-55	55	100	0,177	12,7	8×56×65	120	0,177	12,20
МЦ-60	60	140	0,183	12,3	8×62×72	160	0,183	11,60
МЦ-70	70	200	0,72	28,6	10×72×82	220	0,72	27,60
МЦ-80	80	250	0,82	30,3	10×82×92	320	0,82	29,00
МЦ-90	90	320	0,81	32,25	10×92×102	400	0,89	30,65
МЦ-100	100	400	1,88	50,05	10×102×112	450	1,88	48,20
МЦ-110	110	500	2,19	57,65	10×112×125	630	2,19	54,65
МЦ-125	125	630	2,36	58,55	10×112×125	630	2,19	54,65

Примечание. Диаметры, заключенные в скобки, по возможности не приме

со шпонками и со шлицами

D	L	Цепь втулочно-роликовая однорядная					$\rho_{тах}$ в об/мин
		Диаметр ролика	Расстоя- ние между пласти- нами	Шаг	Разру- шающая сила в кгс	Коли- чество звеньев	
110	90	12	12,9	19,05	2500	12	1600
110	90					10	1600
110	90						1600
125	110						1400
125	110						1400
125	110						1400
140	120	16	15,9	25,4	5000	12	1200
140	120						1200
140	120						1200
140	120						1200
180	150						1000
180	150	22	23,15	38,1	7000	10	1000
180	150					800	1000
210	170						800
210	180						800
280	210						700
280	240	32	31	50,8	16 000	12	700
280	270					500	700
350	300						700
350	300						500
350	300						500
350	330	16				16	500
350	360						500

нать.

габариты и вес; удобный монтаж и демонтаж; способность компенсировать радиальные и угловые смещения за счет относительной податливости деталей цепи и их деформации.

Недостатком является 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 $M_{кр}$ не более 630 кгс·м; наибольшее $n = 1600$ об/мин (в муфтах с бесшумной цепью $n \approx 7500$ об/мин). Допускаемые смещения осей валов: радиальные — от 0,5 до 1,2 мм и угловое — до 1° ; применение цепей со сферическими роликами увеличивает допустимое угловое смещение до $3-6^\circ$.

Расчет цепи ввиду сложного закона распределения усилий по зубьям звездочек затруднителен и ненадежен. Цепь выбирается на основе опытных данных. Нагрузочная способность нормализованных муфт указана в табл. II.7.

Гипроуглемаш рекомендует для муфт:

$\frac{N}{n} = 0,49$ (где N — в л. с.) применять цепь с шагом 50,8 мм и звездочки с 14 зубьями, для муфт:

$\frac{N}{n} = 0,66$ — цепь с тем же шагом и звездочки с 16 зубьями.

Подробную методику расчета и подбора цепных муфт см. в [20].

4. МУФТЫ С ГОФРАМИ

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

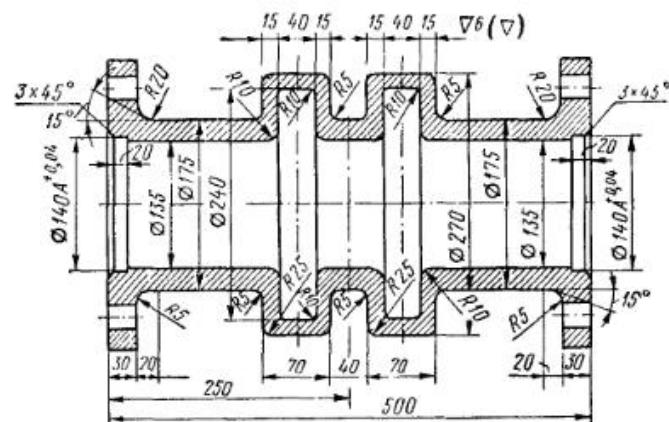


Рис. II.20. Муфта с двумя гофрами

На рис. II.21 показана зубчатая муфта с промежуточной гофрированной втулкой производства Ленинградского Кировского завода. 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 компенсирующая способность их объясняется дополнительной подвижностью муфты за счет упругих деформаций, главным образом, торцовых стенок гофр.

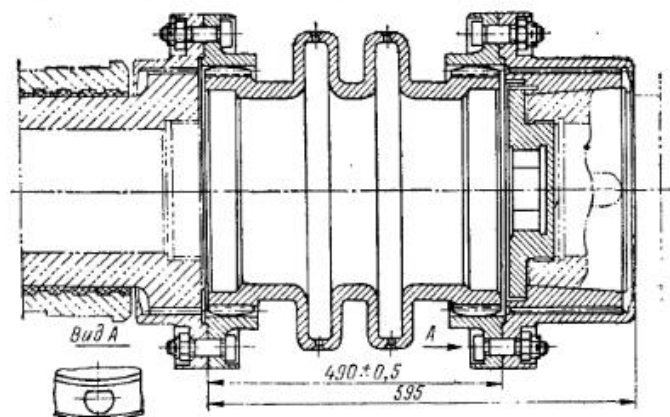


Рис. II.21. Зубчатая муфта с двумя гофрами

5. ПОЛУЖЕСТКИЕ ДИСКОВЫЕ МУФТЫ

В конструктивном отношении пальцевые муфты с металлическими дисками (полужесткие муфты) весьма просты и не требуют особого ухода в процессе эксплуатации.

Муфта (рис. II.22) состоит из двух одинаковых фланцев 1 и 5 и набора гибких пластинчатых дисков 3. Болтами 8 и гайками 6 диски притягиваются через

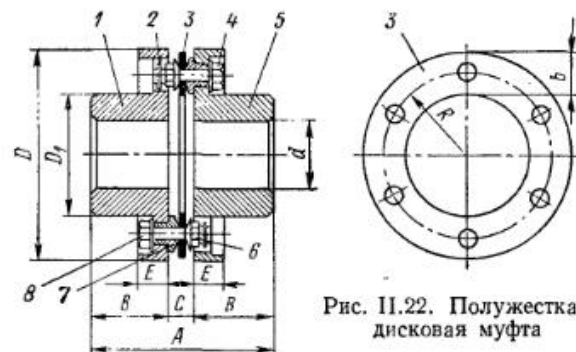


Рис. II.22. Полужесткая дисковая муфта

шайбы 7 к фланцу 1, а болтами 4 и гайками 2 — к фланцу 5. Пластинчатые диски 3 термически обработаны. В табл. II.8 приведены основные ее размеры.

Вследствие беззазорного соединения обеих полумуфт такие муфты часто используются в реверсивных приводах и механизмах с дистанционным управлением, требующих точного повторения исполнительным элементом заданной программы. Ценным свойством полужестких муфт является их способность работать при значительных угловых и осевых смещениях. Радиальная же

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

Таблица II.8

Размеры (в мм) и параметры полужестких дисковых муфт (рис. II.22)

n в об/мин	N в кВт	d _{max}	D	B	C	E	A	D ₁
			мм					
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

жесткость таких муфт соизмерима с жесткостью валов, и поэтому при наличии радиальных смещений применяются сдвоенные муфты¹ (рис. II.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. II.9.

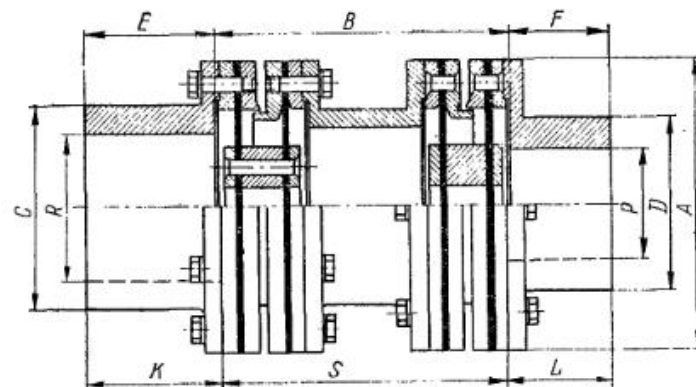


Рис. II.23. Сдвоенная полужесткая муфта

¹ В иностранной литературе [107] такие муфты известны под названием Ригифлекс.

Таблица II.9

Размеры (в мм) сдвоенных муфт (рис. II.23)

$\frac{N}{n}$ л. с. в об/мин	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	150	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, вызванных:

а) крутящим моментом

$$\sigma = A_{\sigma} \frac{M_{кр}}{kzhR^2};$$

б) угловым смещением

$$\sigma = \frac{3Eh}{R\varphi_0^2} \psi;$$

в) радиальным смещением

$$\sigma = B_{\sigma} \frac{Ee}{12R};$$

г) осевым смещением

$$\sigma = \frac{3Ehf}{(\varphi_0 R)^2} \Phi(u).$$

Здесь σ — нормальное напряжение в кгс/см²; R — радиус расположения пальцев муфты в см; k — число пальцев одной полумуфты; z — число дисков муфты; b — ширина сечения кольцевого диска в см; h — толщина диска, в см; E — модуль упругости в кгс/см²; φ_0 — угол, определяющий упругую часть диска между двумя смежными пальцами, в рад; ψ — угловое смещение осей валов в рад; e и f — соответственно радиальное и осевое смещения валов в см; A_{σ} и B_{σ} — безразмерные коэффициенты (см. графики на рис. II.24 и II.25); $\Phi(u)$ — безразмерный параметр, зависящий от u , определяется по графику, приведенному на рис. II.26

$$u = 1,9 \sqrt{\left(\frac{f}{h}\right)^2}.$$

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

а) крутильная

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

б) угловая

$$C_{\psi} = 1,15 \frac{E b h^3 z k}{R \varphi_0^3};$$

в) радиальная

$$C_e = B_c \frac{E h k z}{12};$$

г) осевая

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

Рис. II.24. Зависимость коэффициента A_{σ} от соотношения b/R

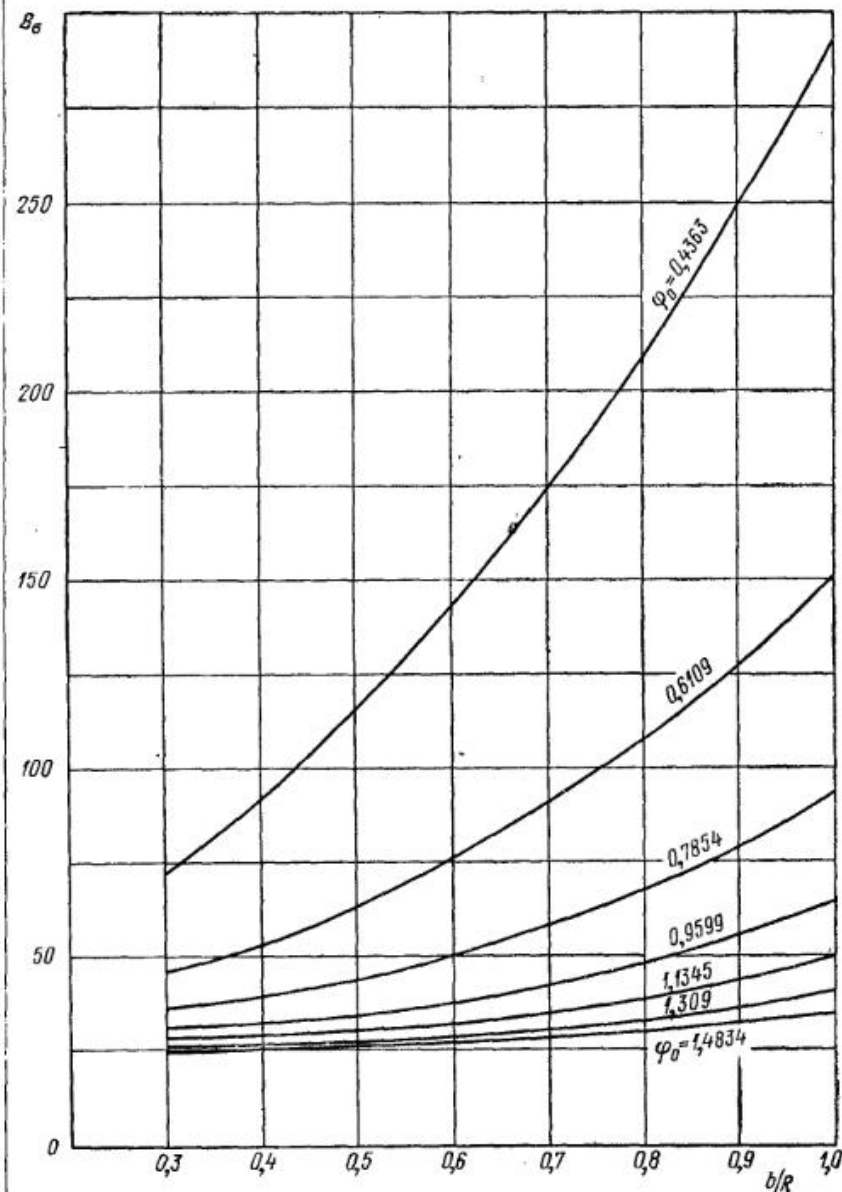
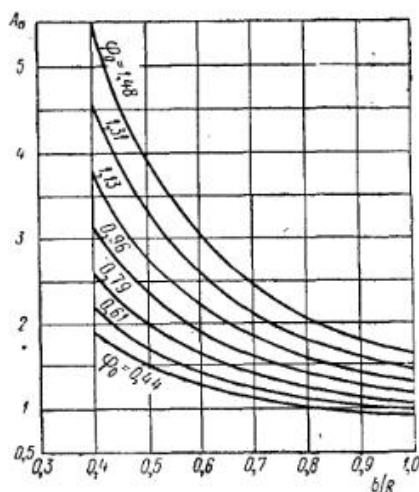


Рис. II.25. Зависимость коэффициента B_{σ} от соотношения b/R

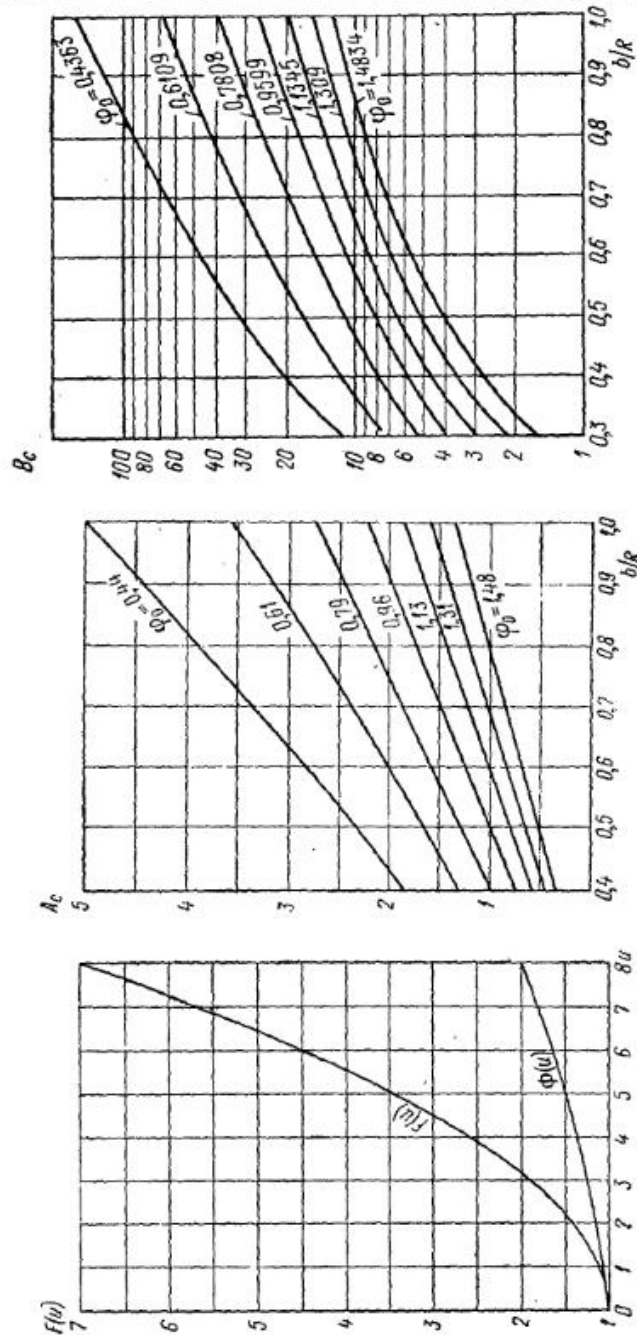


Рис. 11.26. Зависимость функции $F(u)$ от u при расчете дисков

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

Рис. 11.28. Зависимость коэффициента B_c от соотношения b/R

В этих формулах: A_c и B_c — безразмерные коэффициенты (см. графики на рис. 11.27 и 11.28); $F(u)$ — безразмерный параметр, зависящий от u (см. график на рис. 11.26).

Пример. Определить величины дополнительных нагрузок на валы, обусловленных смещениями валов при следующих данных:

Число пальцев одной полумуфты k	4
Радиус расположения пальцев муфты R в см	9,5
Ширина сечения диска b в см	5
Толщина диска h в см	0,0435
Число дисков z	20
Диаметр прижимных шайб d_p в см	2,5
Угловое смещение φ в рад	0,015
Осевое смещение f в см	0,125

Угловая жесткость (в кгс·см/рад) пальцевой муфты с металлическими дисками (полужесткой) определяется формулой

$$C_\varphi = 1,15 \frac{E b h^3 z u}{R \varphi_0^3}$$

Угол, характеризующий упругую часть диска между двумя смежными пальцами,

$$\varphi_0 = \left(\frac{\pi}{k} - 0,8 \frac{d_1}{R} \right) = \left(\frac{\pi}{4} - 0,8 \frac{2,5}{9,5} \right) = 0,565 \text{ рад.}$$

Принимая модуль упругости стальных дисков $E = 2 \cdot 10^6$ кгс/см², получаем

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

Реактивный момент, действующий со стороны муфты,

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

Осевая жесткость муфты (в кгс/см)

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

Найдем предварительно функцию $F(u)$. Параметр

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

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

Осевая жесткость муфты

$$C_f = 2,15 \frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 0,0435^3 \cdot 20 \cdot 4}{(0,565 \cdot 9,5)^3} 2,45 = 2470 \text{ кгс/см.}$$

Осевая сила, действующая на валы со стороны муфты,

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

6. ШАРНИРНЫЕ МУФТЫ

В основе шарнирных карданных муфт лежит пространственный шарнир 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.

Муфта состоит из двух вилок и промежуточной детали, имеющей форму крестовины, шарнирно соединенной с концами вилок. Плоскости вилок повер-

нуты относительно друг друга на 90° . Спаривая две муфты, можно увеличить (удвоить) предельный угол наклона осей валов и вместе с тем обеспечить передачу момента при значительном радиальном смещении осей валов.

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 (консоли фрезерных станков и т. п.).

Часто используется конструкция, в которой две шарнирные муфты соединяются промежуточным валом; такое устройство называется карданным валом.

По габаритам и передаваемым крутящим моментам шарнирные муфты делят:

- 1) на малогабаритные (см. рис. II.31 и II.33), предназначенные для передачи малых моментов (от 1,25 до 128 кгс·м). У них шарниры размещены в габаритах ступиц полумуфт;

- 2) крупногабаритные (см. рис. II.36 и II.37), предназначенные для передачи средних и больших моментов (от 100 до 80 000 кгс·м). У них шарниры вынесены за габариты ступиц полумуфт.

При наличии углового смещения осей соединяемых валов вращение ведомого вала одипарной шарнирной муфты происходит неравномерно при равномерном вращении ведущего вала.

Если принять 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 (в град) от начального положения, при котором ось шарниров ведущей вилки перпендикулярна плоскости расположения валов, то

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \alpha}; \quad (\text{II.1})$$

$$\frac{\omega_{2 \max}}{\omega_1} = \frac{\omega_1}{\omega_{2 \min}} = \frac{1}{\cos \gamma}.$$

Коэффициент неравномерности вращения ведомого вала

$$k = \frac{\omega_{2 \max} - \omega_{2 \min}}{\omega_2} = \text{tg } \gamma \sin \gamma. \quad (\text{II.2})$$

Периодическое отставание и опережение ведомого вала относительно номинальных положений, соответствующих равномерному вращению, вызывают дополнительные динамические нагрузки.

Наибольшее опережение (отставание) ведомого вала

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

при $\gamma = 45; 30; 15$

$$\Delta \alpha_{\max} = 9^\circ 50'; 4^\circ 6'; 1^\circ.$$

Угловое ускорение ведомого вала

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

где ε_1 — угловое ускорение ведущего вала.

При $\omega_1 = \text{const}$ $\varepsilon_1 = 0$ (равномерное вращение ведущего вала)

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

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. II.29);

- 2) применением специальных синхронных шарнирных муфт (см. рис. II.38, II.39).

К. п. д. муфты с цапфами в шарнирах (см. рис. II.31)

$$\eta = 1 - f \frac{d}{\pi R} \left(2 \text{tg } \frac{\gamma}{2} + \text{tg } \gamma \right),$$

для $\gamma \leq 25^\circ$

$$\eta \approx 1 - f \frac{d}{R} \frac{2\gamma}{\pi},$$

где d — диаметр цапфы; R — 1/2 расстояния между серединами цапф, имеющих общую ось поворота; f — коэффициент трения в шарнире, $f = 0,15 \div 0,2$ — при

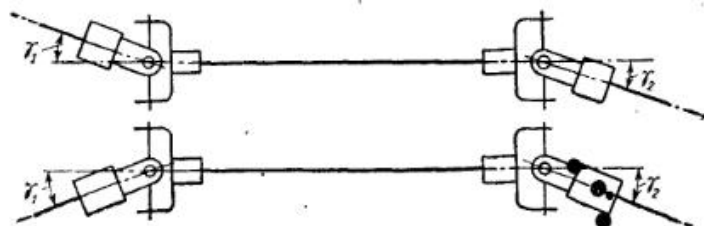


Рис. II.29. Схема вала с шарнирными муфтами

опорах скольжения, $f = 0,05 \div 0,1$ — 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)

$$M_n = M_1 \sqrt{1 + \text{tg}^2 \gamma \cos^2 \alpha};$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_n = M_{n \max} = \frac{M_1}{\cos \gamma}. \quad (\text{II.3})$$

Сила, воспринимаемая шарниром,

$$P_{ш} = \frac{M_n}{2R}; \quad P_{ш \max} = \frac{M_{n \max}}{2R}; \quad (\text{II.4})$$

крутящий момент на ведомой вилке муфты

$$M_2 = M_1 \frac{1 - \sin^2 \gamma \sin^2 \alpha}{\cos \gamma};$$

при $\alpha = 0; \pi$

$$M_2 = M_{2 \max} = \frac{M_1}{\cos \gamma}. \quad (\text{II.5})$$

Наклон осей валов обуславливает изгибающий момент, приложенный в плоскости вилки на ведущем валу,

$$M_{из} = M_1 \text{tg } \gamma \cos \alpha;$$

при $\alpha = 0; \pi$

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

на ведомом валу

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

при $\alpha = \frac{\pi}{2}; \frac{4\pi}{3}$

$$M_{2n \max} = M_1 \sin \gamma.$$

На рис. II.30, а представлен характер изменения крутящего момента на ведомом валу M_2 при постоянном крутящем моменте M_1 на ведущем валу. На рис. II.30, б представлен характер изменения изгибающего момента M_{1n} , а также

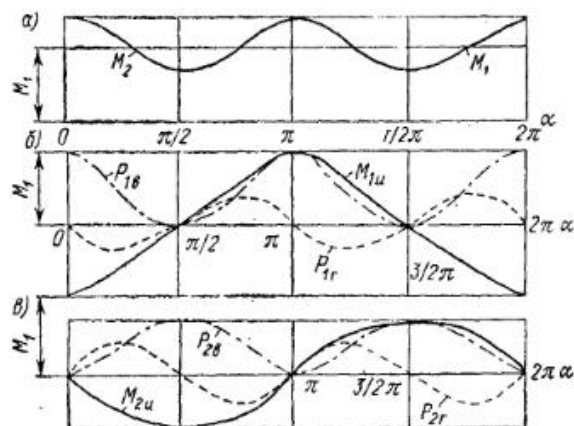


Рис. II.30. Характер изменения моментов и радиальных нагрузок на валах

горизонтальной P_{1r} и вертикальной P_{1v} составляющих нагрузок на опору ведущего вала, а на рис. II.30, в — для ведомого вала. Графики построены для $\gamma = 45^\circ$.

Муфты рассчитываются по удельному давлению в шарнирах, а на прочность вилок и крестовины — по силе $P_{ш \max}$.

Давление в шарнирах скольжения

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

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

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

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

1. При малой скорости вращения $P_{ш \max}$, $M_{1n \max}$ и $M_{2n \max}$ 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 $P_{ш \max}$, $M_{1n \max}$ и $M_{2n \max}$ при $\alpha = 0$, необходимо учитывать действие инерционных нагрузок от неравномерного вращения ведомой вилки.

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

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

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

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

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

3. При большой скорости вращения, $\omega_1 = \text{const}$ и малой жесткости вала при одной шарнирной муфте считают, что создаваемая муфтой неравномерность вращения поглощается скручиванием вала. В этих условиях наибольший крутящий момент на ведомой вилке будет при $\alpha_1 = 45^\circ$:

$$M_{2 \max} = M_1 + e_2 \max \theta + \frac{\Delta \alpha_{\max}}{57} \frac{JG}{L},$$

где θ — момент инерции масс ведомой части муфты с крестовиной и половины промежуточного вала в кгс·см·с²; J — момент инерции сечения вала в см⁴; G — модуль упругости при сдвиге в кгс/см²; L — длина вала в см; $\Delta \alpha_{\max}$ — в 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. II.31.

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

У сдвоенной муфты (тип Б) промежуточный полый вал имеет на концах вилки, соединяемые с вилками полумуфт.

Крестовина выполняется из стали марок 40Х (HRC 48—52), ШХ12 или ШХ15, вилки — из стали 20Х (HRC 48—62) или хромоникелевых сталей, палец и втулки — из стали 40Х (HRC 48—53), стержень — из стали 20. Одинарная муфта допускает перекося валов до 45° .

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

При малых частотах вращения (до 200 об/мин) подбор муфт производят по наибольшему допустимым моментам (табл. II.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. II.10).

При высоких скоростях (более 200 об/мин) муфты подбирают из условия допустимой температуры нагрева по номограмме (рис. II.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. II.10 берут основные размеры муфты.

Малогабаритная муфта фирмы «Ludwig Loewe AG» имеет два исполнения (рис. II.33, а, б). Для удобства сборки муфты вилки со ступицами выполняются

Размеры (в 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} в 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	2,5
12	25	20	76	108	38	25	18	32	4
16	32	25	88	126	44	28	23	38	8
20	40	32	112	160	56	36	31	48	16
25	50	40	136	194	68	42	37	58	32
32	60	50	170	240	85	58	50	70	64
40	75	60	224	316	112	82	74	92	128

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.

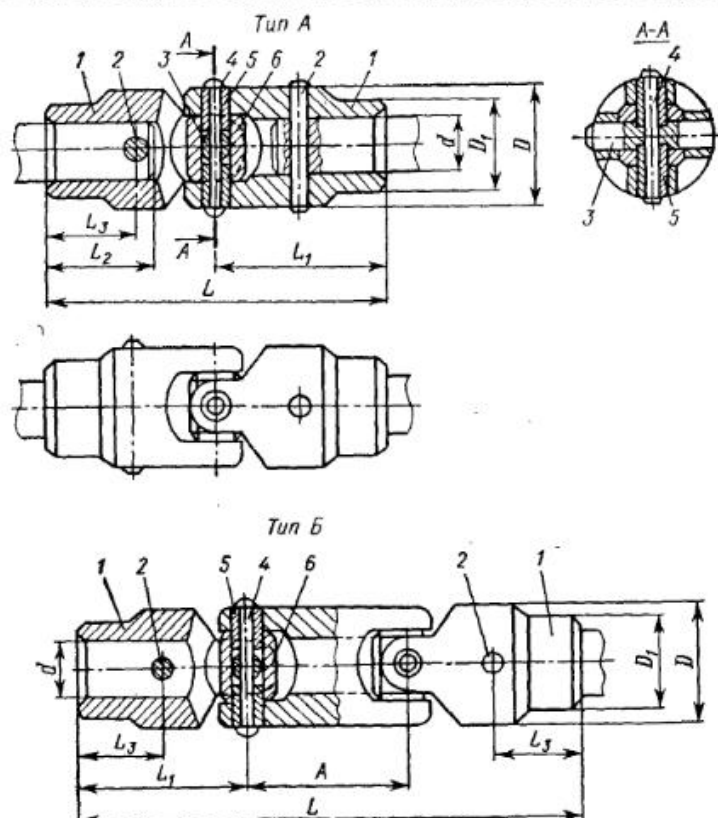


Рис. II.31. Малогабаритная шарнирная муфта по ГОСТ 5147—69

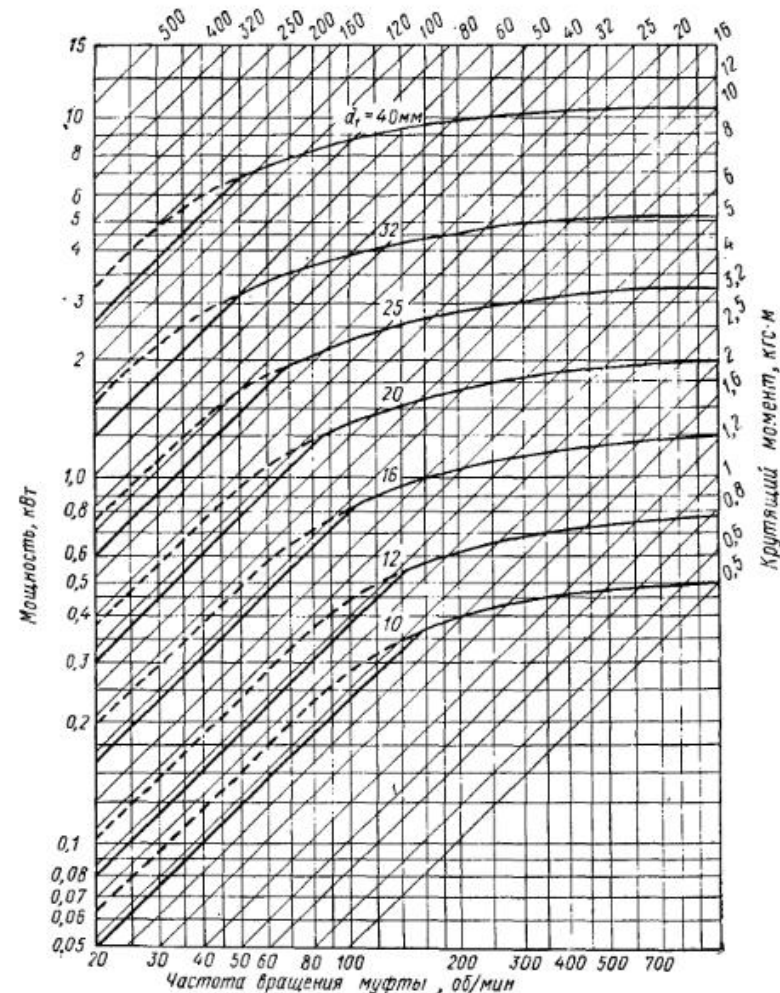


Рис. II.32. Допускаемые мощности и крутящие моменты для малогабаритных шарнирных муфт при угле $\gamma = 10^\circ$.
Криволинейные участки — по критерию нагрева, прямолинейные — по критерию прочности (в соответствии с ГОСТ). Моменты отсчитываются по наклонной сетке

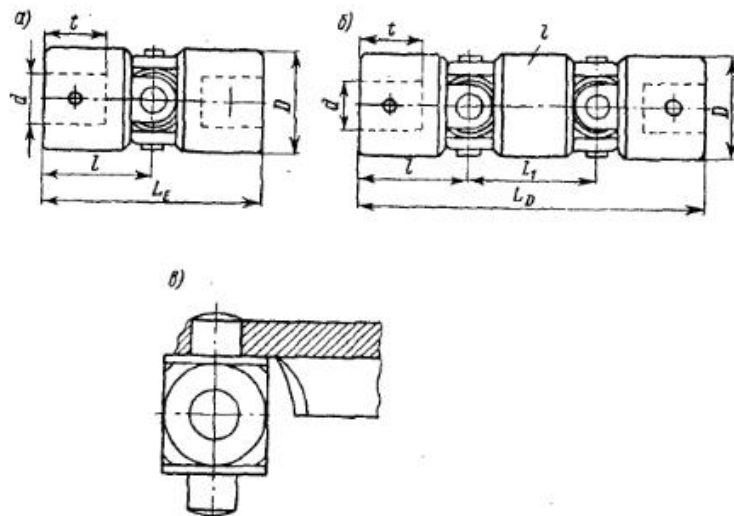


Рис. II.33. Малогабаритная муфта фирмы «Ludwig Loewe A. G.»

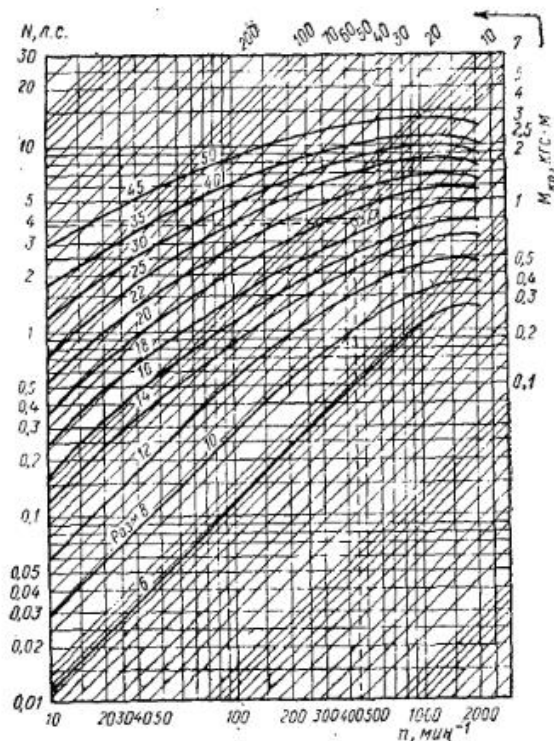


Рис. II.34. Зависимость размера муфты от передаваемой мощности, крутящего момента и скорости вращения

составными и стягиваются кольцами, крестовина выполняется цельной. Плоскость разреза совпадает с осью полумуфты (рис. II.33, в).

Для одинарной муфты $\gamma \leq 45^\circ$. Во избежание попадания грязи в шарниры муфта закрывается резиновым кожухом. При нормальных условиях ($\gamma \leq 10^\circ$, рабочая температура 75°C , продолжительность включения 70%) размер муфты подбирается по номограмме (рис. II.34) в зависимости от передаваемой мощности N (л. с.) или крутящего момента M (кгс·м) и частоты вращения (об/мин). Увеличение угла перегиба валов учитывается введением поправочного коэффициента k (рис. II.35). При этом

$$N_{\text{расч}} = \frac{N}{k}.$$

В табл. II.11 приведены основные размеры муфты.

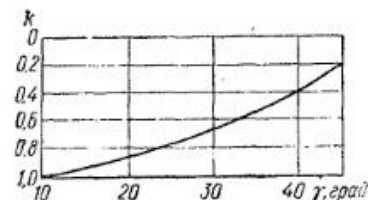


Рис. II.35. Зависимость коэффициента k от угла перегиба валов

Таблица II.11

Размеры муфты (рис. II.33) в мм

d	D	L_E	L_D	t	t_1	t
6	14	34	—	17	—	9
8	18	40	—	20	—	10
10	18	50	—	25	—	13
12	24	56	—	28	—	14
14	28	60	94	30	34	17
16	32	68	104	34	36	19
18	36	76	116	38	40	22
20	40	84	130	42	46	24
22	45	92	144	46	52	26
25	50	102	160	51	58	30
30	55	120	184	60	64	35
35	72	145	225	72,5	80	42
40	72	145	225	72,5	80	42
45	90	180	280	90	100	50
50	90	200	315	100	115	56

Крупногабаритные муфты фирмы «Crofts Lymtyed»

На рис. II.36 представлена тяжелая муфта, 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.

На рис. II.37 представлены два исполнения двойной муфты, выпускаемой в ГДР: а — с центрированием вилок; б — без центрирования. Муфта состоит

из вилки 1, крестовины 3, промежуточной детали 5 с вилками и пальцев 6 и 2, центрирующих полумуфты. Шарниры имеют игольчатые опоры качения 4.

Для одинарной муфты $\gamma \leq 40^\circ$. Угловая скорость ведомого вала практически постоянна при постоянной угловой скорости ведущего вала.

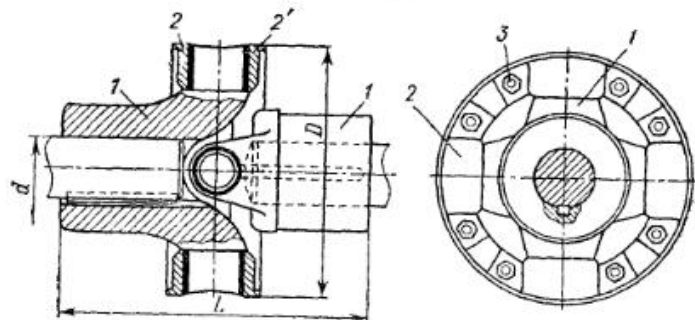


Рис. II.36. Крупногабаритная муфта фирмы «Crofts Lymyted»

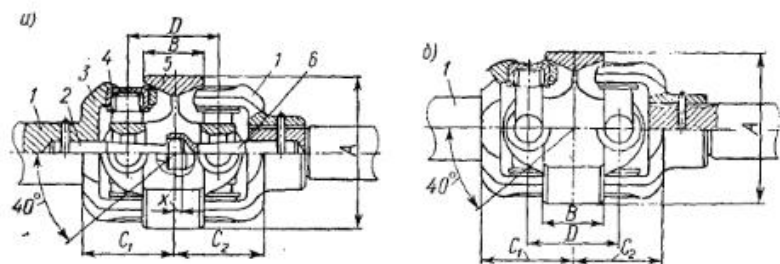


Рис. II.37. Сдвоенная муфта двух исполнений, выпускаемая в ГДР

В табл. II.12 приведены основные размеры и параметры муфты.

Таблица II.12

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. II.37)

$M_{\max}$ в 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
540	162	42	90	90	86	

Синхронные муфты

На рис. II.38 представлена синхронная шариковая муфта, состоящая из наружной обоймы 1, имеющей на внутренней поверхности канавки для размещения шариков 2, сепаратора 3, внутренней обоймы 6 с канавками на наружной поверхности для размещения шариков и внутренним шлицевым отверстием для соединения с валом. Внутренняя обойма фиксируется на валу стопорным кольцом 4 и винтами. Винтами 7 ступица 5 и крышка 9 крепятся 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

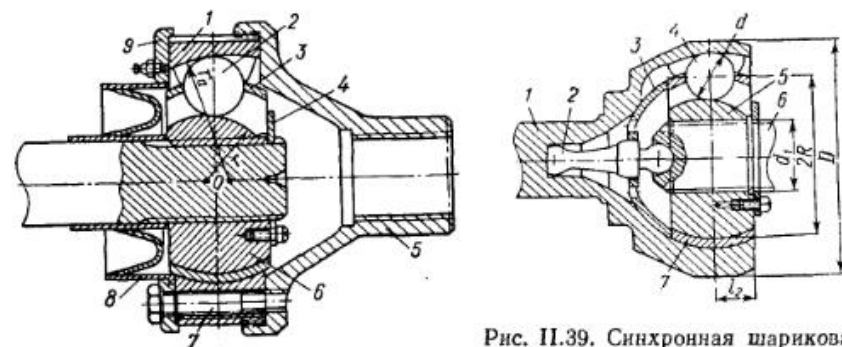


Рис. II.38. Синхронная шариковая муфта с обоймой, выполненной за одно целое с валом

Рис. II.39. Синхронная шариковая муфта

шаров в бессекторной плоскости. Муфта допускает $\gamma \leq 15^\circ$. В муфте шесть шариков. Одна из полумуфт может иметь лишь одну опору.

Муфта, представленная на рис. II.39, состоит из наружной обоймы 1, выполненной заодно с валом и имеющей канавки для расположения шариков 4,

Таблица II.13

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. II.39)

$M_{кр}$ в кгс·см	Разрушающий крутящий момент $M_{разр}$ в кг·см	d_1	$n_{\max}$ в об/мин	d	D	2R	l_2
10 600	34 500	24	6000	17	85	60	14
15 000	43 700	25	5000	19	93	65	18
17 500	50 600	28	4000	20	102	71	18
23 000	69 000	32	3500	22	110	76	20
30 000	74 000	35	3000	25	120	85	21
41 500	98 000	38	2500	27	133	93	24
69 000	127 000	45	2000	32	152	108	28
—	132 500	50	—	36	175	125	32
150 000	288 000	57	1500	41	197	142	36
200 000	346 000	64	1200	46	200	154	36

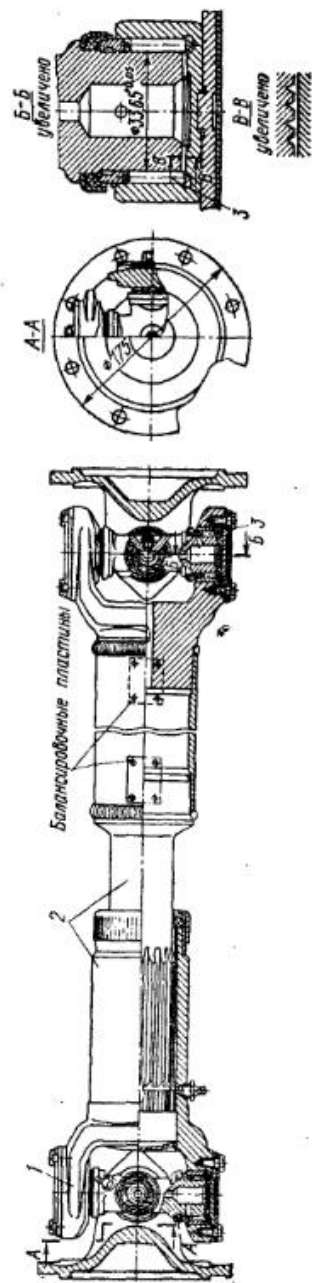


Рис. II.40. Жесткий карданный вал

сферического сепаратора 3, положение которого определяется делительным рычагом 2, внутренней обоймой 5, соединенной шлицами с валом 6, и сепаратора 7. Центры кривизны канавок на наружной и внутренней обоймах лежат на оси муфты, но смещены относительно друг друга. При смещении валов рычаг 2 поворачивается в гнезде обоймы 1 и вызывает смещение сепараторов 3 и 7 таким образом, что плоскость расположения шаров совпадает с биссекторной плоскостью.

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

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

$$N = \frac{M_{кр}}{7,87d} \leq [N],$$

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

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{2100}}.$$

В табл. II.13 приведены основные размеры и параметры муфты по рис. II.39 для угла $\gamma = 0$ (при $\gamma \neq 0$ создаются более благоприятные условия для передачи момента).

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. II.40 представлен жесткий карданный вал автомобиля «Москвич». 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 прессмасленка. Шлицевое соединение позволяет менять длину вала. Шлицы смазываются густой 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 быстрая выработка канавок на кольцевых опорах).

На рис. II.41 представлен карданный вал, выпускаемый фирмой «Ludwig Loewe AG». Карданный вал состоит из шарнирных муфт 1, полого вала 5, соединенного скользящей шпонкой 6 с валом 7, переходного валика 4 и штифтов 2 и 3, которыми промежуточный вал соединяется с полумуфтами. В табл. II.14 приведены основные размеры карданного вала. Размер d_1 определяется по номограмме, приведенной на рис. II.34.

Таблица II.14

Размеры карданного вала (рис. II.41) в мм

D	l	d_1	D_1
18	25	10	16
24	28	12	18
28	30	14	22
32	34	16	24
36	38	18	28
40	42	20	30
45	46	22	32
50	51	25	36
55	60	30	40
72	72,5	35	50
72	72,5	40	60
90	90	45	65
90	100	50	70

На рис. II.42 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой «Löhr Broom Kamp GmBH». 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 соединяется подвижно шлицами с валом 4, имеющим на конце вилку шарнира. Благодаря центрирующему кольцу 5, соединенному с гильзой 1 винтами, шпуну 9, запрессованному в гильзу 3, и опорам скольжения с самосмазывающимися вкладышами 6 и 8, достигается значительная изгибная жесткость карданного вала, что способствует повышению предельной угловой скорости. Допустимый угол перекоса валов одной муфты 15°. Благодаря слою резины, работающей на сдвиг и сжатие, карданный вал обладает значительной крутильной податливостью, допускающей 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. II.15 приведены основные размеры и параметры карданного вала.

Таблица II.15

Размеры (в мм) и параметры карданного вала (рис. II.42)

M_{max}	$M_{разр}$	D	D_1	l	d	D_2	L	V
кгс·м								
40	120	75	70	211	25,4	73	310	35
120	360	100	108	295	35	111	425	50
225	675	120	120	349	44,5	123	490	70
380	1080	150	150	390	50,8	155	560	80

На рис. II.43 представлен упругий карданный вал, выпускаемый фирмой GWB. На концах промежуточного сварного вала 1 расположены упругие муфты 3 с резиновым упругим элементом переменной толщины. Одна муфта зафиксиро-

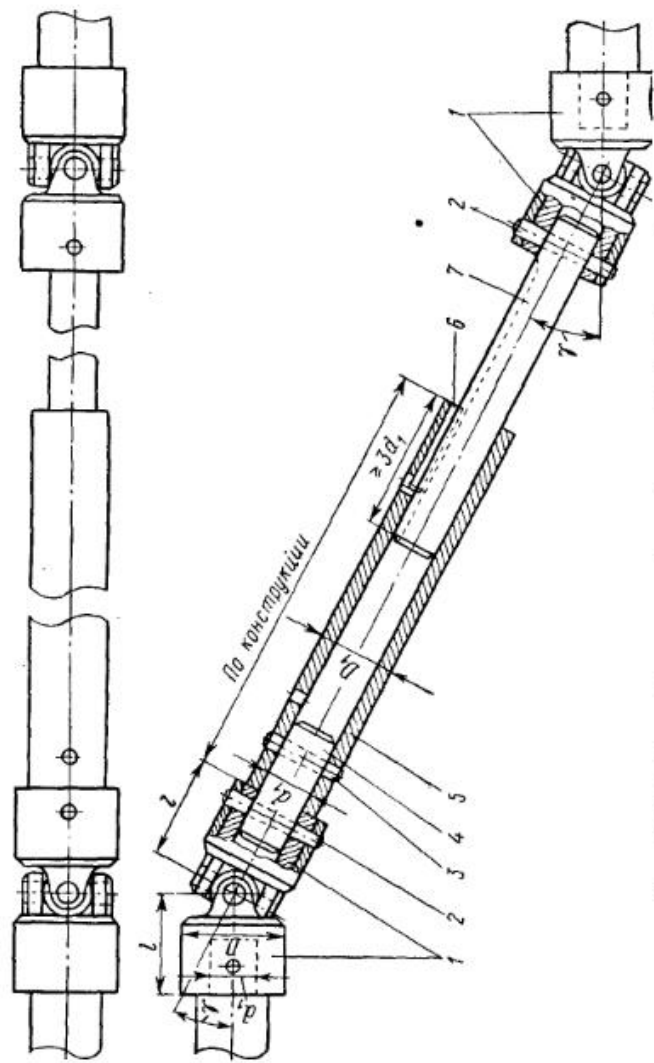


Рис. 11.41. Упругий карданный вал фирмы «Ludwig Loewe A. G.»

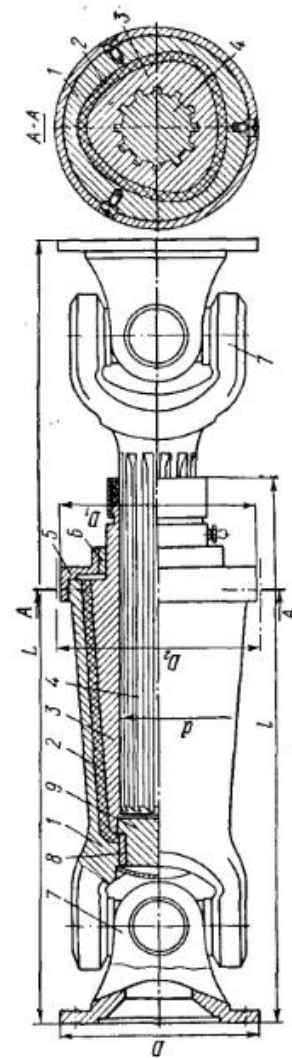


Рис. 11.42. Упругий карданный вал фирмы «Löhrt Bros Kamp GmbH»

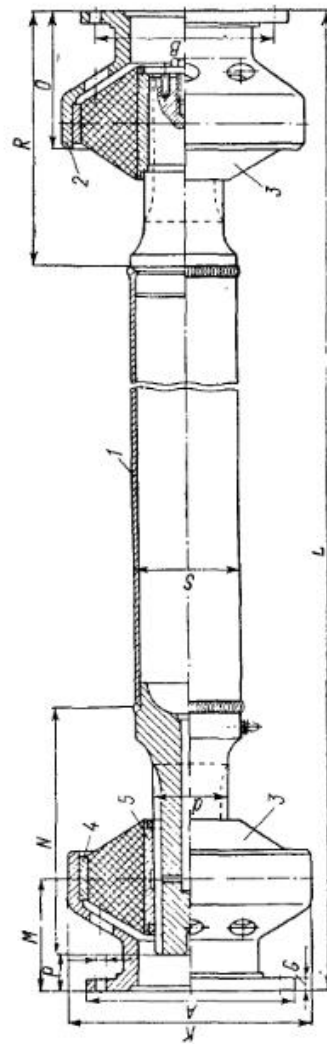


Рис. 11.43. Упругий карданный вал фирмы GWB

Размеры (в мм) и параметры карданного вала (рис. II.43)

$M_{\text{тах}}$ в кгс·м	$n_{\text{тах}}$ в об/мин	Максимальные осевые перемещения от нейтрального положения в мм		Макси- мальное осевое усилие в кгс	L_{min}	A	B	G
		по шлицам	при отсутст- вии 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
12,00	10 000	±7	±1,5	40	184	90	74	7
21,50	9 000	±8	±2,0	50	204	100	84	7,5
38,00	8 000	±9	±2,0	50	218	120	100	8
68,00	7 000	±10	±3,0	70	250	150	130	10
120,00	6 000	±12	±3,0	70	280	180	155	12

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

вала на валу 1 (в осевом направлении), другая — свободна. Смазка шлицев осуществляется через пресс-масленку и систему отверстий в валу 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. II.16 приведены основные размеры и параметры карданного вала.

На рис. II.44, а представлен универсальный шпindel для приводов прокатного оборудования, разработанный во ВНИИметмаш. На концах промежуточного вала 11 расположены шарнирные муфты 12, соединенные с валом шлицами через стаканы 13. Муфта (рис. II.44, б) состоит из вилки 9, соединенной со ступицей 1 закладными винтами 10 и торцовым 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 8 регулируется винтом 5, который стопорится крышечкой с шестигранным отверстием, крепящейся винтами к оси 6. Вилки изго-

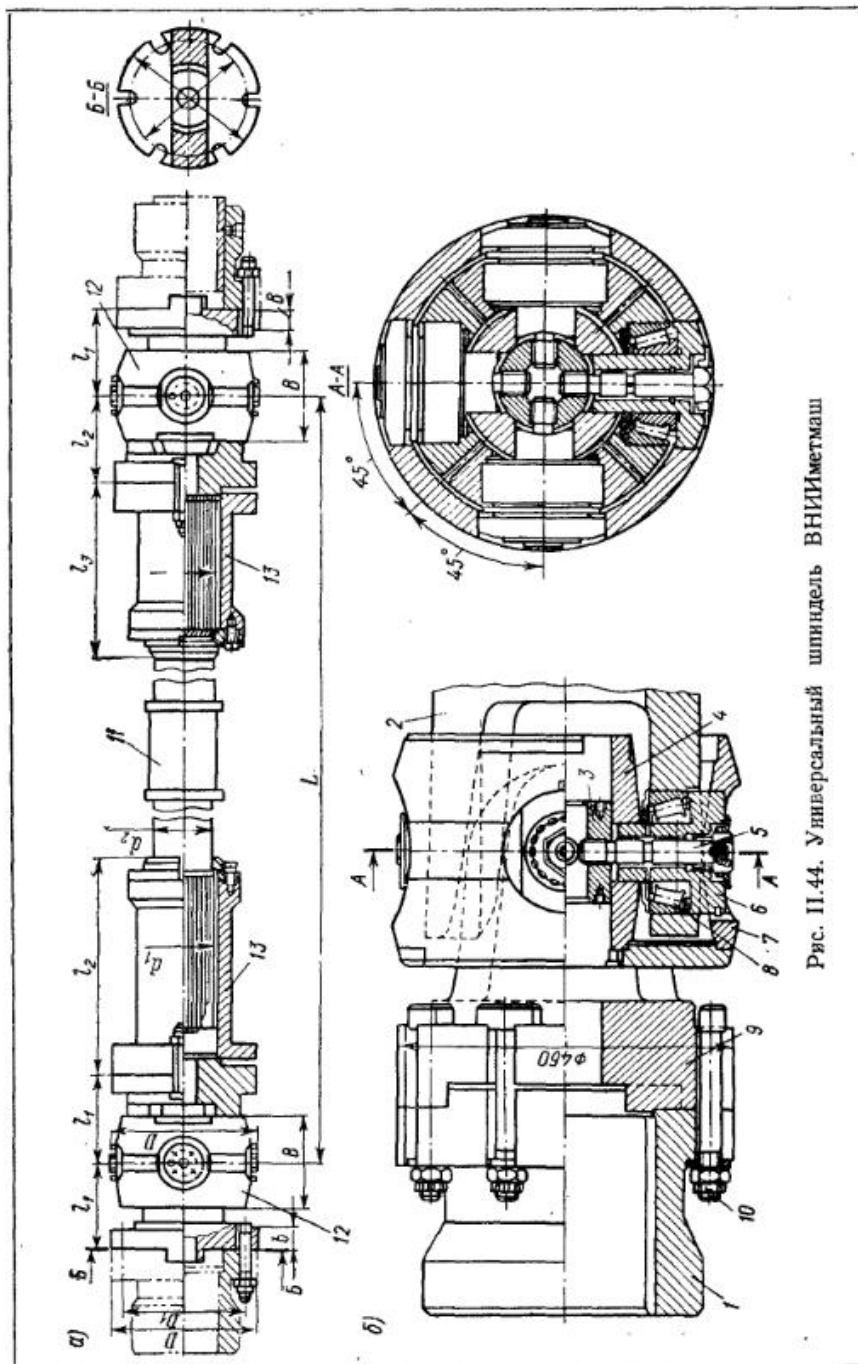


Рис. II.44. Универсальный шпindel ВНИИметмаш

Таблица II.17

Размеры (в мм) и параметры шпинделя (рис. II.44)

Типо- размер шпин- делей	$M_{\max}$ в кгс·м	D	B	D_1	d_1	d_2	l_1	l_2	l_3	b	Масса в 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	1046	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

товлены из стали 34ХНЗМ, промежуточный вал — из стали 45, оси — из стали 40ХМ. Подшипники смазываются густой 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 $L = (5 \div 12) D$.

Глава III

УПРУГИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ

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

1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Упругие муфты имеют следующие свойства.

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

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

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

Упругие муфты характеризуются:

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

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 (линейные) и переменной (нелинейные) жесткости. Жесткость муфты C определяется как производная от крутящего момента по углу закручивания $C = \frac{dM_{кр}}{d\varphi}$ и является величиной переменной, зависящей

от φ . 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).

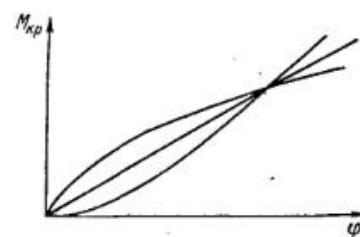


Рис. III.1. Характеристика линейной и нелинейной муфты

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 полумуфт на высоких скоростях или излишней жесткости на низких. При зависимости момента сопротивления от скорости вращения вала и работе машины в дорезонансном режиме отношение рабочей скорости 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.

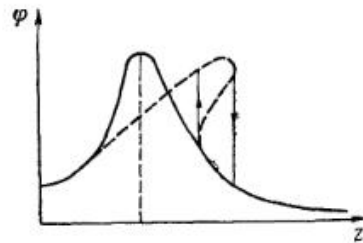


Рис. III.2. Колебания в агрегате с линейной муфтой

величины. Если после отключения двигателя нагрузка не сбрасывается, резонансные колебания в агрегате с нелинейной муфтой будут меньше колебаний в агрегате с линейной муфтой (рис. III.2). На рисунке z — отношение рабочей частоты вращения к критической.

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), сопровождающее деформацию ее упругих элементов и их перемещение относительно друг друга.

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

$$\psi = \frac{2\pi f\omega}{C}. \quad (III.1)$$

Здесь f — коэффициент, позволяющий при расчетах заменить действие демпфирующего момента M_d действием эквивалентного демпфирующего момента, величина которого линейно зависит от скорости деформации ($M_d = f\dot{\varphi}$); ω — частота колебаний. В каталогах обычно приводятся значения C и ψ . Поскольку в дифференциальных уравнениях агрегата входит величина f , то в случае решения уравнений на моделирующей машине значения f находятся из формулы (III.1). При этом величину ω рекомендуется брать равной собственной частоте системы [68].

2. РАБОТА ЛИНЕЙНОЙ МУФТЫ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

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

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

где $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$; $J_{пр} = \frac{J_1 J_2}{J_1 + J_2}$ — 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 $n = \frac{f}{2J_{пр}}$; $k = \sqrt{\frac{C}{J_{пр}}}$ — 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

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

Здесь k_d — коэффициент динамичности, равный

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

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

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

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

$$k_{d \max} = \sqrt{\frac{4\pi^2}{\psi^2} + 1} \approx \frac{2\pi}{\psi}.$$

При $\frac{\omega}{k} < \sqrt{2} k_d$ всегда больше единицы, а при $\frac{\omega}{k} > \sqrt{2}$ — 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 будет равен [58]

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

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

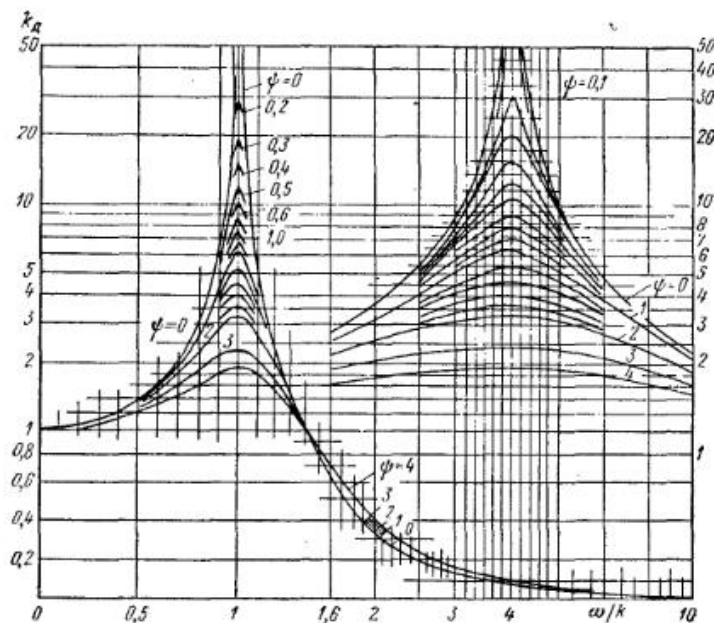


Рис. III.3. Кривые зависимости k_d от ψ и ω/k

Учет электромагнитных процессов в электродвигателе при нахождении k_d рассмотрен в [59]. Действие произвольного возмущающего момента $M(t)$ можно исследовать двумя способами: способом Дуффинга 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 ($J_d = 1,65 \text{ кгс} \times \text{см}^2$; $C = 50\,000 \text{ кгс} \cdot \text{см}/\text{рад}$; $\psi = 0,63$). Отношение моментов инерции исполнительного устройства и двигателя равно 2. Оценим влияние двигателя на величину максимального момента при резонансе.

Приведенный момент инерции равен

$$J_{пр} = \frac{1,65 \cdot 2 \cdot 1,65}{2 \cdot 1,65 + 1,65} = 1,1 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2.$$

Собственная частота системы

$$k = \sqrt{\frac{50 \cdot 10^3}{1,1}} = 212 \text{ с}^{-1}.$$

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

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

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

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

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

Пример 2. Одноцилиндровый четырехтактный двигатель с номинальной мощностью $N_0 = 22 \text{ л. с.}$ и номинальной частотой вращения $n_0 = 1500 \text{ об/мин}$ приводит в движение генератор, присоединенный к нему с помощью линейной муфты ($C = 3 \times 10^4 \text{ кгс} \cdot \text{см}/\text{рад}$; $\psi = 0,5$). Моменты инерции (приведенные к оси муфты): $J_1 = 105 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2$; $J_2 = 40 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2$. Момент сопротивления предполагается постоянным. Определим момент на ведомых частях агрегата.

Номинальный крутящий момент равен

$$M_{кр} = 71\,620 \frac{N_0}{n_0} = 71\,620 \frac{22}{1500} = 1050 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Угловая скорость

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

Приведенный момент инерции

$$J_{пр} = \frac{105 \cdot 40}{105 + 40} = 28,9 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2.$$

Собственная частота

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

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

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

где $\omega_{возм}$ — угловая скорость возмущающего момента;

ω — угловая скорость агрегата.

Для одноцилиндрового четырехтактного двигателя $\omega_{возм} = 0,5 \omega$ (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 на основании формулы

$$M_i = \eta M_{кр}.$$

Величина η определяется исходными данными 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

$$k_d \frac{J_2}{J_1 + J_2} = \sqrt{\frac{1 + \frac{0,5^2}{4 \cdot 3,14^2}}{\left(1 - \frac{1,5^2 \cdot 110^2}{32,1^2}\right)^2 - \frac{0,5^2}{4 \cdot 3,14^2}}} \frac{40}{105 + 40} = 0,00546$$

(мы определяем максимальный момент при $\sin(\omega t - \beta) = 1$).

Данные к примеру расчета упругой муфты

Основные параметры	Определение основных параметров	Численные значения				
Порядок возмущающего момента i Отношение гармонического момента к номинальному η	Берется из исходных данных о двигателях	0,5 3,3	1 3,3	1,5 2,9	2 2,9	2,5 2,4
Гармонический возмущающий момент M_i Частота возмущающего момента $\omega_{\text{возм}}$ Коэффициент динамичности $k_d \frac{J_2}{J_2 + J_1}$ Возмущающий момент на ведомой части Возмущающий момент на ведомой части при использовании жесткой муфты	$M_i = \eta M_{\text{кр}}$ $\omega_{\text{возм}} = i\omega$ По формуле (III.4) $M = M_i k_d \frac{J_2}{J_2 + J_1}$ $M = M_i \frac{J_2}{J_2 + J_1}$	3470 55 0,0546 198 990	3470 110 0,0138 50 990	3050 165 0,00546 17 845	3050 220 0,00273 8 845	2520 275 0,00273 7 695

Возмущающий момент на ведомой части

$$M = M_i \cdot k_d \frac{J_2}{J_1 + J_2} = M_{\text{кр}} \eta k_d \frac{J_2}{J_1 + J_2} = 1050 \cdot 2,9 \cdot 0,00546 = 17.$$

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

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

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 предполагаются (например, на основании эксперимента) существование дифференциального уравнения движения и форма 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:

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

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

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

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

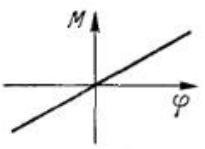
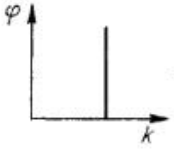
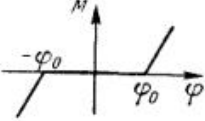
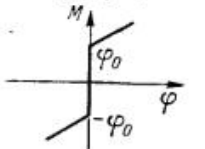
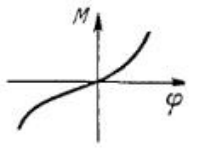
Характеристика некоторых типов шинных муфт может быть аппроксимирована двучленом $M(\varphi) = C_1\varphi + C_2\varphi^3$. Подставляя $M(\varphi)$ в уравнение (III.7) и учитывая, что $\varphi = \varphi_0 + \Phi \cos(\omega t)$, имеем

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

Из уравнения (III.8) имеем

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

Виды скелетных кривых

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

Учитывая первое уравнение, $\varphi_0 = 0$. Тогда уравнение скелетной кривой будет

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

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 $\Phi_{\max}$

$$\Phi_{\max} = \frac{M_1(\omega) J_{пр}}{b\omega}.$$

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 с помощью формулы [33]:

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

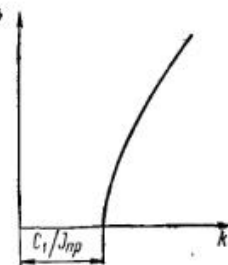
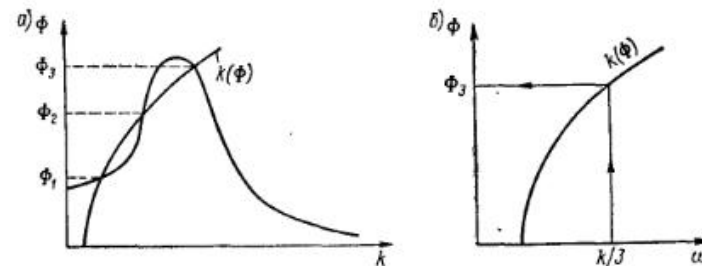


Рис. III.4. Скелетная кривая

где $n = \frac{b}{2J_{пр}}$.

В (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.5. График зависимости $\Phi(k)$

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 (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 случая $p = 3$. Вопрос об условии существования

субгармонического резонанса при линейном трении может быть решен на основе исследования неравенства

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

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 разгрузке (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).

Максимальная деформация Φ_{max} при ударе

$$\Phi_{\text{max}} = \Phi_0 + \frac{2J_{\text{пр}}}{CJ_2} M_y,$$

где Φ_0 — деформация, соответствующая M_0 . Деформация Φ_{max} достигается, если имеет место соотношение $\tau > \frac{\pi}{k}$. При этом максимальный момент M_{max} , передаваемый муфтой, равен

$$M_{\text{max}} = M_0 + 2 \frac{J_1}{J_1 + J_2} M_y.$$

Рис. III.6. Изменение момента при ударе

При абсолютной жесткой муфте $M_{\text{max}} = M_0 + M_y$. Таким образом, упругая муфта смягчает длительный удар в том случае, если $J_2 > J_1$. Это положение справедливо при любой конечной жесткости муфты. При коротком ударе, когда $\tau < \frac{\pi}{k}$, Φ не успевает принять максимального значения, нарастая в течение всего удара. Максимальный момент при коротком ударе

$$M_{\text{max}} = M_0 + 2 \frac{J_2}{J_2 + J_1} M_y \sin \frac{k\tau}{2}.$$

Амортизация короткого удара происходит в том случае, если

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

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

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

$$\Phi = -\frac{M_y}{C} \frac{J_2}{J_1 + J_2} \left[1 - \frac{e^{-\beta k t}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \sin (k \sqrt{1 - \beta^2} t + \alpha) \right],$$

где $\beta = \frac{n}{k}$; $\alpha = \arccos \beta$.

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

$$M \approx \frac{C}{2J_1} M_y \tau^2 + \frac{M_y J_2}{J_1 + J_2} nk\tau \left(1 - \frac{1}{2} nk\tau \right).$$

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.

Б. МУФТЫ С ПАКЕТАМИ ПЛАСТИНАТЫХ ПРУЖИН

Муфта с радиальными пакетами пружин показана на рис. III.7. Полумуфты 1 и 5 соединяются пакетами пружин (рессор) 8, работающими на изгиб при действии крутящего момента. С полумуфтой 5 пакеты пружин соединяются через кольцо 3, имеющее продольные пазы, с помощью болтов 4. Внутренние

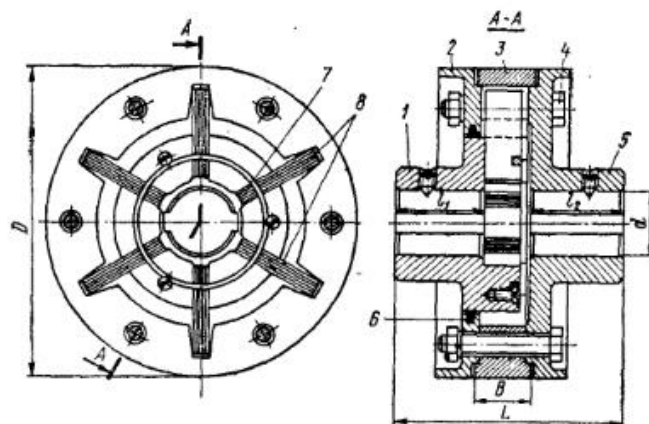


Рис. III.7. Муфта с радиальными пакетами пружин

концы пакетов пружин входят в радиальные пазы полумуфты 1. Пакеты пружин фиксируются на полумуфте 1 с помощью кольца 7 и трех винтов. Крышка 2 с уплотнением 6 закрывает внутреннюю полость муфты, заполненную густой смазкой.

Основные размеры и параметры этих муфт даны в табл. III.3. Муфта имеет линейную характеристику до тех пор, пока касательная к упругой линии

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.7)

$M_{\max}$ в кгс·см	$n_{\max}$ в об/мин	d	D	L	B	l_1	l_2
750	4200	25	120	83	25	48	32
3 000	3500	40	160	113	25	60	50
8 000	2100	55	200	143	30	80	60
25 000	1650	80	280	203	45	120	80
85 000	1250	120	360	283	55	160	120
170 000	1000	150	440	353	60	200	150
400 000	850	200	570	473	60	260	210
750 000	800	250	640	543	65	300	240

деформированной пружины не совпадает с линией скоса паза (рис. III.8); при дальнейшей деформации пружины характеристика муфты нелинейна.

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

$$\varphi_x = \frac{y_x + \alpha(l-x)}{R+x},$$

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

На линейном участке характеристики зависимость угла поворота полумуфты φ_1 от величины крутящего момента M_1 без учета влияния сил трения определяется выражением

$$\varphi_1 = \frac{M_1 l^2}{2mEJ(R+l)}.$$

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

$$\sigma_{из} = \frac{P_2 a}{W},$$

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

Число пластин в каждом пакете находят из выражения

$$n = \frac{M_2 a}{m(R+a)W_1[\sigma]_{из}},$$

где $[\sigma]_{из}$ — допускаемое напряжение изгиба для материала пластин; $W_1 = \frac{W}{n}$.

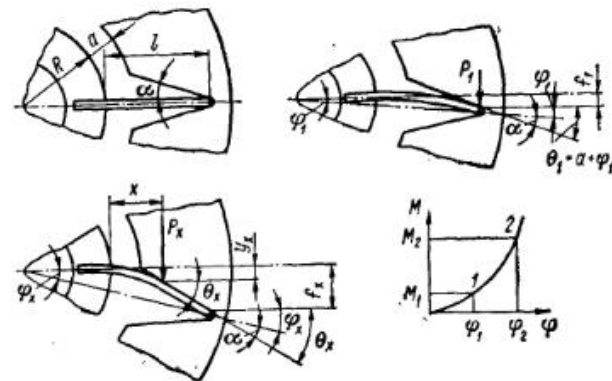


Рис. III.8. Схема работы упругой пружины переменной жесткости

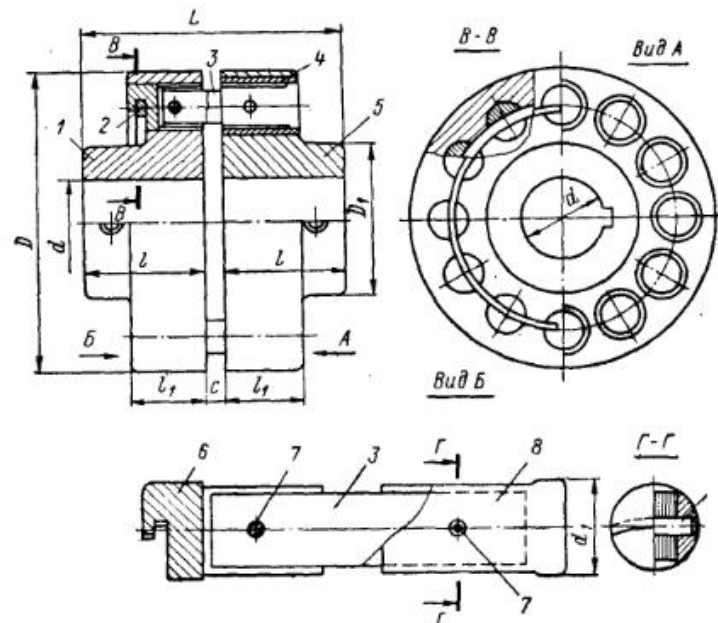


Рис. III.9. Муфта с пакетами плоских пружин, расположенных параллельно оси вала, фирмы «Waldron»

Муфта с аксиальными пакетами плоских пружин фирмы «Waldron» приведена на рис. III.9. Полумуфты 1 и 5 соединяются упругими элементами 3, представляющими собой 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 прорезы переменной ширины, муфта будет иметь нелинейную характеристику.

В табл. III.4 приведены основные размеры и параметры муфты в зависимости от величины крутящего момента.

Таблица III.4

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.9)

$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	D	d_{max}	l	l_1	L	D_1	d_1	Масса в кг
4,7	4000	89	25,4	41	29	89	38	16	3,17
7,2	4000	102	31,7	44	29	95	51	16	4,53
10,8	4000	114	41,3	47,6	29	102	62	16	5,90
18	3600	127	50,8	50,8	29	108	76	16	8,16
39	3600	146	57	57	36,5	121	86	19	11,3
57	3600	152	63	65	36,5	137	95	19	13,6
79	2550	178	76	71	36,5	149	117	19	18,1
170	2100	216	98	90	44,5	187	140	24	31,7
250	2100	216	98	90	44,5	187	149	24	31,7
390	1900	241	114	96	44,5	200	171	24	45,3
560	1800	254	108	110	60	206	165	32	52,2
780	1500	304	140	112	60	232	209	32	81,6
1 240	1200	381	152	134	60	276	279	32	158
1 800	1000	457	197	169	60	346	349	32	226
2 570	820	559	254	207	60	422	450	32	363
4 300	780	584	266	215	89	425	457	52	476
6 450	750	609	216	228	121	463	381	52	589
8 600	670	686	254	279	121	565	431	55	747
13 200	560	813	311	304	121	616	533	55	1200
21 400	550	838	298	330	146	667	508	65	1360
27 500	490	939	336	355	146	718	584	65	1814

Примечание. Размер C от 6 до 12.

На рис. III.10 представлена еще одна конструкция муфты с аксиальными пакетами плоских пружин. Полумуфты 1 и 4 имеют зубчатые венцы и соединяются упругими элементами 3 в виде пакетов плоских пружин, которые вставляются во впадины между зубьями. Кожух 2 удерживает пакеты пружин от вылазания и создает полость для консистентной смазки. Благодаря тому, что боковые поверхности зубьев очерчены дугами окружностей, муфта имеет нелинейную характеристику. Эта муфта служит для передачи значительных крутящих моментов и отличается хорошей компенсационной способностью. В табл. III.5 приведены основные размеры и параметры муфты.

Таблица III.5

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.10)

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

Муфта с пакетами гильзовых пружин показана на рис. III.11. 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 помещается 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 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 изготавливаются с двумя рядами пакетов пружин.

В табл. III.6 приведены размеры и параметры муфт малых размеров.

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.11)

$M_{кр}$ в кгс·м	$n_{пак}$ в об./мин	d	D	D_1	l	f	b	a	Масса в 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

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

$$\varphi = \frac{6\pi M_{кр}}{Ezbr^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{r_i}\right)^3},$$

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.

Напряжение изгиба в пружине

$$\sigma_{из} = \frac{6}{bzR} \frac{\frac{h}{r^2}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{r_i}\right)^3} M_{кр}.$$

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.

Расчет муфты проводится в следующей последовательности.

Определяют радиус окружности центров пакетов пружин

$$R \approx 2d.$$

Назначают наибольший диаметр пакета пружин и число пакетов z в муфте.

Из технологических и конструктивных соображений задают толщину внутренней пружины, принимая $h/r = 1/10 \dots 1/25$. Диаметр меньшей пружины обычно принимают не менее 10—15 мм.

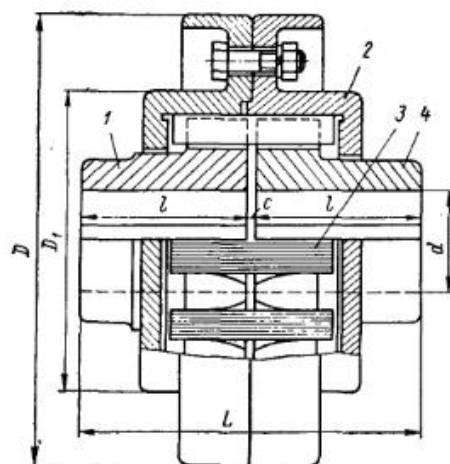


Рис. III.10. Муфта с пакетами плоских пружин

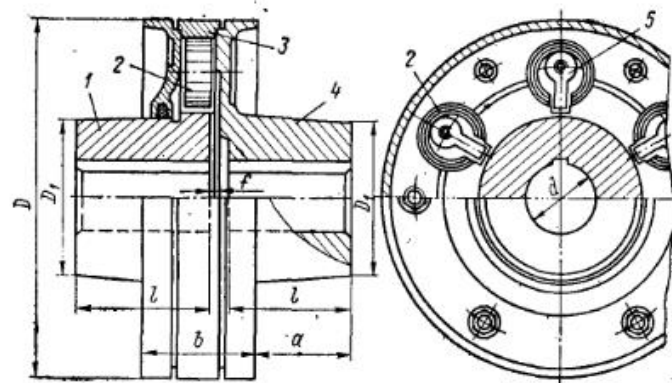


Рис. III.11. Муфта с пакетами гильзовых пружин

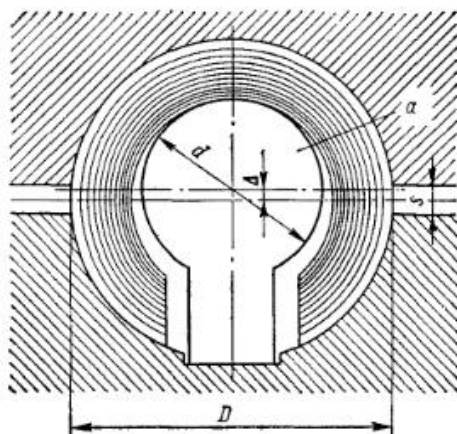


Рис. III.12. Втулка к нелинейной муфте с пакетами гильзовых пружин

По принятому отношению h/r и наибольшему диаметру пакета пружин определяют число пружин n в пакете.

Производят 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 представлена муфта, состоящая из полумуфт 1 и 3, имеющих зубья специальной формы, между которыми помещается змеевидная пружина 4. Для предохранения пружины от выпадения и удержания смазки (обычно густой) служит кожух 2.

Пружина является наиболее ответственной деталью муфты. Она изготавливается из пружинной стали с пределом прочности $\sigma_{br} = 170 \text{ кгс/см}^2$. В тяжелых муфтах пружины устанавливаются в два-три ряда. Такие муфты отличаются высокой надежностью в работе и малыми габаритами. Эти свойства обусловили довольно широкое распространение их главным образом в тяжелом машиностроении (прокатные станы, паровые турбины и т. п.), несмотря на некоторую сложность конструкции, нетехнологичность ее и необходимость контроля в эксплуатации.

Муфты допускают смещение осей соединяемых валов: осевое — от 4 до 20 мм, параллельное — от 0,5 до 3 мм, угловое — до $1^\circ 15'$ (большие значения для больших муфт).

Размеры и параметры муфт, выполненные по рис. III.13, приведены в табл. III.7.

Таблица III.7

Размеры муфт со змеевидными пружинами (рис. III.13)

$\frac{N}{n}$, в п. с. об/мин	n_{max} в об/мин	d	d_{max}	D	L	B	Масса в кг
0,005	15 000	15	31	95	37	62	3
0,03	10 000	25	63	127	50	82	7
0,15	3 000	50	89	280	76	82	23
0,6	1 500	76	114	342	102	127	68
2	900	114	152	505	139	133	274
5	750	165	228	775	278	133	615
15	600	229	330	880	328	228	912
38	450	305	456	1370	355	228	1820

Муфты могут иметь линейную или нелинейную характеристику.

Зубья муфт постоянной жесткости (линейных) имеют форму, представленную на рис. III.15. 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.16. Радиус этой поверхности выбирается таким, чтобы при увеличении крутящего момента происхо-

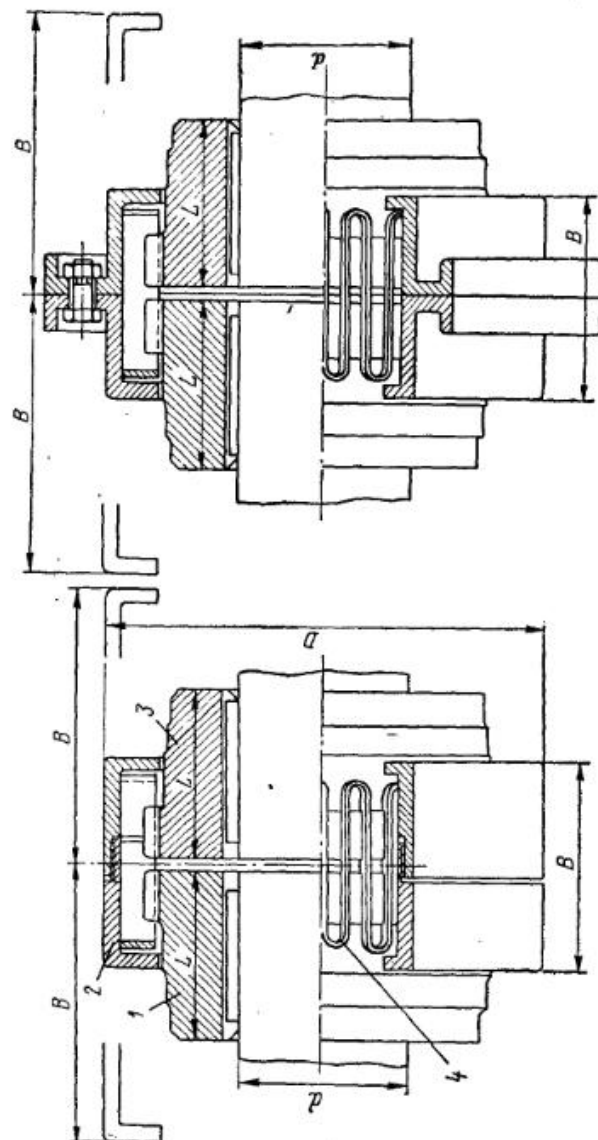


Рис. III.13. Муфта со змеевидными пружинами на цилиндрической поверхности

дило смещение места начала контакта зуба с пружиной по длине зуба, что определяет нелинейность характеристики муфты (жесткость муфты увеличивается вместе с ростом крутящего момента).

На рис. III.14 представлена муфта, змеевидная пружина которой расположена в плоскости, нормальной к оси. Муфта состоит из двух полумуфт 6 и 8 с запрессованными в них пальцами 7 и 4, змеевидной пружины 5, дистанционных колец 2, кожуха 1 и проволоочного кольца 3. Кожух 1, являясь резервуаром для смазки, вместе с тем удерживает пружину от смещений под действием сил инерции. Он центрируется полумуфтой 8 и крепится к ней проволоочным кольцом 3. Пальцы 4 и 7 могут быть заменены зубьями, расположенными на торцах полумуфт 6 и 8.

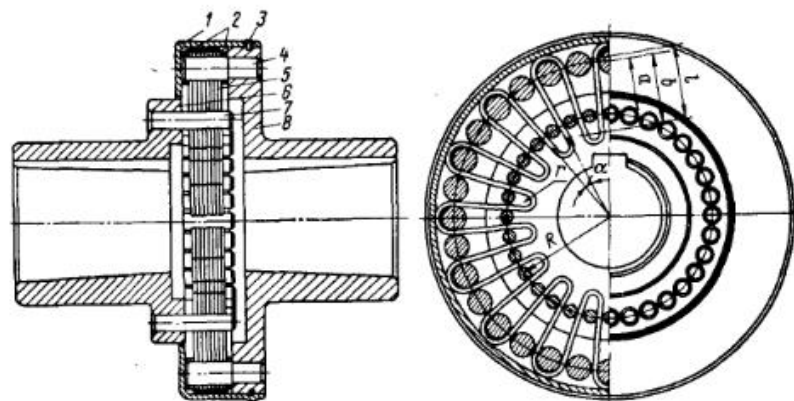


Рис. III.14. Муфта с пружиной в плоскости, нормальной к оси муфты

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) из-за малости размеров сечения пружины по сравнению с диаметром ее расположения D_{cp} пружина лежит на плоскости.

В точках А, С и Е (рис. III.17, а) выпуклость кривой переходит в вогнутость, поэтому в этих точках радиус кривизны $\rho = \infty$ и изгибающий момент $M_n = 0$.

Рассечем пружину плоскостью, перпендикулярной оси муфты и совпадающей с линией ОО. 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]

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

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

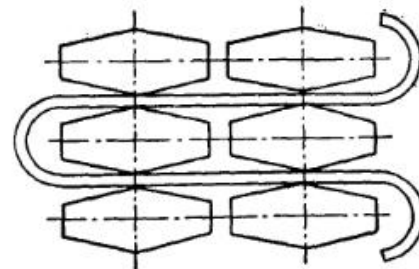


Рис. III.15. Зубья муфт постоянной жесткости

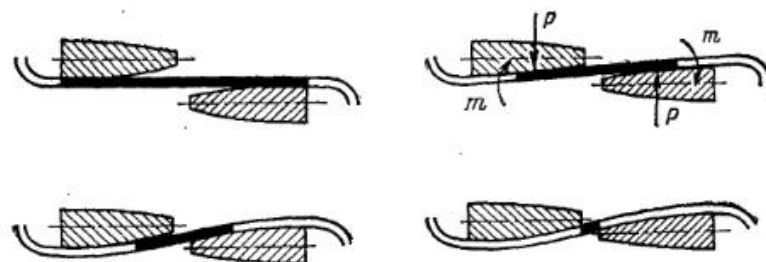


Рис. III.16. Характерные стадии деформации пружин в процессе работы

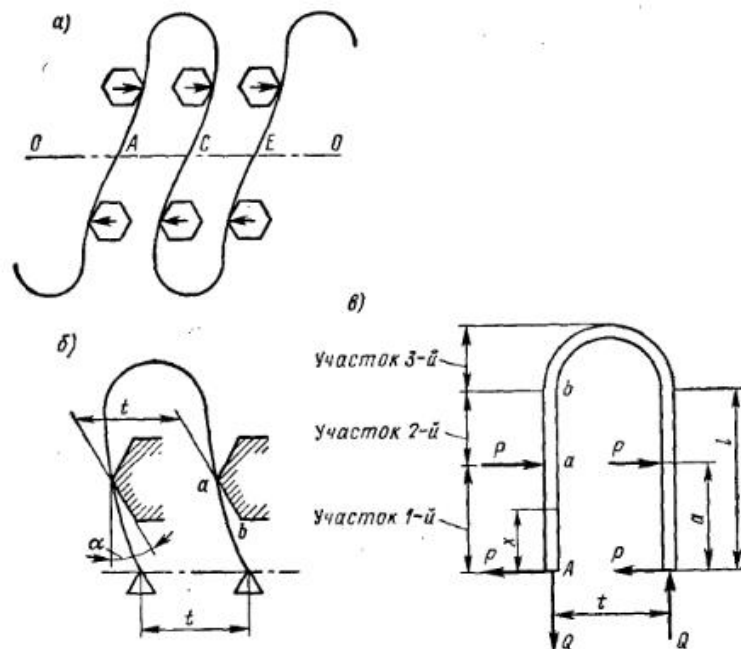


Рис. III.17. Расчетные схемы пружины линейной муфты

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

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

где α — угол наклона грани зуба к оси муфты.

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

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

Расчет линейных муфт по рис. III.13 выполняется в следующем порядке.

Задавшись средним диаметром $D_{ср}$, числом зубьев z и углом α , определяют $M_{пр}$. Пружина выбирается из условия прочности на изгиб.

Расчет нелинейных муфт рассматриваемой конструкции (рис. III.13) 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.18).

Зависимость между P и a находится из условия совпадения касательных к изогнутой оси пружины и боковой поверхности зуба в точке их соприкосновения. Зависимость угла поворота полумуфты φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ определяется выражением

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

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

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

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

Угол поворота полумуфты на линейном участке характеристики

$$\varphi_{л} = \frac{s(24l - 16s + 3\pi t)}{6\rho_1 D_{ср}};$$

на нелинейном участке характеристики

$$\varphi = \frac{s(8l - 4s + \pi t)}{2\rho_1 D_{ср}} - \frac{EJz^2 D_{ср}}{6\rho_1^3 M_{кр}^2}.$$

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

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

где $P = \frac{2M}{D_{ср}^2}$ — окружная сила на пружине.

Во избежание зацемя пружины между длинными зубьями предусматривают зазор между зубьями и пружинной (рис. III.18)

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

где $\rho_n = \frac{\rho_1 (8l - 8a + \pi t)}{8(m-a)}$ — радиус кривизны деформированной пружины на

расстоянии a от плоскости разреза муфты; $\psi = \arcsin \frac{m-a}{\rho_1}$.

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

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

где z — число витков пружины; W — момент сопротивления поперечного сечения пружины; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение изгиба; a , b , r , l , α — геометрические параметры пружины (см. рис. III.16); k_1 — коэффициент.

Значения коэффициента k_1 для круглого и прямоугольного поперечного сечений находятся по графику, приведенному на рис. III.19.

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

$$\varphi = \frac{M_{кр} l^3}{EJ R^2 z} Y, \quad (III.14)$$

где $Y = f \left(\frac{a}{l}, \frac{b}{l}, \frac{r}{l}, \alpha \right)$.

В работе [90] приведены таблицы значений Y .

Для проектировочных расчетов можно пользоваться приближенной зависимостью

$$Y = \left[0,1564 + 0,008204\alpha - (0,07167 + 0,009408\alpha \frac{b}{l}) \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right].$$

Здесь α — в град.

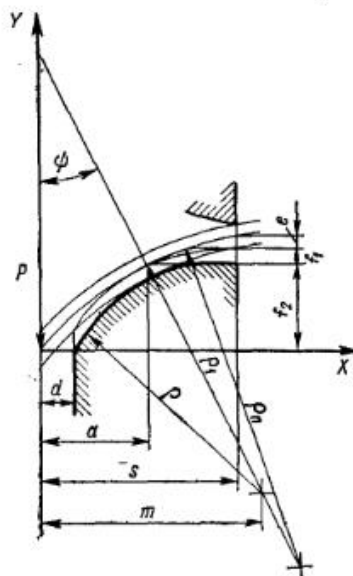


Рис. III.18. Схема работы пружины нелинейной муфты

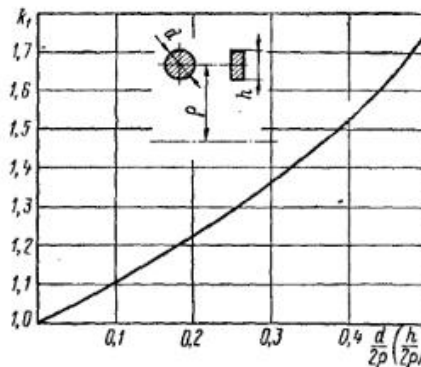


Рис. III.19. График значений коэффициента k_1

Пример расчета пружины муфты, показанной на рис. III.14. 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 равна

$$M_{кр} = \frac{4RzW \left(r + b \lg \frac{a}{2} \right) [\sigma]}{ak_1 \left(r + l \lg \frac{a}{2} \right)} =$$

$$= \frac{4 \cdot 5,5 \cdot 72 \cdot 0,1 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 1,15} = 3670 \text{ кгс} \cdot \text{см.}$$

Здесь $[\sigma] = 50\,000 \text{ кгс/см}^2$.

Угол закручивания муфты определится по формуле (III.14)

$$\varphi = \frac{M_{кр} l^3}{EJR^2 z} Y = \frac{3670 \cdot 2,8^3 \cdot 0,0175}{2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 10^{-6} \cdot 5,5^2 \cdot 72} = 4,05 \cdot 10^{-3} \text{ рад.}$$

7. МУФТЫ С ВИНТОВЫМИ ПРУЖИНАМИ

На рис. III.20 представлена муфта «Карделис» фирмы «Hochreuter Baum». 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 густой графитной смазкой.

Муфта допускает: радиальное смещение валов до $0,01D_A$ (рис. III.20); угловое смещение до 2° ; осевое смещение до $0,05D_A$.

На рис. III.21, в представлена зависимость допустимого радиального смещения осей валов от угловой скорости.

В табл. III.8 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	1,25
→ малых толчков и ударах	1,5
→ 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 мельниц, машины по переработке молока, средние станки, сушильные барабаны	2,0—2,5
Лесопильные рамы, тяжелые станки, судовой привод воздушки, приводы легких кранов и подъемников	2,5—3,0
Приводы нормальных кранов и подъемников, лебедки, транспортные машины и ворота, резиновые вальцы, поршневые компрессоры, цепные 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 станков, рольганги с одностронним вращением	4,0—5,0
Приводы прокатных станков и рольгангов с реверсом	5,0—6,0

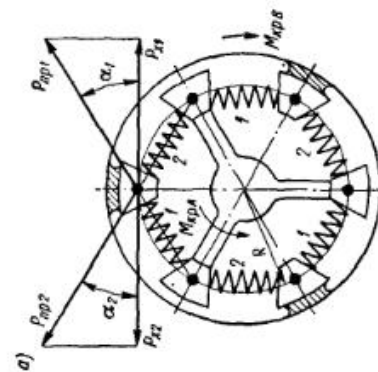
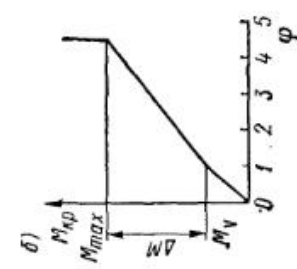
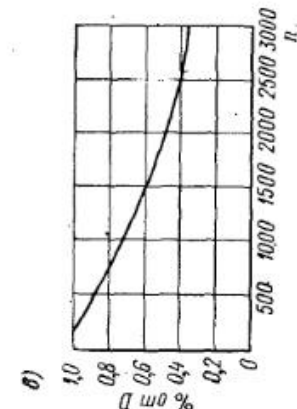
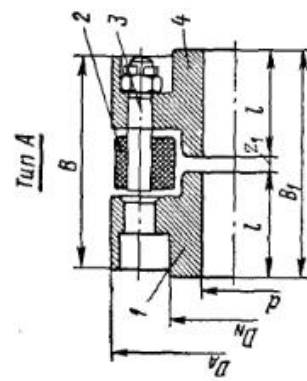
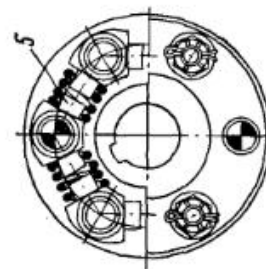
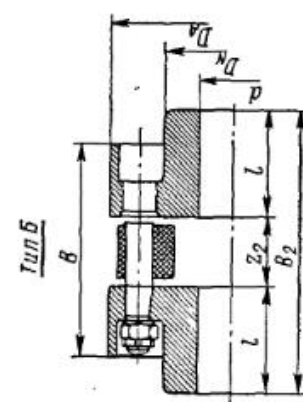


Рис. III.20. Муфта «Карделис»

Рис. III.21. Схема усилий, действующих в муфте «Карделис»

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.20)

Ведущие пальцы с конусной посадкой				Муфты с относительно малыми отверстиями (тип А)						Муфты с относительно большими отверстиями (тип Б)						Масса в кг	GD ² в кгс·м²
DA	$\frac{N}{n}$	M _{кп} в кгс·см	Частота вращения (для зубчатых) об/мин	B	d _{max}	Распределение	l	z ₁	B ₁	DN	d _{max}	Распределение	l	z ₂	B ₂		
100	0,0065	465	4200	75	25	15	45	8	98	50	28	12	45	30	120	3,2	0,0082
112	0,0098	700	3800	85	28	15	50	8	108	60	32	12	50	33	133	4,5	0,016
125	0,0138	1 000	3500	95	32	15	55	8	118	65	35	15	55	36	146	6,5	0,028
140	0,019	1 350	3200	105	35	20	60	8	128	70	40	15	60	40	160	9	0,046
160	0,025	1 800	2900	116	40	20	70	10	150	80	45	20	70	46	186	13	0,081
180	0,037	2 600	2600	130	45	25	75	10	160	90	50	20	75	50	200	17,5	0,16
200	0,052	3 750	2300	140	50	30	85	10	180	100	55	30	85	54	224	25	0,28
225	0,077	5 500	2100	155	55	35	95	10	200	115	65	35	95	60	250	35	0,48
250	0,11	7 900	1950	170	65	40	105	10	220	135	75	40	105	66	276	48	1,16
280	0,15	10 900	1800	184	75	50	115	10	240	150	90	45	115	72	302	64	1,48
315	0,20	14 300	1650	202	85	60	125	10	260	170	100	50	125	78	328	91	2,67
355	0,30	21 200	1500	220	95	65	140	10	290	190	110	60	140	86	366	128	4,61
400	0,42	30 000	1350	244	105	70	160	10	330	215	125	65	160	94	414	178	8,78
450	0,62	43 500	1200	270	120	80	180	10	370	240	140	70	180	106	466	250	14,27
500	0,87	62 000	1080	300	135	90	200	10	410	270	160	80	200	116	516	344	23,70
560	1,25	89 500	950	340	150	100	225	15	465	300	180	90	225	128	578	440	44,57
630	1,75	127 500	840	380	170	110	250	15	515	350	200	100	250	142	642	610	89,20
710	2,50	179 000	750	425	200	120	280	15	575	400	225	110	280	158	718	850	160,38

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.21, а. Крутящий момент, передаваемый муфтой,

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

где z — число сегментов на одной полу муфте; $P_{пр1}$ и $P_{пр2}$ — усилия пружин 1 и 2 (рис. III.21, 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 $\Delta \approx \Delta_0 + \varphi R$. Здесь φ — угол поворота полу муфты; Δ_0 — предварительная деформация пружины; R — см. на рис. III.21.

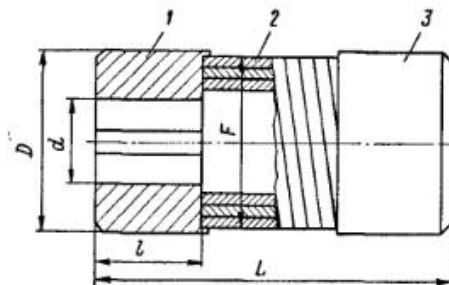


Рис. III.22. Муфта «Simplaflex» с набором концентрично расположенных винтовых пружин

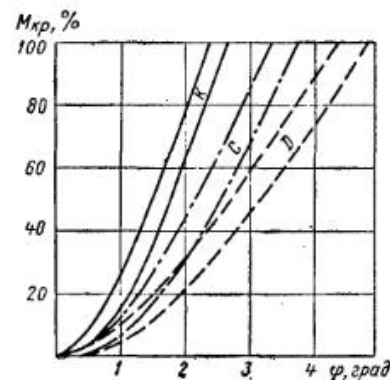


Рис. III.23. Характеристика для муфт различных длин и диаметров

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

$$C_{м1} = 2zC_{пр}R^2 \cos \alpha.$$

При углах поворота полу муфты 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.21, б).

На рис. III.22 представлена муфта «Simplaflex» с набором концентрично расположенных винтовых пружин фирмы «Lenze». Ступицы полу муфты 1 и 3 соединяются упругим элементом 2, представляющим собой трехслойную витую пружину с витками прямоугольного сечения, которая торцами впивается 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 (л).

При действии допустимого крутящего момента полумуфты поворачиваются на угол $3-6^\circ$ в зависимости от длины муфты. На рис. III.23 представлены характеристики муфт различных длин и диаметров при нагружении их крутящим моментом. Муфта допускает смещения валов $3-6\%$ от диаметра вала. Отличается малыми габаритами по диаметру, хорошими компенсирующими свойствами и простотой эксплуатации.

В табл. III.9 приведены основные размеры и параметры этой муфты.

Таблица III.9

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.23)

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс-м	Длина L			I	D	F	Диаметр	Диаметр	Диаметр	Масса в кг		
		к	с	д				предварительный	под шпунт	под штифт	к	с	д
8	0,5	35	45	50	10	21	19	3,5	8	12	0,07	0,08	0,09
12	1	50	60	70	15	26	24	5,5	12	15	0,14	0,16	0,19
14	1	50	60	70	15	30	28	7	14	19	0,15	0,17	0,20
16	2	65	80	90	20	35	32	9	16	20	0,30	0,35	0,40
19	2	65	80	90	20	38	36	10	19	25	0,32	0,37	0,42
20	4	80	95	110	25	45	40	11	22	27	0,70	0,75	0,80
24	4	80	95	110	25	48	45	13	24	31	0,75	0,80	0,85
25	9	100	120	140	31	55	50	13	28	34	1,25	1,40	1,55
28	9	100	120	140	31	55	52	15	29	35	1,35	1,50	1,65
30	15	125	150	175	37	65	60	15	32	40	2,10	2,40	2,70
35	22	150	180	210	44	75	70	19	38	45	3,50	4,00	4,50
40	30	170	200	240	50	80	75	21	44	50	4,30	4,90	5,60
50	50	210	250	300	62	100	95	24	50	64	8,30	9,60	11,00
60	90	250	300	350	75	120	115	34	60	75	14,50	16,80	19,10

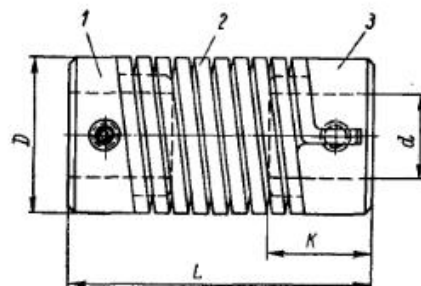


Рис. III.24. Муфта «Simpla-miniflex»

Таблица III.10

Значение коэффициента k

k	Сумма угла поворота полумуфт в град с величинами смещений валов в % от диаметра вала		
	к	с	д
1	0	0	0
1,50	1	1,5	2
2,25	2	3	4
3	3	4,5	6

Крутящий момент определяется из выражения

$$M_{кр} = 716 \frac{N}{n} ks \text{ кгс-м,}$$

где N — мощность в л. с.; n — угловая скорость в об/мин; k — коэффициент, зависящий от смещения валов и поворота полумуфт (табл. III.10); s — коэффициент, учитывающий условия эксплуатации муфты (табл. III.11).

Таблица III.11

Значение коэффициента s

Вид рабочей машины	Род двигателя		
	Электродвигатели, паровая турбина	Двигатель внутреннего сгорания с числом цилиндров	
		более 4	менее 4
Постоянная нагрузка (центробежные насосы, турбокомпрессоры, генераторы света)	1	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

На рис. III.24 представлена муфта «Simpla-miniflex» 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.

В табл. III.12 приведены основные размеры муфты.

Таблица III.12

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.24)

$M_{кр}$ в кгс-м	Поворот полумуфт φ в град	D	d	K	L
0,05	5	16	3—8	12,5	35
0,2	5	26	6—14	17	50

8. МУФТЫ СО СТЕРЖНЕВЫМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

На рис. III.25 представлена муфта со стальными стержнями, отличающаяся сравнительной простотой конструкции и технологичностью. Полумуфты 1 и 2 соединяются упругими элементами 4, выполненными в форме цилиндрических стержней, расположенных по окружности. Крышки 3 удерживают стержни от

Зависимость угла закручивания φ от величины крутящего момента $M_{кр}$ на линейном участке характеристики определяется выражением

$$\varphi = \frac{8s^3 M_{\text{Kp}}}{3EJ_z D^2},$$

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

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

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

86

$$C = \frac{dM_{\text{кр}}}{d\Phi} = \frac{3M_{\text{кр}}^3 \rho^3}{E^2 J^2 z^2 D}.$$
$$\sigma_n = \frac{32EJ}{\rho\pi d^3},$$

Предельный крутящий момент на муфте

$$M_{\text{пред}} = \frac{EJzD}{2\psi_{\text{ср}}},$$

При расчете определяют:

а) диаметр стержня d , задавшись $D = (2 \div 3,5) d_{\text{вал}}$,

$$d = \frac{4 [\sigma]_n D_5^2 (3 - \psi^2)}{3 E \Phi},$$

где $[\sigma]_н$ — допустимое напряжение изгиба материала стержня; $\xi = \frac{s}{D}$;

б) число стержней

$$z = \frac{64\xi\psi M_{\text{пред}}}{\pi [\sigma]_{\text{ср}} d^3};$$

в) радиус кривизны гнезда в осевом сечении

$$\rho = \frac{Ed}{2\sigma_H}.$$

Муфты с неметаллическими, преимущественно резиновыми, упругими элементами получили весьма широкое распространение в современном машиностроении благодаря сравнительно простоте конструкции и дешевизне изготовления, высоким компенсационным свойствам и хорошей демпфирующей способности. Они обладают также электроизолирующей 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.

Муфта с резиновой звездочкой по ГОСТ 14084—68 (рис. III.27) 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.

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

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. III.27)

Обозначение	d	D	L	M _{кр} в кгс·м	n в об/мин	GD ² в кгс·м ²	Масса в кг	Поз. 1, 2 (полуфута)		Поз. 3 (звездочка)	Винт по ГОСТ 1479-64	Кольца по ГОСТ 2833-65
								Количество в шт.				
								2	1			
Обозначение												
12-32	12	32	62	0,3	6300	0,0002	0,281	12-32/1	32/2	M6×8-051	22	
14-32	14							14-32/1				M6×6-051
16-40	16	40	70	0,6	5000	0,0006	0,449	16-40/1	40/2	M6×8-051	28	
18-40	18							18-40/1				
20-50	20	50	89	1,5	4500	0,0014	0,672	20-50/1	50/2	M8×10-051	32	
22-50	22							22-50/1				M8×8-051
25-60	25	60	101	2,5	4000	0,0034	1,085	25-60/1	60/2	M8×10-051	40	
28-60	28							28-60/1				
32-80	32	80	138	6	3500	0,0115	2,331	32-80/1	80/2	M10×14-051	50	
36-80	36							36-80/1				M10×12-051
40-100	40	100	188	12	3000	0,0391	5,115	40-100/1	100/2	M10×16-051	60	
45-100	45							45-100/1				M10×14-051

Муфта допускает радиальное смещение валов 0,2 мм, угловое смещение — 1° 30'. Размеры муфт приведены в табл. III.13.

Муфта фирмы «Pouille» (рис. III.28) состоит из одинаковых полумуфт 1 и 3, имеющих торцовые кулачки, и резинового упругого элемента 4, выполненного в форме звездочки. Винты 2 фиксируют полумуфты на валах. Лучи звездочки располагаются между кулачками полумуфт и работают на сжатие при действии кру-

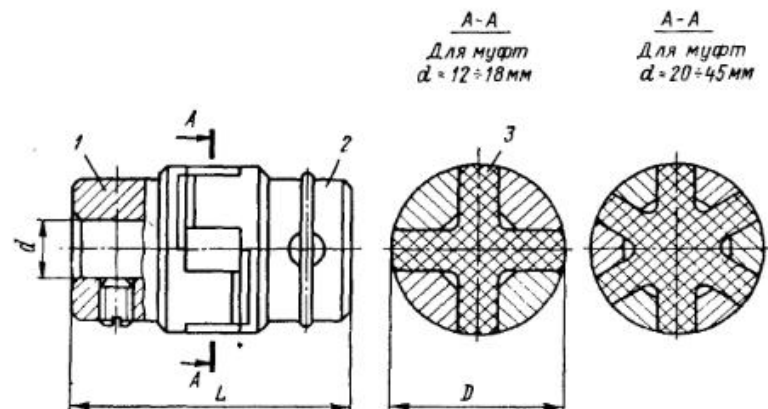


Рис. III.27. Муфта со звездочкой

тящего момента. Для улучшения компенсационной способности муфты звездочка центрируется по внутренней части кулачков на одной полумуфте и не касается той же части кулачков второй полумуфты.

Упругий элемент муфты выпускается двух типов: 1) поверхность луча звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по сфере (первоначальный

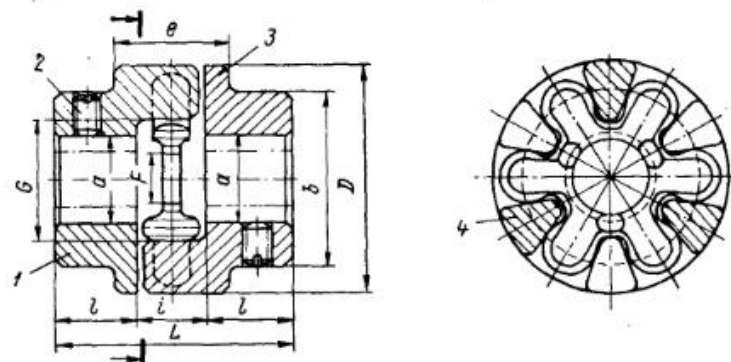


Рис. III.28. Муфта «Pouille» со звездочкой

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 $\gamma = 16^\circ$, нагревание упругого элемента до 90°C . Со звездочкой второго типа муфта допускает угловое смещение валов $\gamma = 10^\circ$, нагревание упругого элемента до 80°C .

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

В табл. III.14 приведены основные размеры муфты, а в табл. III.15 — ее параметры.

Таблица III.14

Размеры муфты (рис. III.28) в мм

Обозначение	а		b	c	F	G	l	L	l
	Чугун	Сталь							
34	12	14	25	16	12±0,3	19±0,3	10+0,5	34	12
44	16	18	32	20	16±0,3	24±0,3	12+0,5	44	16
60	22	24	40	27	22±0,3	32±0,4	16+0,5	60	22
78	28	30	50	36	28±0,4	41±0,4	2+1,0	79	28
104	38	40	65	44	38±0,4	54±0,5	28+1,0	104	38
134	50	53	85	52	50±0,5	68±0,6	34+1,5	134	50

Таблица III.15

Параметры муфты (рис. III.28)

Обозначение	M _{кр} в кгс·м для муфт		Мощность при 100 об/мин для муфт				n _{max} в об/мин	Масса в кг
	1-го типа	2-го типа	1-го типа	2-го типа	1-го типа	2-го типа		
			л. с.		кВт			
34	0,18	0,36	0,025	0,05	0,018	0,037	8000	0,13
44	0,43	0,86	0,06	0,12	0,044	0,088	7000	0,27
60	1,15	2,30	0,16	0,32	0,118	0,236	6000	0,68
78	2,50	5,00	0,35	0,70	0,258	0,515	5200	1,30
104	6,00	12,00	0,85	1,70	0,626	1,25	4500	3,00
134	14,30	28,60	2,00	4,00	1,47	2,94	4000	6,60

На рис. III.29 представлена муфта фирмы «Stromag», отличающаяся малой жесткостью при кручении (при M_{max} φ = 15°), сравнительной простотой конструкции и малыми габаритами. Одинаковые полумуфты 1 и 3 имеют на торцах фланцев по четыре кулачка 4, расположенных парами. Упругий 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 на звездочку. При этом зуб звездочки работает на изгиб, а участки звездочки через один — на растяжение и сжатие.

В табл. III.16 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты (M_{ном} — длительно действующий момент; M_{max} — пиковый кратковременный момент).

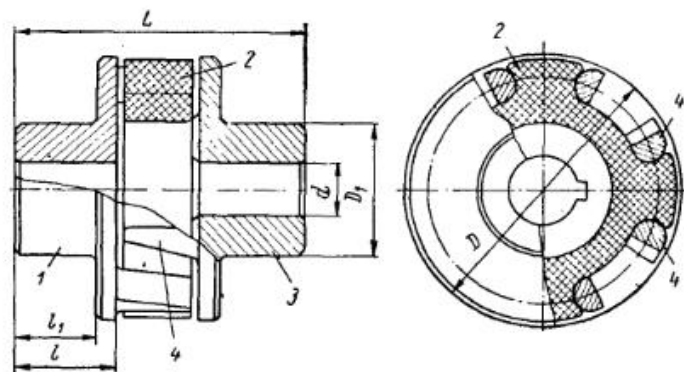


Рис. III.29. Муфта «Guriflex» фирмы «Stromag»

Таблица III.16

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.29)

M _{кр} в кгс·м		n в об/мин	D	D ₁	d	L	l	l ₁	Масса в кг	GD ₂ в кгс·м²
M _{ном}	M _{max}									
2,5	5	7000	75	44	15—30	80	30	23,5	0,75	0,002
5	10	6000	90	52	20—35	100	35	26,5	1,4	0,005
10	20	5000	112	61	22—40	125	45	35,5	2,6	0,015
16	32	4000	130	71	22—45	135	45	34,5	4,0	0,03
25	50	4000	150	79	25—55	155	55	43,5	5,5	0,06
40	80	3000	180	99	30—65	185	65	51,5	10	0,16

10. МУФТЫ ПАЛЬЦЕВЫЕ С УПРУГИМ ДИСКОМ

Муфты пальцевые 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.

На рис. III.30 показана муфта с резиновым диском без армирования. Эти муфты просты, технологичны, но передают небольшие крутящие моменты, поскольку высокая местная концентрация внешней нагрузки на цилиндрических поверхностях отверстий вызывает образование и развитие трещин в диске.

Для увеличения нагрузочной способности и долговечности муфт, работающих при смещенных валах, применяется армирование отверстий под пальцы (рис. III.31). Нагрузочная способность дисков значительно увеличивается в случае привулканизации армирующих деталей.

Известны также муфты с составным резино-металлическим диском (рис. III.32): резиновые 2 и металлические 1 секторы соединяются вулканизацией.

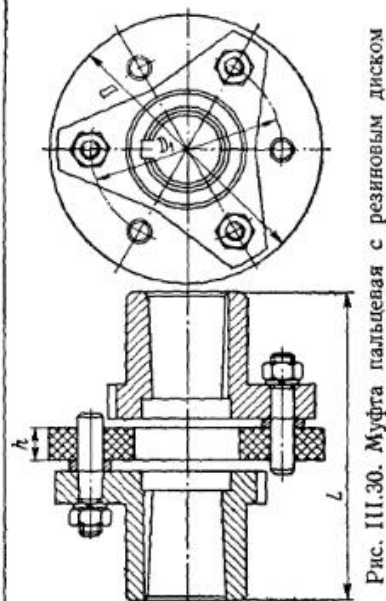


Рис. III.30. Муфта пальцевая с резиновым диском

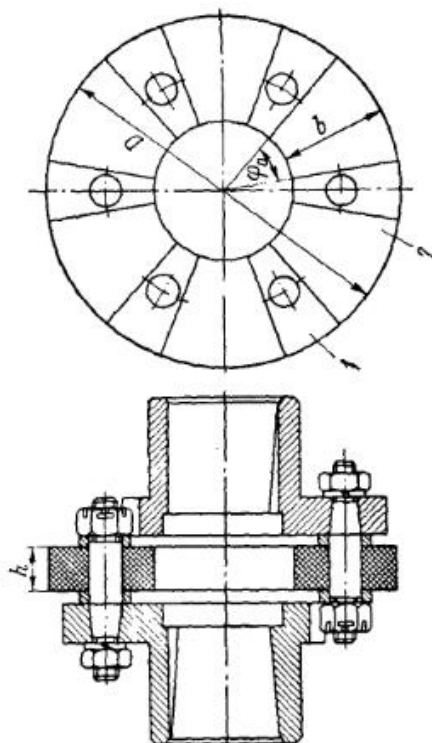


Рис. III.32. Муфта пальцевая с резино-металлическим диском

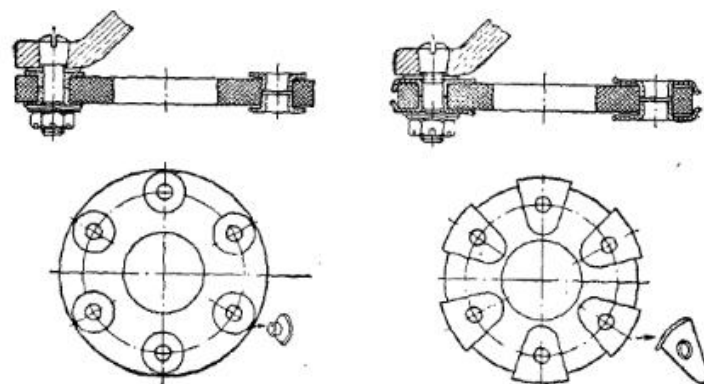


Рис. III.31. Примеры армирования дисков

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], [61], [62] имеются расчеты дисков муфты, представленные на рис. III.30 и III.32. Предполагая

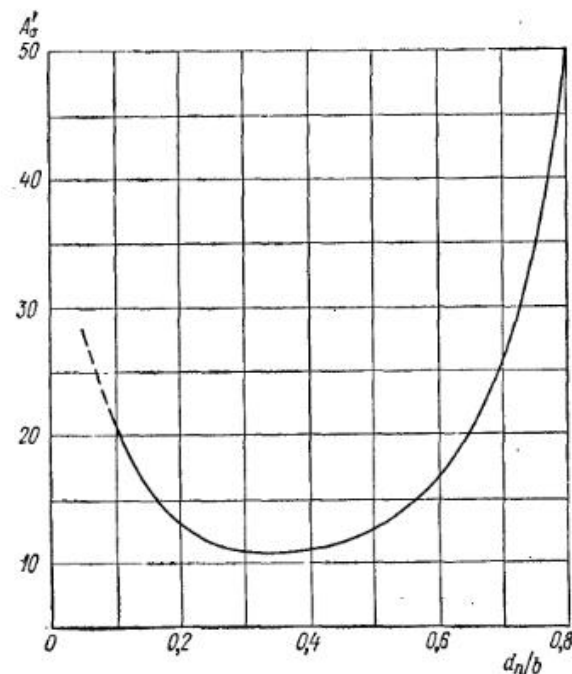


Рис. III.33. Зависимость коэффициента A_{σ}^1 от d_n/b

применимость закона Гука к резине, максимальное напряжение растяжения в неармированном диске, имеющем шесть пальцев, можно выразить следующим образом:

$$\sigma = \frac{M_{кр}}{4bhD_1} A_{\sigma}^1.$$

где $b = \frac{D - D_2}{2}$ и h — соответственно ширина и высота сечения кольцевого диска в см (рис. III.30); D_1 — диаметр расположения пальцев в см; D_2 — внутренний диаметр диска в см; A_{σ}^1 — безразмерный параметр, зависящий от отношения d_n/b ; d_n — диаметр отверстия в диске под палец.

Значения коэффициента A_{σ}^1 приведены на графике рис. III.33.

Минимум напряжений (рис. III.33) наблюдается при $d_n/b = 0,3 - 0,35$. Если диск выполнен с соблюдением этого соотношения, то наибольшее напряжение растяжения в кгс/см²

$$\sigma = 2,75 \frac{M_{кр}}{bhD_1}.$$

$$C = \frac{3\pi}{4A_1} E h D_1^2,$$

где E — модуль упругости материала диска в кгс/см²; A_c^I — безразмерный параметр, зависящий от отношения d_n/b .

Значения коэффициента A_c^I

d_n/b	0,2	0,3	0,4	0,5
A_1^1	4,33	3,45	2,77	2,25

На рис. III.34, а приведена конструкция пальцевой муфты с упругим диском, разработанная на кафедре деталей машин ЛПИ им. Калинина.

В зоне максимальных напряжений, возникающих от передачи крутящего момента, предусмотрено местное усиление диска (бобышки). Предложен параметрический ряд ралцевых муфт с упругим диском (табл. III.17). Основные геометрические размеры дисков определялись при допуске напряжении растяжения, равном 12 кгс/см^2 . В таблице приведены также основные параметры муфт с резино-металлическими дисками (металлические втулки привулканизированы) — (рис. III.34, б). Наибольшие напряжения в резино-металлических дисках (рис. III.32), вызванные действием крутящего момента,

$$\sigma = A_{\sigma} \frac{M_{\kappa p}}{k h R^2}, \quad (\text{III.15})$$

где k — число пальцев, принадлежащих одной подмудфте; R — радиус расположения пальцев в см; A_g — безразмерный коэффициент, зависящий от отношения b/R и φ_0^2 (см. рис. П.24).

Крутильная жесткость муфты

$$C = A_c k E h R^2, \quad (\text{III.16})$$

где A_c —безразмерный коэффициент, зависящий от отношения b/R и Φ_0 (рис. II.27).

Напряжения в дисках в зависимости от величины угла перекося валов γ

$$\sigma = \frac{3Eh}{R\varphi_0^2} \gamma. \quad (\text{III.17})$$

Угловая жесткость муфты

$$C_Y \approx 1,15 \frac{E\delta h^3 k}{R\Phi_0^3}. \quad (III.18)$$

Расчетные зависимости для определения напряжений в диске, вызванных осевым смещением полумуфты, 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

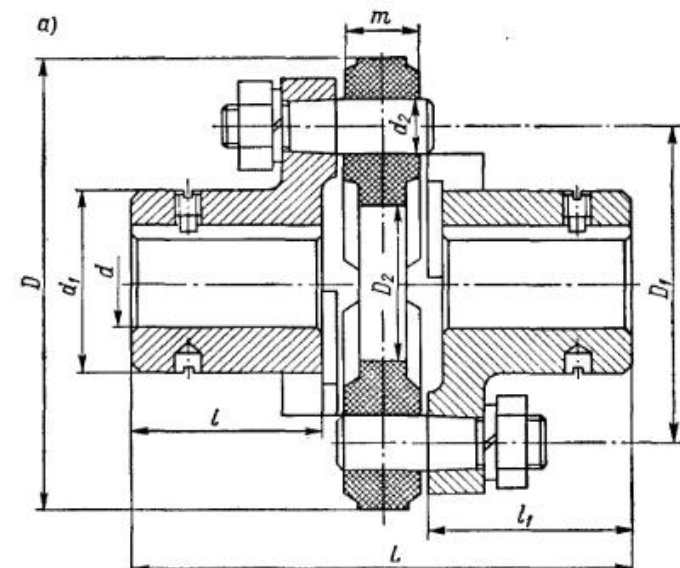
$$\sigma = \frac{3Eh}{(\varphi_0 R)^2} \delta.$$

Осевая жесткость муфты

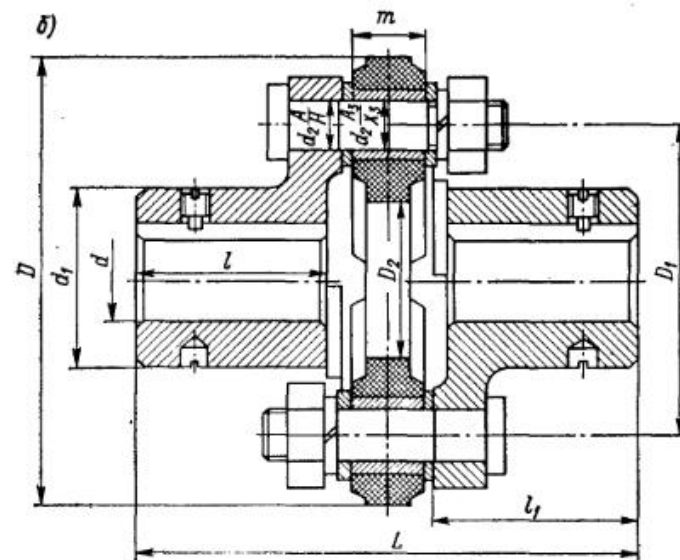
$$C_\delta = 2,15 \frac{Eb h^3 k}{(\varphi_0 R)^3}.$$

¹ Для резины твердостью 70—75 по ГОСТ 263—53.

³ Здесь и далее угол Φ_0 выражен в рад.



Исполнение I (МД1)



Исполнение II (МД2)

Рис. III.34. Муфты пальцевые с упругими дисками, конструкции ЛПИ им. М. И. Калинина

Размеры (в мм) и параметры муфт (по рис. III.34)

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

Примечание: γ — допускаемое угловое смещение валов при Δ и δ, близких к нулю;
 Δ — допускаемое осевое смещение валов при γ и Δ, близких к нулю;
 δ — допускаемое радиальное смещение вала при γ и δ, близких к нулю.

Наибольшее напряжение в диске, вызванное радиальным смещением валов Δ, и радиальная жесткость муфты

$$\sigma = B_{\sigma} \frac{E\Delta}{12R}; \quad C_{\Delta} = B_c \frac{Ehk}{12}.$$

Здесь B_{σ} и B_c — безразмерные коэффициенты, зависящие от параметров Φ_0 и b/R (рис. II.25 и рис. II.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 жесткости 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.

Пр и м е р. Определить крутильную и угловую жесткости пальцевой муфты с резиново-металлическим диском (рис. III.32), а также произвести проверочный расчет на прочность диска муфты при следующих данных:

Крутящий момент, передаваемый муфтой $M_{кр}$, в кгс·см	300
Угловое смещение валов γ в рад	0,025
Радиус расположения пальцев муфты R в см	5
Число пальцев одной полумуфты k	3
Ширина сечения диска b в см	4,5
Толщина диска h в см	1,75
Угол, характеризующий упругую часть диска между двумя смежными пальцами, Φ_0 в рад	0,6
Модуль упругости резины E в кгс/см ²	32

Характер нагружения муфты: нагрузка реверсивная, частые остановки и пуски. Крутильная жесткость муфты находится по формуле (III.16)

$$C = A_c k E h R^2 = 3,2 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 1,75 \cdot 5^2 = 13 \, 400 \text{ кгс·см/рад.}$$

Значение коэффициента $A_c = 3,2$ найдено по графикам, приведенным на рис. II.27 для случая $\Phi_0 = 0,6$ и $b/R = 0,9$.

Угловая жесткость определяется по формуле III.18

$$C_{\gamma} = 1,15 \frac{E b h^3 k}{R \Phi_0^3} = 1,15 \frac{32 \cdot 4,5 \cdot 1,75^3 \cdot 3}{5 \cdot 0,6^3} = 2480 \text{ кгс·см/рад.}$$

Реактивный момент, действующий на вал в результате смещения,

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

Напряжение в опасной точке резино-металлического диска, обусловленное крутящим моментом, находится по формуле (III.15)

$$\sigma_1 = A_{\sigma} \frac{M_{кр}}{k h R^2} = 1,04 \frac{300}{3 \cdot 1,75 \cdot 5^2} = 2,38 \text{ кгс/см}^2.$$

Коэффициент $A_{\sigma} = 1,04$ найден по графикам, приведенным на рис. II.24 при $\Phi_0 = 0,6$ и $b/R = 0,9$.

Напряжение в расчетной точке диска, вызванное смещением, определяется по формуле (III.17)

$$\sigma_2 = \frac{3 E h}{R \Phi_0^2} \gamma = \frac{3 \cdot 32 \cdot 1,75}{5 \cdot 0,6^2} \cdot 0,025 = 2,33 \text{ кгс/см}^2.$$

Суммарное напряжение в расчетной точке

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

Напряжение, вызванное угловым смещением, меняется по симметричному знакопеременному циклу. При реверсивной работе муфты и частых остановках и пусках можно принять, что напряжения, вызванные крутящим моментом, также меняются по симметричному циклу. В таком случае можно принять допускаемые напряжения равными [64] $[\sigma] = 0,15 E = 4,8 \text{ кгс/см}^2$. Таким образом, условие прочности выполнено.

Пальцевая муфта с диском «Straflex» фирмы «Paulstra» (рис. III.35). Упругий элемент 1 в форме шестигранника с 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 винтов с гайками. Муфта предназначена для передачи больших крутящих моментов.

При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 2°.

Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ в мм	1—3
Радиальное смещение осей валов Δ в мм	0,1—1
Угловое смещение осей валов γ в град:	
при постоянном смещении	1—5
» кратковременном смещении	5—10

В табл. III.18 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица III.18

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.35)

$M_{кр}$ в кгс·м	$n_{цех}$ в об/мин	A	B	C_{max}	D	E	F	G	H	J	K	L	M
7,5	6000	78	80	30	50	32	12	8	7,8	—	—	41	32
10	5500	98	116	32	65	43	15	14	10	6	16	46	45
15	5500	98	116	32	65	43	15	14	10	6	16	46	45
20	5000	124	146	42	85	54	18	18	12	8	20	58	54
30	5000	124	146	42	85	54	18	18	12	8	20	58	54
40	4500	144	177	50	100	65	21	22	14	10	23	68	65
60	4500	144	177	50	100	65	21	22	14	10	23	68	65
80	3500	182	214	70	132	82	26	28	16	12	30	92	80
120	3500	182	214	70	132	82	26	28	16	12	30	92	80
160	2800	232	280	100	170	102	32	35	20	14	32	126	110
240	2800	232	280	100	170	102	32	35	20	14	32	126	110
320	2400	268	340	110	190	130	42	44	24	16	37	142	123
480	2400	268	340	110	190	130	42	44	24	16	37	142	123
600	2000	330	424	145	240	136	48	44	24	16	37	184	160

Муфта «Megiflex» фирмы «Vulcan» (рис. III.36). Полумуфты 1 и 4 поочередно соединяются с упругим элементом 5 болтами 3. Резино-металлический упругий элемент 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 их перед монтажом стягивают обечайкой таким образом,

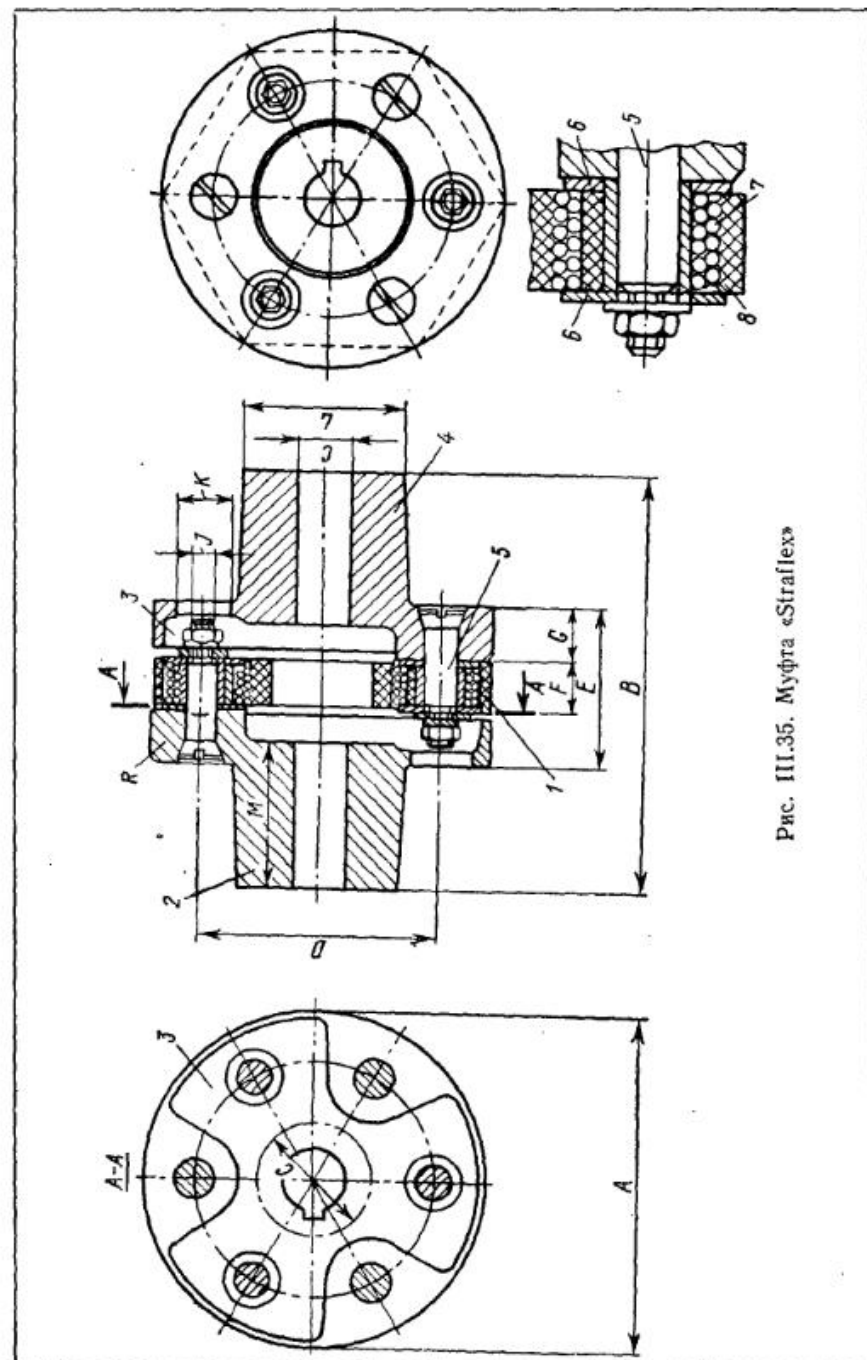


Рис. III.35. Муфта «Straflex»

чтобы уменьшился диаметр D . При этом резина испытывает предварительное сжатие и при действии переменного крутящего момента в ней не возникает значительных напряжений.

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

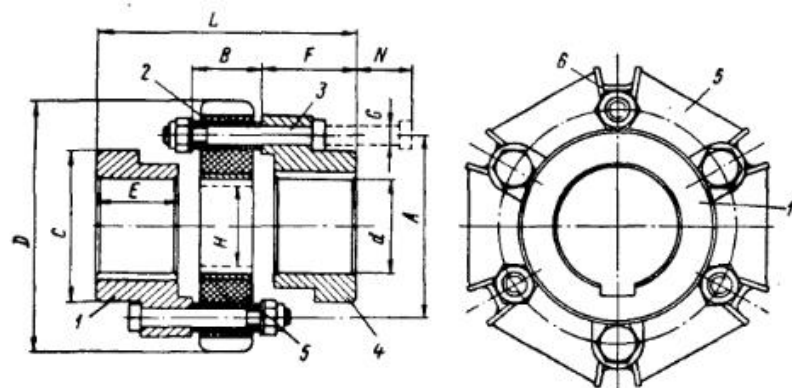


Рис. III.36. Муфта «Megiflex»

В табл. III.19 приведены размеры муфт, а в табл. III.20 — их параметры.

Таблица III.19

Размеры муфты (рис. III.36) в мм

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

Таблица III.20

Параметры муфты (рис. III.36)

Обозначение	M _{кр} в кгс·м			Угол поворота в град		n в об/мин	Осевое смещение в мм	Осевая жесткость в кгс/мм	Радиальное смещение в мм	Радиальная жесткость в кгс/мм	Угловое смещение в град	Угловая жесткость в кгс·м/град	Крутильная жесткость динамическая в кгс·см/рад	Масса в кг	GD ² в кгс·м ²
	длительный	кратковременный	переменный	длительный	кратковременный										
45	1,2	3,0	±0,6	9,5	19,6	9000	4	2	3	—	8	—	0,94·10 ³	0,5	0,0004
55	2,0	5,0	±1,0	11,6	24	7000	4	3	3	—	8	—	1,25·10 ³	0,8	0,0008
65	4,0	10	±2	9,5	19,5	6000	5	5	3	15	8	0,08	3,1·10 ³	1,3	0,002
76	8,0	20	±3,5	13	26	5000	6	6,7	4	15	8	0,14	4,6·10 ³	1,7	0,004
85	10,0	25	±4	11	23	4500	6	6,5	4	15	8	0,14	6,7·10 ³	2,3	0,007
100	16,0	40	±8	8,5	19	4000	7	10,5	6	19	8	0,28	14·10 ³	3,3	0,02
132	27	65	±14	7,3	16,8	3000	9	6,0	6	35	8	0,45	25·10 ³	5,9	0,08
150	40	100	±20	9	20,8	2700	12	8,0	9	35	8	—	33·10 ³	9,0	0,16
170	55	140	±27	7,8	18,4	2300	12	9,5	9	40	8	—	52·10 ³	13	0,26
186	80	200	±40	9,6	21,5	2100	12	12	12	45	8	—	62·10 ³	16	0,43
210	120	300	±60	4,2	9,8	1900	11	25	12	85	6	—	180·10 ³	27	0,78
240	180	450	±90	4,7	11,5	1700	12	36	15	100	6	—	260·10 ³	36	1,5
280	240	600	±120	4,5	10,9	1400	14	40	15	110	6	—	350·10 ³	50	3,2

Муфта «Juboflex» фирмы «Paulstra» показана на рис. III.37.

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 упругого элемента с болтами завулканизированы пластины 2. Для повышения срока службы резинового упругого элемента его изготавливают несколько больших размеров и перед монтажом муфты стягивают обечайкой, вызывающей уменьшение размеров (на чертеже не показана), которая удаляется после присоединения упругого элемента к полумуфтам. Таким образом, резина упругого элемента оказывается

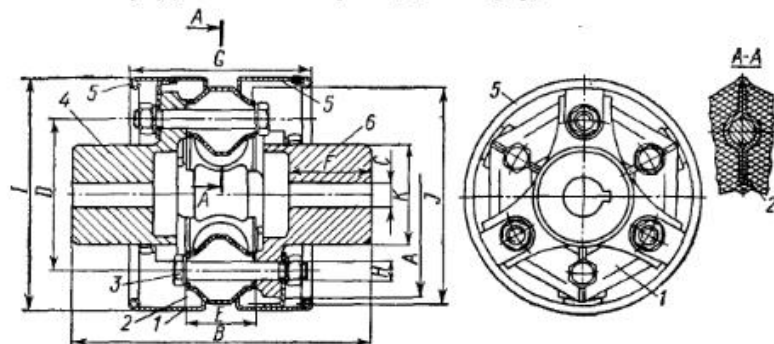


Рис. III.37. Муфта «Juboflex»

предварительно сжатой. Благодаря предварительному сжатию на всех участках упругого элемента при работе муфты имеют место напряжения одного знака, что повышает срок ее службы.

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

Осевое смещение полумуфт δ в мм	2—5
Радиальное смещение осей валов Δ в мм	1—2
Угловое смещение осей валов γ в град:	
при постоянном смещении	2—5
при кратковременном смещении	8—12

(Большие значения следует принимать для крупных муфт.)

В табл. III.21 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица III.21

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.37)

$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	A	B	C_{min}	C_{max}	D		E	F	G	H	I	J		K
						сжат.	своб.						сжат.	своб.	
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	120	128	117	56
16	4500	135	196	15	45	110	100	46	64	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

Муфта «Miniflex» фирмы «Paulstra» приведена на рис. III.38. 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 стержней круглого

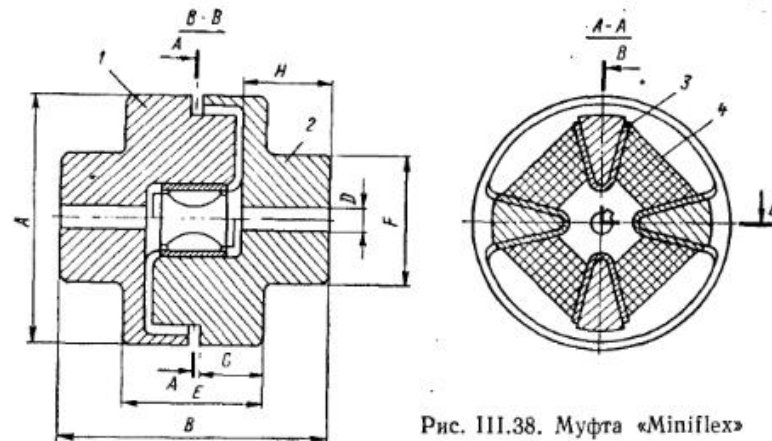


Рис. III.38. Муфта «Miniflex»

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°) и хорошо компенсирует радиальное смещение валов (допустимое смещение 1—2 мм).

В табл. III.22 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Пальцевая муфта «Doppel-flex» фирмы «Heinrich Desch» показана на рис. III.39. Муфта отличается простотой конструкции, малыми габаритами, надежностью в работе.

Одинаковые полумуфты 1 и 4 соединяются через пальцы 3, запрессованные в полумуфты, и упругий элемент

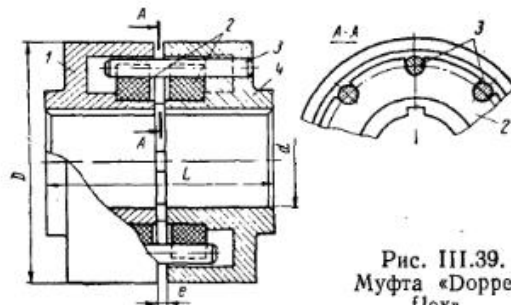


Рис. III.39. Муфта «Doppel-flex»

Таблица III.22

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.38)

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

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 по Шору 50—60. В табл. III.23 приведены размеры муфты в зависимости от $M_{кр} = M_n k$, где $k = k_1 k_2$ — коэффициент динамичности нагрузки [107] — см. на стр. 80.

Таблица III.23

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.39)

$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в 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
4,3	7 000	18—35	90	83	3
8,6	6 300	24—40	100	104	4
17,9	5 000	30—50	125	124	4
35,8	3 900	35—60	160	145	5
71,6	3 100	40—80	200	175	5
143	2 500	50—100	250	226	6
286	2 000	60—125	315	286	6
572	1 500	90—160	400	367	7
1145	1 200	110—200	500	457	7

Муфта с резиновой шайбой «Schwingmetall» показана на рис. III.40. Фирма «Continental-Gummwerke A. G.» выпускает эту муфту в двух исполнениях: исполнение I (рис. III.40, а) — для малых крутящих моментов; исполнение II (рис. III.40, б) — для средних и больших крутящих моментов.

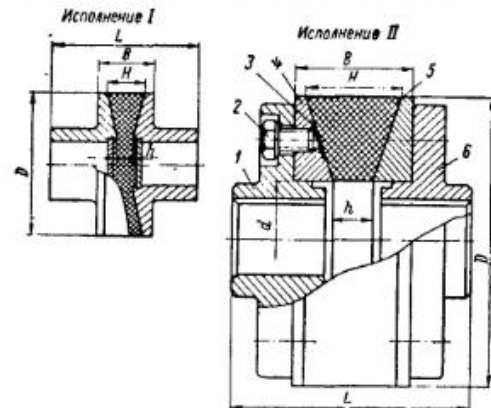


Рис. III.40. Муфта с привулканизированной резиновой шайбой «Schwingmetall»

Муфта, приведенная на рис. III.40, б, состоит из одинаковых полумуфт 1 и 6, соединенных резино-металлическим упругим элементом 5 с помощью винтов 2. В резино-металлическом упругом элементе резина привулканизирована к коническим металлическим кольцам 4, благодаря чему в резине возникает равномерное напряженное состояние при действии крутящего момента. Прочность вулканизации падает с повышением температуры и при циклическом характере нагрузки. Резьбовые отверстия в кольцах 4 закрываются стальными заглушками 3 от попадания резины.

Металлические детали изготовляются из алюминия или чугуна для малых муфт или из среднеуглеродной стали — для больших муфт.

При действии крутящего момента $M_{кр}$ полумуфты повернутся на угол φ

$$\varphi = \frac{1,5 M_{кр} H}{\pi G \frac{D}{2} \left(\frac{D^3}{8} - \frac{d^3}{8} \right)} = \frac{24 M_{кр} H}{\pi G D (D^3 - d^3)},$$

где G — модуль упругости резины при сдвиге; H , D и d — см. на рис. III.40. При этом в резине возникнут касательные напряжения

$$\tau = \frac{12 M_{кр}}{\pi (D^3 - d^3)}.$$

Обычно $[\tau] = 2-3$ кгс/см².

Напряжения на поверхности контакта резины с металлом

$$\tau_1 = \frac{\tau D}{\sqrt{D^2 + H^2}}.$$

Радиальное смещение полумуфт

$$\Delta = \frac{2 P H}{\pi G D (D - d)}.$$

Угол перекося полумуфт

$$\gamma = \frac{48 M_n H}{\pi E k D (D^3 - d^3)},$$

где M_n — изгибающий момент; E — модуль упругости 1-го рода для резины; k — коэффициент, учитывающий ужесточающее влияние привулканизированных

Таблица III.24

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. III.40)

Исполнение	$M_{кр}$ в кгс·м	D	d	B	H	h	L
I	0,4	40	—	16	12	8	40
	1,4	60	—	22	18	12	60
	3,2	80	—	30	25	14	80
	6,4	100	—	40	34	20	100
II	10,7	120	45	50	38	20	—
	20	150	60	60	46	24	—
	34,3	180	80	65	47	25	—
	46,4	200	90	70	50	26	—
	89,2	250	120	75	53	29	—
	100	280	140	80	60	32	—
	150	300	150	85	61	35	—
	228	350	200	85	73	45	—
	366	400	200	116	100	56	—
	653	480	220	120	100	50	—
	928	540	250	96	70	40	—
	1575	660	360	110	90	50	—

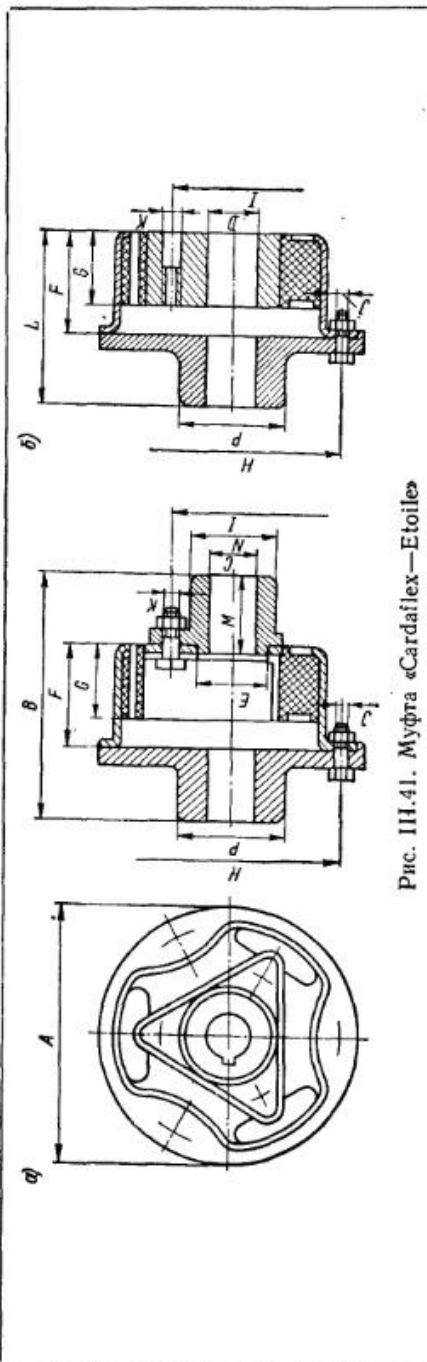


Рис. III.41. Муфта «Cardallex—Etoile»

Таблица III.25

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.41)

$M_{кр}$ в кгс·м	$n_{\text{в оо/ник}}$ тах	A	B	C_1 min	C_1 max	C_2 min	C_2 max	D_{min}	D_{max}	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P
1,5	7500	60	64	6	12	6	18	10	14	20	24	20	52	30	4	5	44	23	20	30
3	7000	80	88	6	16	6	24	10	21	24	32	26	68	42	6	7	60	31	26	40
5	6500	100	100	6	19	6	28	16	28	30	40	28	86	52	6	8	70	33	34	45
8	6000	115	125	8	20	8	30	17	28	30	45	35	100	52	7	9	85	44	32	50
12	5500	125	140	8	25	8	36	20	36	36	50	35	108	64	8	10	95	49	40	55
16	5000	150	155	8	32	8	42	22	42	42	55	43	130	76	10	12	105	55	49	60
52	4500	200	203	10	42	10	56	30	56	56	73	57	175	100	12	16	138	71	67	80
90	4000	250	250	12	70	12	70	38	72	70	90	72	225	127	12	20	170	87	86	100

металлических деталей (из эксперимента $k = 1,5$); остальные обозначения см. на рис. III.40.

В табл. III.24 приведены основные размеры муфты в зависимости от $M_{кр} = M_{нk}$ (k см. в табл. III.29).

Муфта «Cardallex-Etoile» фирмы «Paulstra» приведена на рис. III.41. Полу-муфты соединяются резино-металлическим упругим элементом, состоящим из наружного фасонного металлического корпуса и внутренней металлической части треугольной формы, к которым привулканизирована резина в трех местах

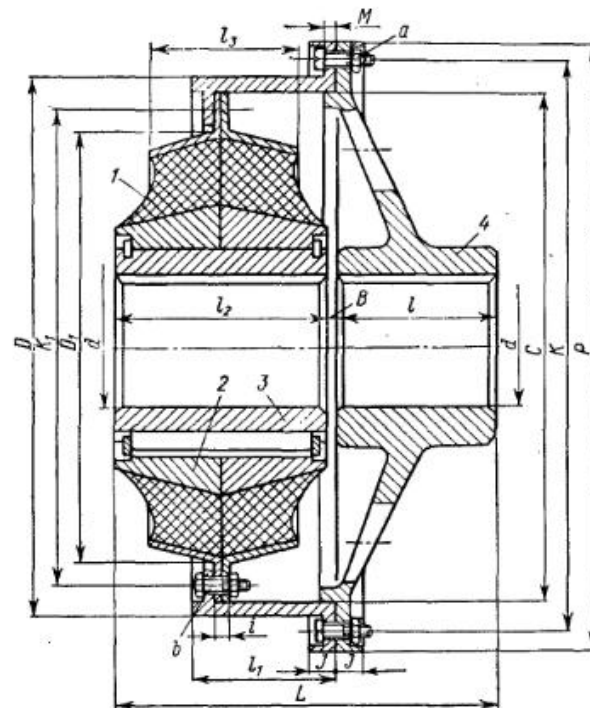


Рис. III.42. Муфта «Spiroflex»

(рис. III.41, а). В целях уменьшения габарита муфты по длине резиновый элемент может быть привулканизирован по внутренней поверхности непосредственно к полумуфте (рис. III.41, б).

При действии крутящего момента резина работает на сдвиг и сжатие, что позволяет при малой крутильной жесткости передавать значительные нагрузки. Благодаря привулканизации резины в муфте нет трущихся деталей.

При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 10° . Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ в мм	3—10
Радиальное смещение осей валов Δ в мм	0,5
Угловое смещение осей валов γ в град	5

В табл. III.25 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Муфта «Spiroflex» фирмы «Lohmann Stoltterfoht» показана на рис. III.42. Полу-муфты 3 и 4 соединяются одинаковыми резино-металлическими упругими

элементами 1, состоящими из внутреннего 2 и наружного металлических колец, между которыми располагается резина, привулканизированная к ним. Упругие элементы соединяются со ступицей шпонкой и удерживаются от осевых смещений стопорными кольцами. Благодаря привулканизации резины к металлу в муфте нет трущихся деталей. Конические поверхности колец увеличивают площадь контакта резины с металлом, повышая несущую способность муфты. Резино-металлические упругие элементы изготовлены таким образом, что при соприкосновении наружных колец между внутренними кольцами 2 остается некоторый осевой зазор. При сближении колец 2 до соприкосновения их торцов в резине создается предварительное напряженное состояние. Это способствует уменьшению напряжений в резине при действии крутящего момента, повышая нагрузочную способность муфты. Уменьшением толщины сечения резины к периферии муфты достигается равномерное напряженное состояние в ней при действии крутящего момента. Конструкция муфты позволяет производить замену упругого элемента без осевого смещения агрегатов. Для этого достаточно освободить винты и сдвинуть деталь вдоль оси муфты.

Таблица III.26

Угол закручивания муфт
(рис. III.42) в град

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

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

В табл. III.26 приведены величины углов поворота полумуфт в градусах в зависимости от величины крутящего момента для резины малой и средней твердости.

11. МУФТЫ С ТОРООБРАЗНЫМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

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

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

На рис. III.43 представлена муфта «Periflex», выпускаемая фирмой «Strotag». Одинаковые полумуфты 1 и 5 соединяются резино-кордным упругим элементом 2 с помощью нажимного кольца 3 и винтов 4. Для удобства монтажа упругий элемент имеет радиальный разрез.

Муфта отличается простотой конструкции и легкостью замены упругого элемента. Однако из-за разреза несущая способность муфты понижена. Такие муфты применяются при окружных скоростях до 30 м/с. Использование упругого

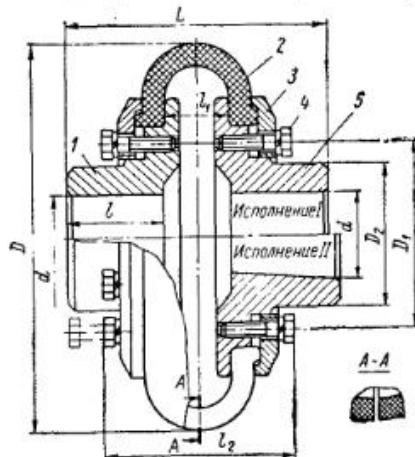


Рис. III.43. Муфта с разрезной торообразной оболочкой «Periflex»

элемента без разреза позволяет повысить скорость, но вместе с тем и усложняет конструкцию муфты и ее монтаж.

Эти муфты допускают смещения осей валов¹ [107] при передаче номинального крутящего момента и угловых скоростях до 1500 об/мин:

Радиальное в мм	До 2—6
Угловое в град	До 2—6
Осевое в мм	До 3—6

В табл. III.27 приведены основные размеры и техническая характеристика муфт. В таблице $M_{кр} = M_{ном}k$, где $k = k_1k_2$.

Величина k_1 определяется типом двигателя:

Электродвигатели	0,25
Паровые турбины	0,3
Гидротурбины	0,5
Паровые машины	0,75
Двигатели внутреннего сгорания:	
с шестью цилиндрами	0,4
с четырьмя	0,5
с тремя	0,6
с двумя	0,8
с одним цилиндром	1,2

Величина k_2 определяется типом рабочей машины и составляет:

для машин с весьма малыми разгоняемыми массами (трансмиссии, генераторы электрического тока, малые вентиляторы, центробежные насосы, ротационные воздуходувки) $k_2 = 1,0$;

с малыми разгоняемыми массами (элеваторы, большие вентиляторы, турбокомпрессоры, поршневые насосы со степенью неравномерности $1/100 \div 1/200$, легкие деревообрабатывающие машины, очень легкие станки, легкие текстильные машины, машины для гибки листов, транспортеры) $k_2 = 1,2$;

со средними разгоняемыми массами (пряделные машины, мотальные машины, стиральные машины, мешалки, каландры, нагнетающие насосы, ведущие барабаны, подвесные дороги, прессы, компрессоры со степенью неравномерности $1/100 \div 1/200$, шлифовальные станки, фуговально-строгальные станки, ножницы, штамповочные машины) $k_2 = 1,4$;

со средними разгоняемыми массами и весьма сильными ударами (чесальные машины, ткацкие станки, пряделные машины периодического действия, центробежные мельницы, цементомешалки, центрифуги, шлифовальные барабаны, мельницы с жерновом, сварочные генераторы, строгальные станки по металлу, падающие молоты, сушильные барабаны, шахтные вентиляторы, станы для прокатки свинца, тягачи) $k_2 = 1,6$;

с большими разгоняемыми массами и сильными ударами (дефибреры, гауч-прессы, гидропрессы, бумагоделательные машины, ковочные прессы, поршневые насосы с малыми маховиками, привод экскаваторов, крановые приводы, станки для навивки канатов, пассажирские лифты, каландры, цементные мельницы, молоты, вращающиеся печи, бегуны, камнедробилки, волоочильные станы, вибромашины) $k_2 = 2,0$;

с весьма большими разгоняемыми массами и особо сильными ударами (шаровые и трубчатые мельницы в цементной промышленности, валцы для резины, поршневые насосы без маховика, сушильные барабаны и каландры в бумажной промышленности, горизонтальные и многопильные лесопильные рамы, тяжелые прокатные станы для металла) $k_2 = 2,8$.

На рис. III.44 представлена муфта по нормам МН 5809—65. Полумуфты 1 и 5 соединяются резиновым упругим элементом 2 с помощью нажимных колец 3, состоящих из двух частей, соединенных кольцом 6 и винтами 4.

Эта муфта сложнее по конструкции и монтажу, нажимное кольцо 3 не центрируется относительно оси вращения. Свободный участок упругого элемента в этой муфте уменьшен, что ведет к снижению ее компенсационных свойств и срока службы. Цельный упругий элемент позволяет применять муфту при больших

¹ Большие величины смещений принимают для муфт больших размеров. При больших окружных скоростях допустимые смещения следует уменьшать.

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. III.43)

Обозначение	M _{кр} в кгс·м		n _{max} в об/мин	d	D	L	D ₁	D ₂	l	l ₁	l ₂	φ в град	Масса в кг	GD ² в кгс·м ²
	M _{ном}	M _{max}												
02-1	0,5	1,5	4000	10—18	84	62	—	32	26	16	—	4,0	0,8	—
03-1	1	3	4000	12—22	104	64	50	34	28	16	57	6,0	1,0	—
06-1	3	8	4000	18—30	136	88	65	45	35	18	64	6,0	3,2	0,02
10-1	5	15	3000	25—35	178	125	85	60	47	35	89	5,0	6,3	0,05
14-1	10	30	3000	30—50	210	150	110	80	59	38	98	8,5	10,2	0,11
18-1	25	75	2000	35—60	263	174	140	95	67	44	123	6,5	19,0	0,34
22-1	40	125	2000	38—70	310	200	180	115	75	42	139	6,3	31,5	0,82
25-1	75	225	1600	38—80	370	215	235	150	85	46	151	5,2	80,0	3,4
26-1	150	450	1600	40—100	402	244	260	175	95	50	153	5,5	90,0	3,4
28-1	250	800	1250	55—110	450	280	260	180	110	70	190	9,0	96,0	4,9
30-1	500	1 600	1000	90—140	550	360	280	210	130	120	280	10,8	168,0	12,0
32-1	1000	3 400	800	100—180	700	450	360	270	160	150	365	11,8	320,0	36,0
33-1	750	2 500	630	100—180	756	450	390	300	160	170	404	27,0	345,0	50,0
34-1	1600	5 000	500	125—225	450	590	500	380	215	210	508	21,5	750,0	174
35-1	2500	7 500	430	140—260	1112	720	570	430	270	250	588	29,0	1300,0	270
36-1	3500	10 000	375	150—300	1270	850	610	480	300	330	725	24,0	1600,0	650

угловых скоростях. Муфты допускают смещения осей валов:

Радиальное в мм	До 2
Угловое в град	2
Осевое в мм	4

Металлические детали муфты изготавливаются из стали марки Ст. 3. Упругий элемент выполнен из резины с сопротивлением разрыву не менее 100 кгс/см² и

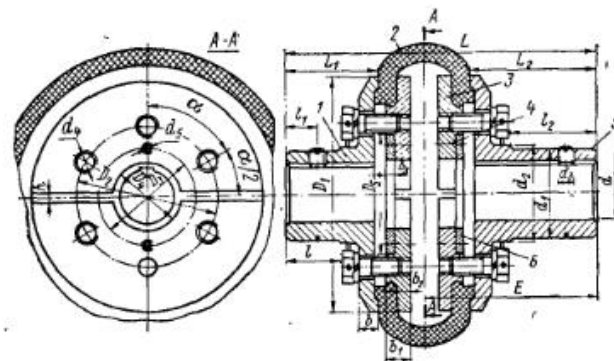


Рис. III.44. Муфта по нормали МН 5809—65

модулем упругости при 100%-ном удлинении не ниже 50 кгс/см². Сжатие бурта резинового упругого элемента при монтаже — не более 1/3 первоначальной толщины.

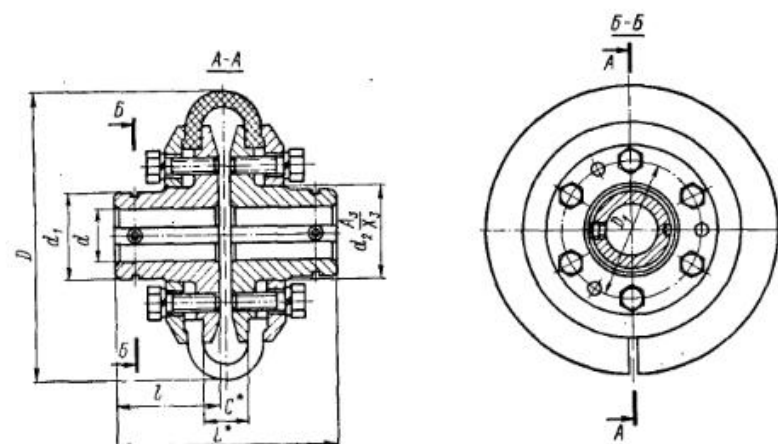


Рис. III.45. Муфта с резино-кордной оболочкой конструкции ЛПИ им. М. И. Калинина

Размеры муфты и параметры представлены в табл. III.28 (D — наружный диаметр муфты).

На основании проведенных экспериментальных и теоретических исследований кафедрой деталей машин ЛПИ им. М. И. Калинина разработан проект ряда муфт (рис. III.45) с разрезными оболочками, представленный в табл. III.29. Полагая, что материал оболочки следует закону Гука и что деформированная

Размеры (в мм) и пара

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	d	D	L	E	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	d_1	d_2	d_3
100	1,8	4000	16,18	100	98	55	83	50	30	20	40	30	35	M6
125	3,75		20,22	125	126	70	100	60	40	25	50	38	40	
160	7,5		25,28	160	152	85	128	80	55	40	65	48	52	
200	18	2000	32,36	200	203	112,5	155	95	65	45	80	60	63	M10
250	37,5		40,45	250	268	148	195	130	95	70	110	90	98	
320	75		50,55	320	282	155	260	180	135	100	160	110	130	
400	150	1400	60,70	400	345	190	330	230	176	130	200	140	160	
450	300	1120	80,90	450	415	232,5	370	250	180	140	220	170	195	

Таблица III.29

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.45)

Обозначение	$M_{ном}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	d_{min}	d_{max}	d_1	D	D_1	L	d_2	C^*	L^*	$d_{болт}$	z в шт.
МТРК-100	3,15	3000	18	22	32	100	50	42	34	15	90	M6	6
МТРК-125	6,3	3000	22	28	42	125	60	52	45	20	114	M8	6
МТРК-160	12,5	2500	28	35	55	160	80	63	55	24	135	M8	8
МТРК-200	25,0	2000	35	45	70	200	100	85	75	30	180	M12	6
МТРК-250	50,0	2000	45	55	85	250	130	115	90	40	250	M12	8
МТРК-320	100,0	1600	55	70	105	320	162	115	110	48	255	M16	8
МТРК-400	200,0	1600	70	90	135	400	210	145	140	60	315	M16	10
МТРК-450	400,0	1250	90	110	165	450	230	170	170	65	365	M20	10

оболочка сохраняет свою геометрическую форму, зависимость угла закручивания муфты с торообразной резиновой оболочкой от величины передаваемого крутящего момента можно представить в виде

$$\varphi = \frac{4M_{кр}}{\pi \delta G \left(1 - \frac{\delta}{b}\right)^2 b^2} A_a \quad (III.19)$$

где δ и b — толщина и ширина оболочки; G — модуль сдвига резины.

метры муфты (рис. III.44)

Винты				L_1	L_2	l	l_1	l_2	b	b_1	b_2	b_3	h	α в град	Масса в кг	GD^2 в кгс·м ²			
d_4	Кол-во	d_2	Кол-во																
M6	4	M2,5	2	30	42	16	10	25	6	8	3,5	3,5	4	90	1,17	0,002			
M8	6	M3		38	52	20	12	30	8	11	5	4					60	2,30	0,007
M10		M4		44,5	62,5	25	15	35	10	14	6,5	5							
M12	8	M5		60,5	82,5	35	20	55	13	18	9		10	7	8	45	19,3	0,324	
				85	113	45	25	70	15	20	8								
		M6	M6	87	115	50	30	75	17	22		10	8	10					68,5
M16	M8	110	145	65	40	100	20	28	13	10	116,0	5,687							
M20	M10	137,5	177,5	80	50	110	25	30	15	17									

Входящий в формулу (III.19) коэффициент A_a определяется так:

$$A_a = \int_0^{\alpha_0} \frac{d\alpha}{\left(\frac{h}{r} + \cos \alpha\right)^3},$$

где $r = \frac{b-\delta}{2}$ — радиус кривизны срединной поверхности поперечного сечения

оболочки муфты; $h = \frac{D-\delta}{2}$ — расстояние от оси вращения муфты до центра кривизны поперечного сечения оболочки; α_0 — центральный угол в поперечном сечении оболочки, соответствующий дуге радиуса r и измеряемый от экватора оболочки до сечения, неподвижно заземляемого во фланцах.

На рис. III.46 приведены кривые, характеризующие численные значения коэффициента A_a , в зависимости от угла α_0 и параметра $a = h/r$.

Крутильная жесткость муфты

$$C_M = \frac{\pi \delta G}{4 A_a} \left(1 - \frac{\delta}{b}\right)^2 b^2.$$

Для муфт с резино-кордным упругим элементом зависимость крутящего момента $M_{кр}$ от угла поворота полумуфт

$$M_{кр} = \left(2\pi G \delta h^2 C_p + \frac{4}{3} h^2 C_k\right) \varphi, \quad (III.23)$$

где C_p — согласно [70];

$$C_k = \frac{\left(1 + \frac{r}{h} \sin \theta\right)^2 \sin^2 \beta}{\frac{I_k}{\nu E_k F_k} + \frac{\left[\frac{r}{h} (1 - \mu) + 1 - 2\mu\right] \cos \theta}{2\pi E \delta_1 \left[\cos \theta + 4 \frac{r}{h} (\pi - 2\theta + \sin 2\theta)\right]}};$$

ν — 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 за вычетом корда; μ — коэффициент Пуассона для резины; β — угол наклона нити корда к меридиану на экваторе оболочки; l_k — длина нити корда.

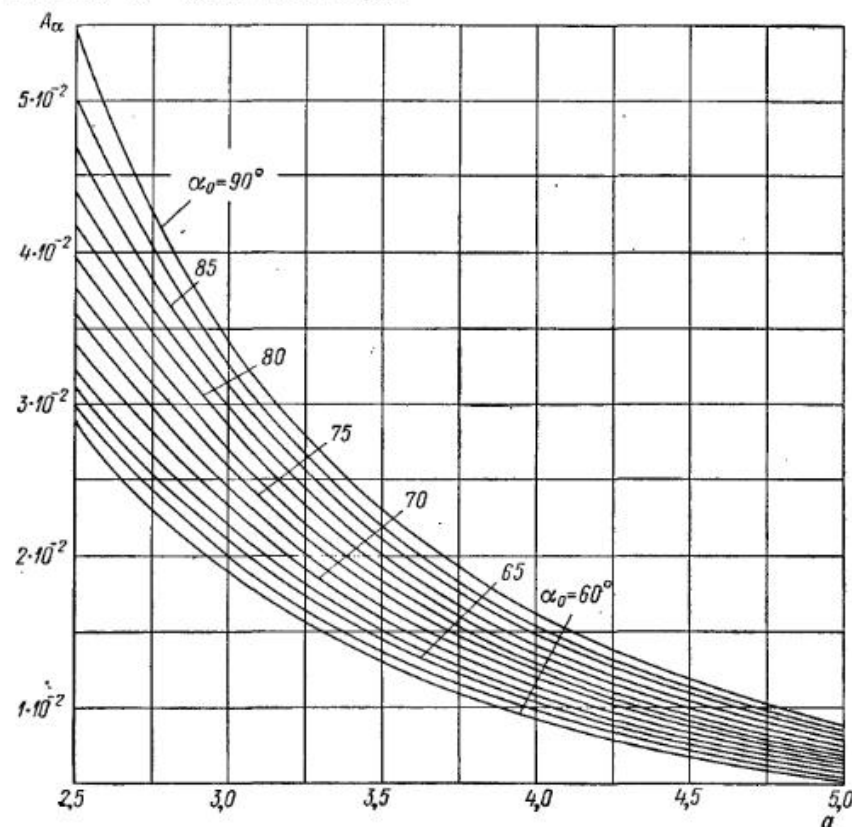


Рис. III.46. Кривые зависимости A_σ от α_0 и $a = \frac{h}{r}$

Приближенная зависимость между углом перекося валов γ и изгибающим моментом M_n

$$M_n = \frac{\pi E \delta^3 \gamma}{12 \frac{r}{h}} \left[\frac{1}{\frac{4}{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{1 - \frac{r}{h}}{1 + \frac{r}{h}}} \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{1 + \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \right) - \frac{(\pi - 2\theta)^2}{\pi - 2\theta + 2 \frac{r}{h} \cos \theta}} \right] \quad (III.24)$$

В этом случае нагружения муфты корд не оказывает влияния на жесткость.

Зависимость изгибающего момента M_n от момента, передаваемого муфтой, — $M_{кр}$ — при предельном угле перекося (2—6° при 1500 об/мин; большее значение для больших муфт) имеет вид $M_n = 0,16 M_{кр}$.

Для муфт с резиновым упругим элементом зависимость между радиальным смещением Δ и радиальной силой Q_p

$$Q_p = \frac{\pi G \delta \Delta \sqrt{1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2}}{4 \frac{r}{h} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{1 - \frac{r}{h}}{1 + \frac{r}{h}}} \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{1 + \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \right)} \quad (III.25)$$

В муфте с резино-кордным упругим элементом усилие будет передаваться как кордом, так и резиной: $Q = Q_k + Q_p$

$$Q = \Delta \left[\frac{3\nu \sin^2 \beta}{8B} + \frac{\pi G h \sqrt{1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2}}{4 \frac{r}{h} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{1 - \frac{r}{h}}{1 + \frac{r}{h}}} \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{1 + \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \right)} \right],$$

где

$$B = \frac{\nu \left[\frac{r}{h} (1 - \mu) + 1 - 2\mu \right]}{2\pi E \delta \left(1 + \frac{\pi r}{4h} \right)} + \frac{l_k}{E_k F_k} \quad (III.26)$$

Зависимость усилия от передаваемого муфтой момента для предельного смещения (2—6 мм при 1500 об/мин; большее значение для больших муфт): $Q \approx 0,45T$,

где $T = \frac{M}{h + r}$.

Сближение полумуфт a под действием осевой силы P

$$a = \frac{12kPRr}{\pi E \delta^3} \left[\left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) + \frac{r}{h} \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\theta}{2}} - \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2} \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right)^2}{2 \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{1 - \frac{r}{h}}{1 + \frac{r}{h}}} \frac{1 - \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{1 + \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}} \right)} \right] \quad (III.27)$$

где k — экспериментальный коэффициент. При сжатии $k = 0,95$, при растяжении $k = 0,6$.

Муфта с хомутами «Multicross» (рис. III.47) фирмы «Herwartn Reich, Bochum» выпускается в двух модификациях: для соединения валов (рис. III.47, а) и для соединения вала с торцом маховика (рис. III.47, 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.48). Это обеспечивает прочное соединение резины с металлом. Форма готового хомута до монтажа представлена на

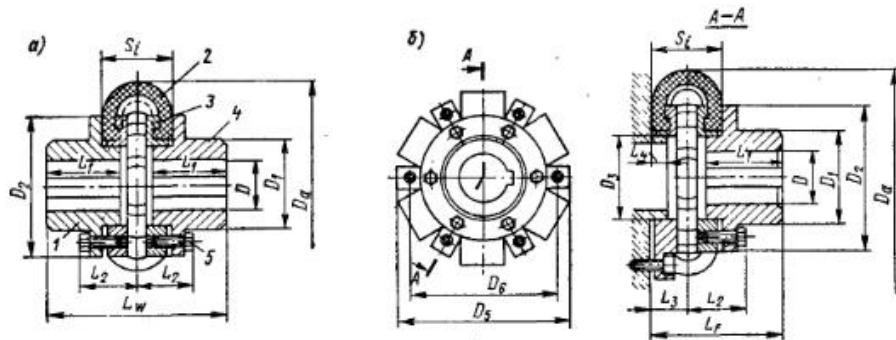


Рис. III.47. Муфта с хомутами «Multicross»

рис. III.49, а. При монтаже хомут изгибается, принимая форму по рис. III.49, 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.

Таблица III.30
Смещения валов
для муфты по рис. III.47

Номер хомута	Смещение в мм	
	Осевое	Радиальное
1	± 3	3
2	± 5	5
3	± 8	9
4	± 12	16

из чугуна со сфероидальным графитом или стали.

В зависимости от размера хомута муфта допускает смещения валов (табл. III.30).

Допускаемое угловое смещение валов зависит от числа хомутов в муфте и составляет при трех хомутах 6° , при восьми — $4,5^\circ$, при двенадцати — 3° .

В табл. III.31 приведены основные размеры и параметры муфты.

Выбор муфты производится по расчетному крутящему моменту (см. стр. 80).

На рис. III.50, а представлена муфта «Radaflex» фирмы «Bolenz Schäfer». Полу муфты 1 и 4 соединяются резино-металлическим упругим элементом 2, состоящим из двух полу колец. Резина имеет форму внутренней части тора и привулканизирована к металлическим пластинам 3, которые винтами 5 крепятся на периферии фланцев полу муфт. Муфта не имеет трущихся частей и отличается

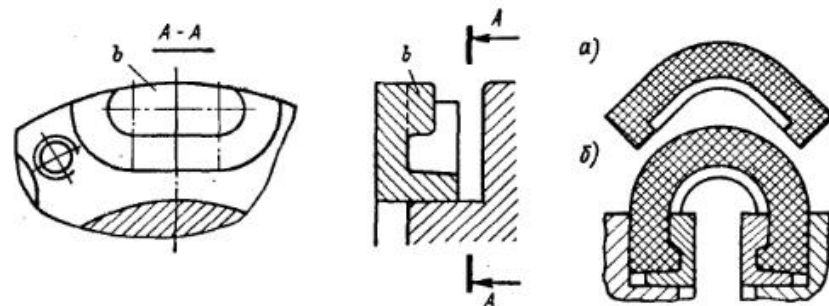


Рис. III.48. Форма паза для крепления хомута

Рис. III.49. Упругий элемент муфты

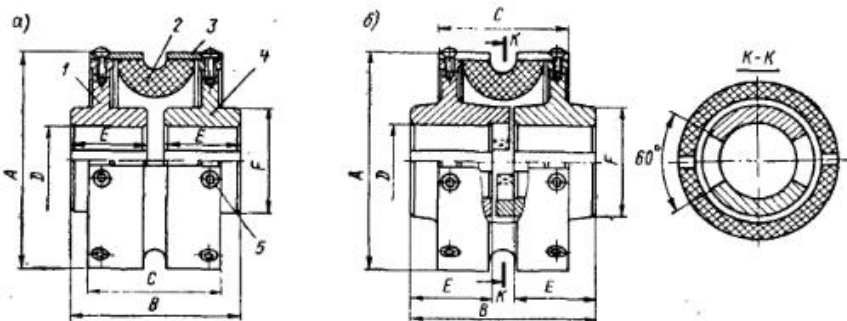


Рис. III.50. Муфта «Radaflex»

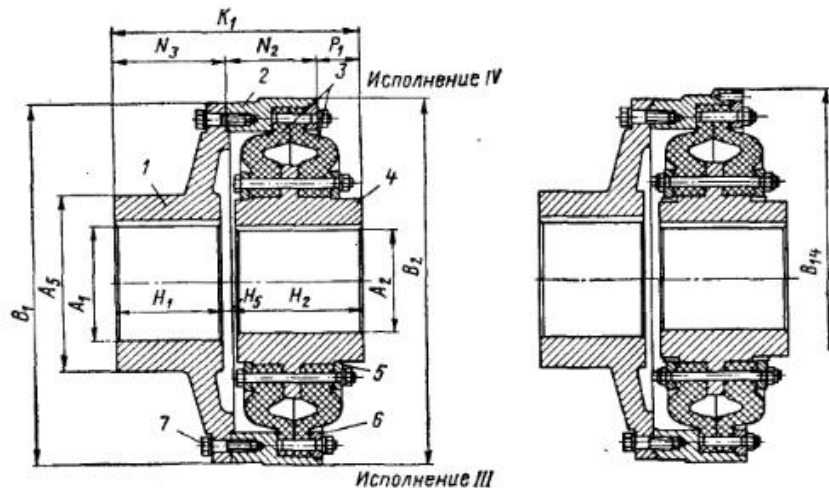


Рис. III.51. Муфта с резино-кордными оболочками фирмы «Vulkan» для соединения валов

Размеры (в мм) и пара

Номер хомута	$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	Угол поворота полумуфты в град	Муфта для соединения валов		Муфта для соединения вала с маховиком		D пред. вар.	D_{max}	D_a	D_1	D_2
				G в кг	GD^2 в кгс·м ²	G в кг	GD^2 в кгс·м ²					
1	3	6200	32	1,3	0,003	1,0	0,002	9	22	110	40	72
	4,5	5500	27	1,9	0,006	1,4	0,005	10	28	125	50	83
	8	5100	24	4,0	0,011	2,6	0,010	15	35	135	60	93
	14	4100	18	7,0	0,038	4,3	0,032	18	50	165	80	122
	21	3700	15	11,1	0,079	6,5	0,057	20	55	187	90	148
	30	3200	12	18,7	0,126	10,5	0,091	22	60	216	95	175
2	6,5	4300	20	4,5	0,04	3,4	0,03	14	30	160	60	105
	13	3900	18	6,3	0,05	4,5	0,04	15	35	176	70	120
	23	3300	17	9,0	0,87	6,2	0,07	15	50	206	80	140
	30	3100	15	12,2	0,15	8,1	0,13	18	60	218	100	155
	50	2600	12	20,1	0,36	12,7	0,28	20	65	264	110	200
	80	2200	10	30,0	0,76	18,2	0,59	25	75	312	120	250
	120	1900	9	42,0	1,52	25	1,12	30	90	360	140	300
3	40	2100	24	25	0,4	18	0,4	25	70	322	105	195
	65	2000	21	31	0,6	23	0,5	30	80	335	120	212
	120	2000	19	35	0,8	28	0,7	30	80	340	120	230
	150	1800	18	53	1,5	36	1,2	32	95	385	155	260
	265	1500	14	81	3,7	54	3,1	40	110	463	165	340
	400	1300	11	120	6,8	76	5,7	45	120	537	175	415
	600	1100	9	148	14,2	94	12,0	50	130	620	195	500
4	650	1200	20	210	12,0	160	10,0	70	140	580	225	380
	900	1000	15	260	21,6	175	18,4	88	170	660	280	440
	1600	900	13	400	53,8	260	43,9	98	180	790	300	580
	2400	800	10	500	97,8	320	78,6	98	200	900	320	700

метры муфты (рис. III.47)

D_2	D_3	D_4	L_{np}	L_F	L_1	L_2	L_3	L_4	S_1	Винты	
										Кол-во	Диаметр
32	108	90	85	65	32	36	22,5	12—15	45	3	M6×20
40	119	101	89	67	35					4	
53	129	111	118	82	48					6	
82	158	140	138	92	58					8	
108	184	166	157	101	65					10	
135	211	193	167	106	70					12	
40	145	125	121	95,5	46	53,5	35	18—25	70	3	M8×25
52	160	140	131	105,5	51					4	
80	182	160	145	109,5	60					5	
92	195	175	165	117,5	68					6	
140	240	220	185	127,5	78					8	
190	290	270	195	132,5	80					10	
240	340	320	235	152,5	98					12	
95	275	235	190	150	70	80,5	55	28—35	110	3	M14×40
112	292	252	210	160	78					4	
120	310	270	224	167	85					5	
160	340	300	240	175	93					6	
240	420	380	300	205	120					8	
315	495	455	350	230	140					10	
400	580	540	360	235	145					12	
210	500	440	390	285	150	135	90	40—50	180	5	M24×70
270	550	495	430	305	170					6	
410	690	635	500	340	200					8	
530	810	755	500	340	200					10	

простотой монтажа и замены упругого элемента. Муфта обладает малой крутильной жесткостью и высокой компенсирующей способностью. При действии номинального крутящего момента полумуфты поворачиваются на $5,5^\circ$, при максимальном крутящем моменте — на 18° . В исполнении, показанном на рис. III.50, б ступицы полумуфт снабжены торцовыми кулачками, которые соединяют валы при разрушении резины.

В табл. III.32 приведены основные размеры и параметры муфты.

Таблица III.32

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.50)

$M_{ном}$	M_{max} в кгс·м	n_{max} в об/мин	Масса в кг	A	B	B_1	C	$D_{предв}$	D_{max}	E	F
1,6	5	4000	1,7	85	64	82	60	12	25	28	40
4	12	4000	2,9	110	85	105	75	12	30	35	50
10	30	3000	7	150	125	131	88	19	50	55	75
16	50	3000	10	175	135	159	106	19	55	60	85
25	70	2000	16	205	150	176	120	23	60	65	100
40	120	2000	26	240	170	206	140	33	70	75	115
63	180	2000	37	275	195	229	156	33	80	85	130
100	300	1500	60	325	225	277	188	43	90	100	150

Муфта с резино-кордными оболочками фирмы «Vulkan» показана на рис. III.51; упругим элементом ее является резино-кордная оболочка переменного сечения, благодаря чему обеспечивается равномерное напряженное состояние при действии крутящего момента.

Эта муфта служит для соединения валов и состоит из полумуфт 1 и 4, кольца 2, соединенного с полумуфтой 1 винтами 7, двух упругих элементов 3 и нажимных колец 5 и 6 с болтами. В зависимости от размера (табл. III.33) муфты имеют конструктивные особенности: исполнение I — для муфт размером 35—95 и 170—275; в исполнении II — для муфт размером 100—165 — изменен способ центрирования кольца 2; в исполнении III — для муфт размером 300—320 — нажимные кольца 5 соединяются со ступицами зубьев; в исполнении IV — для муфт размером 340—360 — кроме зубьев на кольцах 5 нажимное кольцо 6 направляется штифтами.

Муфта с пневмобаллонами фирмы «Vulkan» представлена на рис. III.52. На фланцах полумуфт 1 и 3 с помощью винтов и штифтов укреплены торцовые кулачки 2 (кронштейны), между которыми располагаются упругие элементы 4, представляющие собой резино-кордные 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 пневмобаллонах муфта одного размера может передавать различные крутящие моменты, при этом меняются и характеристики муфты (рис. III.53, табл. III.34).

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

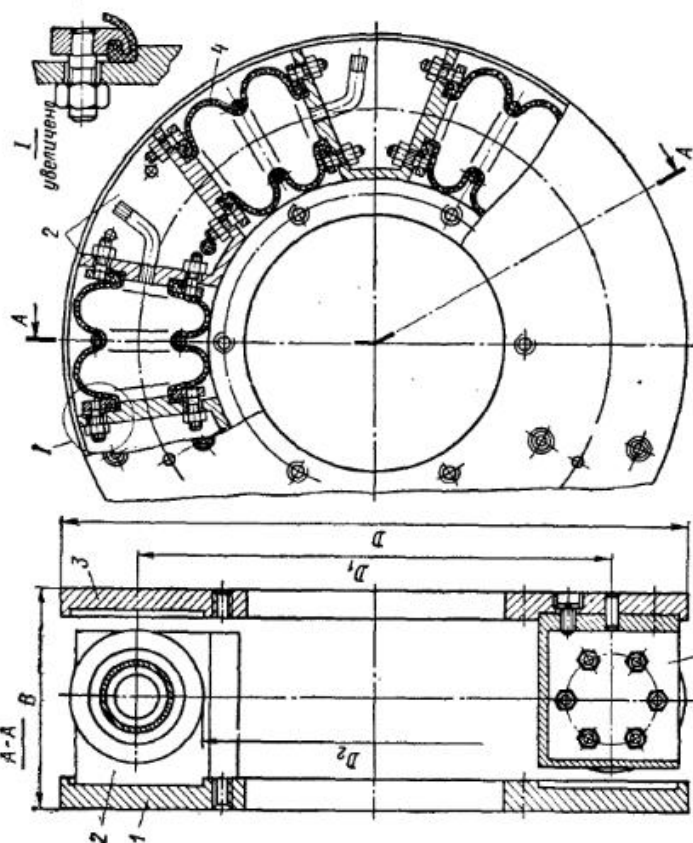


Рис. III.52. Муфта с пневмобаллонами фирмы «Vulkan»

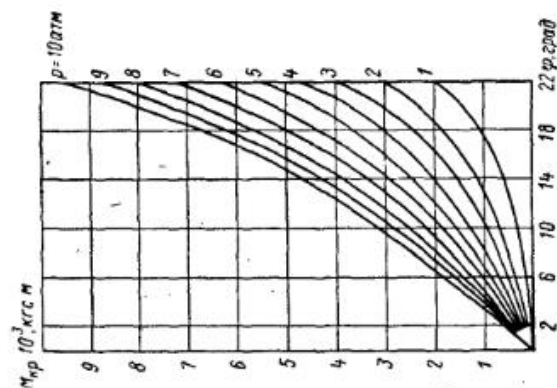


Рис. III.53. Характеристика муфты с пневмобаллонами в зависимости от давления воздуха

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.51)

Обозначение	A_1 перед	A_1 max	A_2 перед	A_2 max	B_1	B_2	B_{1+2}	A_0	K_1	H_1	H_2	N_2	N_1	P_1	H_4	Масса в кг	GD^2 в кгс·м ²
35 40	25	47	25	35	164	164	—	68	120	45	68	49	41	30	7	4,51 1,53	0,069 0,007
42 43 45	30	55	30	48	195	195	—	78	140	52	77	56	48	36	11	7,01 2,94	0,153 0,016
50 51 55	35	60	35	52	222	222	—	88	158	60	85	67	55	36	13	10,65 4,10	0,303 0,031
60 61 65	40	70	40	65	253	267	—	102	175	68	95	73	65	37	12	15,34 6,45	0,576 0,066
70 71 80	50	80	50	75	292	298	—	115	212	86	112	93	79	40	14	25,1 9,6	1,26 0,14
85 86 95	60	100	60	95	357	359	—	150	256	105	130	111	100	45	21	45,3 19,7	3,25 0,43

100 101 105	70	120	70	115	402	414	—	178	286	110	153	118	109	59	23	63,7 30,5	5,91 0,90
120 121 135	80	140	80	130	482	482	—	205	323	123	177	134	121	68	23	97,1 47,7	12,71 1,94
140 141 165	100	165	100	155	542	552	—	238	390	160	205	173	144	73	25	151 73	23,5 4,0
170 171 195	110	195	110	185	639	656	—	285	460	190	240	202	166	92	30	237 122	52,3 9,4
200 201 235	130	235	130	220	750	770	—	340	530	220	270	230	198	102	40	394 192	120,5 20,1
240 241 275	150	270	150	260	900	905	—	396	630	260	320	280	223	127	50	633 327	273,6 47,4
300 320	240	390	240	330	1090	1110	—	560	902	360	460	385	360	157	82	1543 668	1031,5 161,5
340 360	240	390	240	330	1090	—	1130	560	902	360	460	385	—	157	82	1566 668	1053,9 161,5

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.52)

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс-м при среднем давлении в кгс/см ²												D	D_1	D_2	B	Угол закручивания в град.		Оболочка		Масса в кг	GD^2 в кгс·м ²
	2		4		6		8		норм.	нано.	Тип	Число										
	норм.	нано.	норм.	нано.	норм.	нано.	норм.	нано.														
$L4/101-370$ $L6/104-400$ $L8/104-450$	260 485 740	635 1 210 1 850	370 705 1 070	920 1 760 2 670	480 920 1 395	1 200 2 300 3 490	600 1 135 1 725	1 500 2 820 4 320	320 400 450	160 240 290	240 316 326	12,5 10 9	18 14,5 13	L104	4 6 8	160 260 350	8,5 19,5 29					
$L4/107-355$ $L6/107-435$ $L8/107-500$	296 585 780	740 1 460 1 950	465 900 1 225	1 160 2 250 3 060	625 1 220 1 650	1 570 3 050 4 120	760 1 490 2 000	1 900 3 720 5 000	335 435 394	115 215 280	320 384 394	9 7 6	14 10,5 9,4	L107	4 6 8	220 355 520	16 33,5 60					
$L4/204-380$ $L6/204-450$ $L8/204-640$	225 396 750	560 990 1 180	380 670 1 275	945 1 680 3 185	535 950 1 800	1 335 2 370 4 490	690 1 225 2 370	1 720 3 060 5 800	380 450 640	220 290 480	306 316 326	18 15,2 10,7	26,5 22,4 15,8	L204	4 6 8	180 310 595	11,5 26 75					
$L4/207-375$ $L6/207-515$ $L8/207-647$	420 880 1 200	1 050 2 200 3 000	700 1 400 2 000	1 740 3 500 5 000	960 1 980 2 800	2 400 4 950 7 000	1 230 2 540 3 600	3 080 6 350 9 000	375 515 647	140 280 412	388 400 410	20 14,5 10,5	31,6 23 17	L207	4 6 8	275 480 685	17,5 70 106					
$L6/212-565$ $L10/212-945$ $L20/212-1800$	1 230 3 440 13 120	3 080 8 600 32 800	1 970 5 500 20 960	4 920 13 750 52 400	2 710 7 560 2 880	6 780 18 900 72 000	3 440 9 600 36 600	8 600 24 000 91 500	565 945 1800	290 570 1530	460 485 525	14 7,5 4,25	22 12,5 7	L212	6 10 20	590 1660 3690	106 530 3730					

12. МУФТЫ СО СФЕРИЧЕСКИМИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ВКЛАДЫШАМИ

На рис. III.54 представлена муфта фирмы «Rouille». 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 выпадения.

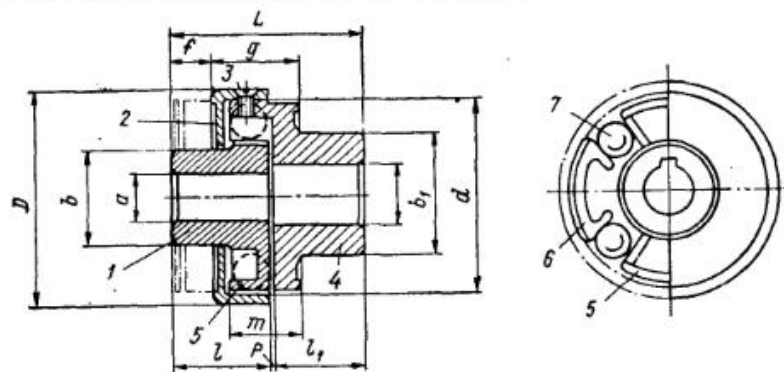


Рис. III.54. Муфта фирмы «Rouille» с вкладышами

Упругие элементы изготовляют из резины в форме шаров и 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.

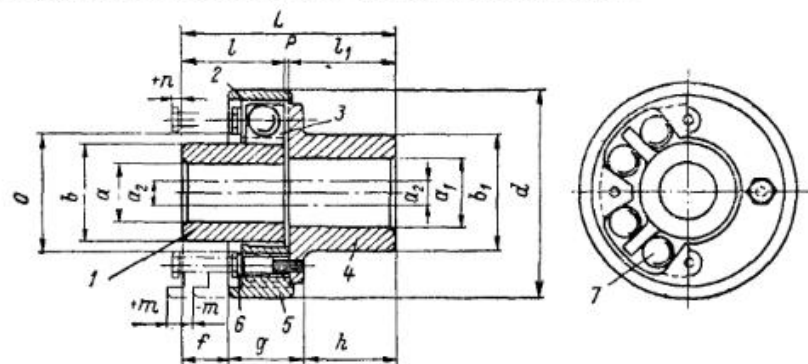


Рис. III.55. Муфта фирмы «Rouille» для больших моментов

При малых окружных скоростях полумуфты изготовляются из серого чугуна, при больших — из стали. Замена упругих элементов осуществляется без осевого смещения полумуфт.

В табл. III.35 приведены основные размеры муфты, а в табл. III.36 — ее параметры.

На рис. III.55 представлена муфта фирмы «Rouille» для передачи значительных крутящих моментов. Полумуфта 1 имеет радиальные ребра 3 и соединяется с другой полумуфтой через упругие элементы 7. Вторая полумуфта состоит из

Таблица III.35

Размеры муфты (рис. III.54) в мм

Обозначение	a_{max}		b	b_1	l	l_1	p	f	g	m	D	L	Упругий элемент		
	Чугун	Сталь											Кол-во	Диаметр	
														шара	цилиндра
60	18	18	29	38	29	29	2	11,5	25,5	20	68	60	4	12	10
72	22	22	35	45	34	34	2	14,5	29,5	24	82	70	4	14	12
85	28	28	42	55	40	40	2	17,5	34,5	29	95	82	4	17	15,5
105	35	42	52	65	48	48	2	22	40	34	117	98	4	20	19
130	42	50	63	75	60	60	3	27	50	43	142	123	4	26	24
160	50	60	76	90	76	76	3	34	61	53	174	155	4	34	32,5
190	60	70	90	105	91	91	4	42	71	62	204	186	4	40	38
220	70	80	104	120	105	105	4	49	80	71	234	214	4	47	45

Таблица III.36

Параметры муфты (рис. III.54)

Обозначение	$M_{\text{кр}}$ в кгс·м		Мощность при 100 об/мин		$n_{\text{тах}}$ в об/мин		Масса в кг	
	Шары	Ци- линдры	кВт		Чугун	Сталь	Чугун	Сталь
			Шары	Ци- линдры				
60	0,57	1,15	0,059	0,118	5100	7100	0,6	0,7
72	1,14	2,28	0,118	0,236	4800	6700	1,1	1,2
85	2,28	4,56	0,236	0,471	4500	6300	1,8	2,0
105	4,65	9,30	0,478	0,957	4200	6000	3,1	3,4
130	9,30	18,60	0,957	1,91	3900	5500	5,3	5,8
160	18,60	37,20	1,91	3,83	3600	5000	9,5	10,3
190	32,20	64,40	3,31	6,62	3300	4500	15,6	17,0
220	51,30	102,60	5,30	10,60	3000	4000	22,4	28,0

Таблица III.37

Параметры муфты (рис. III.55)

Обозначение	$M_{\text{кр}}$ в кгс·м		Мощность при 100 об/мин		$n_{\text{тах}}$ в об/мин		Масса в кг	
	Шары	Ци- линдры	кВт		Чугун	Сталь	Чугун	Сталь
			Шары	Ци- линдры				
60	1,25	2,50	0,125	0,250	5100	7100	0,6	0,7
72	2,10	4,20	0,213	0,427	4800	6700	1,1	1,2
85	3,50	7,0	0,368	0,736	4500	6300	1,8	2,0
105	6,25	12,50	0,640	1,28	4200	6000	3,1	3,4
130	10,50	21	1,07	2,15	3900	5000	5,3	5,8
160	21,50	43	2,21	4,42	3600	5000	9,5	10,5
195	44,50	89	4,56	9,13	3200	4200	16	17,5
230	71	142	7,36	14,72	3000	3900	28	31
275	118	236	12,22	24,43	2500	3600	45	50
320	188	376	19,58	39,16	2150	3300	70	77
365	299	598	30,91	61,82	1900	3000	102	112
410	441	882	45,63	91,26	1650	2700	138	152
460	655	1 310	67,71	135,42	1500	2400	192	210
540	1 010	2 020	104,5	209,0	1300	1950	245	270
610	1 425	2 850	147,2	294,4	1150	1750	325	360
700	2 065	4 130	213,4	426,9	1000	1500	375	430
780	2 920	5 840	301,8	603,6	900	1400	525	580
880	4 000	8 000	412,2	824,3	800	1230	750	830
980	5 610	11 220	581,4	1163	720	1080	1000	1100
1100	7 410	14 820	765,4	1531	650	980		
1220	10 200	20 400	1052	2010,5	590	900		
1350	13 000	26 000	1340	2679	530	800		
1480	17 800	35 600	1840	3680	480	720		
1620	22 100	44 200	2282	4563	440	660		
1760	26 700	53 400	2760	5520	400	600		
1900	32 000	64 000	3312	6624	370	560		

Основные размеры муфты

Обозначение	a		a ₁		a ₂	b	b ₁	l	l ₁	P
	Чугун	Сталь	Чугун	Сталь						
60	16	20	20	24	0	30	38	30	30	1
72	20	25	25	32	0	35	45	35	35	2
85	25	32	32	38	0	42	55	40	40	2
105	32	38	38	45	0	52	65	50	50	2
130	38	45	45	55	0	68	76	65	65	2
160	45	55	55	65	0	82	95	76	76	3
195	55	65	65	75	0	95	110	95	95	3
230	65	75	75	85	28	110	120	110	110	4
275	80	90	90	100	38	135	145	130	130	4
320	95	110	105	115	48	155	170	150	150	5
365	110	120	120	130	58	175	190	170	170	6
410	120	130	130	145	68	190	210	190	190	7
460	130	140	140	160	78	216	230	210	210	8
540	145	160	145	160	—	240	240	230	230	8
610	160	180	180	180	—	260	260	250	250	10
700	180	200	180	200	—	290	290	260	260	10
780	200	220	200	220	—	320	320	280	280	10
880	220	240	220	240	—	350	350	300	300	12
980	240	260	240	260	—	380	380	320	320	12
1100	260	280	260	280	—	410	410	320	320	12
1220	280	300	280	300	—	450	450	340	340	14
1350	300	320	300	320	—	480	480	340	340	14
1460	320	340	320	340	—	510	510	360	360	14
1620	340	360	340	360	—	540	540	360	360	14
1760	360	380	360	380	—	570	570	380	380	14
1900	380	400	380	400	—	610	610	380	380	14

(рис. III.55) в мм

f	g	h	L	m	n	o	Упругий элемент		
							Кол-во	Диаметр	
								шара	цилиндра
14	21	26	61	-2	7	35	8	10	9
16	25	31	72	-1	10	44	8	12	10
17	31	34	82	0	15	52	8	14	12
21	39	42	102	-1	19	59	8	17	15,5
35	42	55	132	-12	8	74	8	20	19
38	53	64	155	-10	15	91	8	26	24
45	68	80	193	-8	23	110	8	34	32,5
51	81	92	224	-3	15	132	8	40	38
62	92	110	264	-5	14	163	8	47	45
70	109	126	305	-3	20	190	8	55	52
78	125	143	346	0	27	220	8	65	63
85	142	160	387	+6	37	248	8	75	72
93	158	177	428	+10	44	286	8	85	82
112	159	197	468	-16	24	372	10	85	82
120	180	210	510	-14	36	416	10	95	92
130	180	220	530	-24	26	506	12	95	92
133	201	236	570	-13	41	572	12	107	104,5
153	204	253	610	-33	21	672	14	107	104,5
157	227	268	652	-22	37	748	14	120	117
157	227	268	652	-22	37	868	16	120	117
157	253	284	694	-5	60	969	16	134	131
157	253	284	694	-5	60	1098	18	134	131
157	277	300	734	+12	80	1206	18	150	146
157	277	300	734	+12	80	1346	20	150	146
177	277	320	774	-6	60	1486	22	150	146
177	277	320	774	-6	60	1626	24	150	146

ступицы с фланцем 4 и цилиндрической детали 5 с внутренними кулачками. Детали 4 и 5 соединяются винтами 6. Крышка 2 удерживает упругие элементы от выпадения.

Упругие элементы изготавливают из резины в форме шаров и цилиндров. Компенсационные свойства, схемы работы упругих элементов и материалы полумуфт те же, что и для легких муфт этого типа (см. выше).

В табл. III.37 приведены параметры муфты, а в табл. III.38 — ее основные размеры.

На рис. III.56 представлена муфта фирмы «Unicum». В гнездах, образованных полумуфтами 1 и 5, располагаются резиновые упругие элементы 4 в форме

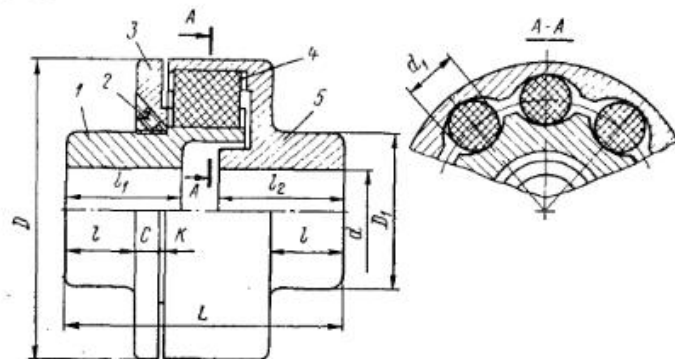


Рис. III.56. Муфта фирмы «Unicum»

цилиндров, работающие на сжатие и сдвиг. Крышка 3 навинчивается на полумуфту 1 и предохраняет упругие элементы от выпадения. Винт 2 стопорит крышку от самоотвинчивания. Рабочие поверхности гнезд в полумуфтах спрופилированы таким образом, чтобы при закручивании полумуфт резина больше работала на сжатие. При этом характеристика муфты при кручении нелинейна.

Таблица III.39

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.56)

M _{кр} в кгс·м при k				D	L	d	D ₁	l	l ₁	l ₂	K	C	Вкладыш		Масса в кг
0,5	0,75	1	1,5										d ₁	Кол-во	
0,25	0,37	0,5	0,75	53	4,5	10—20	26	11	18	18	1	3	10	9	0,4
0,5	0,75	1	1,5	62,5	5,5	12—25	31	13	22	22	1	3,5	12	9	0,7
1	1,5	2	3	77,5	7,2	15—30	40	18	28	25	1,5	6,5	14	9	1,4
3	4,5	6	9	98	8,5	20—35	55	23	42	42	1,5	7	16	12	2,6
7	10,5	14	21	117,5	9,8	25—40	66	26	46	46	2	7	18	12	4,1
15	22,5	30	45	137	11,4	30—50	78	30	51	54	2	8	22	12	7
23	34,5	46	69	156,5	12,5	35—60	90	34	60	60	2,5	9	26	12	9,6
40	60	80	120	186	15,0	40—70	105	40	70	70	2,5	10	30	12	15,5

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

Угол перекоса осей валов γ в град 2
Радиальное смещение осей Δ в мм 0,5—1

В табл. III.39 приведены основные размеры муфты и величины 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).

13. ДРУГИЕ РАЗНОВИДНОСТИ МУФТ С НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

На рис. III.57 представлена втулочно-пальцевая муфта, изготавливаемая по нормам машиностроения МН 2096—64. 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).

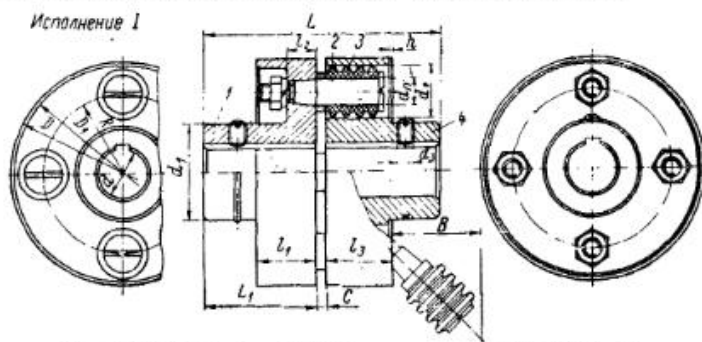


Рис. III.57. Муфта МУВП по нормам МН 2096—64

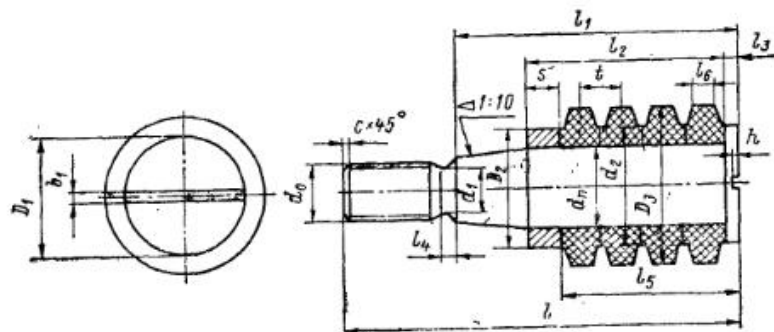


Рис. III.58. Пальцы со втулками муфты МУВП

Полумуфты изготавливаются из чугуна марки СЧ 21—40, допускается изготовление из стали марки Ст. 3; 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%.

В табл. III.40 приведены размеры и параметры муфты.

На рис. III.58 (табл. III.41) приведены размеры пальцев с резиновыми и распорными втулками.

Размеры (в мм) и параметры

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс·м	n в об/мин	d	D	$l_{тач}$	R	D_1	L_1	d_1	d_2
МУВП-16 МУВП-18	3,2	6300	16 18	90	84	29	75	40	30	20
МУВП-20 МУВП-22	5,5	5600	20 22	100	104	34	84	50	40	20
МУВП-25 МУВП-28	13	4750	25 28	120	125	41	112	60	52	28
МУВП-30 МУВП-32 МУВП-35 МУВП-36 МУВП-38	24	4000	— 32 — 36 —	140	165	50	130	80	70	28
МУВП-40 МУВП-42 МУВП-45	45	3350	40 — 45	170	226	60	160	110	80	36
МУВП-48 МУВП-50 МУВП-55	70	3000	— 50 55	190	226	70	178	110	100	36
МУВП-60 МУВП-65	110	2650	60 —	220	286	85	202	140	120	36
МУВП-70 МУВП-75	200	2240	70 —	250	288	95	238	140	135	46
МУВП-80 МУВП-85 МУВП-90 МУВП-95	400	1700	80 — 90 —	320	350	121	305	170	175	58
МУВП-100 МУВП-110 МУВП-120	800	1400	100 110 —	400	432	150	385	210	220	72
МУВП-125 МУВП-130	1500	1120	125 —	500	515	190	470	250	240	88
МУВП-140 МУВП-150			140 —						270	

муфты (рис. III.57)

d_s	l_1	l_2	l_3	h	C	B_{min}	Пальцы		Масса в кг	GD^2 в кгс·м ²
							d_{II}	z		
M6	25	13	22	1,5	1—4	28	10	4	1,6	0,005
M6	25	13	22	1,5	1—4	28		6	2,15	0,008
M8	32	16	35	2	1—5	42	14	4	4,5	0,025
M10	32	16	35	2	1—5	42		6	7,3	0,054 0,055
M10	42	22	45	3	2—6	55	18	6	13,3	0,155
M12	42	22	45	3	2—6	55		8	18,0	0,254
M12	42	22	45	3	2—6	55		10	28,0	0,52
M16	58	28	55	3	2—8	70	24	10	38,0	0,98
M16	75	36	70	4	2—10	85	30	10	83	3,25
M20	90	44	90	5	2—12	110	38	10	161	9,8
M20	110	54	110	6	2—15	130	45	10	272	27
									291	28,5

Размеры пальцев и втулок (рис. III.58) в мм

Пальцы												Втулки распор- ные		Втулки упругие					
d_n	D_1	l	d_2	d_1	l_1	l_2	l_3	l_4	h	b_1	C	D_2	s	d_2	D_3	l_5	l_6	t	
10	15	45	M8	6,2	28	19	2	4	1,5	2	1,5	15	4	14	19	15	2,5	5	
14	20	66	M10	7,8	45	33						3	5	2	3	2	20	5	20
18	25	85	M12	9,5	59	42	4	6	3	5	2,5						25	6	25
24	32	106	M16	13	75	52						8	4	8	3	3	32	8	32
30	38	140	M24	19,5	95	66	5	8	4	8	3						38	10	40
38	48	172	M30	24,5	119	84						5	8	4	8	3	48	12	50
45	55	212	M36	30	147	103	5	8	4	8	3						55	15	60

Втулочно-пальцевые муфты обладают низкими компенсационными свойствами. Допускаемые ими радиальные смещения валов (в мм) зависят от их диаметра:

При $d \leq 38$ мм	Не более 0,2
» $d = 40-55$ мм	» 0,3
» $d = 60-90$ мм	» 0,5
» $d = 90$ мм	» 0,6

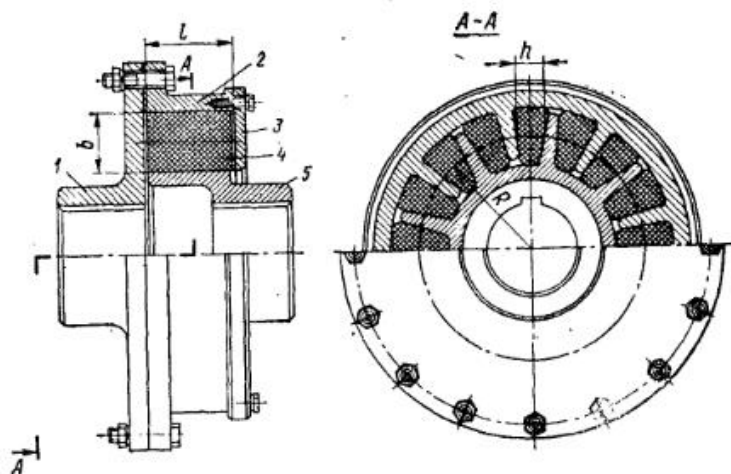


Рис. III.59. Муфты с резиновыми брусками

Угловые смещения валов не должны превышать 1° . Однако даже при таких небольших смещениях валов резиновые втулки быстро изнашиваются.

Муфта, упругие элементы которой выполнены в форме резиновых брусков, работающих на сжатие, изображена на рис. III.59. 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 выпадания. В конструкции должна быть предусмотрена свобода деформации резины, так как в закрытых объемах она становится жесткой.

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

$$M_{кр} = \frac{2,8zEl^2b^2R}{h(l+b)} \frac{\varphi}{0,85h - \varphi};$$

жесткость муфты

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

где l , R , b и h — см. на рис. III.59 (в см); E — модуль упругости резины в кгс/см²; z — число пластин; φ — угол закручивания в рад.

В этих формулах $\varphi = \varphi_f - \varphi_0$, где φ_f — фактический угол закручивания; φ_0 — угол поворота полумуфт при выборе боковых зазоров.

Наибольшее напряжение смятия

$$\sigma_{см} = \frac{M_{max}}{zblR} \leq [\sigma]_{см};$$

соответствующий этим напряжениям угол поворота

$$\varphi_{пред} = \frac{0,85h}{R} \cdot \frac{\sigma_{см}}{\sigma_{см} + \frac{2,8Elb}{h(l+b)}}.$$

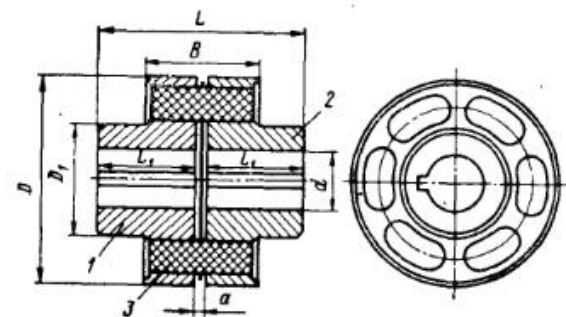


Рис. III.60. Кулачковая муфта «Arcusa»

На рис. III.60 представлена кулачковая муфта «Arcusa», 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 в мм	(0,3—0,5) a
Радиальное смещение осей валов Δ в мм:	
для муфт с $M_{кр} \leq 25$ кгс·м	0,5—1
» муфт с $M_{кр} = 25 \dots 63$ кгс·м	1,5
Угловое смещение осей валов γ в град	0,5—1

В табл. III.42 приведены основные размеры и параметры муфты. Крутящий момент в таблице определяется из выражения $M_{кр} = kM_n$, где k находится из табл. III.43.

Таблица III.42

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.60)

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

Таблица III.43

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	2,5
Со средними разгоняемыми массами и неравномерным вращением (подъемники, элеваторы, мешалки, вращающиеся печи, кольцевая прядильная машина, шлифовальные станки, стиральные машины, молотки, поршневые насосы)	2	2,5	3
С большими разгоняемыми массами и сильными ударами (бумажные каландры, гидропрессы, экскаваторы, тяжелые молоты, бегуны, вибромашины, очистные барабаны, ковочные прессы)	3	3,5	4

На рис. III.61 представлены муфты в двух вариантах исполнения.

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.

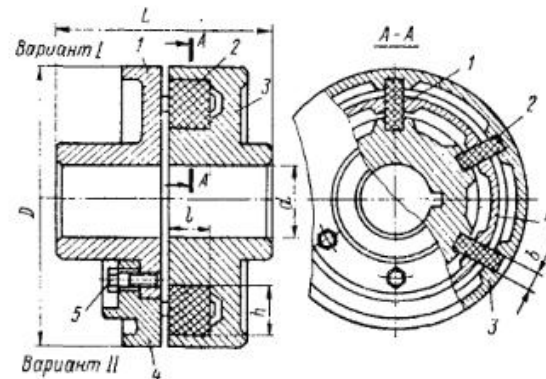


Рис. III.61. Муфта с радиальными вкладышами по нормам РМ 341—61 Гипроуглемаша

Муфта по варианту II не требует осевых перемещений соединяемых агрегатов и состоит из полумуфт 1 и 3, кольца 4, имеющего торцовые кулачки, упругих элементов 2 и винтов 5, соединяющих детали 1 и 4. Эти муфты применяют для передачи больших и средних крутящих моментов.

Упругие элементы изготавливаются 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 изготовляют из вулкана (температура до 100° С).

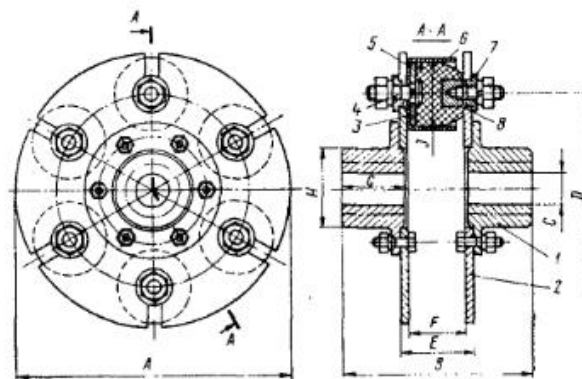


Рис III.62. Муфта «Radiaflex RTP»

Муфта отличается высокими компенсационными свойствами и надежностью в работе.

В табл. III.44 приведены основные размеры и параметры муфты в зависимости от величины расчетного крутящего момента $M_{кр} = M_{ном}k$, где k — коэффициент динамичности (см. стр. 80).

На рис. III.62 представлена муфта «Radiaflex RTP» фирмы «Paulstra» для передачи больших крутящих моментов. К ступицам одинаковых полумуфт 1

Таблица III.44

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.61)

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

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 резбовым пальцем 4, в другом торце завулканизирована вставка 8 с резбовым гнездом. 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 резбу на пальцах и фиксируют упругие элементы от смещения к периферии диска, так как диаметр отверстия в диске под шайбой больше ширины радиального паза. Меняя форму наружной поверхности резиновой детали, можно изменять форму характеристики крутильной жесткости муфты.

При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 5°. Муфта допускает:

Осевое смещение полумуфт δ в мм	1—2
Радиальное смещение осей валов Δ в мм	2
Угловое смещение осей валов γ в град	≤2

В табл. III.45 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица III.45

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.62)

M _{кр} в кгс·м	n _{тах} в об/мин	Число упругих элементов	A	B	C _{min}	C _{max}	D	E	F	G	H	I
47	3000	3	270	176	18	56	180	67	55	57,5	84	Ø 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	115	
250	1500	6	420	299	28	100	280	100	80	102,5	145	Ø 130
280	2500	10	424	274	28	100	324	75	55	102,5	145	Ø 90
410	2000	12	475	345	28	120	380	79	55	136	177	
450	1500	8	510	370	28	120	370	104	80	136	177	Ø 130
690	1500	10	600	382	28	120	460	116	80	136	177	
970		12	680	420	32	150	540	120	80	155	210	
1 750		16	860	420	32	150	720	120	80	155	210	
1 750		6	826	687	32	155	580	207	147	250	220	Ø 246
3 400		8	1096	827	32	220	850	207	147	320	320	
6 000		12	1246	827	32	200	1000	207	147	320	275	
7 200		12	1446	827	32	360	1200	207	147	320	540	
10 400		16	1546	887	32	360	1300	207	147	350	540	

На рис. III.63 представлена муфта «Radiflex R.» фирмы «Paulstra» малой крутильной жесткости. К ступицам полумуфт 1 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 резбовыми пальцами 3. Шайбы 6 предохраняют резбу на кольцах 3 и фиксируют упругие элементы от смещения к периферии 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 в мм	2—3
Радиальное смещение осей валов Δ в мм	1—5
Угловое смещение осей валов γ	1° 30'

При действии крутящего момента $M_{кр}$ касательные напряжения в резине

$$\tau = \frac{8M_{кр}}{D\pi d^2 z} \leq [\tau],$$

где D — диаметр окружности, на которой расположены оси упругих элементов;
 d — диаметр упругого элемента; z — число упругих элементов.

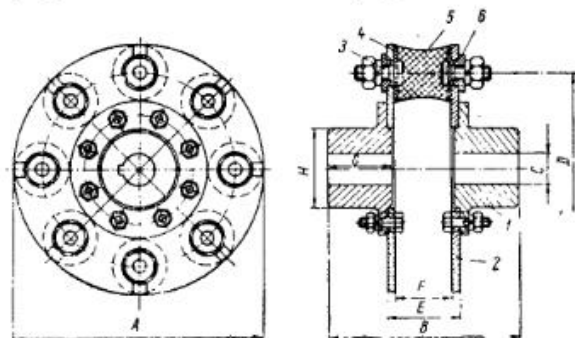


Рис. III.63. Муфта «Radiaflex R»

При действии радиальной силы P касательные напряжения в резине

$$\tau = \frac{4P}{z\pi d^2} \leq [\tau].$$

В табл. III.46 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица III.46

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.63)

$M_{кр}$ в кгс-м	n_{max} в 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	20
1	4000	6	80	59	0	26	60	29	19	20	40
3	3000	3	172	114	0	35	114	52	44	35	50
5	3000	3	172	114	0	35	114	52	44	35	50
8	3000	6	187	138	18	45	130	52	44	46	69
12	3000	6	187	138	18	45	130	52	44	46	69
16	3000	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
22	2500	8	250	161	18	56	190	52	44	57,5	84
30	2000	8	270	185	18	56	200	76	60	57,5	84
55	1500	12	300	240	23	80	236	76	60	85	115
105	1500	16	395	275	28	100	330	76	60	102,5	145
146	1500	12	430	356	28	120	340	90	70	136	177
232	1500	12	475	366	28	120	380	100	76	136	177

На рис. III.64 представлена муфта «Radiaflex GV» фирмы «Paulstra». Во фланцах полумуфт 1 имеются отверстия, в которые вставляются резино-металлические упругие элементы 2. Упругий элемент состоит из concentрично 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

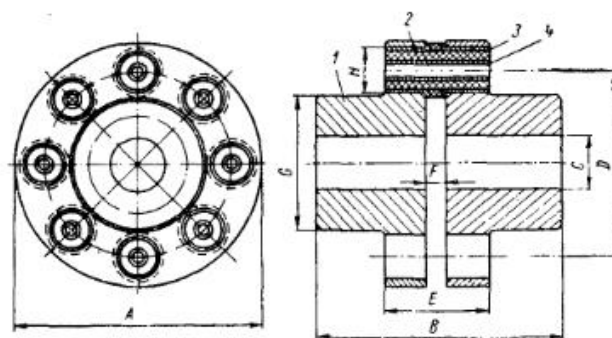


Рис. III.64. Муфта «Radiaflex GV»

отсутствует внешнее трение, что исключает износ резины. При действии номинального крутящего момента полумуфты закручиваются на 5°. Муфта допускает:

Радиальное смещение осей валов Δ в мм ≤ 1
 Угловое смещение осей валов γ в град ≤ 1

В табл. III.47 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица III.47

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. III.64)

$M_{кр}$ в кгс-м	n_{max} в об/мин	A	B	C_{min}	C_{max}	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

Глава IV

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.

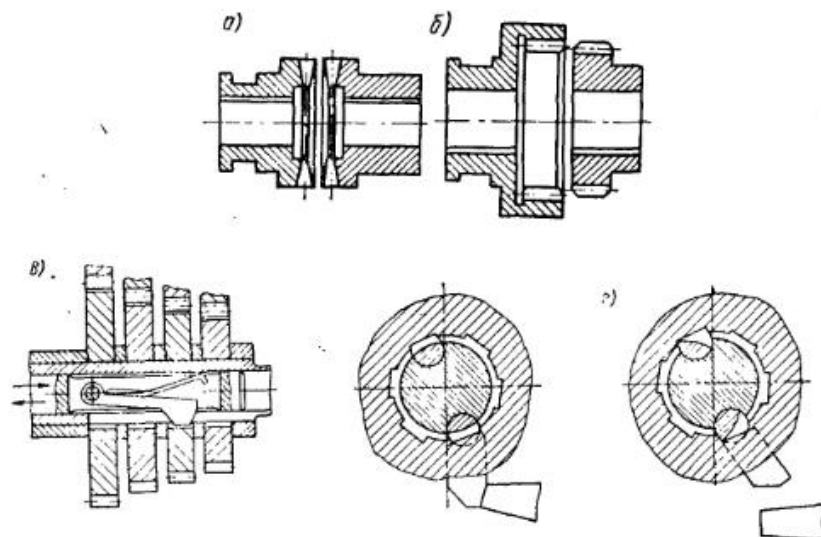


Рис. IV.1. Разновидности кулачковых муфт

Кулачковые муфты допускают включение лишь в неподвижном состоянии или при очень малой разности угловых скоростей валов. При включении их на ходу неизбежно появление динамических нагрузок. Включение кулачковых муфт возможно лишь при определенных угловых положениях одного вала относительно другого.

Подвижную полумуфту рекомендуется располагать на ведомом валу, что уменьшает износ деталей управления муфтой.

Преимуществами кулачковых муфт по сравнению с фрикционными являются малые габариты и отсутствие относительного поворота соединяемых валов.

Число кулачков выбирается в зависимости от передаваемого крутящего момента (при данном диаметре муфты число кулачков тем меньше, чем больше крутящий момент) и от желаемого времени включения муфты.

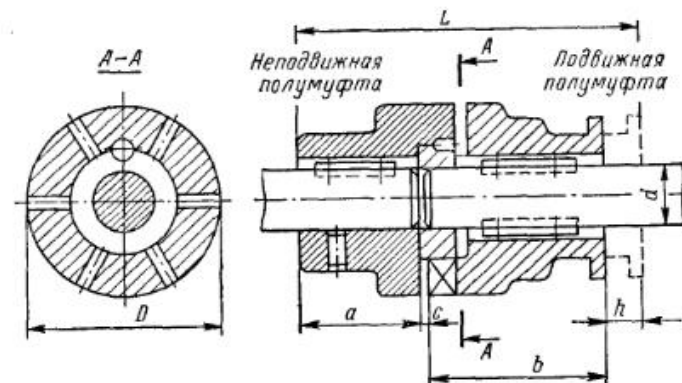


Рис. IV.2. Кулачковая муфта

Если обозначить: z — число кулачков, n — частота вращения в об/мин, t_0 — время включения муфты в с, то

$$t_0 = \frac{60}{n} \frac{1}{z},$$

откуда

$$z = \frac{60}{nt_0}.$$

Таблица IV.1

Размеры кулачковых муфт (в мм) с прямоугольной формой кулачков (рис. IV.2)

d	D	L	a	b	c	h	Масса в 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

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 $z = 15 \div 60$).

Трапецидальный профиль (рис. IV.3, б) обычно применяется при сравнительно больших крутящих моментах и больших скоростях вращения соединяемых валов. Число кулачков $z = 6 \div 12$; угол профиля $\alpha = 2 \div 8^\circ$. Муфты с такими кулачками нуждаются в небольшом осевом поджатии и после включения (если $\alpha > \rho$).

Прямоугольный профиль (рис. IV.3, в) применяется в тяжело нагруженных машинах, а также при ручном включении. Этот профиль не требует постоянной осевой силы прижатия и имеет правильный контакт зубьев по плоскости при

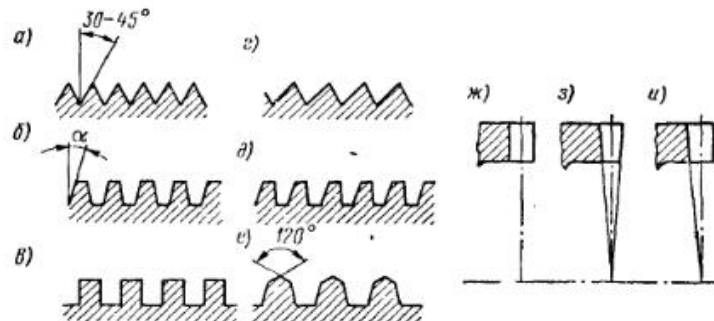


Рис. IV.3. Формы кулачков

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 трапецидальными и прямоугольными профилями кулачков применяют подрезание кулачков (рис. IV.3, е).

Формы кулачков в продольном сечении представлены на рис. IV.3. 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.

Кулачки с трапецидальным профилем изготавливают либо постоянной высоты, либо уменьшающейся к центру. В последнем случае удается обработать обе рабочие грани впадины за один проход инструмента. Полумуфты при этом изготавливают с плоскими торцами (рис. IV.3, и), что уменьшает износ торцов при включении, поскольку кулачки входят в зацепление одновременно по всей ширине, а не углами. Однако в рабочем состоянии контакт кулачков имеет место не по всей их высоте (за исключением внутреннего диаметра).

2. МАТЕРИАЛЫ И РАСЧЕТ

Материал для изготовления кулачковых муфт должен обеспечивать высокую твердость кулачков и посадочной поверхности подвижной полумуфты. Для полумуфт обычно используются стали 20Х, 20ХН2 и т. п. с цементацией и закалкой до твердости HRC 45—60. Муфты крупных размеров изготавливают из стали 45 или из стального литья, а в ответственных конструкциях при частых включениях и выключениях — из сталей 40Х, 30ХН, 35ХГС и др.

Направление подвижной полумуфты на валу достигается достаточно длинной втулкой полумуфты и скользящей или ходовой ее посадкой на валу. Пере-

мещение подвижной полумуфты должно осуществляться по шлицам или, по крайней мере, по двум направляющим диаметрально расположенным шпонкам. Длина втулки обычно берется равной $(1,5 \div 2)d$, где d — диаметр вала.

Работоспособность кулачков определяется напряжениями смятия на контактных поверхностях и изгибающими напряжениями у основания кулачков.

Предполагая, что в передаче нагрузки участвуют равномерно все кулачки и что давление равномерно распределяется по поверхности каждого кулачка (см. [82]), получаем

$$\sigma_{см} = \frac{2M_{расч}}{d_{ср}zF} \text{ и } \sigma_{из} = \frac{2M_{расч}h}{W d_{ср}z},$$

где F — площадь проекции опорной поверхности кулачка на диаметральную плоскость в см²; h — высота кулачка в см; W — момент сопротивления основа-

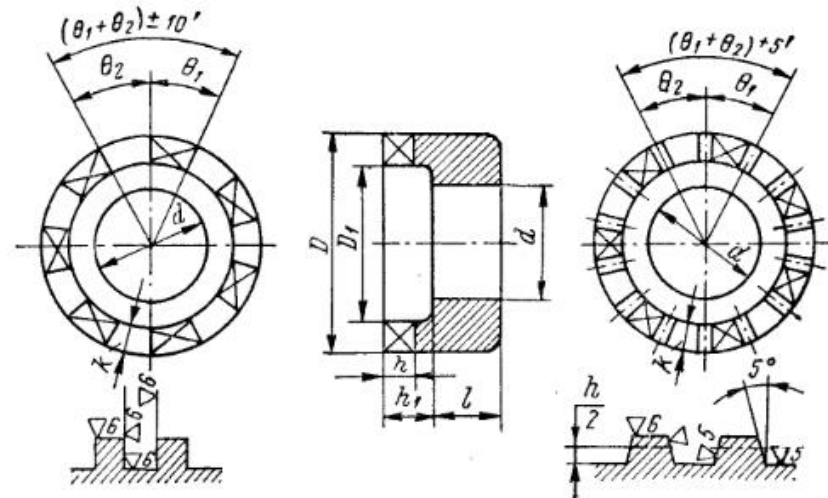


Рис. IV.4. Кулачковая полумуфта с прямоугольными и трапецидальными кулачками

ния кулачка в см²; $M_{расч}$ — расчетный крутящий момент в кгс·см; $d_{ср}$ — средний диаметр муфты (по кулачкам).

Рекомендуются следующие значения $[\sigma]_{см}$ (в кгс/см²) для стальных термически обработанных (цементация и закалка) кулачков:

Для муфт при включении в состоянии покоя	900—1200
» » » » на малом ходу	500—700
» » » » на быстром ходу	350—450

Расчетный крутящий момент

$$M_{расч} = 1,3M_{кр},$$

где $M_{кр}$ — максимальный крутящий момент, передаваемый муфтой при установившемся движении.

В ответственных случаях производится уточненный расчет по динамическому моменту [94], [37].

Размеры (в мм) и параметры торцовых кулачковых муфт (рис. IV.4)

Способ включения и выключения	Количество кулачков z	D	$\frac{D-D_1}{2} = k$	α	β	h	h'	
				град				
Ручной	7	35	6	$20^\circ 43' - 40' - 20'$	$25^\circ 43' \pm 40' \pm 20'$	4	5	
		40	7					
		45						
		50	8					
	9	55		$20^\circ - 40' - 20'$	$20^\circ \pm 40' \pm 20'$			
		60 70	10					
Автоматический (зуб нормальный)	5	40	5—8	$36^\circ - 40' - 20'$	$36^\circ \pm 20' \pm 20'$	4	5	
		45						
		50 55						
	7	60 70 80 90	5—10	$25^\circ 43' - 40' - 20'$	$25^\circ \pm 40' \pm 20'$	6	7	
		При работе с неболь- шими скоростями (зуб мелкий)	7	40	5—8	$25^\circ 43' - 40' - 20'$	$25^\circ 43' \pm 40' \pm 20'$	4
	45							
50 55								
9	60 70 80 90		5—10	$20^\circ - 40' - 20'$	$20^\circ \pm 40' \pm 20'$	6	7	

Примечание. Размеры d и l выбираются конструктивно. Обычно $l = (1,5 \div 2) d$.

Примечание. Размеры d и l выбираются конструктивно. Обычно $l = (1,5 \div 2) d$.

Сила, необходимая для включения и выключения муфты,

$$P = -\frac{2M_{расч}}{d_{ср}} \left[f' \frac{d_{ср}}{d} \pm \operatorname{tg}(\alpha \pm \rho) \right],$$

где f' — коэффициент трения муфты по валу; d — диаметр вала в см; α — угол наклона рабочей грани кулачка (рис. IV.3); ρ — угол трения на контактных поверхностях кулачков ($\operatorname{tg} \rho = f$).

В формуле знак плюс относится к случаю включения, знак минус — выключения муфты.

Самовыключение муфты возможно при

$$\operatorname{tg} \alpha > f \left(1 + \frac{d_{ср}}{d} \right),$$

если принять $f' = f$. Обычно принимают $f' = f = 0,15 \div 0,20$.

На рис. IV.4 показана кулачковая полумуфта с прямоугольными и трапециевидными кулачками. Размеры кулачков по нормали Стапкостроительного завода 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

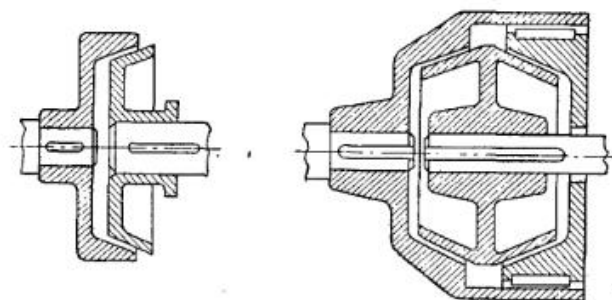


Рис. IV.5. Конусные муфты

разности угловых скоростей ведущего и ведомого валов. Плавное включение 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 не пригодны в тех случаях, когда требуется строгое совпадение угловых скоростей соединяемых валов, так как при случайном проскальзывании муфты это условие нарушается.

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.

Наибольшее применение имеют дисковые муфты, обеспечивающие передачу больших крутящих моментов при относительно небольших габаритах и силах,

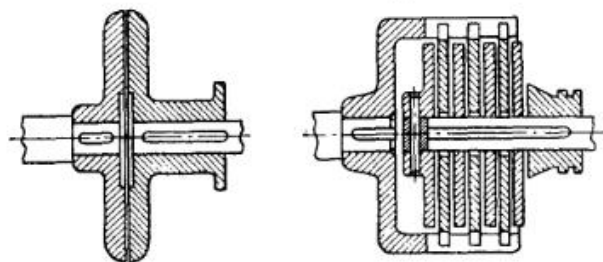


Рис. IV.6. Дисковые муфты

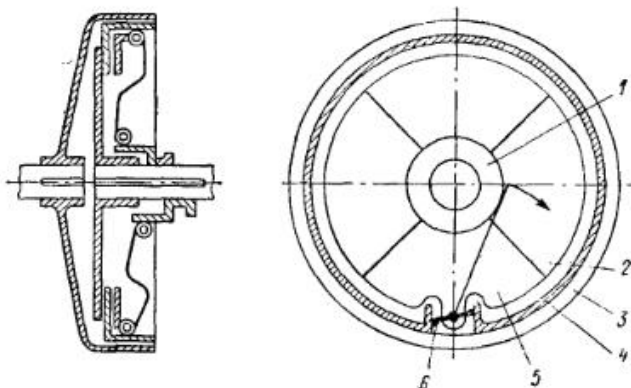


Рис. IV.7. Колодочные муфты

Рис. IV.8. Муфта с разжимным кольцом

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.

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 графиком *ОВС* (рис. IV.9). На графике обозначены: $M_{\max}$ — наибольший момент трения в муфте в кгс·м; M_c — момент сил сопротивления в кгс·м; $M_{\text{тр}}$ — текущая величина момента трения в кгс·м; t — текущая величина времени в с, отсчитываемая от начала включения муфты; $t_{\text{вкл}}$ — время полного включения муфты в с; t_c — время в с, при котором момент M_t достигает значения M_c ; $t_{\text{сц}}$ — время сцепления муфты в с (т. е. время, за которое угловая скорость ведомого вала достигнет скорости ведущего).

В процессе включения и сцепления муфты следует различать три периода (рис. IV.9): в первом периоде $0 < t \leq t_c$; $0 < M_{\text{тр}} < M_c$; во втором периоде $t_c < t < t_{\text{вкл}}$; $M_c \leq M_{\text{тр}} \leq M_{\max}$; в третьем периоде $t > t_{\text{вкл}}$; $M_{\text{тр}} = M_{\max} = \text{const}$.

В течение первого периода вращается только ведущий вал; ведомый вал неподвижен. Во втором периоде ведомый вал получает разгон. Если угловые скорости ведущего и ведомого валов не сравняются в течение второго периода ($t_{\text{сц}} < t_{\text{вкл}}$), то разгон ведомого вала продолжится в третьем периоде ($t_{\text{сц}} > t_{\text{вкл}}$).

Введем следующие обозначения: J — момент инерции ведомых частей машины, приведенный к муфте, в кгс·м·с²; ω_d — угловая скорость ведущего вала (двигателя) в 1/с; ω — текущее значение угловой скорости ведомого вала в 1/с; $A_{\text{тр}}$ — работа трения в кгс·м, т. е. работа, совершенная моментом трения $M_{\text{тр}}$ за время $t_{\text{сц}}$ на пути скольжения и полностью преобразованная в тепловую энергию; k — коэффициент пропорциональности между временем и крутящим моментом. Тогда

$$M_{\text{тр}} = kt; \quad k = \frac{M_{\max}}{t_{\text{вкл}}}.$$

Допустим, что угловая скорость ω_d ведущего вала и момент M_c в процессе сцепления остаются постоянными. Тогда работа трения

$$A_{\text{тр}} = \frac{J\omega_d^2}{2} + \frac{2}{3} M_c \omega_d \sqrt{\frac{2J\omega_d}{k}} + \frac{M_c^2 \omega_d}{2k}, \quad (\text{IV.1})$$

или

$$A_{\text{тр}} = k\omega_d \frac{t_{\text{вкл}}^2}{2} + M_{\max} \omega_d t_{\text{доб}} - \frac{M_c}{2J} \left[\frac{k(t_{\text{вкл}} - t_c)^3}{3} + (M_{\max} - M_c)t_{\text{доб}}^2 + k(t_{\text{вкл}} - t_c)^2 t_{\text{доб}} \right] - J \frac{\omega_d^2}{2}, \quad (\text{IV.2})$$

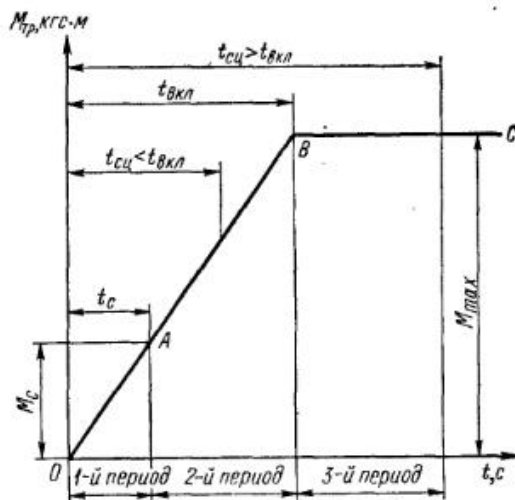


Рис. IV.9. Зависимость момента $M_{\text{тр}}$ от времени в процессе включения муфты

где

$$t_c = \frac{M_c}{k} = \frac{M_c}{M_{\max}} t_{\text{вкл}}; \quad (\text{IV.3})$$

$$t_{\text{доб}} = \frac{2J\omega_d - k(t_{\text{вкл}} - t_c)^2}{2(M_{\max} - M_c)}. \quad (\text{IV.4})$$

Формула (IV.1) относится к случаю, когда время $t_{\text{сц}}$ меньше или равно времени $t_{\text{вкл}}$ (рис. IV.9), формула (IV.2) соответствует случаю, когда $t_{\text{сц}} > t_{\text{вкл}}$. В первом случае время сцепления определяется по формуле

$$t_{\text{сц}} = \frac{M_c}{k} + \sqrt{\frac{2J\omega_d}{k}}, \quad (\text{IV.5})$$

а во втором — по формуле

$$t_{\text{сц}} = \frac{t_{\text{вкл}}}{2} \left(1 + \frac{M_c}{M_{\max}} \right) + \frac{J\omega_d}{M_{\max} - M_c}. \quad (\text{IV.6})$$

Для определения времени сцепления сначала рассчитывают его по формуле (IV.5). Если полученная величина меньше или равна $t_{\text{вкл}}$, то ее следует принять за истинное значение $t_{\text{сц}}$, а величину $A_{\text{тр}}$ в этом случае находят по формуле (IV.1). Если же полученная по формуле (IV.5) величина больше $t_{\text{вкл}}$, то величину $t_{\text{сц}}$ следует пересчитать по формуле (IV.6), а величину $A_{\text{тр}}$ — по формуле (IV.2).

Из приведенных формул следует, что для уменьшения величины $A_{\text{тр}}$ и времени $t_{\text{сц}}$ целесообразно по возможности уменьшать $t_{\text{вкл}}$, а включение фрикционной муфты производить при уменьшенных нагрузке M_c и скорости ω_d . Вместе с тем чрезмерное уменьшение $t_{\text{вкл}}$ может повлечь за собой уменьшение плавности включения и возрастание нагрузки на валы. Благоприятные условия включения муфты обеспечиваются при соблюдении условия

$$t_{\text{вкл}} \geq \frac{2J\omega_d M_{\max}}{(M_{\max} - M_c)^2}. \quad (\text{IV.7})$$

При этом полное сцепление муфты происходит во втором периоде ($t_{\text{сц}} < t_{\text{вкл}}$), благодаря чему момент трения $M_{\text{тр}}$ 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 $t_{\text{вкл}}$, например из-за того, что обусловленные им работа трения $A_{\text{тр}}$ и количество образующегося тепла будут слишком велики.

Если время включения муфты, определяемое по формуле (IV.6), мало по сравнению с временем сцепления $t_{\text{сц}}$, то работа трения может быть выражена следующей формулой:

$$A_{\text{тр}} = \frac{J\omega_d^2}{2} \frac{M_{\max}}{M_{\max} - M_c}.$$

При использовании фрикционной муфты для привода тяжелых машин с большими разгоняемыми массами (т. е. с большим моментом инерции J) возможно появление в приводе в процессе сцепления муфты больших динамических крутящих моментов, связанных с крутильными колебаниями системы. В этом случае для предохранения машины от значительных перегрузок необходимо соблюдение условия

$$\frac{t_{\text{вкл}}}{T} \geq 2 + 3,$$

где T — период собственных колебаний системы.

В некоторых случаях допущения, сделанные при выводе формул (IV.1) — (IV.6), лишь приближенно описывают условия реального процесса сцепления.

Поэтому были предприняты попытки вывода более точных формул. А. А. Филимонов [84] предложил формулы, основанные на следующих допущениях:

- 1) момент трения, передаваемый муфтой, в процессе включения изменяется пропорционально времени, т. е. $M_{\text{тр}} = kt$;
- 2) момент сил сопротивления на ведомом валу $M_c = \text{const}$;
- 3) крутящий момент ведущей системы в процессе сцепления нарастает пропорционально времени: $M_v = ct$.

При выключении муфты давление на контактных поверхностях сцепляющихся деталей муфты и момент трения падают до нуля. Если принять линейную зависимость между моментом $M_{\text{тр}}$ и временем, а величины M_c и ω_d в процессе расцепления считать постоянными, то величина $M_{\text{тр}}$ определяется из следующего выражения:

$$M_{\text{тр}} = M_{\max} - k_1 t_1,$$

где

$$k_1 = \frac{M_{\max}}{t_{\text{выкл}}}.$$

Зависимость между моментом трения муфты и временем изобразится прямым графиком ABC (рис. IV.10). На графике обозначены: t_c — время в с, при котором момент $M_{\text{тр}}$ достигает значения M_c ,

$$t_c = \frac{M_{\max} - M_c}{M_{\max}} t_{\text{выкл}};$$

$t_{\text{выкл}}$ — время полного выключения муфты в с, т. е. время, за которое момент $M_{\text{тр}}$ изменяется от $M_{\max}$ до нуля; t_2 — время торможения ведомого вала в с, отсчитываемое от начала выключения муфты,

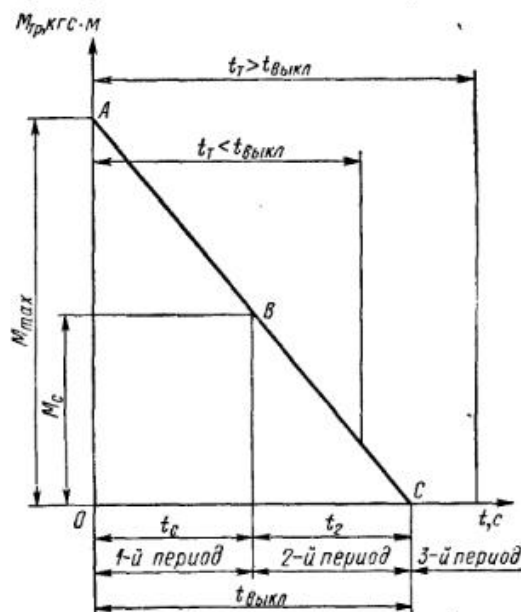


Рис. IV.10. Зависимость момента $M_{\text{тр}}$ от времени в процессе выключения муфты

$$t_2 = t_{\text{выкл}} - t_c = \frac{M_c}{M_{\max}} t_{\text{выкл}}.$$

В процессе выключения муфты и торможения ведомого вала следует различать три периода (рис. IV.10).

В первом периоде $M_{\text{тр}} > M_c$ и оба вала вращаются с одинаковой угловой скоростью ω_d . Во втором 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 тепло и происходит нагрев муфты. В зависимости от значений величин J , M_c и ω_d полное торможение (остановка) ведомого вала возможно как во втором, так и в третьем периоде. В конце второго периода давление на рабочие элементы и момент трения $M_{\text{тр}}$ равны нулю. Третий период — время полного выключения муфты.

При сделанных допущениях имеют место следующие зависимости.

1. Если время торможения меньше времени выключения муфты, то работа торможения равна

$$A_{\text{тр1}} = \omega_d \left(\frac{M_c}{3} \sqrt{\frac{2J\omega_d}{k_1}} - \frac{J\omega_d}{2} \right). \quad (\text{IV.8})$$

2. Если время торможения равно времени выключения муфты, то

$$A_{тр1} = \frac{M_c^2 t_{выкл}^2}{24 J M_{max}^2} \quad (IV.9)$$

В третьем периоде работа трения равна нулю, так как $M_{тр}$ равен нулю. Тогда работа, выражаемая формулой (IV.8), является наибольшей возможной работой трения при выключении муфты.

Время торможения муфты определяется по одной из формул:

$$t_{тр} = t_c + \sqrt{\frac{2J\omega_d}{k_1}} = \frac{M_{max} - M_c}{M_{max}} \cdot t_{выкл} + \sqrt{\frac{2J\omega_d}{k}} \quad (IV.10)$$

или

$$t_{тр} = \frac{J\omega_d}{M_c} + t_{выкл} \left(1 - \frac{M_c}{2M_{max}}\right) \quad (IV.11)$$

Если время, рассчитанное по формуле (IV.10), окажется меньше $t_{выкл}$ или равно ему, то его и следует принять за действительную величину $t_{тр}$, а работу трения $A_{тр}$ рассчитать по формулам (IV.8) или (IV.9). Если же полученное время окажется больше, чем $t_{выкл}$, то его следует пересчитать по формуле (IV.11), а работу $A_{тр1}$ 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) теплоустойчивость, 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 тепла 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 по чугуну и 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 неотвественных муфт допускается применение нешлифованных дисков.

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 малонагреваемых муфтах (не выше $120^\circ C$).

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 асбестопроволочной ткани, пропитанной бакелитом, асфальтом или резиной и спрессованные при высокой температуре, 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 приклеивания или приклеивания.

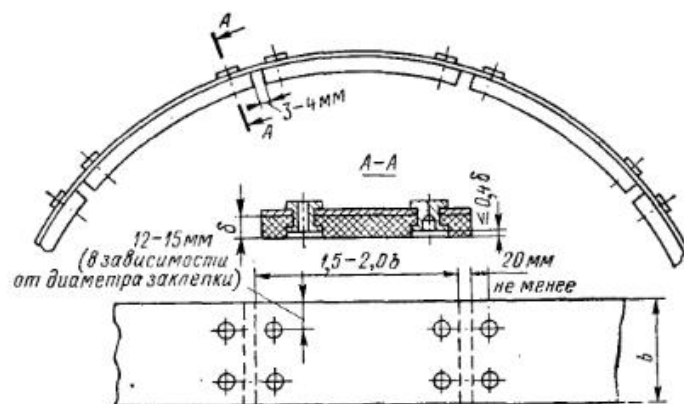


Рис. IV.11. Вальцованная лента

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 износа и теплоотвод и уменьшает износ в 1,5—2 раза.

Таблица IV.3

Коэффициенты трения фрикционных пар

Фрикционная пара	Условия смазки		
	Без смазки	Со смазкой маслом	С попаданием масла
Сталь по стали	0,18 и больше	0,05—0,08	0,1
» » чугуны	0,15—0,18	0,1	0,12
» » бронзы	0,18	0,08	0,11
Бронза по чугуны или по бронзе	0,17	0,12	0,15
Чугун по чугуны	—	—	0,15
Сталь или чугун по асбестовой обкладке	0,25—0,45	0,08	—
Порошковые металлические обшивки по стали	0,35—0,55	—	—
Кожа по чугуны	—	0,12	0,28
Пластмасса по стали	—	0,09—0,1	—
Сталь по фибре	0,2	0,12	0,17
» » текстолиту	—	0,1	0,12

Для тяжелых условий работы служит ретинакс, обладающий устойчивым коэффициентом трения (около 0,3). Изготавливаются две модификации ретинакса: ФК-24А и ФК-16Л. В последнюю дополнительно вводится латунная проволока, что повышает прочность и износостойкость в тяжелых условиях работы. Высокая теплостойкость позволяет применять ретинакс при температурах поверхностей трения до 1000° С.

Для повышения износостойкости, особенно при высоких температурах, применяют металлокерамические фрикционные обкладки, изготавливаемые путем спекания из следующих компонентов: медь или железо, составляющие основу и улучшающие отвод тепла, графит, свинец, повышающие прирабатываемость и препятствующие заеданию, и асбест, кварцевый песок 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 табл. IV.3 приводятся средние значения коэффициентов трения для различных фрикционных материалов.

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 тепла, выделяемого в муфте в единицу времени (ч), 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 $v_{\text{ср}} = \frac{\pi D_{\text{ср}} n}{60}$ м/с, где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр муфты в м.

На основании приведенных соображений муфта рассчитывается по крутящему моменту, большему чем номинальный, поэтому

$$M_{\text{расч}} = \frac{\beta M_c}{k_m k_v}, \quad (\text{IV.12})$$

где $\beta > 1$ — коэффициент запаса сцепления муфты, зависящий от рода агрегата, в котором муфта установлена; значения β для различных машин приведены в табл. IV.4; k_m — коэффициент, учитывающий частоту включения муфты; при числе переключений муфты $m \leq (50 \div 100)$ в ч (50 — для быстроходных муфт 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 ч, то $k_m = 1 - k'_m$ (где k'_m берется равным 0,01 на каждые дополнительные пять включений свыше 50—100 в ч); k_v — коэффициент, учитывающий скорость скольжения (по табл. IV.5).

Таблица IV.4

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 (одноцилиндровые), деревообделочные станки	1,7
Механизмы подъемно-транспортных машин: муфты, включаемые без нагрузок	1,25—1,35
муфты, включаемые под максимальной нагрузкой	1,35—1,50

Таблица IV.5

Значения коэффициента k_v для определения расчетного удельного давления

Средняя ок- ружная ско- рость в м/с	k_v	Средняя ок- ружная ско- рость в м/с	k_v
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

Надежность сцепления и износостойкость рабочих поверхностей достигаются путем соблюдения следующих зависимостей:

$$M_{\text{расч}} \leq M_{\text{тр}}; q \leq [q].$$

Здесь q и $[q]$ — действительная и допускаемая величины средних удельных давлений на рабочих поверхностях (табл. IV.6).

Таблица IV.6

Допускаемые удельные давления q в кгс/см²

Фрикционная пара	Дисковые муфты	Конусные и барабанные муфты
Закаленная сталь по стали	4,0—6,0	—
Сталь по чугуно	2,5—3,0	4,0
» » бронзе	4,0—5,0	6,0
» » ферродо	2,0—2,5	3,0
» » текстолиту	5,0—6,0	—
» » фибре	3,5—4,0	—
» » коже или пробке	—	0,5—1,0
Чугун по чугуно без смазки	2,5—3,0	4,0
» » » или по закален- ной стали со смазкой	6—8,0	10
Чугун по бронзе	—	4
» » дереву	—	3—6

Примечания: 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%.

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

$$P = \frac{2M_{расч}}{D_{ср}} \left(\frac{\sin \alpha}{f} + \cos \alpha \right). \quad (IV.13)$$

Момент трения определяется из формулы

$$M_{тр} = \frac{\pi}{2} f q b D_{ср}^2, \quad (IV.14)$$

где b — длина рабочей части образующей конуса.

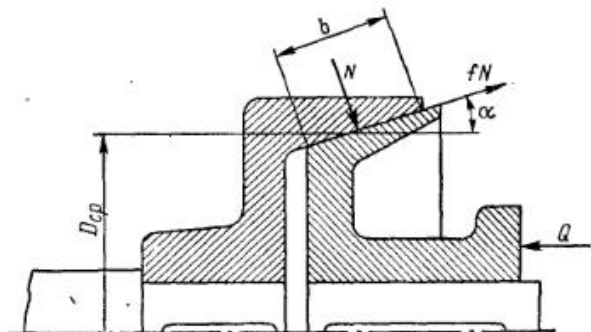


Рис. IV.12. Схема действия сил в конусной муфте

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 $\alpha \geq 12-15^\circ$).

Порядок расчета конусных муфт следующий.

Выбирают тип муфты (сухая и масляная) и материалы фрикционных частей.

Руководствуясь конструктивными соображениями, задаются величиной $D_{ср}$,

определяют $v_{ср} = \frac{\pi D_{ср} n}{60}$ м/с и по ней в табл. IV.5 находят коэффициент k_0 .

Определяют $M_{расч}$ по формуле (IV.12).

Выбирая $[q]$ из табл. IV.6, находят b по формуле (IV.14), подставив в нее

$M_{расч} = M_{тр}$

$$b = \frac{2M_{расч}}{\pi [q] D_{ср}^2}.$$

Задаются углом α и определяют усилие включения P по формуле (IV.13). Величину $D_{ср}$ можно найти, задаваясь $\psi = b/D_{ср}$

$$D_{ср} = \sqrt[3]{\frac{2M_{расч}}{\pi f [q] \psi}}.$$

В этом случае для определения $M_{расч}$ следует задаться ориентировочным значением $v_{ср}$ и по нему найти k_0 . Если расхождение между действительным и принятым значением $v_{ср}$ окажется слишком велико, расчет следует повторить.

Дисковые муфты

На рис. IV.13 представлена схема двухдисковой муфты.

Среднее удельное давление между дисками

$$q = \frac{P}{\frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2)} = \frac{P}{\pi b D_{ср}} \text{ кгс/см}^2,$$

где $b = \frac{D_1 - D_2}{2}$ — рабочая ширина дисков в см; $D_{ср} = \frac{D_1 + D_2}{2}$ — средний диаметр рабочей части дисков в см. Обычно $\frac{D_2}{D_1} = (0,5-0,8)$, что соответствует

$\psi = \frac{b}{D_{ср}} = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{9} \right)$. Чаще всего

применяется $\psi = \frac{1}{4}$.

Момент, передаваемый муфтой,

$$M_{тр} = \frac{\pi}{2} z f q b D_{ср}^2 = \frac{\pi}{2} z f \psi D_{ср}^3,$$

где z — число пар трущихся поверхностей.

Порядок расчета дисковой муфты следующий.

Диаметр D_2 определяется конструктивными соображениями и диаметрами валов.

Задаются величиной $D_{ср}$ и определяют

$$\psi = \frac{D_{ср} - D_2}{D_{ср}} = \frac{b}{D_{ср}}$$

или, наоборот, задавшись величиной ψ , определяют $D_{ср}$ из выражения

$$D_{ср} = \frac{D_2}{1 - \psi}. \quad (IV.15)$$

Таблица IV.7
Значения k_z для часто
включаемых масляных муфт

z	k_z	z	k_z
≤ 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		

Выбирают материалы фрикционной пары. Определяют среднюю окружную скорость

$$v_{ср} = \pi D_{ср} \frac{n}{60} \text{ м/с}$$

и по ней находят значение коэффициента k_0 из табл. IV.5.

Найдя $M_{расч}$ по формуле (IV.12) и выбрав $[q]$, определяют число поверхностей трения

$$z = \frac{2M_{расч}}{\pi f [q] \psi D_{ср}^3 k_z}. \quad (IV.16)$$

В этой формуле k_z — коэффициент, учитывающий влияние числа дисков в муфте на передаваемый ею момент: с увеличением числа дисков растет доля усилия прижатия, затрачиваемая на преодоление сил трения в шлицах (пазах) при передвижении дисков. Для сухих муфт $k_z = 1$; для масляных часто включаемых муфт значения k_z приведены в табл. IV.7.

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) пластины, уменьшающие удельные давления между пластинами. Если число дисков по расчету получается больше 25—30, муфту необходимо пересчитать, задавшись большим значением $D_{ср}$, чем было принято раньше.

При определении числа поверхностей трения z коэффициентом k_2 следует задаваться ориентировочно с последующей проверкой его значения.

Определяют наружный диаметр поверхности трения и ширину ее $D_1 = D_{ср} (1 + \psi)$.

Определяют усилие включения муфты P по формуле (IV.13).

Следует заметить, что в условиях нарушения соосности валов дисковые фрикционные муфты работают неудовлетворительно: в процессе 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),

$$M_{тр} = \frac{\pi}{2} b D^2 q f,$$

где b — ширина кольца в см; q — удельное давление в кгс/см².

Расчет муфты с разжимным упругим кольцом производят в следующем порядке:

- 1) задаются величиной диаметра D ;
- 2) определяют ширину кольца

$$b = \frac{2M_{расч}}{\pi [q] f D^2}.$$

По формуле

$$P_0 = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{\pi f q b D}{2} \frac{e^{2\pi f} + 1}{e^{2\pi f} - 1}$$

Рис. IV.14. Схема муфты с разводными пружинными кольцами

определяют расчетное усилие включения муфты и по этому усилию рассчитывают механизм включения.

Аналогично муфте с пружинным кольцом рассчитываются и фрикционные муфты с наружной лентой.

Муфта со спиральной пружиной

На ведущий вал 6 (рис. IV.15) посажен 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 выключающая полумуфта 7 перемещается вдоль вала 6 и нажимает на длин-

ное 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 полумуфту 2.

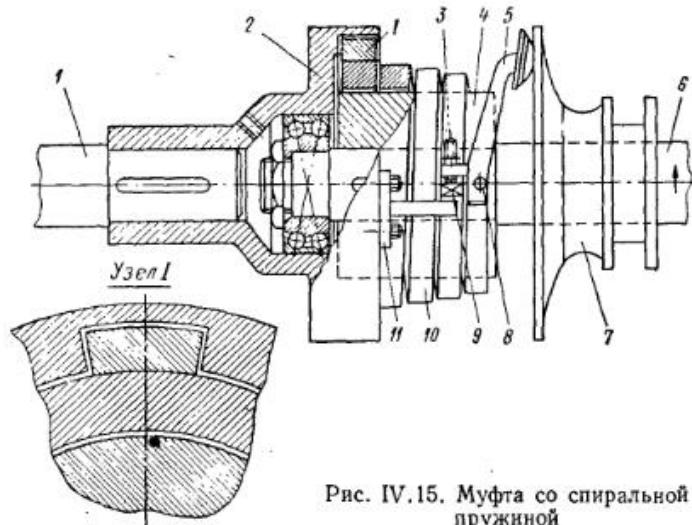


Рис. IV.15. Муфта со спиральной пружиной

При пуске будет иметь место проскальзывание пружины по барабану. Для уменьшения износа барабан изготавливается из отбеленного чугуна ИВ 400, пружина — из марганцовистой стали. Передача вращения от ведущей полумуфты может осуществляться только в одном направлении, а именно в сторону закручивания пружины (см. стрелку на рис. IV.15). Ведущей может быть также и полумуфта 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 полумуфтой, 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 пуждаются в термообработке.

Подобные муфты надежны в работе, обеспечивают длительный срок службы, могут передавать большой момент при сравнительно небольших габаритах и удобны в эксплуатации. Недостатки: односторонность действия, сравнительная жесткость включения и необходимость постоянного, хотя и небольшого, усилия для затяжки тонкого конца пружины.

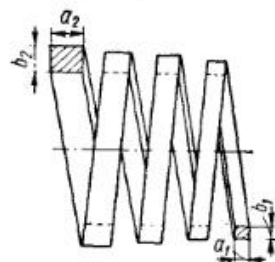


Рис. IV.16. Пружина

Приведем формулы для расчета размеров пружины (рис. IV.16) и работы трения при включении муфты, разработанные ЛТА им. С. М. Кирова [56]:

$$a_2 \geq \frac{4M_{\text{тр}}}{[q] D^2},$$

где $M_{\text{тр}}$ — момент сил трения между пружиной и фрикционным барабаном; $[q]$ — допускаемое удельное давление (по данным ЛТА $[q] = 50 \text{ кгс/см}^2$); D — диаметр фрикционного барабана в см, обычно принимаемый равным $3d$, где d — диаметр вала. Остальные размеры пружины принимаются равными:

$$a_1 = 0,5a_2; \quad b_2 = 0,9a_2; \quad b = b_2 - (a_2 - a_1) = 0,4a_2.$$

Число рабочих витков пружины берется равным $i = 4,5 \div 6$. При механическом включении общее число витков $i_{\text{общ}} = i + 1$.

Зазор между пружиной и барабаном в свободном состоянии

$$\delta = 0,0125 \sqrt{D} \text{ см.}$$

Работа сил трения при включении муфты определяется из следующей зависимости:

$$A_{\text{тр}} = \frac{J_2 \omega_1^2 \beta}{2(\beta - 1)} \text{ кгс·см,} \quad (\text{IV.17})$$

где J_2 — момент инерции ведомых частей, приведенный к валу муфты; β — коэффициент запаса сцепления, $\beta = 2 \div 3$; ω — угловая скорость ведущего вала.

Тепловой расчет дисковых муфт

Процесс нагрева фрикционных деталей представляет собой весьма сложную задачу, решение которой основано на ряде допущений. Существует ряд методов теплового расчета фрикционных муфт, но ни один из них нельзя считать достаточно достоверным.

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 все тепло, выделяемое 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 выделенного тепла 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 $300\text{--}400^\circ \text{C}$. Максимальная средняя температура деталей муфты также ограничивается и для муфты со стальными дисками в масляной ванне она не должна быть более $100\text{--}120^\circ \text{C}$.

Принимая, что выделенное тепло равномерно распределяется по всему объему муфты, средняя избыточная температура муфты относительно температуры окружающей среды определяется по формуле [70]

$$v_m = \frac{Qm}{\alpha S} \left(1 - e^{-\frac{\alpha S}{cG}} \right) ^\circ \text{C,}$$

где m — число включений муфты в ч; α — коэффициент теплоотдачи муфты в окружающую среду в $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C}$; S — наружная теплоотдающая поверхность муфты в м^2 ; c — теплоемкость в ккал/кг ; G — масса муфты в кг ; τ — время с момента начала работы муфты в ч.

Так как при $\tau \rightarrow \infty$ выражение $\left(1 - e^{-\frac{\alpha S}{cG}} \right)$ стремится к 1, формула для определения v упрощается:

$$v_m = \frac{Qm}{\alpha S}.$$

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 $n = 750 \div 1000 \text{ об/мин}$ α может быть принят равным $20 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C)}$.

Избыточная температура на поверхности дисков (при стальных дисках) для практических расчетов определяется по формуле

$$v_d = \frac{q}{\lambda} \left(\frac{2a\tau}{\delta} + \frac{\delta}{G} \right); \quad (\text{IV.18})$$

$$q = \frac{Q}{\tau \sum F}, \quad (\text{IV.19})$$

где q — плотность теплового потока в $\text{ккал/(ч} \cdot \text{м}^2)$; λ — коэффициент теплопроводности материала дисков в $\text{ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C)}$; a — коэффициент теплопроводности материала дисков в $\text{м}^2/\text{ч}$; δ — толщина дисков в м; Q — работа сил трения (буксования) за одно включение в ккал ; τ — время включения (буксования) муфты в ч; $\sum F$ — площадь трущихся поверхностей всех дисков в м^2 .

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0°C , равна

$$t_d = v_d + t_m + t_o, \quad (\text{IV.20})$$

где t_m — температура муфты к началу включения; t_o — температура окружающей среды.

Пример. Определить основные параметры фрикционной дисковой муфты для следующих данных: момент сил сопротивления $M_c = 60 \text{ кгс·м}$; частота вращения муфты $n = 800 \text{ об/мин}$; материал дисков — закаленная сталь по стали; число включений в час $m = 50$; диаметр вала $d_v = 75 \text{ мм}$.

1. Определяем внутренний диаметр поверхности трения дисков

$$D_2 \approx 3d_v = 3 \cdot 75 = 225 \text{ мм.}$$

2. Задавшись отношением $b/D_{\text{ср}} = \psi = 0,15$, по формуле (IV.15) определяем значение среднего диаметра дисков

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_2}{1 - \psi} = \frac{225}{1 - 0,15} \approx 265 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр дисков будет $D_1 = 305 \text{ мм}$, а ширина поверхности трения $b = 40 \text{ мм}$.

3. Определяем среднюю окружную скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{3,14 \cdot 0,265 \cdot 800}{60} = 11,2 \text{ м/с.}$$

По полученному значению $v_{\text{ср}}$ по табл. IV.5 находим значение $k_D = 0,6$.

4. По формуле (IV.12) определяем расчетный момент

$$M_{\text{расч}} = \frac{\beta M_c}{k_m k_v},$$

По табл. IV.4 выбираем $\beta = 1,5$. Принимаем $k_m = 1$. Тогда

$$M_{\text{расч}} = \frac{1,5 \cdot 60}{1 \cdot 0,6} = 150 \text{ кгс·м.}$$

5. По формуле (IV.16) определяем число поверхностей трения

$$z = \frac{2M_{расч}}{\pi f [q] \psi D_{ср}^2 k_z}$$

Значения f и $[q]$ выбираем по табл. IV.3 и IV.6: $f = 0,06$ и $[q] = 6 \text{ кгс/см}^2$.
По табл. IV.7 выбираем $k_z = 0,75$

$$z = \frac{2 \cdot 150}{3,14 \cdot 0,06 \cdot 6 \cdot 104 \cdot 0,15 \cdot (0,263)^3 \cdot 0,75} \approx 13.$$

Число дисков ведомой части муфты равно 7, а ведущей — 6.

Определим избыточную температуру поверхности дисков рассчитанной нами муфты. Для этого необходимо предварительно определить количество тепла, выделяемого в период включения (буксования) муфты. Для этого задаемся следующими величинами: момент инерции ведомой части муфты, приведенный к валу, $J = 60 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^2$; время одного включения $t = 2 \text{ с}$ или $2/3600 \text{ ч}$; толщина диска $\delta = 3 \text{ мм}$; температура муфты к началу включения $t_m = 70^\circ \text{C}$; $\lambda = 40 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C)}$; $c = 0,124 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ \text{C}$; $\gamma = 7850 \text{ кг/м}^3$; $\alpha = 0,041 \text{ м}^2/\text{ч}$.

Из предыдущего расчета: частота вращения вала муфты $n = 800 \text{ об/мин}$; угловая скорость $\omega_1 = 2\pi n/60 = 84 \text{ 1/с}$. Площадь диска на поверхности трения $F = 340 \text{ см}^2$. Число пар трения 13. Тогда площадь трущихся поверхностей всех дисков $\sum F = 2Fz = 2 \cdot 340 \cdot 13 = 8840 \text{ см}^2 = 0,8840 \text{ м}^2$.

1. Работа сил трения за время одного включения по формуле (IV.17)

$$A_{тр} = \frac{J_2 \omega_1^2 \beta}{2(\beta - 1)} = \frac{60 \cdot 84^2 \cdot 1,5}{2(1,5 - 1)} = 6400 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

Выделяемое за одно включение тепло

$$Q = \frac{A_{тр}}{427} = 15 \text{ ккал}.$$

2. Плотность теплового потока по формуле (IV.19)

$$q = \frac{Q}{\tau \sum F} = \frac{15 \cdot 3600}{2 \cdot 0,8840} = 30\,500 \text{ кал/(м}^2 \cdot \text{ч)}.$$

Избыточная температура поверхности дисков по формуле (IV.18)

$$v = \frac{q}{\lambda} \left(\frac{2\alpha\tau}{\delta} + \frac{\delta}{6} \right) = \frac{30\,500}{40} \left(\frac{2 \cdot 0,041 \cdot 2}{3 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{6} \right) = 11,4^\circ \text{C},$$

где $\delta = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Температура на поверхности дисков, отсчитываемая от 0°C , по формуле (IV.20)

$$t = 11,4^\circ + 70^\circ + 20^\circ = 101,4^\circ \text{C}.$$

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 в муфте и давать возможность регулировать этот запас и компенсировать износ трущихся поверхностей;

2) усилие включения, прилагаемое к ведущему элементу механизма включения, не должно быть большим;

3) Наим она не определяется, так как для этого необходимо предварительно разрабатывать конструкцию муфты и определить условия ее охлаждения.

3) ход ведущего элемента при сцеплении и расцеплении должен быть возможно малым;

4) ведущий элемент механизма (обычно включающая муфта) после включения должен быть разгружен от усилия включения;

5) должна быть обеспечена фиксация как включенного, так и выключенного состояния муфты.

Рассмотрим работу двухконусной муфты (рис. IV.17).

Ведущая полумуфта 1 свободно сидит на ведомом валу 10, ведомая полумуфта 2 — на валу 10 на шпонке, двухконусное кольцо 3 связано направляющей шпонкой с ведущей полумуфтой 1. Включение муфты происходит при перемещении втулки включения 9 влево. При этом серья 8 поднимет правое плечо рычага 6, левое плечо которого, воздействуя на серьгу 5, переместит влево конус нажим-

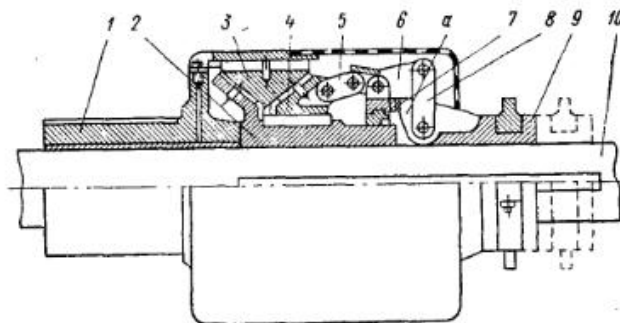


Рис. IV.17. Двухконусная муфта

ной 4. Конус, соединенный шпонкой с ведомой полумуфтой 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 0 положения муфты.

Дальнейшее перемещение втулки 9 из положения 0 в положение 1 на отрезке S_0 будет сопровождаться, с одной стороны, упругой деформацией всех элементов муфты, воспринимающих усилия, а с другой стороны, — ростом силы, сжимающей конусы, которая будет прямо пропорциональна упомянутой деформации.

В положении 1 (мертвом положении) втулки 9 усилие натяжения P 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 Q (рис. IV.17 и IV.18).

Пребег S_n сопровождается некоторым уменьшением силы сжатия конусов P , поскольку суммарная упругая деформация частей, испытывающих нагрузку в положении 2, станет меньше, чем в положении 1.

Таким образом, на этом примере можно установить следующие этапы работы механизмов включения: 1) холостой ход; 2) рабочий ход (сопровождающийся упругой деформацией); 3) ход замыкания (пребег) 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. Некоторые типы муфт не имеют второго этапа; в таких механизмах включения сжатие ведомых и веду-

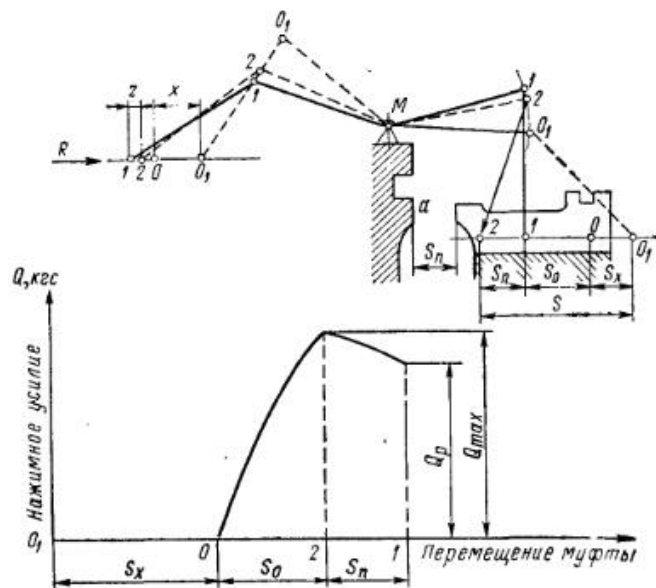


Рис. IV.18. Схема механизма включения

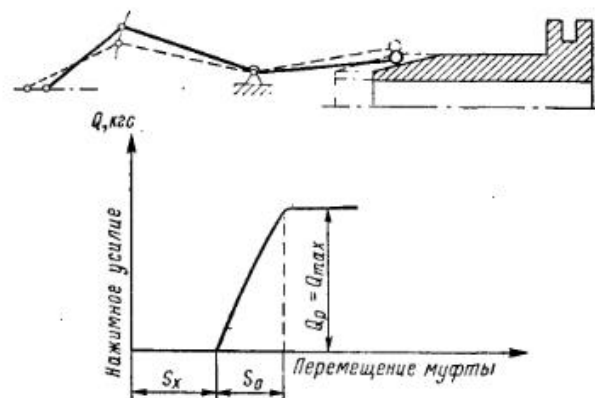


Рис. IV.19. Схема механизма выключения

щих 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 P , 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

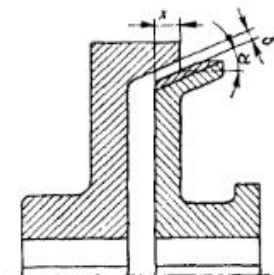


Рис. IV.20. Зазоры в конических муфтах

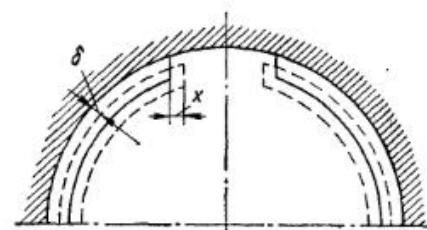


Рис. IV.21. Величина перемещения разжимного кольца

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 уравновешиваются.

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:

В конических муфтах (рис. IV.20):	
при облицованных фрикционным материалом конусах	1,5—2
» необлицованных конусах	0,5—1
В дисковых муфтах:	
масляных	0,6—0,4
сухих с необлицованными дисками	0,7—1
с облицованными дисками	1—1,5
В муфтах с разжимным кольцом	1

В соответствии с величиной δ определяется величина перемещения x муфт:

Одноконусных	$\delta/\sin \alpha$
Двухконусных	$2\delta/\sin \alpha$
Многодисковых	δz
С разжимным кольцом (рис. IV.21)	$\pi \delta$

где z — число пар фрикционных поверхностей.

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 [89] со следующими обозначениями:

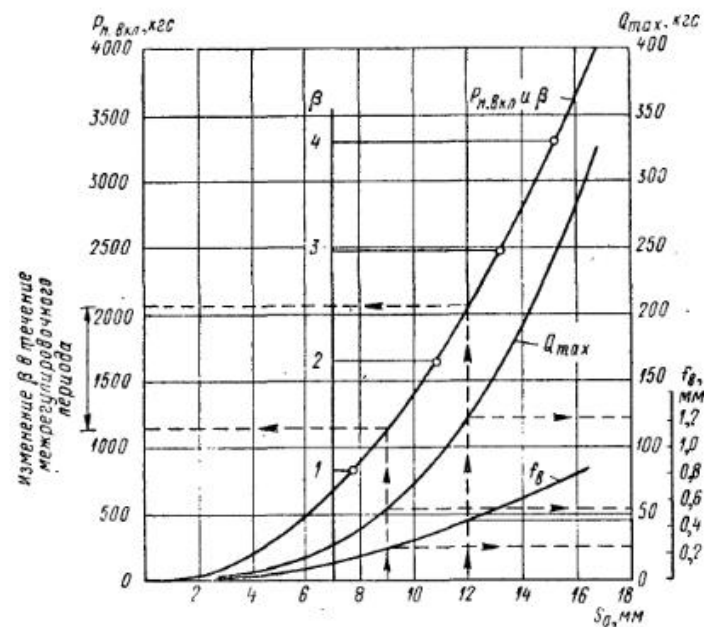


Рис. IV.22. Регулировочная характеристика муфты сцепления тракторов С-60 и С-65

S_0 — рабочий ход передвижной втулки включения;
 $P_{н. вкл.}$ — нажимное усилие, действующее на диски при замыкании муфты;
 Q_{max} — наибольшее усилие, действующее на передвижную втулку при включении муфты;
 f_v — суммарные горизонтальные деформации деталей муфты за время включения;
 β — коэффициент запаса сцепления.
 Положим, $S_0 = 12$ мм. Этому ходу соответствует $f_v = 0,45$; $Q_{max} \approx 120$ 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 уменьшился до значения $S_0 = 9$ мм. Как видим, этой величине S_0 соответствуют $f_v = 0,25$; $Q_{max} = 55$ кгс; $P_{н. вкл.} = 1150$ 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 освещены подробно в литературе [21] и [93].

7. КОНСТРУКЦИИ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

Нормализованные многодисковые муфты по МН 5656—65 (рис. IV. 23)

В табл. IV.8 приведены основные размеры и параметры этих муфт. Муфты предназначены для передачи крутящих моментов от 2,5 до 250 кгс·м.

Установлены следующие типы муфт:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1) МТМ-1 — односторонние | } масляные муфты с 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 с шлицевым отверстием |
| 6) МТМ 2С — двусторонние | |
| 7) МТМ 1Ас — односторонние | } сухие муфты с гладким отверстием и шпоночным пазом |
| 8) МТМ 2Ас — двусторонние | |

В нормали даны указания по выбору муфт и области их применения.

Выбор масляных или сухих муфт обуславливается многими факторами. 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 теплоотводящей 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.8, должен превышать статический момент, приведенный к валу муфты:

$$M_{ном} > k M_{ст.}$$

где k — коэффициент, зависящий от характера нагрузки, $k = 1,3 \div 2$.

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

$$t_p = \frac{GD_{\Sigma}^2 n_1}{375 \Delta M} = \frac{GD_{\Sigma}^2 n_1}{375 M_{в. ср} - M_{ст.}},$$

где n_1 — скорость вращения ведущей части муфты в об/мин; ($M_{в. ср} - M_{ст.}$) — средний действующий динамический момент в кгс·см.

¹ В тексте, касающемся нормализованных муфт, использованы термины и обозначения, принятые в нормали.

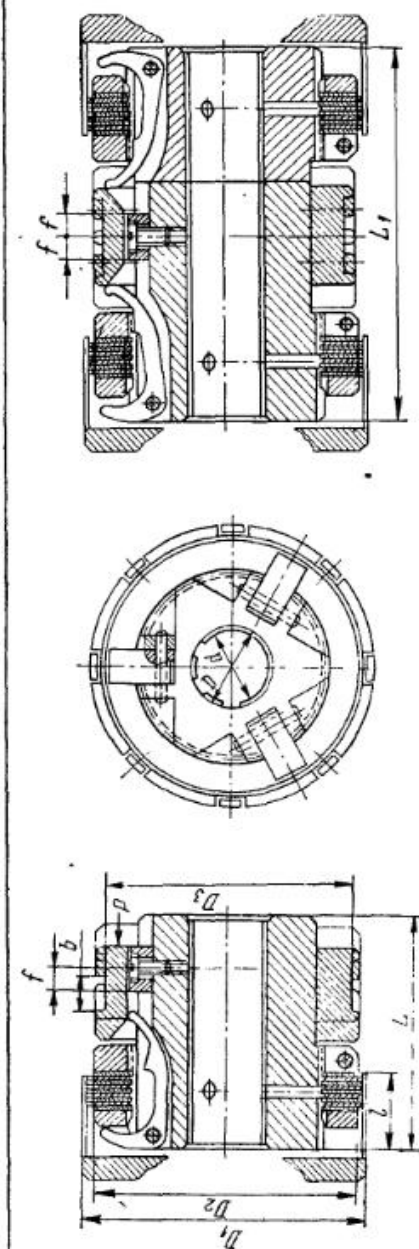


Рис. IV.23. Нормализованные многодисковые муфты

Время торможения от n_1 до n_2

$$t_T = \frac{GD_{\Sigma}^2}{375 M_{в.ср} - M_{ст}} \cdot \frac{n_1 - n_2}{n_1}; \quad (IV.21)$$

время реверса

$$t_{рев} = t_T + t_p,$$

где t_p 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 и $t_{рев}$ лежала в требуемых для данного механизма пределах. Эти пределы могут определяться заданным циклом, точною останова и др. Более подробно см. МН 5669—65.

По МН 5656—65 предусмотрены следующие типы дисков:

ДУВ-1 — диски узкие внутренние с металло-керамическим покрытием для работы всухую;

ДУВ-2 — диски узкие внутренние с пластмассовым покрытием;

ДУВ-3 — диски узкие внутренние с металло-керамическим 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.9 даны размеры узких дисков по рис. IV.24. Более подробные сведения приведены в нормали.

На рис. IV.25 показана конусная фрикционная муфта,

Таблица IV.8
Размеры (в мм) и параметры фрикционных многодисковых механических муфт по МН 5664—65

Обо- значе- ние	Исполнение										L							
	МТМ.1 и МТМ.2					МТМ.1А и МТМ.2А					D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	a	n	Исполнение	
	z	d	D	b	d ₁	b ₁	d ₁ +t ₁		МТМ.1 и МТМ.1А	МТМ.2 и МТМ.2А								
							номин.	доп. откл.										
06	6	21	25	5	22	6	24,3	+0,120 +0,023	84	80	70	80	12	6	72	115		
07		26	30	6	25		27,6		94	90	78	90			82	130		
08		28	34	7	30		32,6		104	100	86	100			85	135		
09	8	36	40		35	10	37,9	+0,120 +0,027	118	110	95	110	16		95	150		
10		42	46		40	12	42,9		133	125	105	125			110	175		
11		46	54	9	50	16	53,6		148	140	115	140						
12	10	56	65	10	60	18	64,0	+0,160 +0,130	168	160	130	160	20	8	130	210		
13		62	72	12	70	20	74,3		188	180	140	170			150	250		
14		72	82		80	24	85,2		213	200	165	200			175	280		
15	10	82	92		90		95,2	+0,160 +0,035	235	220	185	220	25	10	200	325		
16		92	102	14	100	28	105,9		265	250	210	250			225	370		

Обозначение	l	l ₁ не менее	l ₂	l ₃	I ₃	d ₃	b ₃	b ₄	f	Осевое усилие на переводном колесе Р в кгс	Номинальный крутящий момент M _н в кгс·м	Максимальная частота вращения в об/мин	Маховой момент GD ² ·10 ² в кгс·м ²			Масса в кг	
													GD ₁ ²	GD ₂ ²	GD ₃ ²	Исполнение	МТМ.1
06	25	2	57,5	18	3	10	25	10	8	2,5	0,29	0,44	0,08	1,84	2,85	2,85	
07	29		65,0	20													
08	34		67,5	25													
09	42	2	75,0	26	4	12	35	13	17	10	1,55	2,34	0,43	4,37	7,09	7,09	
10			87,5	30													
11			105,0	38													
12	53	3	125,0	45	5	20	45	14	49	40	2000	1600	15,6	23,5	6,37	14,5	24,0
13	61		140,0	50													
14	68		162,5	55													
15	80	3	185,0	65	6	25	60	23	66	100	1400	1100	30,0	45,0	11,3	24,7	38,6
16	90		70	25			81	160	1100	50,4	75,6	19,0	34,7	64,2			
16	90					32	75	29	125	250	900	91,2	137	38,5	51,6	82,4	

Примечание. GD₁² — суммарный маховой момент деталей муфты исполнений МТМ.1 и МТМ.1А без наружных дисков; GD₂² — суммарный маховой момент деталей муфты исполнений МТМ.2 и МТМ.2А; GD₃² — суммарный маховой момент наружных дисков муфты исполнений МТМ.1 и МТМ.1А (для муфты исполнения МТМ.2 и МТМ.2А суммарный маховой момент удвоен).

Размеры узких дисков (рис. IV.24) в мм

D ₁ (доп. откл. по С ₄)	D ₂	D ₃ (доп. откл. по С ₄)	D×m×z	b	h	Количество пазов, n	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 $f \geq 0,3$; для дисков ДУВ.3 $f > 0,22$.

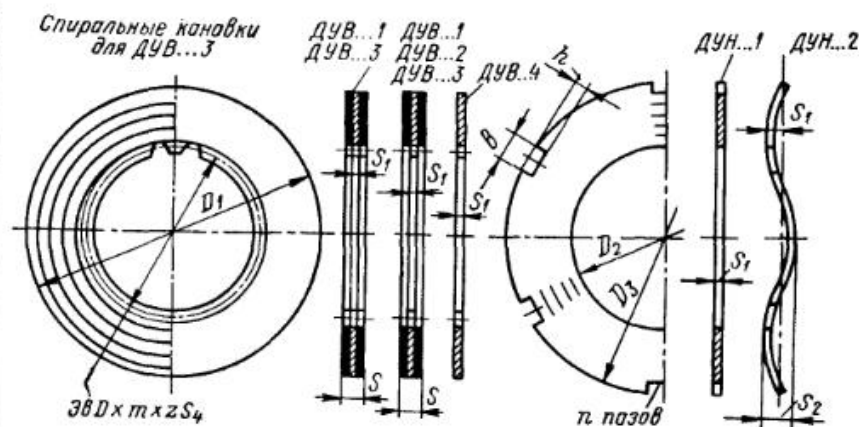


Рис. IV.24. Размеры дисков

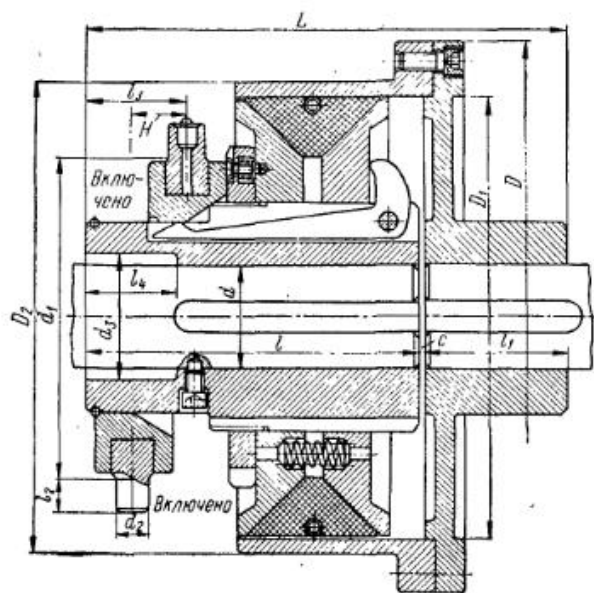


Рис. IV.25. Конусная фрикционная муфта

а в табл. IV.10 даны ее параметры и размеры.

Муфты фрикционные много-
дисковые по нормам становострое-
ния Р-94-1 и Р-94-2, а также муф-
ты фрикционные с пневматическим
и гидравлическим управлением см.
[50] и [22].

Многодисковые муфты

Устройство многодисковых фрикционных муфт BSD показано на рис. IV.26—IV.27 и в табл. IV.11 и IV.12 к ним. 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 прижатия дисков друг к другу служат несколько расположенных параллельно оси муфты рычагов, приводимых в действие при помощи втулки включения. При этом выпуклости (волны) на поверхности внутренних дисков упруго сжимаются. Величина прогиба волн определяет собой усилие прижатия дисков и, следовательно, силу трения и максимальный передаваемый муфтой крутящий момент. Для их регулирования служит упорное кольцо (гайка). При отводе включающей муфты волны принимают прежнюю форму и при этом автоматически разобщают диски.

В наружных корпусах предусмотрено отверстие для заливки масла, закрываемое винтом. Муфты, расположенные в коробках скоростей, смазываются масляными брызгами или через вал.

Для уменьшения усилий включения в муфтах, передающих большие крутящие моменты (рис. IV.26, в и IV.27, в), длинные плечи рычагов оснащены роликами.

Таблица IV.10

Размеры (в мм) и параметры конусной фрикционной муфты (рис. IV.25)

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс·м	n в об/мин	l	c	d	d_1	l_2	d_2	l_3	d_3	l_4	H	D	D_1	D_2	L	Масса в кг
4	7,16	4000	90	1	20	80	8	11	22	22	25	12	125	90	100	120	3,2
5	14,5	3200	101	1	25	90	10	12	27	26	29	15	152	115	125	135	6,5
7	21,5	2550	136	2	25—35	111	15	17	45	37	48	30	195	148	160	183	13
11	35,8	2120	153	3	30—55	140	17	17	50	57	50	33	235	185	200	216	22
13	57,3	1710	176	4	45—65	170	18	18	60	67	58	39	290	234	250	255	37
14	115	1360	216	4	60—80	200	25	22	64	82	70	43	365	295	315	310	65
20	179	1225	256	5	70—100	250	30	25	80	102	85	55	410	335	355	390	105
24	358	1080	315	5	90—120	300	30	28	90	122	100	61	450	376	400	470	190
28	716	855	389	6	110—140	360	30	35	114	142	125	70	580	472	500	565	320
34	1432	700	470	6	130—170	420	30	35	100	172	125	65	710	594	630	688	670

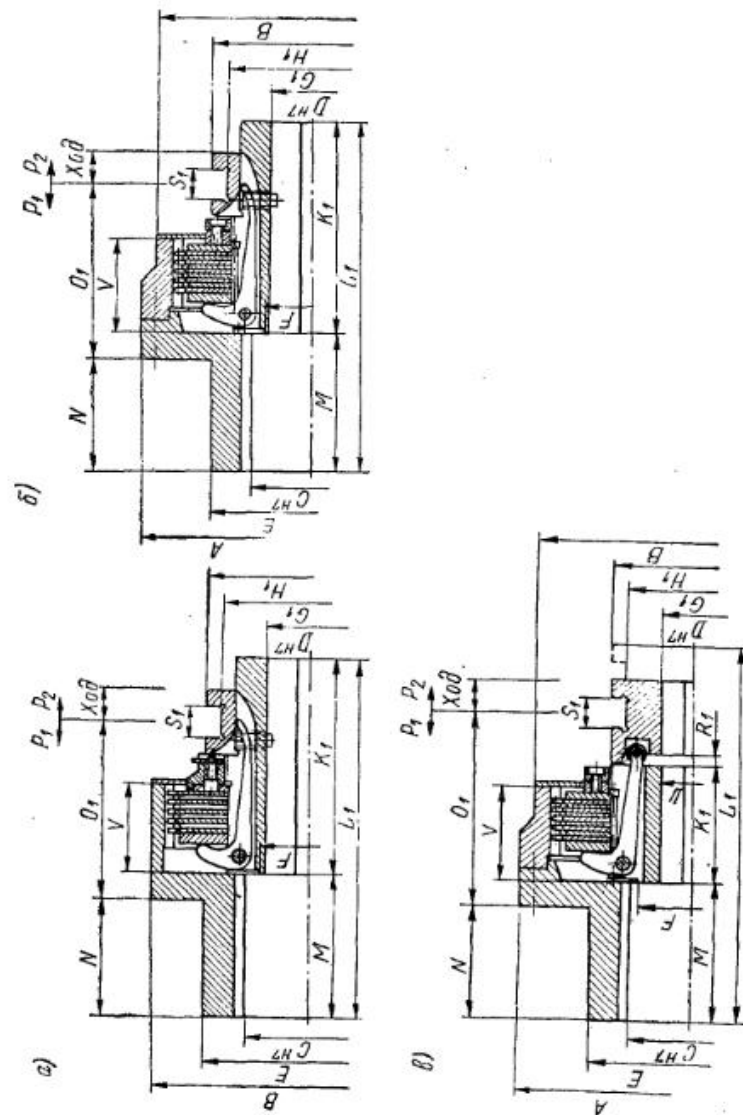


Рис. IV.26. Многодисковая фрикционная муфта BSD

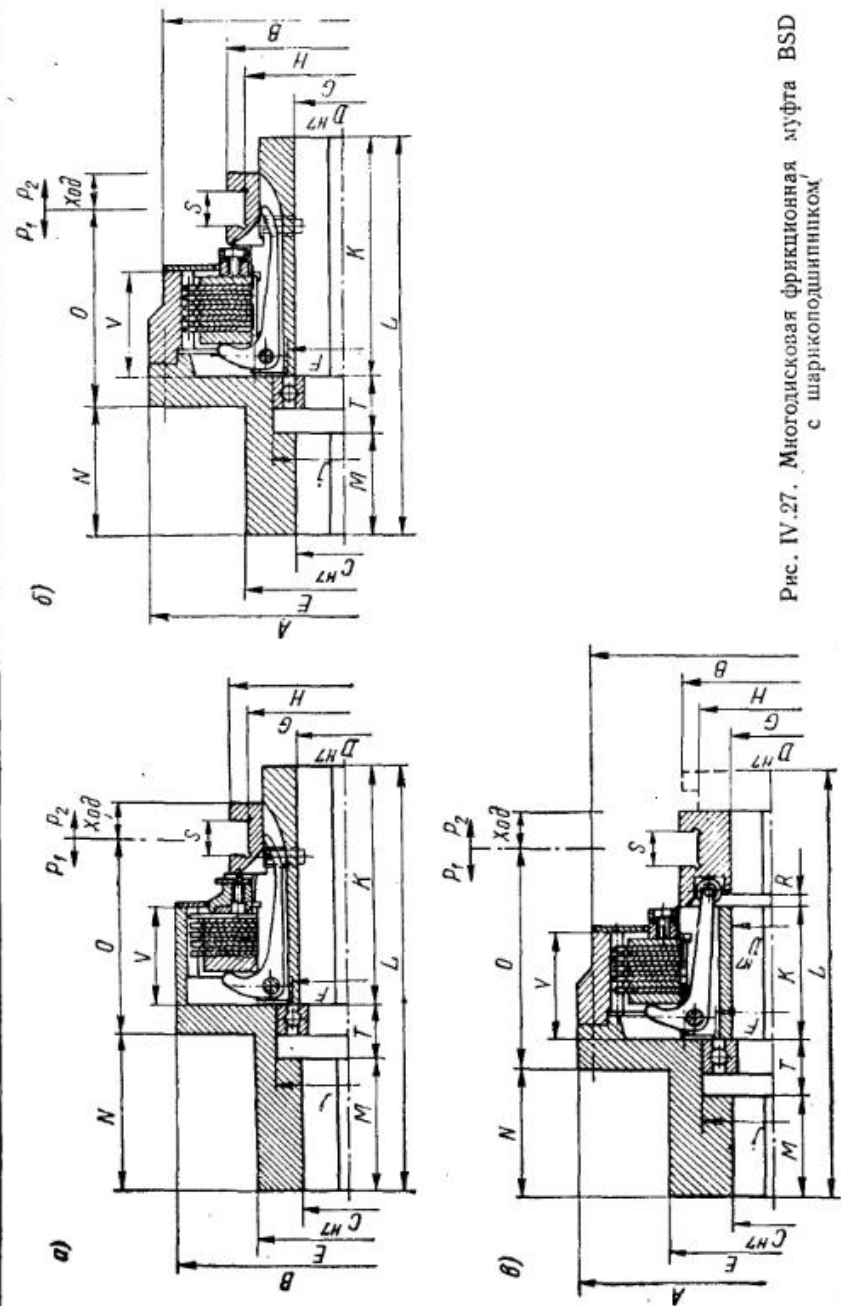


Рис. IV.27. Многодисковая фрикционная муфта BSD с шарикоподшипником

Размер (в мм) и параметры муфт (рис. IV.26)

Обозначение	№ рисунка	М _{кр} в кгс-м	Масса в кг	GD ² в кгс-м ²		Усилие включения	Усилие выключения	D _{max}	D _{предв}	А	В	
				внутренних частей	наружных частей						закрывающее исполнение	открывающее исполнение
006	IV.26, а	2	1,6	0,001	0,001	8	5	20	12		70	65
010		6	3	0,004	0,007	13	8	24	15		90	80
020		8	4,2	0,01	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	0,04	25	15	45	20		135	125
040		32	11	0,03	0,06	30	18	48	20		150	140
050		45	25	0,11	0,17	40	25	60	28		170	170
055		60	30	0,14	0,29	50	30	70	30		195	195
060	IV.26, б	90	40	0,24	0,4	60	36	70	30	225	210	210
070		140	70	0,64	1,18	80	50	80	50	288	260	260
080		235	110	1,50	2,80	120	75	100	70	335	315	315
090		360	170	2,72	5,90	150	90	100	70	395	370	310
0100	IV.26, в	540	260	5,40	10,80	200	120	130	70	460	435	435
0110		750	360	9,80	17,70	280	170	140	88	515	490	490
0120		1600	500	36,50	78	375	225	175	100	700	650	650

Продолжение табл. IV.11

Обозначение	№ рисунка	C _{max}	C _{предв}	E	F	G ₁	H ₁	K ₁	L ₁	M	N	O ₁	R ₁	S ₁	Ход	V
006	IV.26, а	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		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	IV.26, б	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		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	35	26	46	123
0100	IV.26, в	160	70	335	160	175	205	165	525	215	195	250	20	30	50	145
0110		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

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. IV.27)

Обозначение	№ рисунка	М _{кр} в кгс·м	Масса в кг	GD² в кгс·м²		Усилие включения Р ₁ в кгс		Усилие выключения Р ₂ в кгс	D _{max}	D _{предв}	А	В		С _{max}	С _{предв}
				внутренних частей	наружных частей							закрывающего	открывающего		
006	IV.27, а	2	1,6	0,001	0,001	8	5	5	20	12		70	65	18	12
010		6	3,0	0,004	0,007	13	8	8	24	15		90	80	24	15
020		8	4,2	0,01	0,011	13	8	8	32	18		100	92	32	18
025		12	4,7	0,014	0,020	17	10	10	32	18		108	100	32	18
030		16	6,5	0,017	0,027	20	12	12	45	20		125	115	45	20
035		20	7,2	0,019	0,04	25	15	15	45	20		135	125	45	20
040		32	10,4	0,03	0,07	30	18	18	48	20		150	140	50	20
050		45	22,5	0,11	0,17	40	25	25	60	28		170	170	50	28
055		60	29,5	0,14	0,29	50	30	30	70	30		195	195	70	30
060	IV.27, б	90	38,5	0,24	0,39	60	36	36	70	30	225	210	210	70	30
070		140	64,0	0,64	0,92	80	50	50	80	50	285	260	260	80	50
080		235	94	1,50	2,2	120	75	75	100	70	335	315	315	100	70
090		360	157	2,72	5,0	150	90	90	100	70	395	370	370	100	70
0100	IV.27, в	540	247	5,40	11,0	200	120	120	130	70	460	435	435	130	70
0110		750	325	9,80	18	280	170	170	140	85	515	490	490	140	85
0120		1600	495	36,50	79	375	225	225	175	100	700	650	650	175	100

Продолжение табл. IV.12

Сб. значение	№ рисунка	Е	Г	В	Н	Д	К	Л	М	О	Р	С	Ход	Т	У
006	IV.27, а	40	26	45	55	28	55	89	22	40		10	9	12	21
010		55	35	60	75	35	81	137	40	64		10	10	16	35
020		60	45	70	85	47	81	152	51	64		10	11	20	35
025		60	45	70	85	47	81	152	51	64		10	11	20	35
030		70	55	85	100	55	95	195	75	77		15	12	25	38
035		70	55	85	100	55	95	195	75	77		15	12	25	38
040		80	58	85	100	62	105	215	85	83		15	16	25	43
050		120	75	120	140	50	145	283	110	113		26	20	28	57
055		120	80	120	140	90	145	283	110	113		26	20	28	59
060	IV.27, б	130	80	120	140	100	175	305	140	140		26	25	30	68
070		130	100	145	170	100	205	395	160	163		26	30	30	94
080		160	110	175	205	125	230	445	180	180		30	35	35	102
090		190	145	175	170	140	145	510	170	252	35	26	40	45	123
0100	IV.27, в	230	160	175	205	140	165	525	155	255	20	30	50	60	145
0110		260	210	190	240	160	175	601	162	300	52	45	70	60	155
0120		300	260	190	240	215	230	725	215	353	50	45	90	60	207

Размеры (в мм) и параметры конусной фрикционной муфты «Конакс» типа STA (рис. IV.28)

Обозначение	$\frac{N}{n} \cdot S$	$M_{кр \max}$ в кгс·м	L	L_1	L_2	D	D_1	Q	S	T	t	z	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	6	300	100	61	460	375
28/100	1,4	1000	565	389	170	150	500	114	8	360	125	70	580	470
34/200	2,0	1432	688	470	210	180	600	100		420	125	65	700	570

Коническая муфта «Конакс»

Конструкция фрикционной конической муфты «Конакс» типа STA представлена на рис. IV.28 и в табл. IV.13. Два конических фрикционных кольца связаны с внутренним корпусом муфты при помощи шпонок. Посредством рычагов, приводимых в действие втулкой включения, кольца прижимаются с двух сторон 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.14) и типа КВС (рис. IV.30 и табл. IV.15) служат для соединения двух валов, имеющих до сцепления различные угловые скорости. В муфте КВС одна из втулок (на рисунке — левая) заменена фланцем в расчете на присоединение к другому фланцу, связанному с одним из валов. В остальном оба типа муфт полностью идентичны.

Муфты устроены следующим образом: две внутренние конические поверхности корпуса муфты оснащены фрикционными накладками, такие же накладки прикреплены к наружным

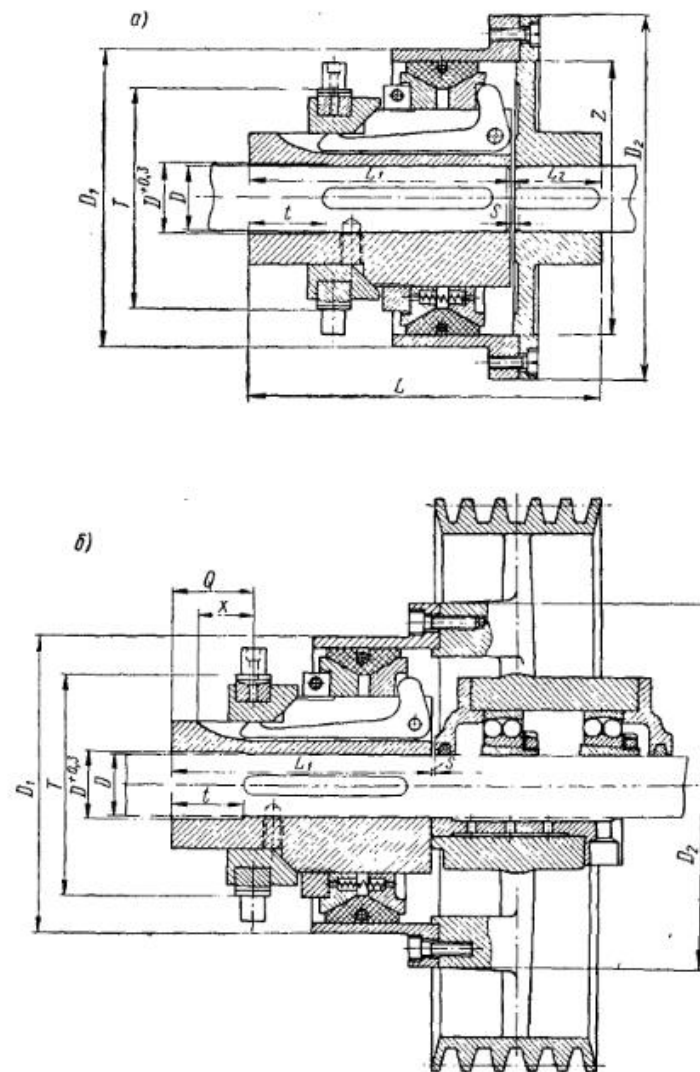


Рис. IV.28. Коническая муфта «Конакс» типа STA

Размеры (в мм) и параметры двухконусной

Обозначение	Предварительная расточка	$d_{\min}$	$d_{\max}$	N/n	$M_{\text{кр. max}}$ в кгс·м	n в 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	10 740	800	1305
КВА 280	—	200	280	25,0	17 900	750	1420
КВА 320	—	200	320	40,0	28 640	710	1650

фрикционной муфты «Коналус» типа КВА (рис. IV.29)

D	l	l_1	a	h	B	L	Усилие включения в кгс	GD^2 в кгс·м ²	Масса в 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

Таблица IV.15

Размеры (в мм) и параметры двухконусных фрикционных

Обозначение	Предварительная расточка	Диаметр отверстия d		N/n	Крутящий момент M_K в кгс·м	n в об/мин				
		Диаметр окончательный					P	D	l	l_1
		наим.	наиб.							
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

муфты «Коналус» типа КВС (рис. IV.30)

Размеры									Усилие включения в кгс	Маховой момент GD^2 в кгс·м ²	Масса в кг
d	h	L_1	P_1	C_1 H_2	F_1	K_1	M_1	z			
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

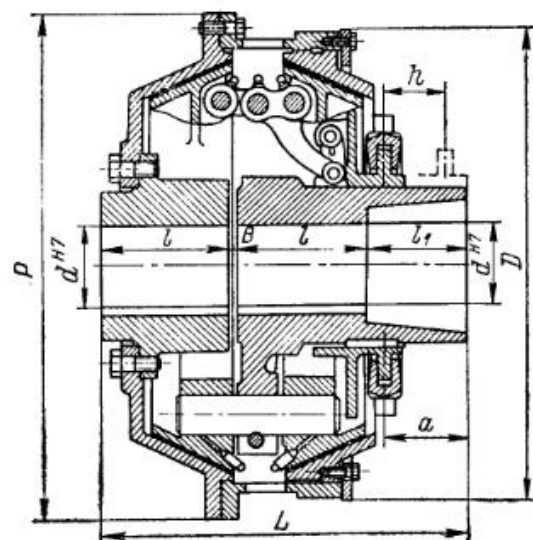


Рис. IV.29. Двухконусная муфта «Коналус» типа КВА

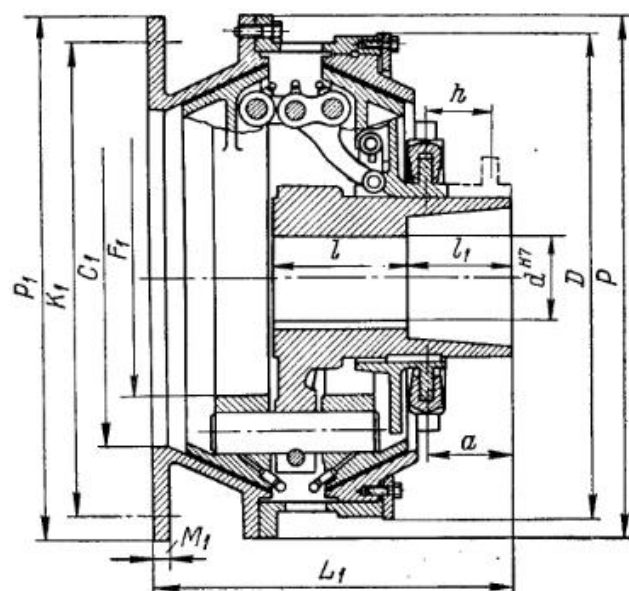


Рис. IV.30. Двухконусная муфта «Коналус» типа КВС

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.

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 раздвигают внутренние конусы и прижимают их к фрикционным поверхностям корпуса. При этом звенья шарнирного механизма самозаклиниваются. Расцепление муфты производится передвижением включающей втулки в исходное положение.

Глава V

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 «Rheinflex», 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.

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.

К недостаткам этих муфт можно отнести: 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 баллона несут 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 закреплен и на полумуфте 2. При этом 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. Большее 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.

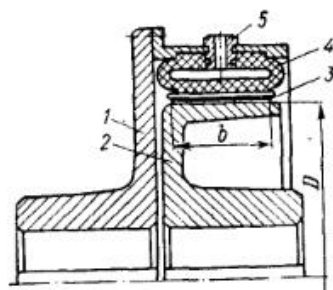


Рис. V.1. Схема радиальной шинно-пневматической муфты

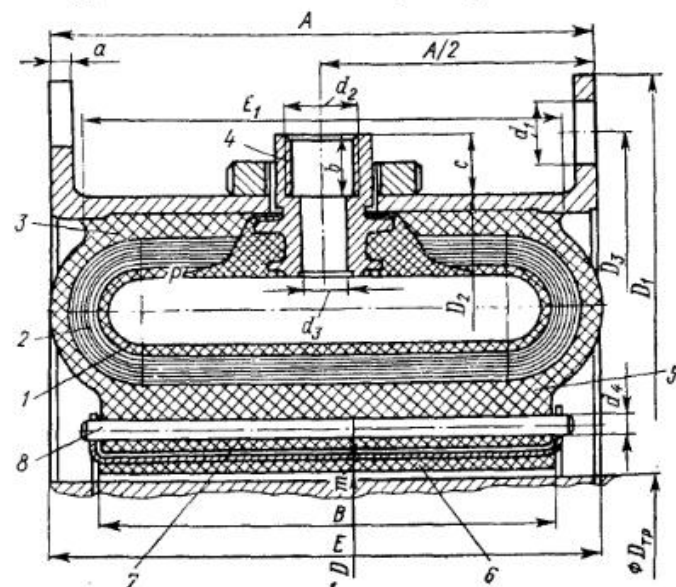


Рис. V.2. Баллон шинно-пневматической муфты с основными размерами

К внутреннему протектору штифтами 8 крепятся металлические колодки 7, облицованные фрикционными накладками 6.

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. Размеры показаны на рис. V.2.

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), находят с помощью табл. V.1 необходимый размер муфты.

Далее устанавливают требуемое внутреннее давление в баллоне, принимая его в первом приближении равным давлению на поверхности трения

$$p = \frac{2M_{расч}}{\pi D_{тр}^2 B f} \text{ кгс/см}^2, \quad (V.1)$$

где $D_{тр}$ — диаметр поверхности трения в см; B — ширина колодок в см; f — коэффициент трения.

Обычно используются следующие значения f :

Асбокаучук — сталь	0,3—0,32
Асбокабелит — 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

$$M_{max} \leq \frac{\pi}{2} D_{тр}^2 B [q] f. \quad (V.2)$$

где $[q]$ — допускаемое давление на поверхностях трения в кгс/см².

Максимальный момент из условия работоспособности баллона [63]

$$M_{max} \leq 2\pi r_0^2 (p - p_0) H \frac{\tan^2 \beta_1}{\tan \beta_0} \text{ кгс} \cdot \text{см}, \quad (V.3)$$

где r_0 — средний радиус баллона в см (рис. V.3); H — средняя высота каркаса в см; β_0 — угол наклона нитей корда к меридиану на среднем радиусе r_0 баллона (угол закроя корда) в град; β_1 — угол наклона нитей корда к меридиану на радиусе r_1 ; $\sin \beta_1 = \frac{r_1}{r_0} \sin \beta_0$; p_0 — давление, расходуемое на преодоление начального зазора между колодками и шкивом, равное 0,3—0,5 кгс/см².

За допустимый момент принимают меньший из найденных по формулам (V.2) и (V.3).

Таблица V.1

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. V.2)

Обозначение	Допускаемая динамическая мощность N в л. с.	$M_{кр max}$ в кгс·м	n об/мин	Рабочее давление воздуха p в кгс/см ²	Жесткость			Обод					
					Круглая (податли- вость) в кгс·см ⁻¹	Ради- аль- ная C	Осе- аль- ная C_0	D	D_1	D_2	D_3	A	Отвер- стия
ПМ 300×100	140	170	1500	6—10	2300—4500	—	—	297	450C ₄	400 ⁺²	430	115	13A ₅
ПМ 500×125	280	600	1000	6—10	600—1120	—	—	497	720C ₄	658 ⁺²	690	154	17A ₅
ПМ 605×175	—	1150	780	9—10	380—480	12 000	1800	550	870C ₄	820 ⁺²	830	190	16
ПМ 700×200	600	1060	600	6—10	800—900	—	—	695	1000C ₄	900 ⁺²	950	240	27 *
ПМ 850×230	—	4800	700	13—15	130—180	20 000	2400	845	1136C ₄	1020 ⁺⁵	1035	290	25
ПМ 940×215	—	3000	500	8,5—10	110—170	17 000	2000	935	1240C ₄	1145 ⁺⁵	1170	280	25
ПМ 1070×200	900	4150	450	6—10	200—300	—	—	1065	1400C ₄	1292 ⁺⁵	1350	240	27 *
ПМ 1330×200	—	6000	440	7—10	150—180	—	—	1330	—	1550	—	240	—

Обозначение	Обод		Колодки		Ниппель				Баллон				Масса в кг			
	Отвер- стия	а	В	т	КОД-ВО Z	d ₃	b	c	d ₃	E ₁	d ₄	Объем внутрен- ней полости V в л	Количество		бал- лона	муфты
													пла- нок z ₃	нипе- лей z ₄		
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	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	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 асбокальцита (ткане- и картонбакелита). Баллоны ПМ 605×175, ПМ 850×230, ПМ 940×215 имеют ко-
лодки, изготовленные из асбокаучуковой массы шифра 6КВ-10А.
2. Ободья муфт ПМ 300×100, ПМ 500×125, ПМ 700×200, ПМ 850×230, ПМ 940×215 имеют одну реборду.
3. У муфт ПМ 700×200, ПМ 1070×200, ПМ 1330×200 ниппеля расположены под углом 180°.
4. Диаметр D указан при свободном состоянии.

• Четыре отверстия имеют диаметр 25А.

Обычно проводят еще и дополнительную проверку баллонов по наибольшему растягивающему усилию в нитях корда и по напряжениям сдвига в протекторах баллона. Наибольшее растягивающее усилие в нитях корда имеет место у пере-
хода от боковой к внутренней стенке баллона на радиусе r_1 . Оно равно [63]

$$N = \frac{M_{\max}}{2vr_1 \sin \beta_1} + (p - p_0) H \frac{\pi r_0 \cos \beta_0}{v \cos^2 \beta_1} \text{ кгс},$$

где v — число нитей корда в каркасе, определяемое по формуле

$$v = \frac{2\pi r_0 n_k \cos \beta_0}{t_0},$$

где n_k — число слоев корда; t_0 — шаг нитей корда на окружности баллона ра-
диусом r_0 в см.

Условие прочности нитей корда

$$N \leq [N].$$

Допускаемая нагрузка на нить

$$[N] = \frac{P_{\text{разр}}}{k_n [k]},$$

где $P_{\text{разр}}$ — разрывная нагрузка на нить корда (см. табл. V.2) в кгс; k_n — коэф-
фициент неравномерности распределения нагрузки, равный 2,15 (по данным
ГНТИШП); $[k]$ — допускаемый запас прочности нитей корда на разрыв; обычно
принимается равным 5.

Таблица V.2

Основные характеристики корда

Корд	Плот- ность нитей на 1 см	[N] в кгс/нить	P _{разр} при 7-80° С в кгс	Примечание
Капрон 14к	12,8	1,2	12,4	МРТУ 6—06
Капрон 23к		1,2	19	—
Вискозный 228	9,6	1,2	20	ГОСТ 14311—69
Анидный 23А		1,5	20	—
Металлокорд 21Л15 (7×3)	6,5	5	До 70	—

Касательные напряжения τ_1 для внутреннего и τ_2 для наружного протекторов
также не должны превышать допускаемых значений:

$$\tau_1 = \frac{M_{\max}}{2\pi b_1 r_{\text{пр1}}^2} \leq [\tau]$$

и

$$\tau_2 = \frac{M_{\max}}{2\pi b_2 r_{\text{пр2}}^2} \leq [\tau],$$

где b_1 и b_2 — соответственно ширина внутреннего и наружного протекторов
в см (рис. V.3); $r_{\text{пр1}}$ и $r_{\text{пр2}}$ — соответственно средний радиус внутреннего и на-
ружного протекторов в см.

Обычно принимают $[\tau] = 3 \div 5 \text{ кгс/см}^2$.

Крутильная податливость муфты, характеризующая ее упругие свойства, может быть определена по формуле

$$e = \frac{Hl_0}{2n_k E_k \sin^2 2\beta_0} + \frac{\eta_1 h_1}{G 2\pi r_{пр1}^3 b_1} + \frac{\eta_2 h_2}{G 2\pi r_{пр2}^3 b_2} \text{ кгс}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}, \quad (V.4)$$

где η_1 и η_2 — коэффициенты, характеризующие отношение максимального напряжения к среднему во внутреннем и наружном протекторах; E_k — модуль упругости корда в кгс/см^2 ; G — модуль сдвига резины протектора в кгс/см^2 .

В зависимости от того, подсчитывается статическая или динамическая податливость муфты, в формулу (V.4) должен подставляться статический или динамический модуль упругости E_k корда и модуль сдвига G резины протектора.

Численные значения коэффициентов η_1 и η_2 находятся по графику, приведенному на рис. V.4 в зависимости от параметра

$$\gamma \approx 2 \frac{r_{пр}}{r} \sqrt{\frac{t_0 b^2 G}{n_k h E_k \sin^2 2\beta}}. \quad (V.5)$$

При подсчете коэффициента η_1 в формулу (V.5) вместо r , $r_{пр}$, b , h и β необходимо подставлять значения r_1 , $r_{пр1}$, b_1 , h_1 и β_1 (см. рис. V.3), а при подсчете коэффициента η_2 — соответственно r_2 , $r_{пр2}$, b_2 , h_2 и 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 которой 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

$$M_{кр} = (e^{\alpha} - 1) \left(p R^2 b - \frac{mv^2}{g} R \right) \text{ кгс} \cdot \text{см},$$

где α — угол обхвата; p — давление воздуха в камере в кгс/см^2 ; R — радиус внутреннего барабана в см; b — ширина ленты в см; m — вес единицы длины всех подвижных элементов (ленты с накладками и внутренней стенки камеры) в кгс/см^2 ; g — ускорение силы тяжести в см/с^2 ; v — окружная скорость на поверхности барабана в см/с .

Наибольшее давление на поверхности трения для пневматической муфты по аналогии с ленточными фрикционными муфтами

$$q_{\max} = \frac{S_1}{bR} + p \text{ кгс/см}^2,$$

где S_1 — сила натяжения ведущей ветви ленты при $S_2 = 0$ (S_2 — сила натяжения ведомой ленты); наименьшее давление

$$q_{\min} = p \text{ кгс/см}^2.$$

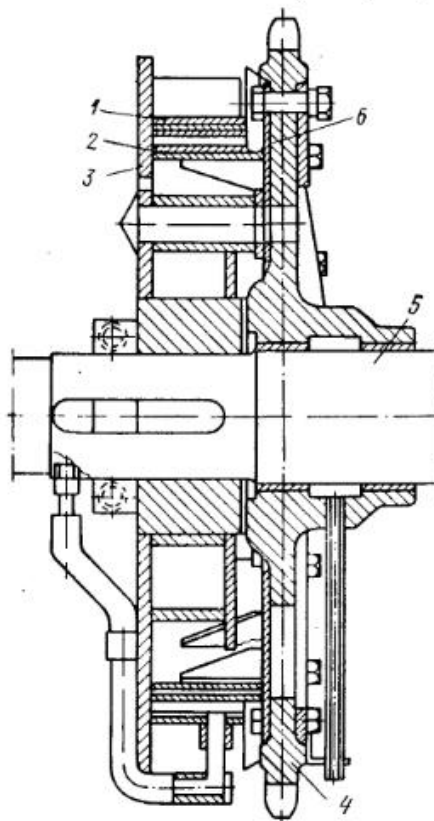


Рис. V.5. Ленточная шинно-пневматическая муфта

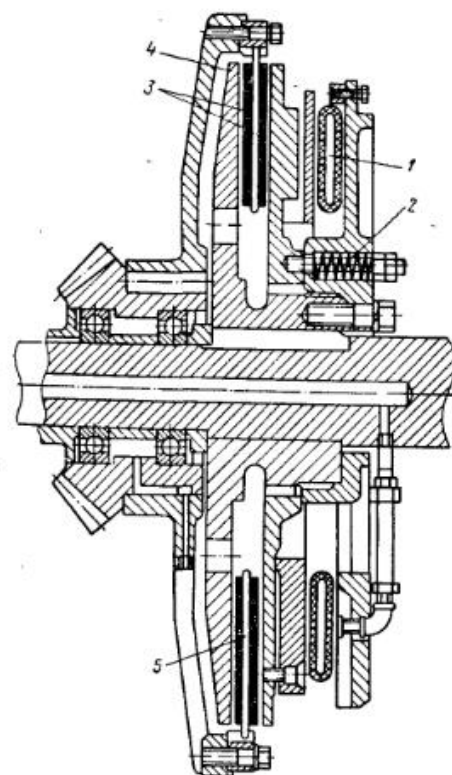


Рис. V.6. Осевая шинно-пневматическая муфта

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 срабатывания воздуха из баллона. Габариты и вес осевых муфт меньше, чем муфт 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)

Муфта состоит из следующих основных деталей: ведущего обода 3, в котором помещена пневмокамера 1, армированная несколькими слоями корда; пилы 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

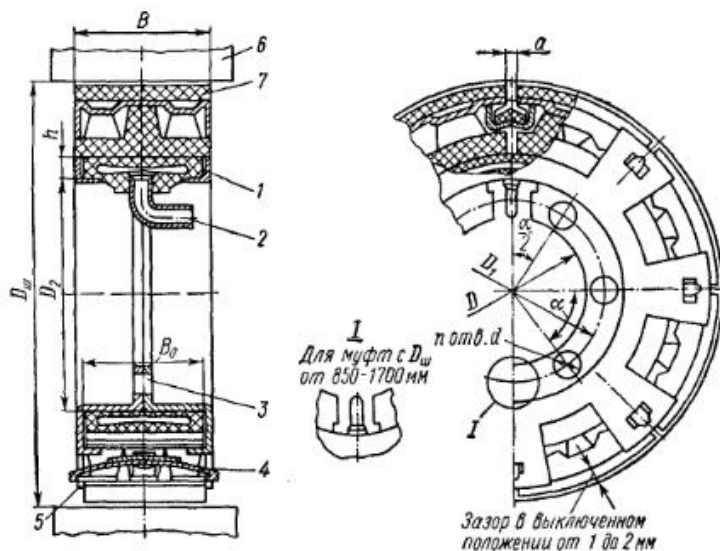


Рис. V.7. Пневмокамерная фрикционная муфта по нормам МН 5019—63

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.

Основные размеры и параметры пневмокамерных муфт радиального действия приведены в табл. V.3, обозначения размеров даны на рис. V.7.

Выбор муфты осуществляется по величине расчетного момента $M_{расч}$, определяемого зависимостью (V.1).

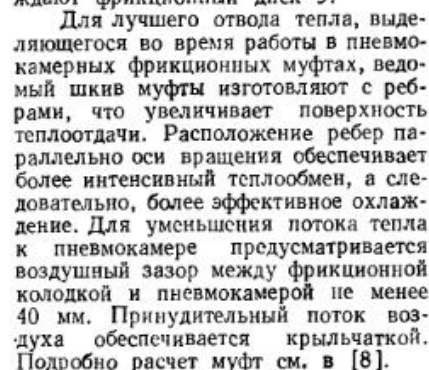
Таблица V.3

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. V.7)

Обозначение	Давление p в кгс/см ²			$D_{ш}$	D	D_1	d	Кол-во z в шт.	Накладка		Камера				Масса в кг		
	4	6	8						b	Кол-во	D_1	D_2	b	D_3		D_4	Наличие хода
	Допускаемая окружная скорость v (в м/с) на поверхности трения при числе вращений 400—500 в 1 ч																
	4,5	3	2,25														
250×30	50	70	100	250	85	110	11	4	80	145	70	13	3,5	7			
300×80 **	80	125	160	300	105	130		6	90	173 ****	80			10			
360×100 **	125	200	250	360	155	185			100	233 ****	90			15			
420×110 **	200	315	400	420	195	225	13	8	110	278 ****	100	16	4,5	20			
475×128 **	315	500	630	475 ***	230	260			128	313 ****	115	11,5		30			
600×118	500	800	1000	600	365	345		10	118	450	105	15		35			
710×125 **	800	1250	1600	710	445	485		8	125	544 ****	110	16		50			
850×135	1250	2000	2500	850	615	650	17	10	135	710	120		5,5	60			
1000×160	2000	3150	4550	1000	690	750			160	850	140	15		150			
1180×205	3550	5600	8000	1180	840	900		12	205	1000	180		7,5	220			
1400×245	6300	10000	14000	1400	980	1040	22	20	245	1180	220	20	8,5	350			
1700×275	11200	17000	25000	1700	1280	1350	26		275	1500	250		9,5	500			

* Крутящие моменты рассчитаны при коэффициенте трения фрикционных накладок по чугуну, равном $0,4 \pm 0,04$.
 ** Для указанных муфт нормами МН 5020—63 и МН 5021—63 предусматривают рабочие чертежи.
 *** Ограниченного применения.
 **** Камеры освоены промышленностью.
 Муфты рекомендуются устанавливать на консольной части валов.

камера, 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 фиксационный диск 9.



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.

Муфта управляется сжатым воздухом при давлении 6—8 кгс/см². Как во всех пневматических муфтах, подвод сроссельным зентилем, благодаря чему рост воздуха, подаваемого в муфту, ное время включения. Благодаря бо в цилиндре муфты нарастает достаточ-

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

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. V.10)

Обозначение	$N_{ном}^*$ $\frac{n}{н.с.}$ $\frac{л.с.}{об/мин}$	Давление p в кгс/см ²		n_{max}^{**} в об/мин	Угол закручивания при				Жесткость				D	P	P_1
		6-8			$\frac{M_{ном}}{\varphi_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{\varphi_{ном}}$	$\frac{M_{max}}{\varphi_{max}}$	град	Крутиль- ная $C_{кр}$	Рад- иальная $C_{рад}$	Акс- иальная $C_{акс}$				
		$M_{ном}$	$M_{кр max}$												
												кгс·м			
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			

Продолжение табл. V.4

Обозначение	L	L_1^{****}	l_1	l_2	K	K_1	C	J	M	M_1	X	X_1	Z	Z_1	Расход воздуха на вдувание в л	Масса в 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	24	16	13,0	2800
КА 360	945	1065	480	320	1110	760	1050	130	56	60	28	28	24	16	16,0	3700
КА 380	1030	1160	520	350	1200	820	1130	150	60	65	28	34	24	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	91	100	23	34	24	24	27,0	7000

* Данные для окружающей среды до 70° С и для резины средней твердости.

** Конструкция муфт, выполненные из стали или ферритного чугуна 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.

муфты как во включенном, так и в выключенном положении зафиксированы в радиальном и осевом направлениях, а следовательно, препятствуют возникновению дополнительных усилий. Кроме того, муфты снабжены ограничителем от проворачивания полумуфт. Муфта отличается легкостью ремонта при малой трудоемкости и удобством в эксплуатации. Основное применение описанные муфты находят в судостроении.

Основные размеры и параметры муфты «Pneumaflex» приведены в табл. V.4. Выбор типоразмеров муфты производится по мощности и скорости вращения.

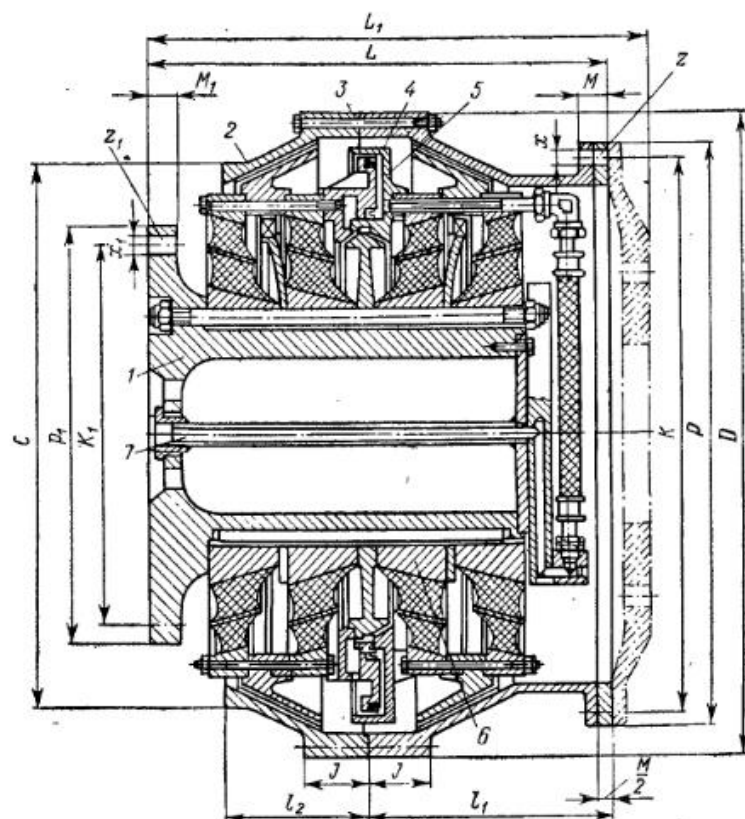


Рис. V.10. Муфта «Pneumaflex»

Б. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ

Из муфт этого вида наиболее распространены электромагнитные многодисковые фрикционные и порошковые муфты, а также муфты скольжения (индукционные муфты). Первые два вида нашли применение в станкостроении и в 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 способность¹ 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 отличаются незначительно. Их время включения колеблется в пределах 0,03—0,25 с, а время отключения — в пределах 0,01—0,35 с; индукционные муфты являются в этой группе муфт наименее быстродействующими.

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, вместе с тем 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 габариты при одинаковом передаваемом моменте. Они надежнее в работе, чем порошковые муфты.

К недостаткам электромагнитных дисковых фрикционных муфт помимо недостатков, присущих механическим фрикционным муфтам, относится увеличение времени отключения муфты из-за остаточного магнетизма и наличия масляной пленки на дисках, вследствие чего необходима установка пружин для развода дисков. Эти муфты применяются в качестве пусковых и реверсирующих, в коробках передач для переключения ступеней чисел оборотов, в приводах для управления циклами перемещений рабочих органов машин, в системах следящего привода.

Электромагнитные многодисковые 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.

Муфты с магнитопроводящими дисками отличаются от муфты с вынесенными дисками большей компактностью и саморегулируемостью при износе дисков. Магнитопроводящие диски выполняются стальными с фигурными вырезами 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 магнитопроводящими дисками (рис. V.11) подвод тока осуществлен через два контактных кольца, в муфтах с вынесенными 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);

¹ Перегрузочная способность оценивается величиной отношения номинального момента, передаваемого муфтой, к максимальному.

- 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).

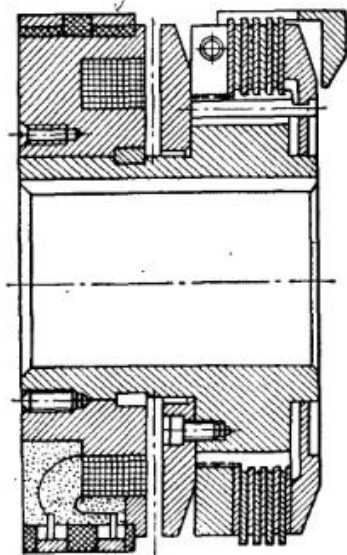


Рис. V.11. Сухая многодисковая муфта с электромагнитным управлением и вынесенными дисками

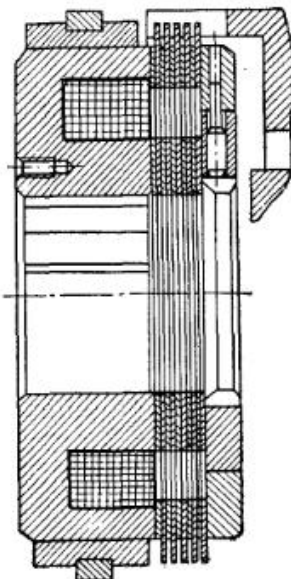


Рис. V.12. Масляная многодисковая муфта с магнитопроводящими дисками

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 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 пунктиром).

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 единиц 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

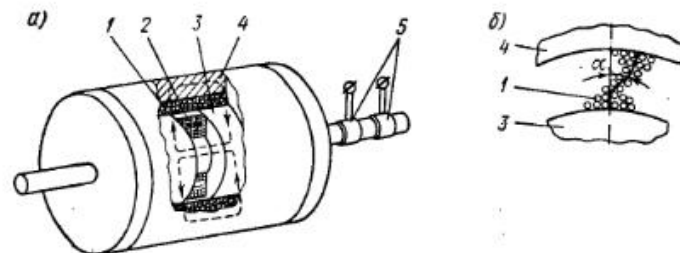


Рис. V.13. Схема муфты (а) и связка в рабочем зазоре (б)

значениях передаваемого муфтой момента электромагнитные порошковые муфты несколько уступают по весу и габаритным размерам механическим и электромагнитным фрикционным многодисковым муфтам, но превосходят по тем же показателям индукционные муфты.

На величину крутящего момента, передаваемого муфтой, оказывают отрицательное влияние 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 в неработающей муфте (слеживание), в результате чего частицы наполнителя теряют подвижность в рабочем зазоре муфты.

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. 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 малонерционной 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, вариант 1. Муфта с жидким наполнителем (смесь ферромагнитного порошка с маслом).

Униполярные схемы

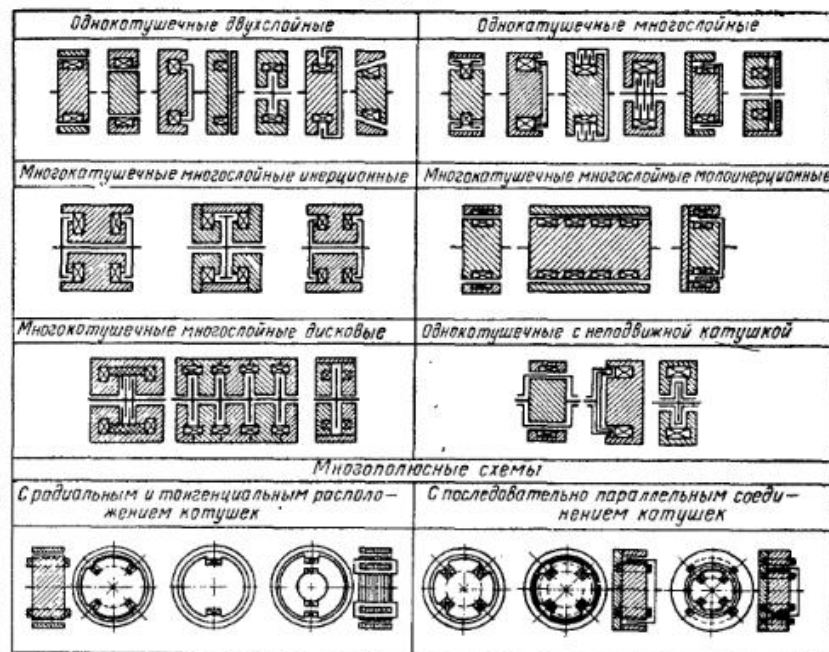


Рис. V.14. Конструктивные схемы порошковых муфт

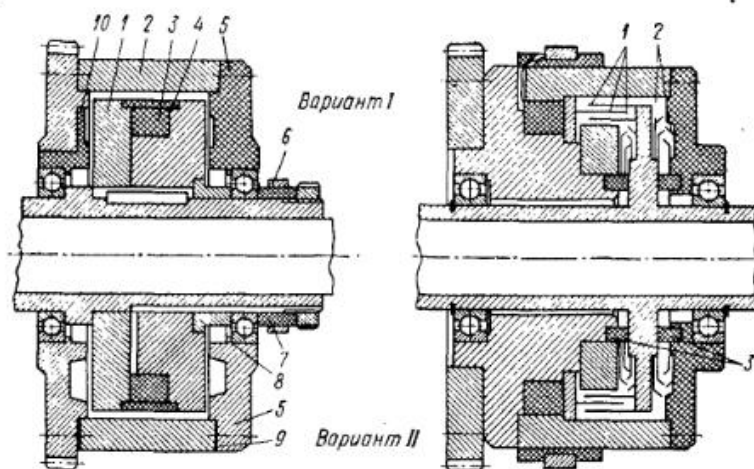


Рис. V.15. Устройство порошковых муфт

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 крышка выполнена в виде приводного зубчатого колеса, насаженного 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 многозаякорная муфта. Эта муфта имеет четыре цилиндрических зазора и заполняется сухим наполнителем. Ведомый элемент малоинерционный. Система уплотнения состоит из козырьков 2 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 [79]. Эта методика разработана применительно к условиям станкостроения, однако, обычно 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 и n_2 — скорости вращения, соответственно ведущей и ведомой части муфты.

Основой расчета является зависимость

$$M = \frac{\pi}{200} k_p k_b m D^3 p, \quad (V.6)$$

где M — момент, передаваемый муфтой, в 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 в см; m — число рабочих зазоров (число слоев порошка); $k_b = \frac{b}{D}$ — отношение ширины рабочего зазора к среднему диаметру; p — удельная сила сцепления в рабочем зазоре в кгс/см².

При заданных геометрических параметрах муфты ее момент является функцией p , величина p определяется следующим образом:

$$p = k_m k_\sigma k_3 k_n B_3^n, \quad (V.7)$$

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_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_σ — коэффициент, учитывающий линейную скорость движения частиц в зазоре и зависящий также от величины зазора (рис. V.16); k_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).

Намагничивающая сила $I\omega$ (ампер-витки), необходимая для создания индукции B_3 , определяется по формуле

$$I\omega = \frac{B_3}{\mu_3} (m\delta + a), \quad (V.8)$$

где μ_a — магнитная проницаемость зазора; выбирается она по графику, приведенному на рис. V.18, причем штриховая кривая соответствует сухому наполнителю; α — коэффициент, зависящий от индукции B_a и величины коэффициента $k_b = \frac{b}{D}$ (рис. V.19).

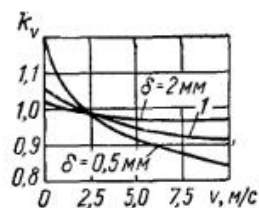


Рис. V.16. Зависимость коэффициента k_v от скорости частиц в зазоре

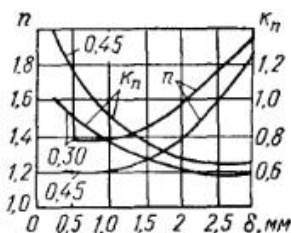


Рис. V.17. Зависимость коэффициента k_n и n от размера зазора δ

Диаметр обмоточного провода определяется из условия обеспечения необходимой намагничивающей силы

$$d = 2 \sqrt{\frac{I \omega D_{\text{ср}} \rho}{U}}, \quad (\text{V.9})$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр обмотки в м; ρ — удельное сопротивление провода в см·мм²/м; U — напряжение, подводимое к обмотке, в В.

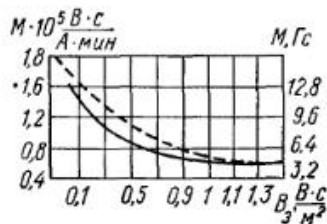


Рис. V.18. Зависимость магнитной проницаемости от индукции в зазоре

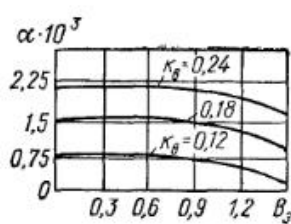


Рис. V.19. Зависимость коэффициента α от индукции в зазоре

Площадь сечения паза под обмотку

$$S_0 = \frac{\pi}{4} \frac{U d^2}{k_{\text{зап}} N_y}, \quad (\text{V.10})$$

где $k_{\text{зап}}$ — коэффициент заполнения сечения медью, $k_{\text{зап}} = 0.6 \div 0.7$; N_y — удельная мощность омических потерь (на один ампер-виток),

$$N_y = \frac{N}{I \omega},$$

где 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 $D_{\text{в}}$ и $D_{\text{ср}}$ и наружный диаметр муфты $D_{\text{н}}$ берут из таблицы к рис. V.20 в зависимости от принятой конструктивной схемы муфты. Величина рабочего зазора для муфт средней мощности ограничивается интервалом $\delta = 0.5 \div 3$ мм.

2. По формулам (V.7) и (V.8) определяют B_a и $I \omega$.

3. По формулам (V.9) и (V.10) определяется диаметр провода и площадь сечения паза под обмотку.

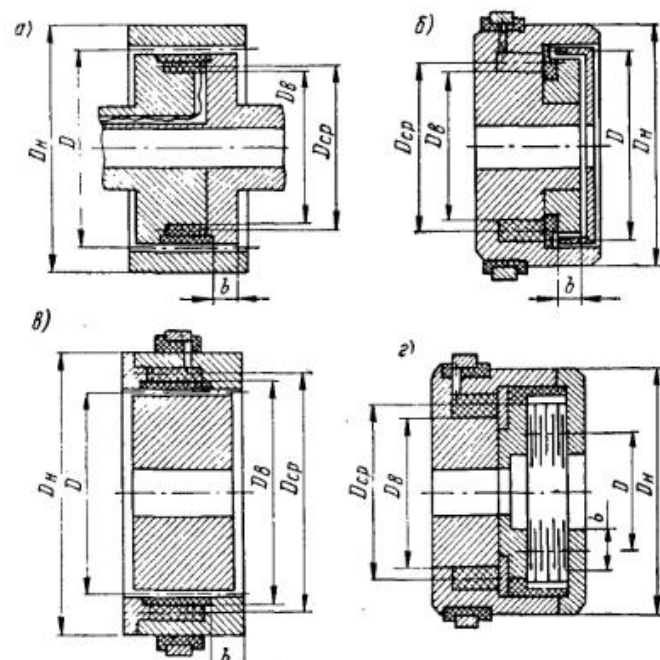


Рис. V.20. Соотношения основных размеров муфт

Обозначение размера	Соотношения основных размеров муфт			
	a	б	в	г
b	$(0.12 \div 0.3) D$	$(0.12 \div 0.3) D$	$(0.12 \div 0.3) D$	$0.4 D$
$D_{\text{в}}$	$0.75 D$	$0.75 D$	$\sim D$	$1.25 D$
$D_{\text{ср}}$	$0.85 D$	$0.85 D$	$1.15 D$	$1.4 D$
$D_{\text{н}}$	$\sqrt{D(D+4b)}$	$\sqrt{D(D+4b)}$	$\sqrt{D(1.5D+4b)}$	$\sqrt{D(2.7D+4b)}$

Конструкция порошковых муфт

Конструкции электромагнитных порошковых муфт чрезвычайно разнообразны. Известны порошковые муфты для приводов транспортеров, экскаваторов, землечерпалок, насосных и вентиляционных установок, металлорежущих станков. Создан ряд конструкций муфт для систем автоматического регулирования.

На рис. V.21 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 порошком. Уплотняется он магнитными ловушками, выполненными в виде заостренных шайб 11, закрепленных на торцовых поверхностях ротора. Частицы порошка, прилипая к заостренному краю шайбы, препятствуют перетеканию наполнителя из рабочего слоя в зону подшипников. Дополнительно к магнитным ловушкам перед подшипниками установлены уплотнительные кольца 7. Подшипники закрыты крышками 5 и сальниками 6.

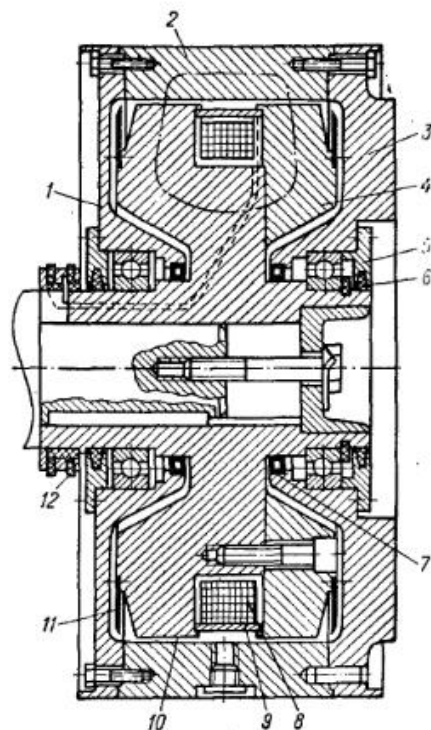


Рис. V.21. Порошковая муфта

Дополнительно к магнитным ловушкам перед подшипниками установлены уплотнительные кольца 7. Подшипники закрыты крышками 5 и сальниками 6.

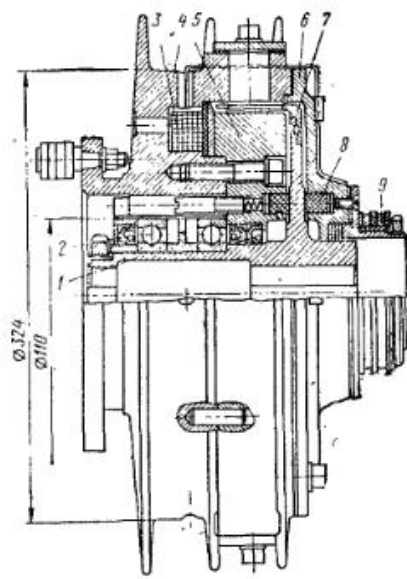


Рис. V.22. Порошковая муфта кранового привода

Муфта аналогичной конструкции, разработанная в Гипронефтемаше для привода буровой установки, имеет следующие данные:

Момент в кгс·м:	
номинальный	400
максимальный	600
Скорость вращения номинальная в об/мин	750
Мощность возбуждения в кВт	0,05
Наружный диаметр в мм	650
Длина в мм	500
Масса муфты в кг	700

Муфта кранового привода [86] представлена на рис. V.22. Ведущая часть муфты состоит из корпуса-магнитопровода 4 и сердечника 5, соединенных болтами. Корпус закрыт дюралюминиевой крышкой 6. На наружной поверхности корпуса имеются ребра для отвода тепла. В кольцевом пазу корпуса расположена обмотка возбуждения 3 из провода с теплостойкой кремний-органической 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 двухзазорное 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 в кгс·м	34
Скорость вращения ведущего вала в об/мин	1500
Напряжение, подводимое к обмотке, в В	110

Конструкция приборной бесконтактной порошковой муфты представлена на рис. V.23.

Муфта состоит из неподвижного корпуса-магнитопровода 5, в котором на подшипниках 2 и 11 вращается магнитопровод из двух частей 6 и 10. Магнито-

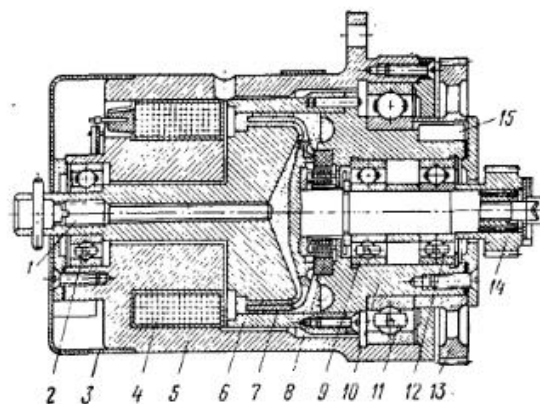


Рис. V.23. Бесконтактная порошковая муфта

провод 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 заключена 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 в кгс·см	22
Номинальная скорость вращения в об/мин	2000
Максимальный ток возбуждения в А	0,04
Сопротивление обмотки в Ом	40
Время разгона ведомого вала вхолостую до полной скорости при максимальном токе возбуждения в с	0,025
Постоянная времени нарастания момента в с	0,040

Пример расчета муфты [85] кранового привода. Расчетная схема муфты представлена на рис. V.24. Исходные данные: номинальный момент $M_n = 34$ кгс·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 $p = 0,3 \text{ кгс/см}^2$, $k_p = 1$ и из выражения (V.6) находим средний диаметр муфты

$$D = \sqrt{\frac{200M}{\pi k_p b m p}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 34}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 0,3}} = 26 \text{ см.}$$

Находим отношение $k_b = \frac{b}{D} = 0,19$, что приемлемо. Величину индукции определяем из формулы (V.7). Принимая $k_m = 1,3$, $k_v = 1$, $k_s = 0,95$, $k_n = 0,7$, $\mu = 1,3$, находим

$$B_s^{1,3} = \frac{p}{k_n k_v k_m k_s} = \frac{0,3}{0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,95} = 0,36; B_s = 0,47 \text{ В·с/м}^2$$

Принимаем $B_s = 0,5 \text{ В·с/м}^2 = 5000 \text{ гс}$.

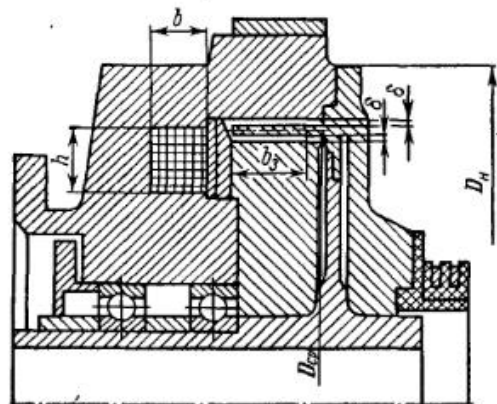


Рис. V.24. Расчетная схема муфты

Необходимая намагничивающая сила определяется по формуле (V.8), для чего принимаем $\mu_s = 0,8 \cdot 10^{-6} \frac{\text{В·с}}{\text{А·м}}$; $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-5}$; размер зазора $\delta = 0,0015 \text{ м}$.

После подстановки в формулу (V.8) получим

$$I\omega = \frac{2 \cdot 0,0015 \cdot 0,5}{0,8 \cdot 10^{-6}} \left(1 + \frac{1,5 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,0015} \right) = 280 \text{ ампер-витков.}$$

Для магнитопровода из обычной стали величину $I\omega$ удваиваем и принимаем равной 560 ампер-витков.

Принимая $D_{cp} = 0,24 \text{ м}$ и $\rho = 0,0175 \text{ Ом·мм}^2/\text{м}$, находим по формуле (V.9)

$$d = 2 \frac{600 \cdot 0,24 \cdot 0,0175}{110} = 0,30 \text{ мм.}$$

Выбираем провод ПСДК диаметром $d = 0,44 \text{ мм}$ с учетом изоляции $d_n = 0,65 \text{ мм}$. Размеры паза для обмотки принимаем $bh = 26 \times 30 \text{ мм}$, сечение обмотки с учетом изоляции будет $b_0 h_0 = 23 \times 27 \text{ мм}^2$.

Число слоев в обмотке

$$k_1 = \frac{h_0}{d_n} = \frac{27}{0,65} = 42.$$

Число витков в слое

$$k_2 = \frac{b_0}{d_n} = \frac{23}{0,65} = 36.$$

Число витков в обмотке

$$\omega_0 = k_1 k_2 = 42 \cdot 36 = 1512.$$

Наибольший ток

$$I_y = \frac{Ud}{4\omega_0 D_{cp} \rho} = \frac{110 \cdot 0,44^2}{4 \cdot 1512 \cdot 0,24 \cdot 0,0175} = 0,84 \text{ А.}$$

Наибольшая намагничивающая сила

$$I_y \omega_0 = 0,84 \cdot 1512 = 1270 \text{ ампер-витков.}$$

Наибольшая плотность тока (в период разгона)

$$\Delta = \frac{4I_y}{\pi d^3} = \frac{4 \cdot 0,84}{3,14 \cdot 0,44^3} = 5,5 \text{ А/мм}^2,$$

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 ведомая часть муфты увлекается за собой ведомую.

Индукционные муфты в составе приводов выполняют две основные функции:

1) соединение или разъединение двигателя и исполнительной машины;

2) регулирование скорости вращения вала исполнительной машины независимо от скорости вращения двигателя.

По сравнению с другими типами электромагнитных муфт, также служащих для сцепления 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, а 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 веса муфты;

2) меньшее быстродействие, связанное с повышенными значениями электро-механической 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.

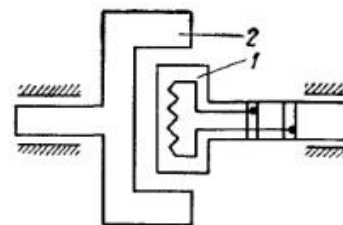


Рис. V.25. Схема индукционной муфты

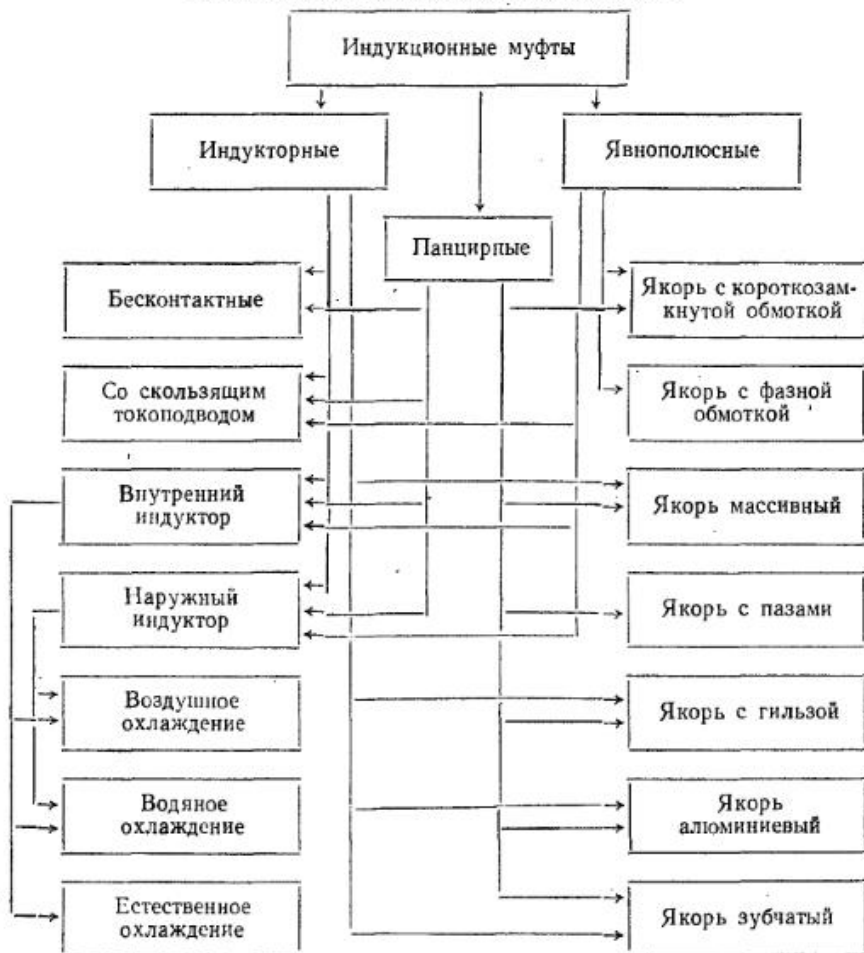
Рациональной областью применения этих муфт являются механизмы с моментом нагрузки, пропорциональным квадрату скорости вращения.

К настоящему времени отечественной промышленностью освоены индукционные муфты с номинальным моментом до 1600 кгс·м.

На схеме приведена упрощенная классификация муфт по [92]. Рассмотрим основные разновидности магнитных систем наиболее распространенных типов муфт.

Схема

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНДУКЦИОННЫХ МУФТ



1. Индукторные и панцирные муфты со скользящим токоподводом состоят в основном из зубчатого индуктора с обмоткой возбуждения, посаженного на один вал с токоподводящими контактными кольцами, и цилиндрического якоря, скрепленного с другим валом муфты. 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.

В явнополюсных муфтах обмотка якоря обычно бывает короткозамкнутой, реже встречаются якоря с фазной обмоткой, выведенной на контактные кольца.

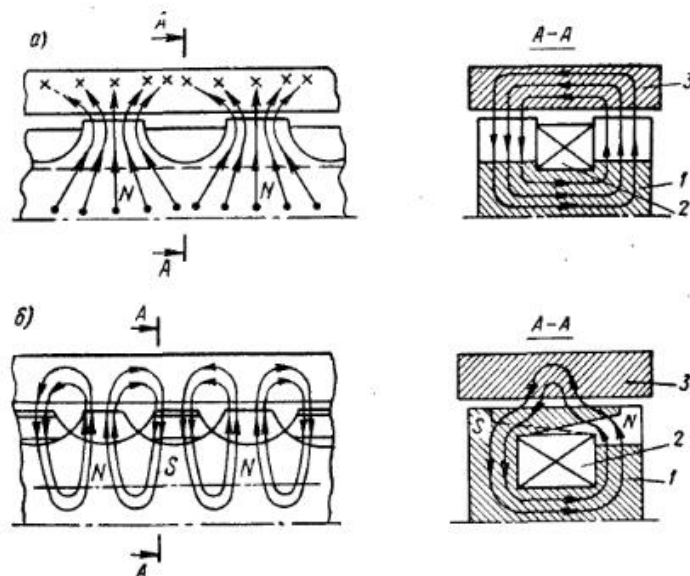


Рис. V.26. Характер магнитного потока:

1 — магнитопровод; 2 — якорь; 3 — обмотка возбуждения

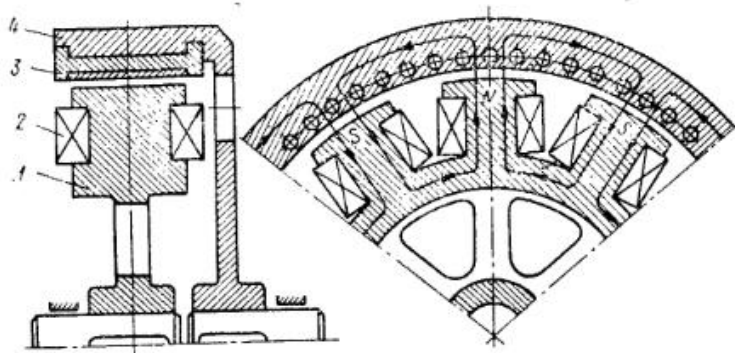


Рис. V.27. Магнитная система явнополюсной муфты

3. Асинхронно-синхронные муфты находят применение в приводах, где не требуется регулирования скорости. Основной режим работы такой муфты — синхронный (скорости вращения ведущего и ведомого валов равны). Эти муфты используются в качестве предохранительных, так как при синхронной скорости вращения вращающий момент максимальный.

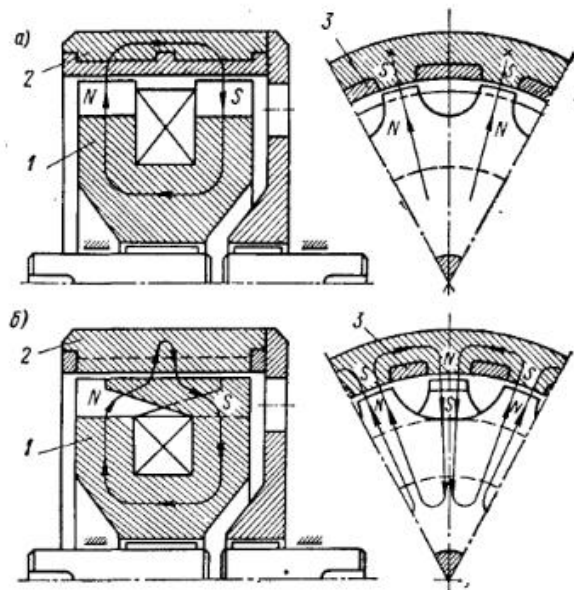


Рис. V.28. Магнитные системы асинхронно-синхронных муфт: а — индукторной; б — панцирной;
1 — индуктор; 2 — якорь; 3 — стержни короткозамкнутой обмотки

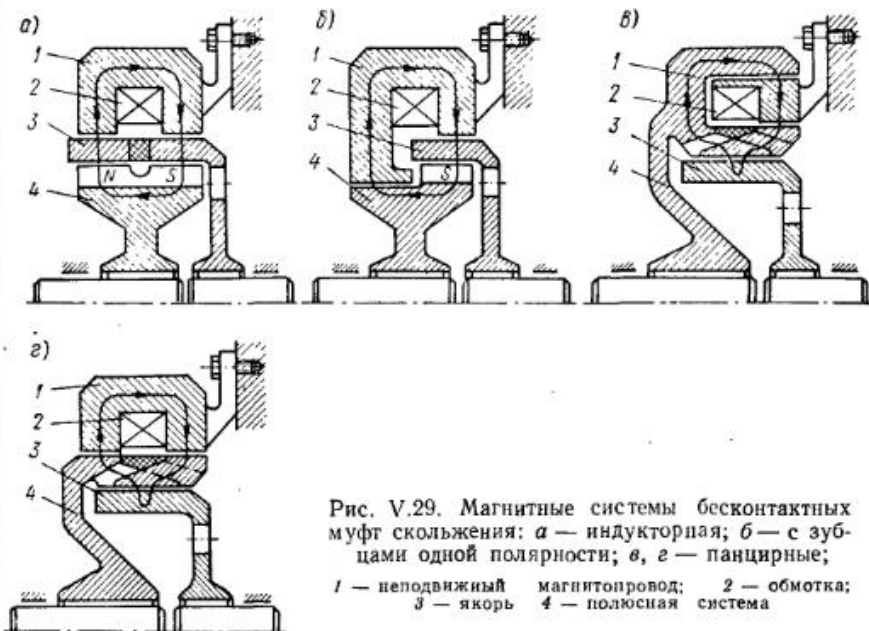


Рис. V.29. Магнитные системы бесконтактных муфт скольжения: а — индукторная; б — с зубцами одной полярности; в, г — панцирные;
1 — неподвижный магнитопровод; 2 — обмотка; 3 — якорь; 4 — полюсная система

Схемы устройства асинхронно-синхронных муфт индукторного и панцирного типа показаны на рис. V.28. Конструкция индуктора такая же, как у муфт индукторного и панцирного типа. Размеры зубьев на якоре 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 приближается к максимальному асинхронному моменту при критической скорости. Критическая скорость из-за малого сопротивления короткозамкнутой обмотки близка к синхронной и при достижении ее муфта работает синхронно, при этом зубья якоря и индуктора находятся один против другого, и скольжение равно

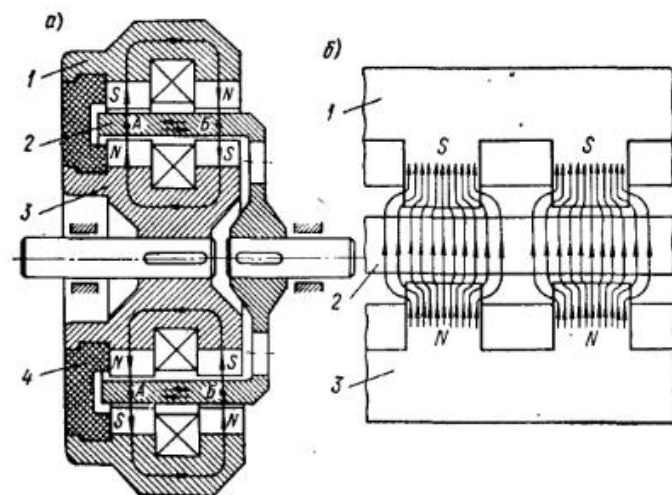


Рис. V.30. Двухиндукторная муфта скольжения: а — магнитная система; б — характер магнитного потока;
1 — наружный индуктор; 2 — якорь; 3 — внутренний индуктор; 4 — немагнитное соединение индукторов

нулю. Смещение 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-весовым показателям.

Схема магнитной системы муфты индукторного типа представлена на рис. V.29, а. Неподвижные магнитопровод 1 и обмотка возбуждения 2 образуют 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 одной 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 4.

На рис. V.29, в, г 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 когтеобразные зубья одной полярности на ферромагнитной части 4 и ферромагнитное кольцо с зубьями другой полярности, соединенной 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 по воздушному зазору и его активной длины, равной длине полюсов. Ориентировочно эти значения можно определить из уравнения, связывающего вращающий момент с параметрами муфты [92]

$$M = 0,063 B_{1m}^2 D^3 l_a k_m \sqrt{\frac{n_1 - n_2}{N \mu \rho}} \text{ кгс} \cdot \text{м},$$

где B_{1m} — амплитуда первой гармоники переменной составляющей индукции в зазоре в Гс; D — диаметр якоря по воздушному зазору в м; l_a — активная длина якоря в м; n_1, n_2 — скорость вращения соответственно ведущей и ведомой части муфты в об/мин; N — число пар полюсов индуктора; μ — магнитная проницаемость стали якоря в его активном слое в Гн/м; ρ — удельное электрическое сопротивление якоря в Ом·м; k_m — коэффициент, учитывающий поперечные токи в торцах якоря;

$$k_m = \frac{1}{\sqrt{1 + k_{\Phi m} \frac{D}{\rho l_z}}},$$

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_z — 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 [92]. Здесь из-за громоздкости эта методика не приводится.

Конструкция индукционных муфт

Ввиду большого разнообразия конструкций отечественных и зарубежных муфт здесь приводятся только конструкции муфт общего применения, серийно выпускаемые промышленностью.

В Советском Союзе серийно 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.

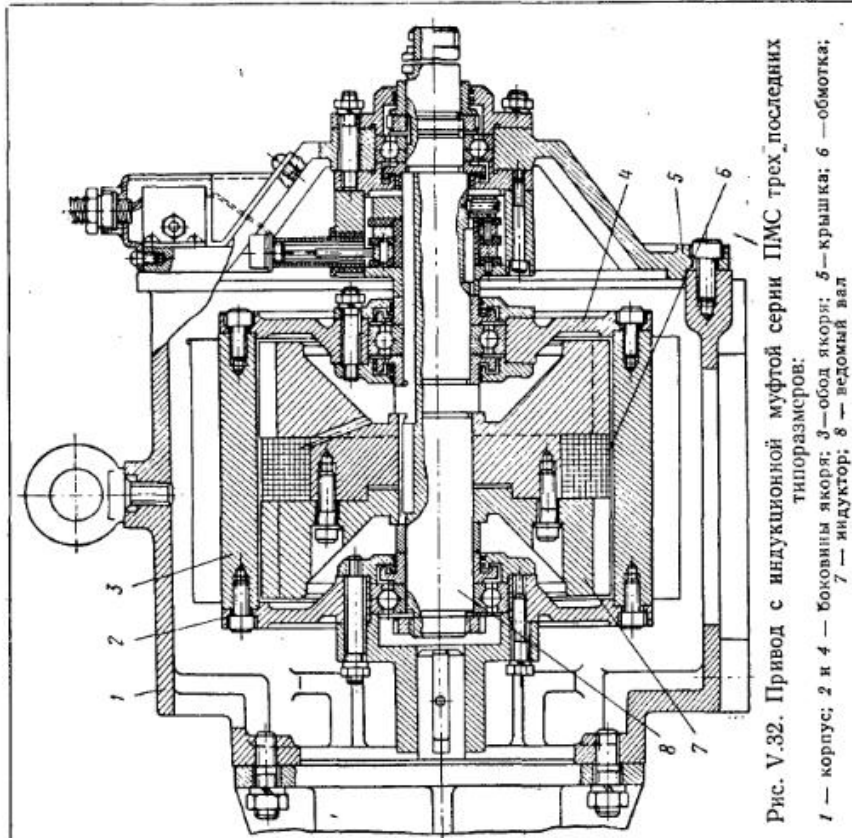


Рис. V.32. Привод с индукционной муфтой серии ПМС трех последних типоразмеров:

1 — корпус; 2 и 4 — боковины якоря; 3 — обод якоря; 5 — крышка; 6 — обмотка; 7 — индуктор; 8 — ведомый вал

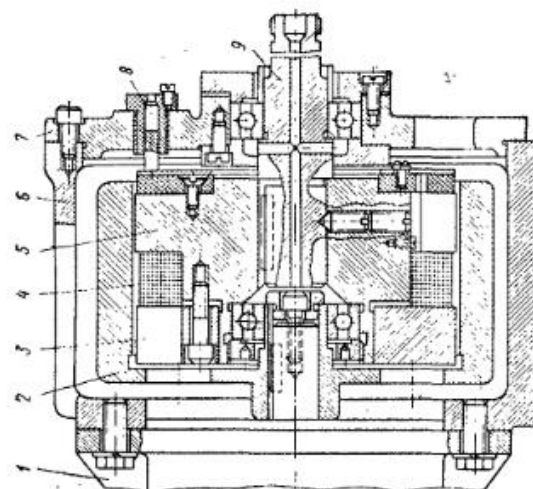


Рис. V.31. Привод с индукционной муфтой серии ПМС трех первых типоразмеров:

1 — двигатель; 2 — якорь; 3 и 5 — детали индуктора; 4 — обмотка; 6 — корпус; 7 — крышка; 8 — щетка; 9 — ведомый вал

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 двига-

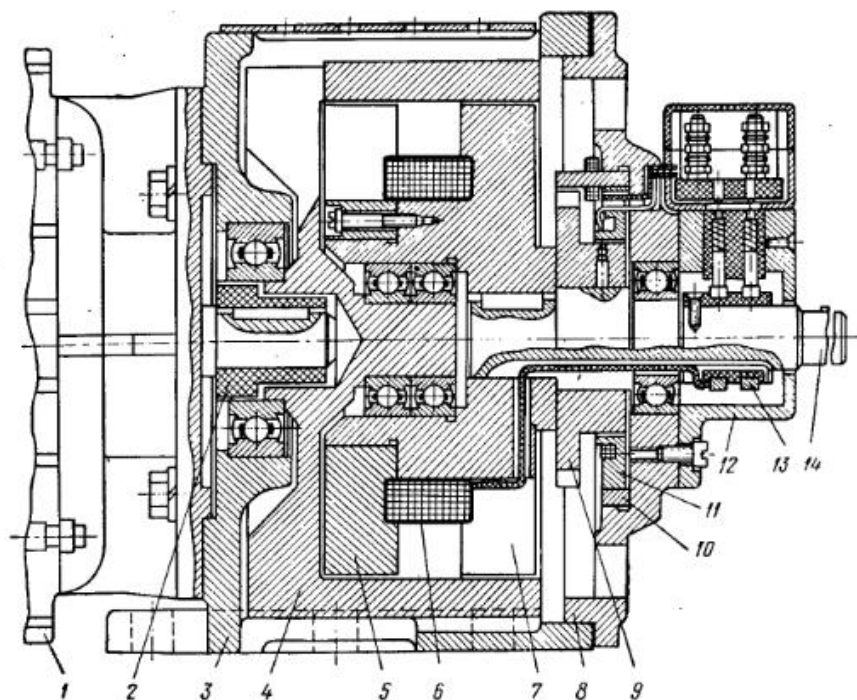


Рис. V.33. Привод с индукционной муфтой серии ПМС-М

теля 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, запрессованного 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.

Таблица V.5

Технические данные приводов серии ПМС

Показатели	ПМС-0,17	ПМС-0,4	ПМС-0,6	ПМС-1	ПМС-2	ПМС-3
Номинальный момент в кгс·м	1,7	4	6	10	20	30
Диапазон регулирования скорости вращения в 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 в мм	0,51	0,64	0,69	0,86	1,0	—
Сопротивление обмотки в мм	20	15	19	13	12	—
Номинальный ток возбуждения в А	1,2	1,5	1,7	2	2	—
Масса привода в кг	20	45	54	120	145	300
Мощность двигателя в кВт	0,27	0,6	1,0	1,7	2,8	4,5
Скорость вращения двигателя в об/мин	1460	1410	1410	1440	1440	1455
Габаритные размеры привода в мм:						
длина × ширина × высота	410 × 180 × 186	453 × 225 × 230	531 × 230 × 237	750 × 310 × 380	795 × 365 × 400	980 × 420 × 480
Вес двигателя в кг	7	13	17	24	31	45

Технические данные индукторных муфт серии ИМС

Показатели	ИМС-7	ИМС-20	ИМС-40	ИМС-75	ИМС-100	ИМС-160
Номинальный момент в кгс-м	70	200	400	750	1000	1600
Число витков обмотки	2100	2100	945	945	945	825
Диаметр провода в мм	0,9	0,96	1,4	1,4	1,4	3,28
Сопротивление обмотки в Ом	42	33,8	16,4	16,4	16,4	8,3
Вес (масса) обмотки в кг	10	12	22	22	22	47
Номинальный ток возбуждения в А	1,5	4	4	6	6	10
Масса муфты в кг	145	300	590	1170	1323	1737
Габаритные размеры муфты в мм (длина × диаметр)	530×400	613×480	915×560	1075×670	1135×800	1225×800

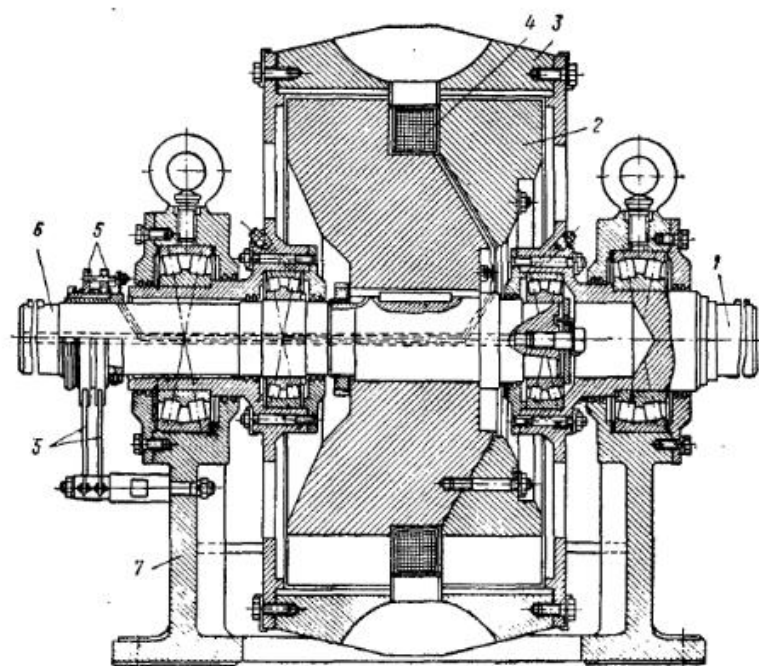


Рис. V.34. Индукторная муфта серии ИМС:

1 — ведущий вал; 2 — индуктор; 3 — якорь; 4 — обмотка; 5 — токоподвод;
6 — ведомый вал; 7 — станина

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 Армко. Магнитопроводы медленнодействующих муфт, изготовляют из стали марки 10. Для муфт, рассчитанных на передачу больших моментов, применяются стали марок 15 и 20.

Немагнитные детали. К немагнитным деталям муфты относятся крышки, валы, подшипники, крепежные детали и т. д. С целью уменьшения магнитного рассеяния эти детали изготовляют из немагнитных и маломангнитных материалов. Используют маломангнитную сталь аустенитного класса, нержавеющей 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 смазывающих веществ используется 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 от 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.

Глава VI

МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА

Особенностью муфты свободного хода¹ является передача момента только в заданном направлении и только до тех пор, пока скорости вращения ведущего

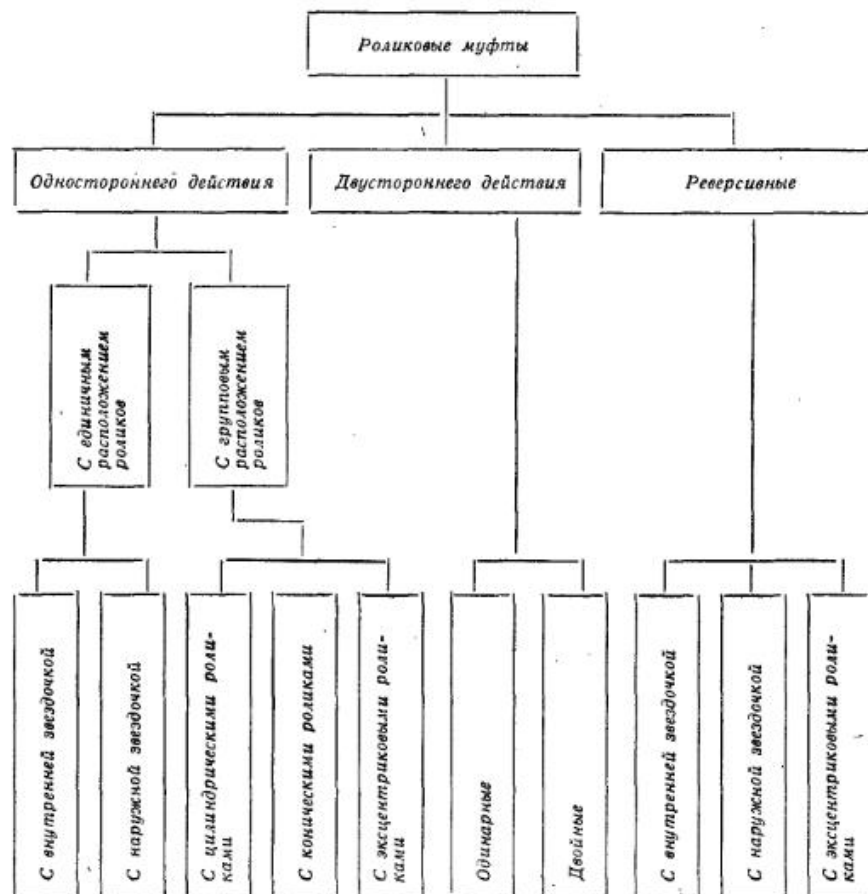


Рис. VI.1. Классификация муфт свободного хода

¹ В литературе встречаются также названия «обгонные муфты», «механизмы свободного хода».

и ведомого звеньев одинаковы: как только скорость ведомого звена превысит скорость ведущего, муфта автоматически разъединяет сцепленные части.

По принципу действия муфты свободного хода различают двух основных видов: фрикционные и храповые. Наибольшее распространение получили первые благодаря способности работать при высоких скоростях, любом числе включений, малому мертвому ходу, бесшумности.

В машиностроении и приборостроении предпочтительно используются фрикционные роликовые муфты, передающие незначительные нагрузки при сравнительно малых 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.

Классификация муфт свободного хода дана на рис. VI.1 [43].

1. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ФРИКЦИОННЫХ РОЛИКОВЫХ МУФТ

Простейшая роликовая муфта

Схема устройства простейшей роликовой муфты свободного хода представлена на рис. VI.2.

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 ролика может быть установлено по два прижимных устройства на ка-

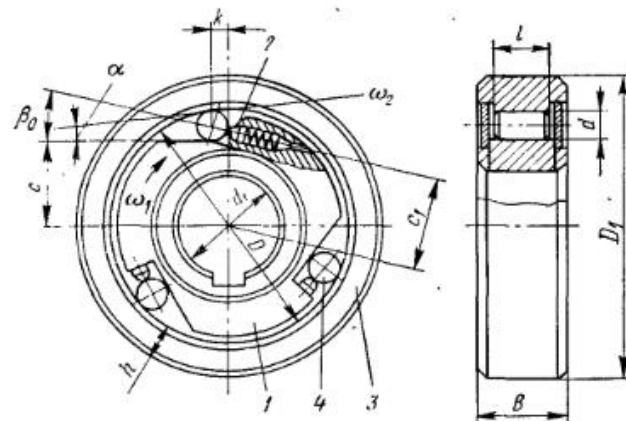


Рис. VI.2. Схема простейшей роликовой муфты свободного хода

ждый 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 рабочая контактная поверхность 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.2 ведущей может быть только звездочка, так как только в этом случае, если $\omega_1 > \omega_2$, ролик окажется втянутым в сужающуюся часть клина. Главным параметром муфты является угол заклинивания α , обычно $\alpha = 6 \div 10^\circ$. В нормативах ВНИИИзмаш (1961 г.) принято $\alpha = 6^\circ$. Геометрические параметры муфты могут быть предварительно определены из ряда соотношений:

$$D \approx 16,6 \sqrt[3]{\frac{M_{расч}}{z}}$$

где $M_{расч}$ — расчетный крутящий момент; z — число роликов;

$$c = \frac{\cos \alpha (D - d) - d}{2}, \quad (VI.1)$$

а при обычно принимаемом

$$\frac{D}{d} \approx 8, \quad c = \frac{d(7 \cos \alpha - 1)}{2};$$

$$\cos \alpha = \frac{2c + d}{D - d}; \quad (VI.2)$$

$$\beta_0 \approx 15^\circ; \quad D_1 = D + 2h; \quad l \approx 1,5d;$$

$$k \approx 0,5 \sqrt{D^2 - 4(c + d)^2};$$

$$c_1 = [0,5(2c + d) - k \operatorname{tg} \beta_0] \cos \beta_0;$$

$$h_{min} = \sqrt{\frac{30M_{расч}(D_1 + D)ek_l}{DBf_c[\sigma]_н}}$$

где D_1 , D и B — в мм; f_c — коэффициент трения скольжения стали по стали при наличии смазки; для стали по стали $f_c \approx 0,06$; $[\sigma]_н$ для стали 20X равна 20 кгс/мм²; $e = \frac{1}{2z} \left(\frac{z}{\pi} - \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right)$ — коэффициент, учитывающий влияние количества роликов на деформацию обоймы; k_l — коэффициент, учитывающий влияние радиуса кривизны обоймы на ее деформацию. Для выбора k_l предварительно определяется величина $\frac{D_1 + D}{4h}$.

k_l	2,89	2,13	1,79	1,63	1,52	1,3	1,2	1,12	1,09	1,07
$\frac{D_1 + D}{4h}$	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.2, показана на рис. VI.3, а.

Одинарная муфта двустороннего действия (рис. VI. 3, 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

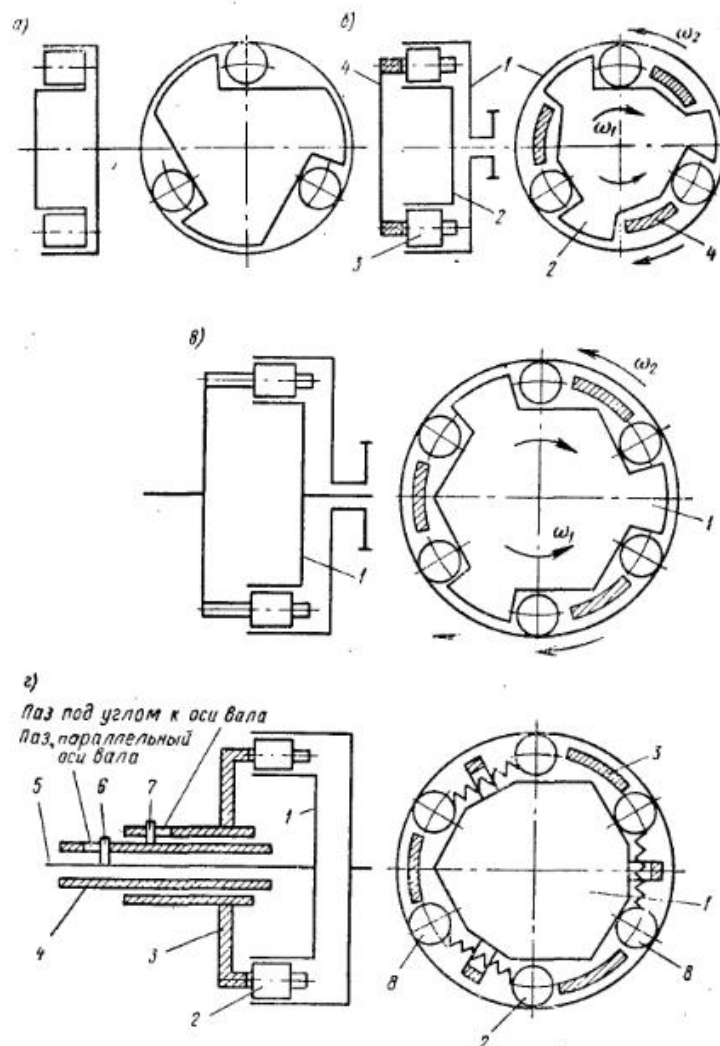


Рис. VI.3. Принципиальные схемы роликовых муфт свободного хода

звездочка 2. Между вилок 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 прорезам заклиненные ролики 3 ведут вилок. 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. 3, 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.

Реверсивная муфта (рис. VI. 3, г)

Как и муфта одностороннего действия, она соединяет две кинематические цепи. В зависимости от включения она может передавать момент в обоих направлениях; ролики 2 заклинивают муфту в одном направлении, ролики 8 — в обратном. Ролики 2 и 8 расположены парно 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 пружинкой, расположен зуб вилки переключателя 3. Если повернуть и зафиксировать зуб переключателя относительно звездочки так, чтобы он переместил ролик 2 (на правой проекции рис. VI.3, г) по часовой стрелке, то ролик окажется в широкой части клина, т. е. в положении холостого хода. Наоборот, правый ролик 8 при движении звездочки против часовой стрелки, заклинит муфту и передаст момент того же направления. Схема механизма переключения может быть, например, такой: на валу 5 на скользящей посадке установлена втулка 4, которая может скользить вдоль оси вала, направляемая штифтом 6 (ось паза втулки параллельна оси вала). Втулка 4, в свою очередь, имеет штифт 7, который скользит в косом пазу ступицы переключателя 3 при осевом перемещении втулки 4. Так как паз в ступице расположен под углом к оси вала 5, то осевое движение втулки 4 вызывает поворот на некоторый угол переключателя 3 относительно звездочки 1.

Управление переключением может осуществляться вручную или автоматически (дистанционно или непосредственно).

2. ГЕОМЕТРИЯ РОЛИКОВЫХ МУФТ

Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. VI. 4)

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 роликом и внутренней поверхностью обоймы в расклиненном состоянии, обеспечивающий свободный ход.

Имеют место соотношения (VI.1) и (VI.2), а также следующие:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{D+2c}{2(D-d)}}; \quad (VI.3)$$

$$b = \frac{D-d}{2} \sin \alpha; \quad c_1 = \frac{D-d}{2} \sin \beta.$$

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

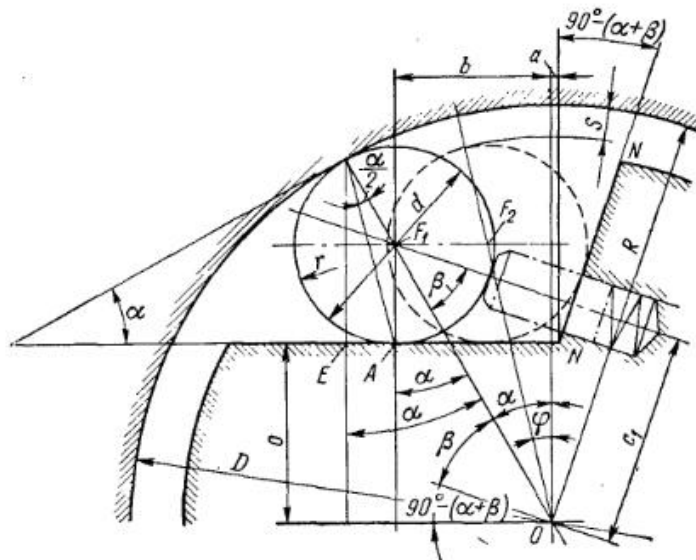


Рис. VI.4. Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки

индексами b и m наибольшее и наименьшее предельные отклонения размеров деталей, то формулу VI.2 можно записать так:

$$\cos \alpha_m = \frac{2c_m + d_m}{D_m - d_m}; \quad (VI.4)$$

$$\cos \alpha_6 = \frac{2c_m + d_m}{D_6 - d_m}. \quad (VI.5)$$

Между величинами a и S имеется связь:

$$a = 0,5 \left[d \frac{1 - \cos(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} - (D - d - 2S) \sin \varphi \right];$$

$$\cos \varphi = \frac{(D - d) \cos \alpha}{D - d - 2S}.$$

Предельные отклонения размеров c и c_1 принимают следующие значения (см. нормаль МН 3—61) — табл. VI.1.

Таблица VI.1
Предельные отклонения размеров c и c_1

D (доп. по А)	c	c_1	D (доп. по А)	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—0,2	125	46,20—0,08	50,8—0,5
50	18,87—0,02	21,2—0,3	160	59,61—0,13	62,5—0,6
65	24,34—0,03	26,6—0,3	200	74,52—0,14	81,5—0,6
80	29,80—0,04	32,6—0,3			

Если принять, например, для конкретной муфты $D = 200$, то $D_m = D_{ном} = 200$; $D_5 = 200 + 0,045 = 200,045$; $D_m = 25,0 - 0,014 = 24,986$; $d_5 = d_{ном} = 25,0$; $c_m = 74,52 - 0,14 = 74,38$; $c_5 = c_{ном} = 74,52$ (для роликов допуск С) и разница между $\cos \alpha_m$ и $\cos \alpha_5$ [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.

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 к такой конструкции, которая обеспечивала бы стабильность угла заклинивания, несмотря на изменение некоторых размеров вследствие износа. На рис. VI.5 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 имеют зависимость:

$$r_e = \frac{D}{2} - d = R - 2r; \quad (VI.6)$$

$$e = (D - d) \sin \frac{\alpha}{2} = 2(R - r) \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (VI.7)$$

Рис VI.5. Муфта, рабочая часть профиля звездочки которой очерчена по дуге окружности

С целью увеличения износостойкости наиболее напряженного звена механизма — ролика, диаметр его в конструкции, показанной на рис. VI.5, 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.

Муфта с эксцентриковыми роликами (рис. VI. 6)

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 цилиндрическими 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 обойме.

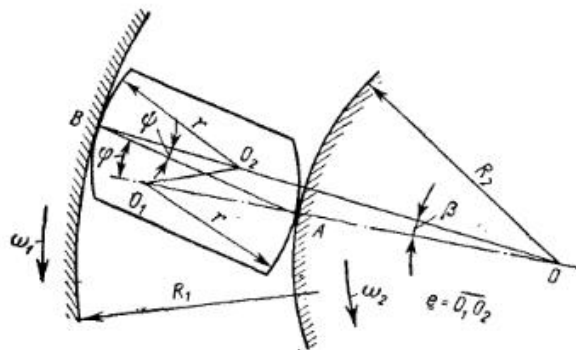


Рис. VI.6. Муфта с эксцентриковыми роликами

В рассматриваемой муфте главным параметром является угол φ (рис. VI.6). 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:

$$e = \sqrt{R_2^2 + 4r^2 + R_1^2 + 4rR_2 - 4rR_1 - 2R_1R_2} = R_2 + 2r - R_1; \\ \sin \varphi = \frac{OB \sin \beta}{AB} = \frac{R_1 \sin \beta}{\sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \beta}}. \quad (VI.9)$$

Величина $\cos \beta$ может быть найдена из (VI.8)

$$\cos \beta = \frac{(R_1 - r)^2 + (R_2 + r)^2 - e^2}{2(R_1 - r)(R_2 + r)}.$$

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.

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:

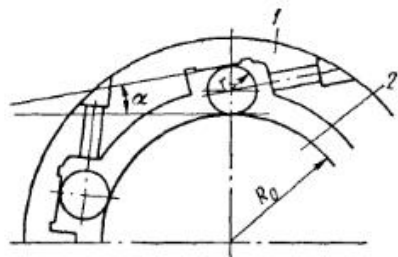


Рис. VI.7. Муфта с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности

$$\tau_{\max} = 0,142 \sqrt{\frac{M_{\text{расч}} E}{R l r \lg \frac{\alpha}{2}}}; \quad (VI.10)$$

$$M_{\max} = \frac{50 [\tau]^2 R l r \lg \alpha/2}{E}. \quad (VI.11)$$

Для муфты с наружной звездочкой, имеющей плоский профиль рабочей поверхности (рис. VI.7) напряжение в зоне контакта ролика со звездочкой 1

$$\tau_3 = 0,142 \sqrt{\frac{M_{\text{расч}} E}{R_0^2 l r \lg \alpha/2}}. \quad (VI.12)$$

Напряжение в зоне контакта ролика с обоймой 2

$$\tau_0 = 0,142 \sqrt{\frac{M_{\text{расч}} E (R_0 + r)}{R_0^2 l r \lg \alpha/2}}. \quad (VI.13)$$

В формуле (VI.13) $\frac{R_0 r}{R_0 + r}$ — 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.7).

Из (VI.12) и (VI.13) получаем максимально допустимый момент:

$$M_{\max} = \frac{50 [\tau]^2 R_0 l r \lg \alpha/2}{E}; \quad (VI.14)$$

$$M_{\max} = \frac{50 [\tau]^2 R_0^2 l r \lg \alpha/2}{E (R_0 + r)}. \quad (VI.15)$$

Для муфты с эксцентриковыми роликами (рис. VI.6):

$$\tau = 0,142 \sqrt{\frac{M_{\text{расч}} E (R_2 + r)}{R_2^2 l r \lg \varphi}}; \quad (VI.16)$$

$$M_{\max} = \frac{50 [\tau]^2 R_2^2 l r \lg \varphi}{E (R_2 + r)}. \quad (VI.17)$$

Величина допускаемого напряжения $[\tau]$ зависит от числа циклов нагружения и может быть выбрана из табл. VI.2.

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.

Таблица VI.3

Значения коэффициентов k_d , k_p , k_T

Тип соединяемых муфтой агрегатов и профиль звездочки	Коэффициенты
Электродвигатели, гидроприводы	k_d 0,25
Двигатели внутреннего сгорания:	
с числом цилиндров 12	0,30
» » » 6	0,40
» » » 4	0,50
Легкие станки для обработки металла и дерева, конвейеры, элеваторы, подъемники	k_p 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
Прямой профиль рабочей поверхности звездочки	k_T 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 надежности самозаклинивания имеет вид

$$\alpha < 2\rho, \quad (VI.18)$$

где ρ — угол трения скольжения.

Условие саморасклинивания имеет вид

$$\alpha \geq 2^\circ. \quad (VI.19)$$

Условие самозаклинивания муфты с эксцентриковыми роликами

$$\varphi < \rho. \quad (VI.20)$$

Принимают $\varphi \leq 4^\circ$.

В табл. VI.4 и VI.5 приведены рекомендуемые величины угла заклинивания, числа роликов и значения параметров k_1 и k_2 : $k_1 = \frac{D}{d}$; $k_2 = \frac{l}{d}$, где D — диаметр расточки обоймы; d — диаметр ролика; l — длина ролика.

Таблица VI.4

Рекомендуемые углы заклинивания

Разновидности служб муфт	Угол заклинивания в град		
	Прямолинейный профиль звездочки		Криволинейный профиль звездочки
	внутренней	наружной	
Зажимные муфты	1	2—3	1—2
Редкое включение муфт с непрерывным свободным ходом	6—8	8—10	7—10
Муфты с продолжительным свободным ходом обычного типа бесконтактные	4—5	6—8	5—7
	—	8—10	7—10
Муфты с частым включением и повышенной долговечностью	4—6	8—10	10

Таблица VI.5

Число роликов z и параметры k_1 и k_2

Вид привода, устройства или машин	z	k_1	k_2
Токарные автоматы	3—6	7—9	1,5—3
Импульсные вариаторы	5—8	5—6	2—4
Роликовые остановы транспортных 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

При использовании в качестве тел заклинивания стандартных роликов подшипниковой промышленности можно пользоваться табл. VI.6, в которой указаны предельные отклонения диаметров и длин роликов.

Угол установки оси прижимного устройства в среднем можно рекомендовать около 15° , т. е. $\alpha + \beta = 75^\circ$ (см. рис. VI.4).

Таблица VI.6

Предельные отклонения параметров роликов

Группа роликов	Интервал диаметров роликов в мм		Допускаемые отклонения (для всех степеней точности) в мкм	
	свыше	до	по диаметру	по длине
Высший класс (В)	— 10	10 50	—10 —20	—16 —20
Повышенный класс (П)	—	50	—30	—30
Нормальный класс (Н)	—	50	—50	—50
Разного назначения (Р)	—	50	—100	—100

Ось прижимного штифта должна быть направлена через центр ролика. Сила пружины, действующая на ролик, должна обеспечивать постоянное прижатие ролика к обойме и звездочке. Приблизительно $P \geq m\omega^2 (R - r) \sin \rho$, где m — масса ролика; ω — угловая скорость звездочки; $R_0 = R - r$ — радиус расположения центра ролика в м; ρ — угол трения (скольжения).

Большую роль в обеспечении долговечности и надежности муфт играет чистота обработки контактирующих поверхностей звездочки, обоймы и ролика. При скоростях $v_{отн} < 6$ м/с рекомендуется шероховатость поверхности не ниже 8 класса, при $v_{отн} \geq 6$ м/с — 10 класса.

Сплошной закалке надо предпочесть цементацию с закалкой или закалку с нагревом ТВЧ, чтобы твердость сердцевины была в пределах HRC 35—45.

Для обоймы обычно применяют сталь 20X с глубиной δ цементации в зависимости от ее диаметра:

D в мм	32—40	40—75	75—125	125—200
δ в мм	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,5	1,5—1,8

Реже используются стали: 40X (HRC 48), 12X3 (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 в мм	32—40	40—75	75—125	125 и более
δ в 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 20X с указанной глубиной цементации; реже применяются стали 40X (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 Т15К5; это 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 подшипниковой промышленности не удовлетворяют муфтам с плоским профилем. Зато они вполне могут быть применены для звездочек с профилем по рис. VI.5. 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 тепла. В последнем случае предполагается непрерывный подвод и отвод масла. Рекомендуется применять жидкие масла с низкой вязкостью: (1,5÷5) E_{50}^0 (индустриальное 20). С точки зрения успешного проникновения масла к контактирующим площадкам предпочтительнее конструкция муфты с наружной звездочкой.

При невысоких окружных скоростях и редких включениях могут применяться консистентные смазки, такие же, как в подшипниках качения: солидол, консталин и т. п. Предпочтение следует отдавать смазкам, допускающим более высокую рабочую температуру (до 130°С).

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.8; основные размеры — в табл. VI.7.

На рис. VI.9 показана муфта с большим количеством роликов с общим сепаратором.

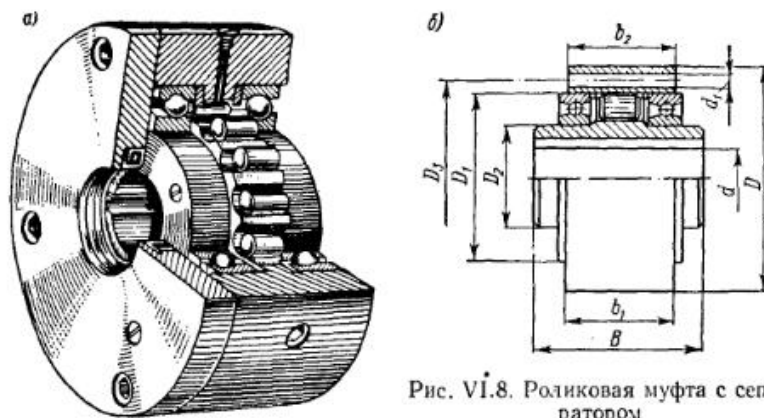


Рис. VI.8. Роликовая муфта с сепаратором

На рис. VI.10 — пятироликовая муфта ЦБКМ (Москва) со вставками из твердого сплава на звездочке; применяется в автомате для гибки полу-звеньев.

На рис. VI.11 изображена муфта, большую часть времени работающая на холостом (свободном) ходу. Обойма смазывается окулированием. 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.12 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. Звез-

Таблица VI.7

Основные размеры муфт в мм (рис. VI.8, б)

М в кгс·м	n в об/мин	d	D	B	D ₁	D ₂	D ₃	z	d ₁	b ₁	b ₂	r	Масса в кг
1,0	6500	12	62	42	42	20	51	3	5,8	20	27	0,5	0,48
2,5	6000	15	68	52	47	25	56	3	5,8	30	34	0,8	0,80
5,0	5200	20	75	57	55	30	64	4	5,8	34	39	0,8	1,10
8,0	4200	25	90	60	68	40	78	4	7,0	37	42	1,0	1,70
13,0	3800	30	100	68	75	45	87	6	7,0	44	49	1,0	2,40
20,0	3600	35	110	74	80	50	96	6	7,0	48	51	1,0	3,10
27,0	3200	40	125	86	90	55	108	6	9,0	56	62	1,5	4,00
40,0	3000	45	130	86	95	60	112	8	9,0	56	62	1,5	4,80
61,0	2600	50	150	92	110	70	132	8	9,0	63	69	1,5	7,30
76,0	2500	55	160	104	115	75	138	8	11,0	67	73	2,0	8,80
110,0	2300	60	170	115	125	80	150	10	11,0	78	84	2,0	11,30
164,0	2000	70	180	134	140	90	160	10	11,0	95	103	2,5	14,20
260,0	1800	80	200	144	160	105	180	10	11,0	100	108	2,5	19,80
400,0	1600	90	230	158	180	120	206	10	13,0	115	125	3,0	30,00
530,0	1350	100	270	182	210	140	240	10	17,0	120	131	3,0	45,00
800,0	1200	120	310	202	240	160	278	12	17,0	140	152	4,0	67,00
1600,0	900	150	400	245	310	200	360	12	22,0	180	196	4,0	144,00

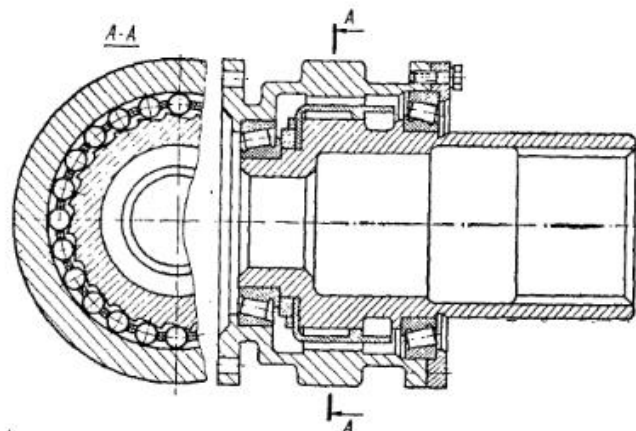


Рис. VI.9. Муфта с большим количеством роликов

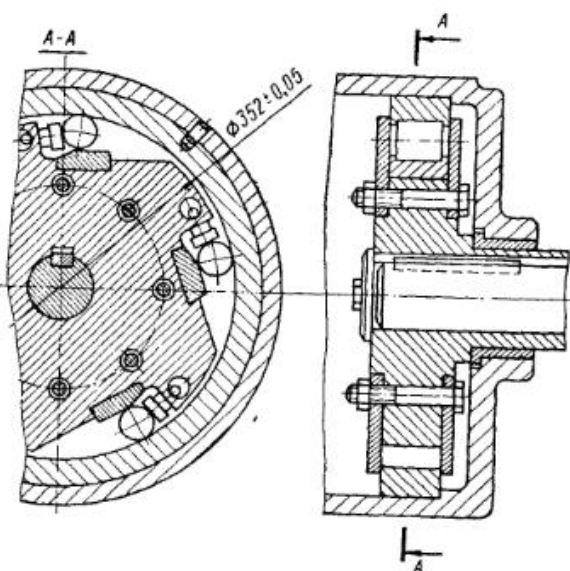


Рис. VI.10. Пятироликовая муфта ЦБКМ

звездочка 6 имеет полый хвостовик, снабженный винтовыми шлицами, которыми она сопрягается с валом электродвигателя. В осевом направлении ролик 5 и звездочка фиксируется щекой 4, последняя стопорится развальцованным на обойме кольцом 3.

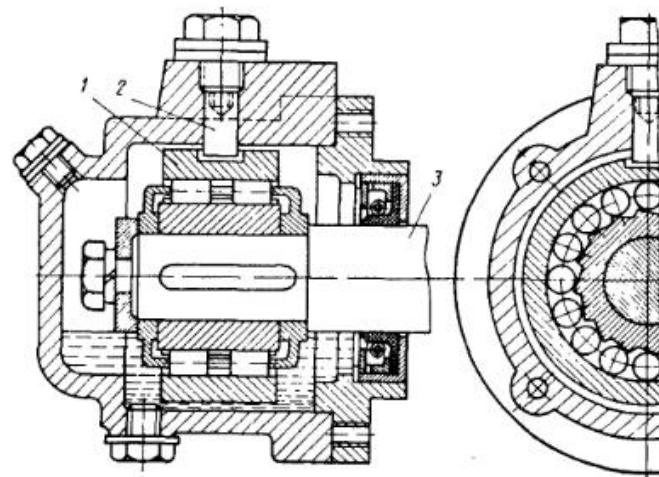


Рис. VI.11. Муфта с плавающей обоймой

На рис. VI.13 приведена бесконтактная муфта. При достижении звездочкой (в данном случае наружной) известной скорости ролики, под действием центробежной силы займут положение, обеспечивающее зазор S , и будут двигаться без контакта с внутренней обоймой, что снизит потери в механизме муфты. Этот зазор

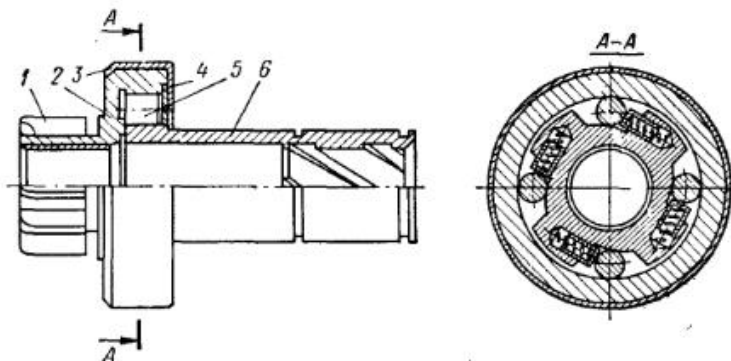


Рис. VI.12. Муфта стартера

будет сохраняться в течение всего свободного хода. При снижении скорости движения ведущего элемента муфта автоматически включится.

На рис. VI.14 показана муфта с большим количеством эксцентриковых роликов. Ролики 3 (рис. VI.14, а) с торцов имеют пазы, выполненные так (рис. VI.14, б), что общая браслетная пружина 2 всегда стремится повернуть ролики в состояние распора между цилиндрическими поверхностями обойм.

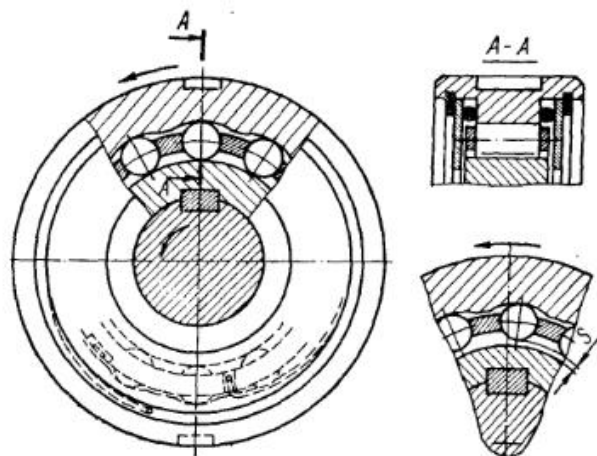


Рис. VI.13. Бесконтактная муфта

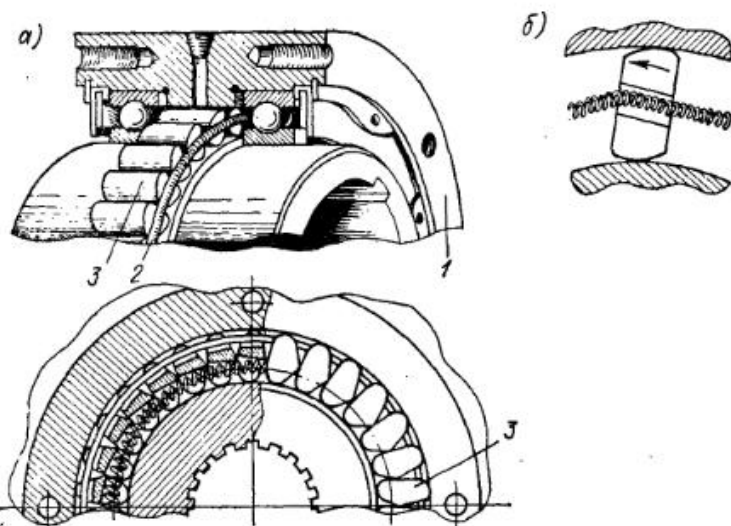


Рис. VI.14. Муфта с большим количеством эксцентриковых роликов

Однако, если угловая скорость внешней обоймы 1 больше, чем внутренней, то при движении ее по часовой стрелке силы трения скольжения по роликам наклоняют их в сторону, обратную заклиниванию. Муфта заклинивается при угловой относительной скорости внешней обоймы, направленной против часовой стрелки.

Бесконтактная муфта с эксцентриковыми роликами приведена на рис. VI.15. Сепаратор 4 (рис. 15, а), неподвижно соединенный с внешней обоймой 2, имеет гнезда, в которые установлены эксцентриковые ролики 3 с прижимными устройствами 5 и 6. При достижении обоймой 2 известной угловой скорости (200 об/мин и более) центробежная сила, действующая на ролики, поворачивает

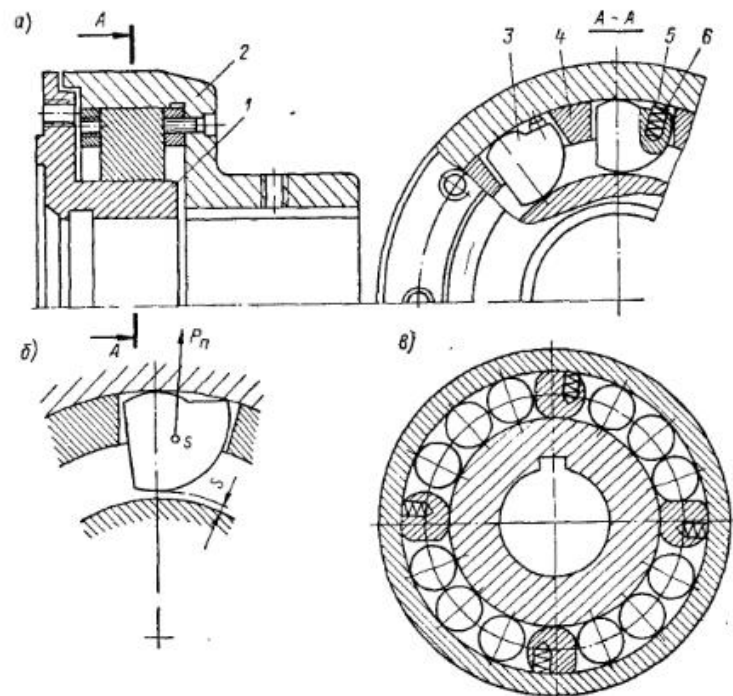


Рис. VI.15. Бесконтактная муфта с эксцентриковыми роликами

их и прижимает к наружной обойме (рис. 15, б), обеспечивая необходимый для свободного хода зазор $S = 0,2 \div 0,3$ мм. Для успешной работы муфты необходима строгая соосность обоем 1 и 2: это может быть достигнуто установкой системы пассивных цилиндрических роликов между эксцентриковыми (рис. VI.15, в) или опиранием внешней обоймы на подшипники качения. Такая муфта предназначена для движения в период свободного хода с большими скоростями (до 30 000 об/мин).

Устройство и действие этой муфты основано на следующем (рис. VI.16). 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 $\frac{D_1 - D_2}{2} = d$,

при повороте роликов против часовой стрелки произойдет их заклинивание в пространстве между обоемами (D_1 — внутренний диаметр наружной обоймы 4 и D_2 — наружный диаметр обоймы 5). Полуролики 2 несколько короче полуроликов 1: настолько, чтобы на выступающие концы последних могла быть надет

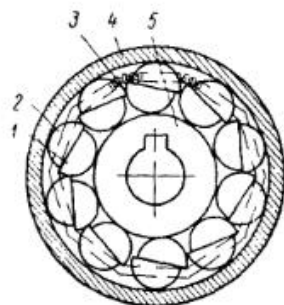


Рис. VI.16. Муфта с составными роликами

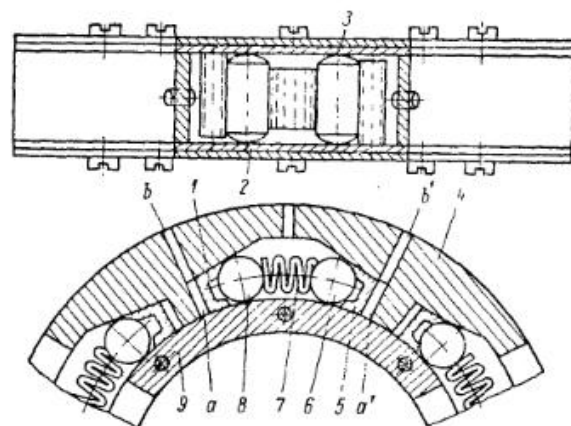


Рис. VI.17. Двусторонняя муфта свободного хода

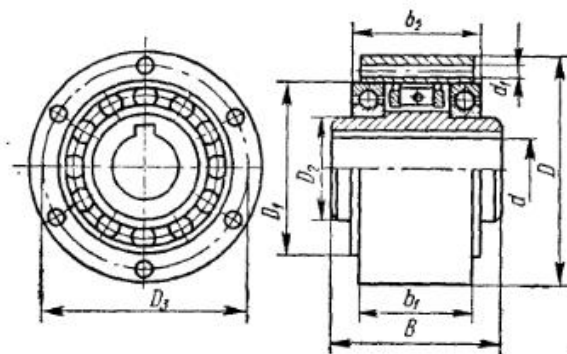


Рис. VI.18. Вариант бесконтактной муфты

общая браслетная пружина 3. Под действием этой пружины и трения скольжения обоймы 4 и по полуроликам 2 и происходит заклинивание (обойма 4 должна вращаться против часовой стрелки).

На рис. VI.17 показана двусторонняя муфта свободного хода. Реверс этой муфты достигается с помощью жидкости, поступающей под известным 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, вращаясь против часовой стрелки, обойма 9, вращаясь 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.18 показан конструктивный вариант муфты, подобной приведенной на рис. VI.15. Основные размеры приведены в табл. VI.8.

Таблица VI.8

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VI.18)

$M_{кр}$ в кгс·м	n в об/мин	d	D	B	D_1	D_2	D_3	z	d_1	b_1	b_2	r	Масса в кг
5,0	6000	20	90	60	68	30	78	4	7	37	42	1,0	1,40
8,5	5200	25	100	68	75	40	87	6	7	44	49	1,0	2,00
14,0	5000	30	110	74	80	45	96	6	7	48	54	1,0	2,80
17,0	4500	40	125	86	90	55	108	6	9	56	62	1,5	4,10
25,0	4200	45	130	86	95	60	112	8	9	55	62	1,5	4,40
35,0	3600	50	150	92	110	70	132	8	9	63	69	1,5	6,80
41,0	3300	55	160	104	115	75	138	8	11	67	73	2,0	8,00
90,0	3100	60	170	114	125	80	150	10	11	78	84	2,0	10,70
130,0	2800	70	180	134	140	90	160	10	11	95	103	2,5	13,00
240,0	2300	80	200	144	160	105	180	10	11	100	108	2,5	18,00
320,0	2000	90	230	158	180	120	206	10	13	115	125	3,0	27,00
470,0	1800	100	270	182	210	140	240	10	17	120	131	3,0	42,00

На рис. VI.19, а изображена роликовая муфта фирмы «Malmedie», отличительными чертами которой являются высокие борта звезд

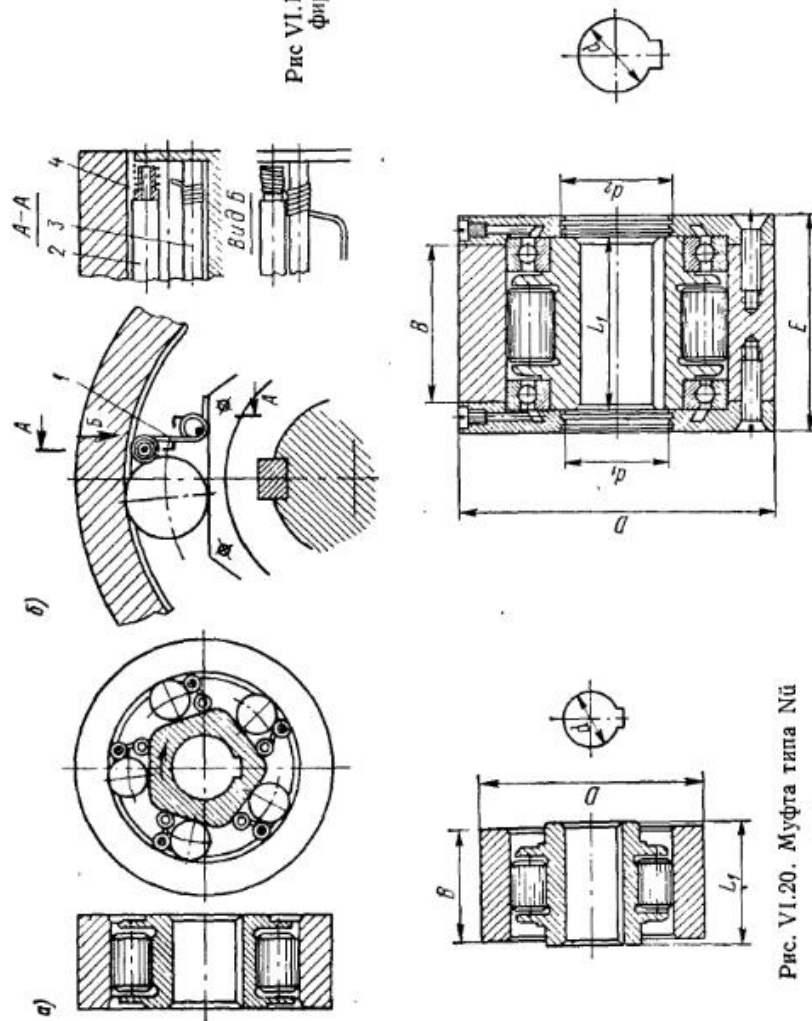


Рис VI.19. Роликовая муфта
фирмы «Malmedie»

Рис. VI.21. Муфта
типа Rü

Рис. VI.20. Муфта типа Nü

Таблица VI.9

Размеры (в мм) и параметры муфт (рис. VI.20—VI.22)

Конструкция	Наибольший допустимый крутящий момент M в кгс·м	Максималь- ная допус- тимая частота вращения в об/мин	d	D	B	L ₁	Масса в кгс			Для Rü и Wü E	Для Wü		
							Nü	Rü	Wü		L ₂	A	F
Nü—Rü—Wü6	6	3080	20	90	44	48	1,8	3,0	3,0	64	35	93	29
Nü—Rü—Wü9	9	2560	25	105	52	56	2,8	4,1	4,4	72	42	108	36
Nü—Rü—Wü12	12	2390	30	110	46	50	2,8	4,5	4,9	66	42	103	37
Nü—Rü—Wü16	16	2120	35	125	53	58	4,0	6,0	6,7	73	48	117	44
Nü—Rü—Wü25	25	1740	40	145	57	62	5,6	8,5	9,5	77	52	125	48
Nü—Rü—Wü34	34	1660	45	155	65	70	7,8	11,0	12,5	85	60	142	57
Nü—Rü—Wü48	48	1470	55	170	67	72	9,0	13,2	15,8	91	70	156	65
Nü—Rü—Wü68	68	1270	65	195	70	76	12,5	18,0	22,0	94	75	164	70
Nü—Rü—Wü100	100	1120	70	220	90	220	20,5	28	33,5	114	95	205	91
Nü—Rü—Wü145	145	960	80	255	92	102	29	41	48	120	100	216	96
Nü—Rü—Wü210	210	910	90	270	106	116	35	48	56	134	116	246	112
Nü—Rü—Wü290	290	800	100	305	110	122	52	70	84	138	122	258	120
Nü—Rü—Wü400	400	735	110	330	133	145	65	90	119	165	145	306	141
Nü—Rü—Wü570	570	620	120	380	144	157	98	125	160	176	157	330	154

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VI.23)

Конструкция	Наибольший допустимый крутящий момент M в кгс·м	Максимальная допустимая частота вращения в об/мин	D	L_1	L_2	d_1	d_2	d_3	c	K	Масса в кг
Sü6	6	2380	110	30	30	32	20	6,4	7	42	2,6
Sü9	9	2380	110	32	30	32	22	6,4	7	42	2,8
Sü14	14	1920	125	38	35	42	25	8,4	8,5	58	3,9
Sü20	20	1920	125	40	35	42	28	8,4	8,5	58	4,1
Sü30	30	1520	150	48	35	52	32	8,4	8,5	70	5,7
Sü38	38	1520	150	50	35	52	35	8,4	8,5	70	5,8
Sü60	60	1200	190	60	45	68	40	10,5	8,5	90	12,1
Sü78	78	1200	190	62	45	68	42	10,5	10	90	12,3
Sü96	96	1100	200	68	45	68	45	10,5	10	95	15,1
Sü105	105	1000	210	70	58	75	48	13	11	98	17,6
Sü128	128	1000	210	75	58	75	52	13	11	98	18,0
Sü168	168	950	235	80	58	80	55	13	11	105	24,5

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.20) — для работы в закрытых коробках передач, т. е. там, где обеспечена смазка муфты. Необходима строгая соосность обоймы и корпуса внутренней звездочки;

2) тип Rü (рис. VI.21) — звездочка насаживается на ведущий вал, обойма соединяется (или выполняется за одно целое) с ведомой шестерней или шкивом клиноременной передачи;

3) тип Wü (рис. VI.22) — для соединения двух соосных валов. Обращается особое внимание на недопустимость несоосности и непараллельности валов. При невозможности гарантировать соблюдение этих требований рекомендуется конструкция Rü в комбинации с эластичной муфтой и упругими элементами, компенсирующими погрешности установки;

4) тип Sü (рис. VI.23) 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 Sü, рекомендуется наружная обойма, особенно для быстроходных муфт.

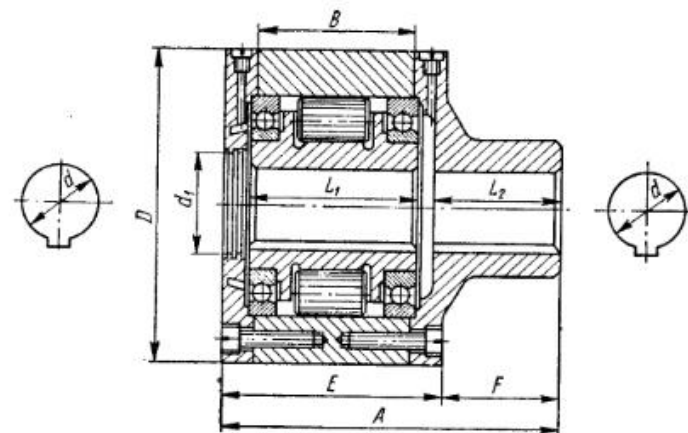


Рис. VI.22. Муфта типа Wü

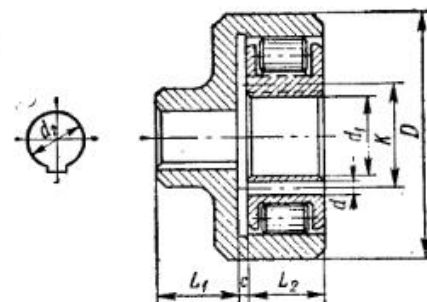


Рис. VI.23. Муфта типа Sü

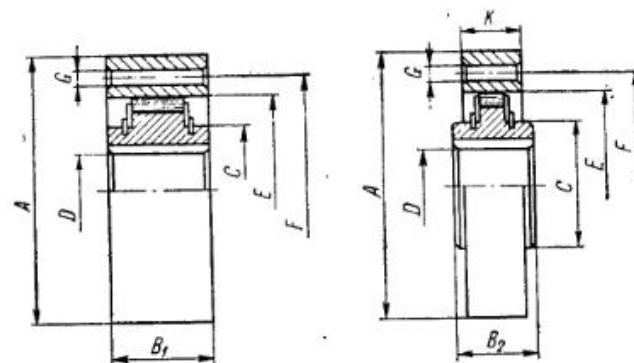


Рис. VI.24. Муфта свободного хода BSD—Freilaufe

Муфта свободного хода BSD Freiläufе (рис. VI.24, табл. VI.11) и BSD Freiläufе Hupplungen (рис. VI.25, табл. VI.12) имеют подобно муфтам «Mail-medie» 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. Величины муфт обозначаются рядом 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.26 и в табл. VI.13 представлены те же муфты, но скомбинированные с упругой муфтой.

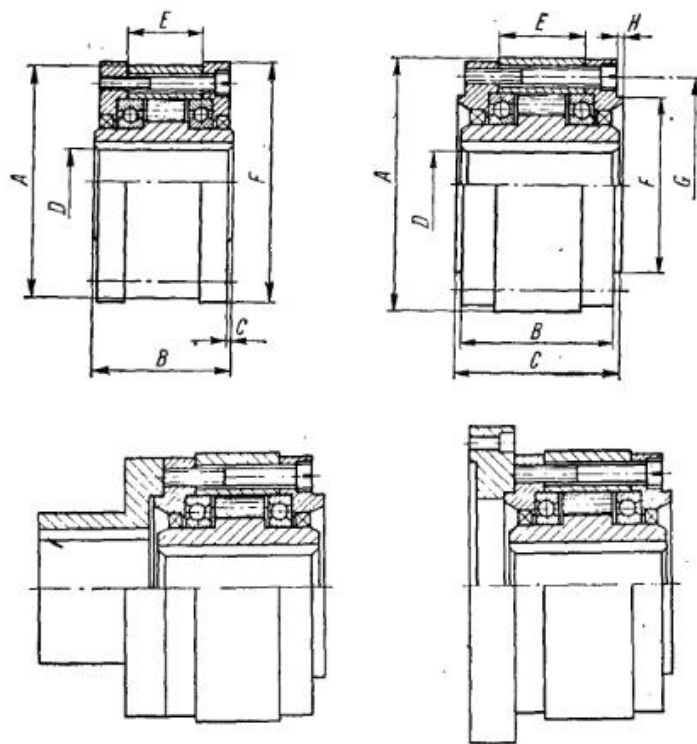


Рис. VI.25. Муфта BSD—Freiläuf—Kupplungen

На рис. VI.27 и VI.28 и в табл. VI.14, VI.15, VI.16 помещены данные для роликовых муфт по нормам МН 3—61, разработанной ЭНИМС.

Величины крутящих моментов $M_{кр}$ нами подсчитаны по формуле (VI.11) при $[\tau] = 5000 \text{ кгс/см}^2$, полагая, 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 габаритах 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. Лабораторией стандартизации и нормализации ВИСХОМ разработаны нормы МН 13—021—65 «Муфты обгонные нефрикционного действия роликовые» и «Муфты обгонные нефрикционного действия сухариковые».

Таблица VI.11

Размеры (в мм) и параметры муфт, типы 20 и 200 (рис. VI.24)

Величины	Масса в кг		n в об/мин	К									
Тип 20*	Тип 200*	Тип 20	Тип 200	A	B ₁	B ₂	C	D	E	F	G	Количество болтов	К
1	1,6	—	0,6	60	—	26	20	12	42	50	4,5	4	20
4	2,5	0,9	0,7	67	34	26	25	16	47	56	5,5	4	20
6,3	4	1,2	0,9	80	38	32	30	20	55	68	5,5	4	26
10	6,3	1,7	1,3	95	42	32	40	25	68	82	5,5	6	26
16	10	2,8	2,3	105	42	34	45	28	75	90	6,5	6	26
25	16	3,6	2,7	125	52	39	55	35	90	107	6,5	6	31
40	25	5,1	3,9	135	52	39	60	40	95	115	8,5	6	31
63	40	5,8	4,2	150	60	43	70	45	110	130	11	6	33
100	63	12	8,5	180	74	50	85	55	130	155	11	6	40
160	100	17	13	210	76	56	100	70	150	180	13	6	44
250	160	27	22	245	85	68	120	80	180	214	13	8	54
400	250	37	30	280	100	79	140	95	210	245	17	8	63
630	400	58	47	320	115	92	160	110	240	280	22	8	74
1000	630	88	73	370	140	116	180	130	280	325	22	8	94
1600	1000	128	100	410	160	—	200	140	310	360	26	8	—
2500	1600	190	150	460	180	—	220	160	340	400	32	8	—
4000	2500	280	200	560	180	—	300	210	440	500	32	12	—
6300	4000	420	300	680	230	—	330	230	520	605	32	16	—

* Числовое обозначение величин муфт одновременно является величиной передаваемого крутящего момента в кгс·м.

Размеры (в мм) и параметры муфт, типы 21 и 22 (рис. VI.25)

Типы 21, 22*	n в об/мин	Масса в кгс	A	B	C		D	E	F		G	H	IXO
					Тип 21	Тип 22			Тип 21	Тип 22			
4	1700	1,8	67	60	1	64	16	34	77	44	50	3	4XM5
6,3	1600	2,4	80	68	1,5	71	20	38	90	56	68	3	4XM5
10	1500	3,5	95	72	1,5	75	25	42	105	65	82	3	6XM5
16	1400	5,1	105	75	1,5	78	28	42	115	75	90	3	6XM6
25	1250	7,2	125	87	1,5	90	35	52	135	86	107	3	6XM6
40	1100	9,2	135	87	1,5	92	40	52	145	90	115	4	6XM8
63	960	11	150	100	1,5	105	45	60	160	105	130	4	6XM10
100	840	19	180	116	2	120	55	74	190	130	155	4	6XM10
160	745	28	210	120	2	124	70	76	220	150	180	4	6XM12
250	635	44	245	140	2	146	80	85	255	185	214	5	8XM12
400	550	62	280	158	2,5	163	95	100	290	210	245	5	8XM16
630	480	95	320	180	2,5	185	110	115	330	238	280	5	8XM20
1000	420	150	370	216	2,5	223	130	140	380	280	325	6	8XM20
1600	360	205	410	240	2,5	247	140	160	420	310	360	6	8XM24
2500	320	295	460	262	3	268	160	180	470	340	400	6	8XM30
4000	150	428	560	295	3	309	210	180	570	435	500	10	12XM30
6300	100	610	680	345	3	359	230	230	690	535	605	10	16XM30

* Числовое обозначение величины муфты одновременно является величиной передаваемого крутящего момента в кгс·м.

Таблица VI.13

Размеры (в мм) и параметры муфты типа 28 (рис. VI.26)

Величи- на*	n в об/мин	Масса в 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

* Числовое обозначение муфты одновременно является величиной передаваемого крутящего момента в кгс·м.

применяемые в сельскохозяйственном машиностроении. На эти муфты также разработан ГОСТ 12935—67 «Муфты обгонные сельскохозяйственных машин».

Пр и м е р выбора муфты по нормам 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

$$i_{общ} = 40 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 250 \cdot 8 = 10^6.$$

Следовательно, касательное напряжение $[\tau]$ (см. табл. IV.2) может быть допущено $[\tau] = 6200$ кгс/см².

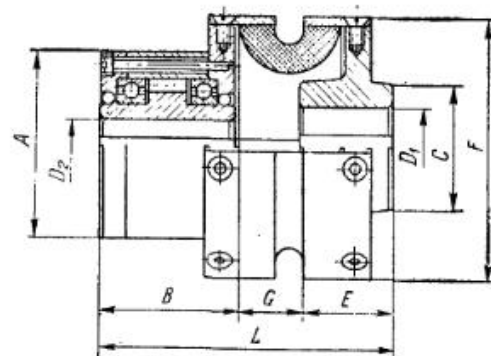


Рис. VI.26. Комбинация муфты свободного хода с упругой муфтой

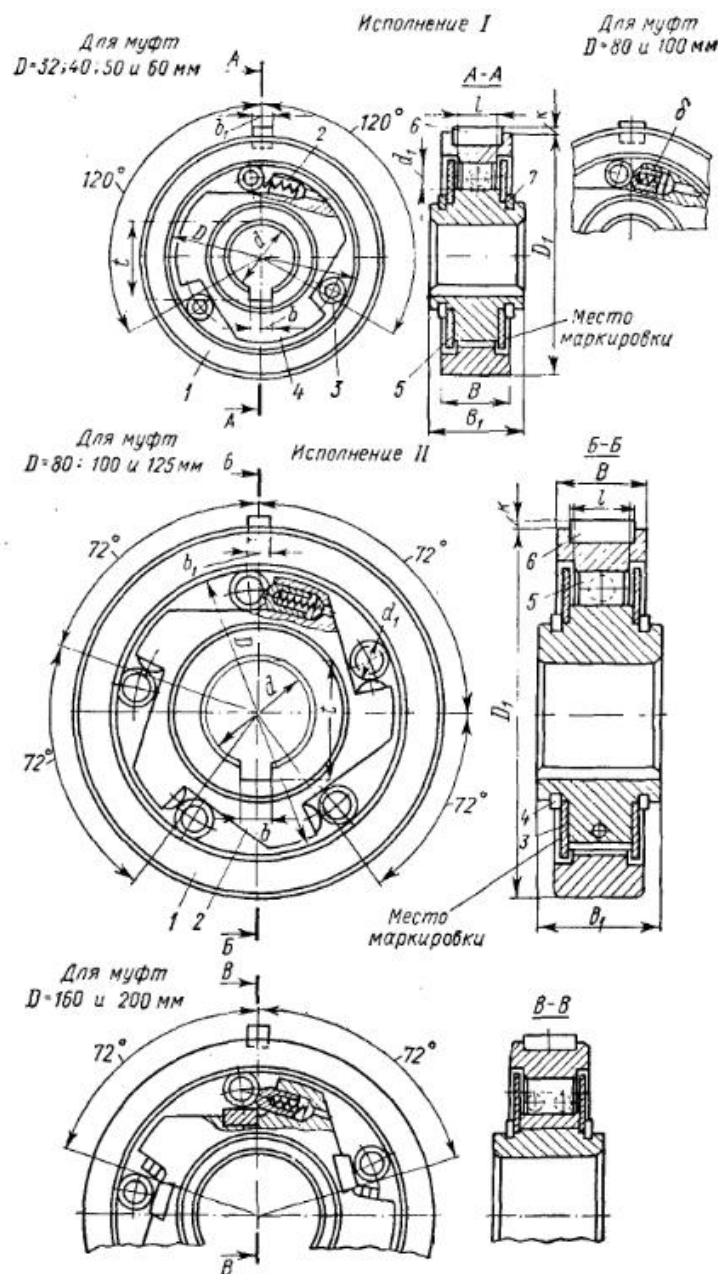


Рис. VI.27. Роликовая муфта по нормам МН 3—61

Таблица VI.14

Размеры (в мм) и параметры муфт по нормам МН 3—61 для $z=3$
(рис. VI.27 и рис. VI.28)

Шифр	D (доп. откл. по А)	d (доп. откл. по А)	D_1 (доп. откл. по Н)	d_1 (доп. откл. по С)	B	B_1	b (доп. откл. по А ₂)	b_1 (доп. откл. по В ₂)	l (доп. откл. по Х ₂)	K	Масса в кг	M ном в к.с.м
1-32×10	32	10	45	4	12	18	3	3	8	1,2	0,14	0,24
1-32×12		12					4					
1-32×14		14										
1-40×14	40	16	55	5	15	22	5	4	10	1,8	0,26	0,47
1-40×16		16										
1-40×18		18										
1-50×16	50	16	70	6	18	25	6	5	12	2,3	0,55	0,85
1-50×18		18										
1-50×20		20										
1-65×16	65	16	85	8	20	28	5	5	17,9		0,87	1,75
1-65×20		20					6	6	22,3		0,90	
1-65×25		25					8	8	27,6			
1-80×20	80	20	105	10	25	35	6	6	22,3		1,60	3,4
1-80×25		25					8	8	27,6		1,65	
1-80×30		30					10	10	37,9		2,80	7,4
1-80×35		35					12	12	42,9		2,90	
1-100×25	100	25	130	13	30	45	8	8	32,6	3,2	2,80	7,4
1-100×30		30					10	10	37,9		2,90	
1-100×35		35					12	12	42,9			
1-100×40		40										

Размеры (в мм) и параметры муфт по нормам МН 3—61 для $z = 5$
(рис. VI.27 и VI.28)

Шифр	D (доп. откл. по А)	d (доп. откл. по А)	D ₁ (доп. откл. по Н)	d ₁ (доп. откл. по С)	B		B ₁		b (доп. откл. по А ₂)	t	M _{ном} в кгс·м	b ₁ (доп. откл. по B ₂)	l (доп. откл. по X ₁)	k	Масса в кг	Масса в кг
					Номинал.	Доп. откл.	Номинал.	Доп. откл.								
11-80×25	80	25	105	10	25	-0,15	35	+0,34	8	27,6	5,6	6	18	2,6	1,55	1,62
11-80×30		30								32,6						
11-80×35		35								37,9						
11-100×30	100	30	130	13	30	-0,20	45	+0,34	8	32,6	12,2	8	24	3,2	2,70	2,80
11-100×35		35								37,9						
11-100×40		40								42,9						
11-125×35	125	35	160	16	35	-0,25	55	+0,40	10	37,9	22	8	28	3,2	5,60	5,70
11-125×40		40								42,9						
11-125×45		45								48,3						
11-125×50		50								53,6						
11-160×70	160	70	200	20	40		60		20	74,3	40	12	32	3,8	9,10	9,10
11-200×90	200	90	250	25	50	-0,30	70		24	95,2	78,5	40	40	3,8	16,00	16,00

Размеры (в мм) и параметры муфт по нормам МН 3—61 (рис. VI.27 и VI.28)
двустороннего действия для $z = 3$

Шифр	D (доп. откл. по А)	d (доп. откл. по А)	D ₁ (доп. откл. по Н)	d ₁ (доп. откл. по С)	B		B ₁		b (доп. откл. по А ₂)	t (доп. откл. по А ₂)	k	l (доп. откл. по X ₁)	f	f ₁	Размеры вилки	h	Масса в кг	М _{ном} в кгс·м
					Номинал.	Доп. откл.	Номинал.	Доп. откл.										
111-65×16	65	16	85	8	20	-0,15	35	+0,28	5	17,9	2,3	14	27,5	31,5	22	0,79	1,75	
111-65×20		20							6	22,3								
111-65×25		25							8	27,6								
111-80×20	80	20	105	10	25	-0,15	35	+0,34	6	22,3	2,6	18	33,5	39,0	27	1,37	3,4	
111-80×25		25							8	27,6								
111-80×30		30								32,6								
111-80×35		35							10	37,9								
111-100×25	100	25	130	13	30	-0,20	45	+0,34	8	27,6	3,2	24	41,0	49,0	33	2,29	7,4	
111-100×30		30								32,6								
111-100×35		35							10	37,9								
111-100×40		40							12	42,9								

$$M_{расч} = M_{ном} (k_d + k_p) k_T.$$

Согласно табл. VI.13 можно принять:
 $k_d = 0,25$; $k_p = 1,25$; $k_T = 1,30$, тогда $M_{расч} = 28 (0,25 + 1,25) 1,30 = 54,5 \text{ кгс} \cdot \text{м}$.

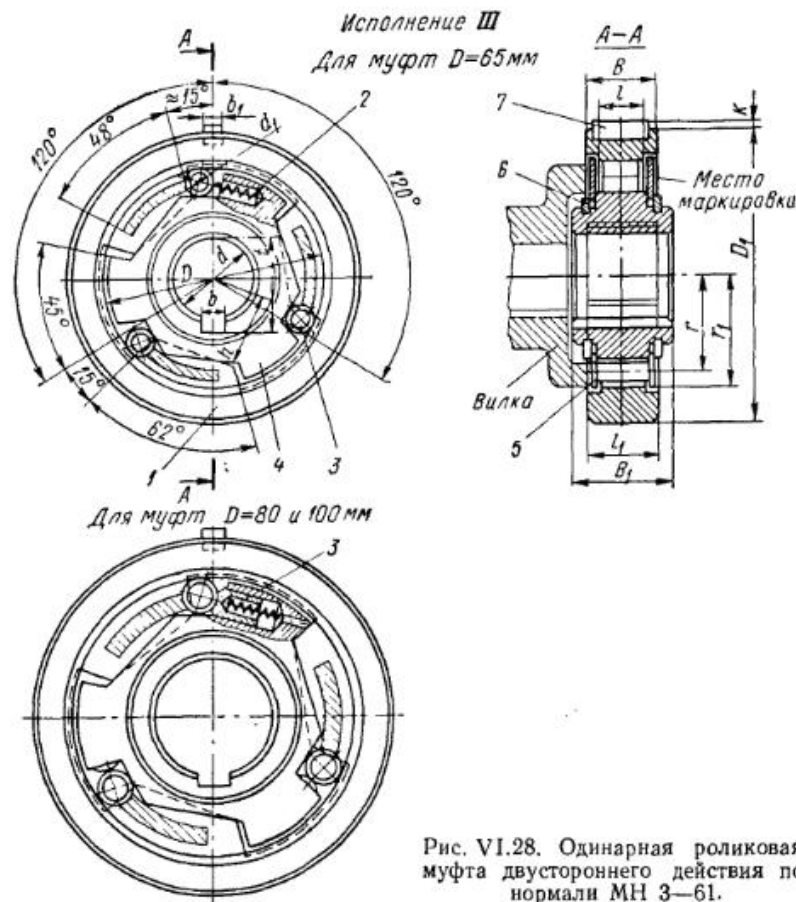


Рис. VI.28. Одинарная роликовая муфта двустороннего действия по нормали МН 3—61.

Ближайшая по табл. VI.15 муфта II—160×70, параметры которой:

$$d_1 = 20 \text{ мм}; l = 32 \text{ мм}; z = 5;$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ мм};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg} 3^\circ = 0,052;$$

$$\tau_{\max} = 0,142 \sqrt{\frac{M_{расч} E}{R l r z \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}} = 0,142 \sqrt{\frac{5450 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^6}{8 \cdot 3,2 \cdot 1,0 \cdot 5 \cdot 0,052}} = 5900 \text{ кгс/см}^2 < [\tau].$$

Глава VII

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты служат для предохранения деталей машин от воздействия перегрузок: они разъединяют валы при возрастании крутящего момента выше допустимого значения.

Предохранительные муфты применяют:

- в машинах ударного действия в связи со сложностью точного расчета силы удара и наличием больших инерционных масс;
- в машинах, обрабатывающих неоднородную среду с твердыми включениями (землеройные, почвообрабатывающие, дробильные и др.);
- в автоматических машинах в связи с отсутствием непрерывного контроля за их работой;
- 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 $\gamma_{п.и.}$, характеризующий 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)

$$\gamma_{п.и.} = \frac{M_d}{M_n}, \quad (VII.1)$$

где M_n — номинальный момент (наибольший момент, потребный для работы машины); M_d — наибольший момент, допускаемый слабым звеном машины.

Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать муфта

$$M_d - M_n = M_n (\gamma_{п.и.} - 1). \quad (VII.2)$$

Защита машины обеспечивается, если крутящий момент, достигая своего допустимого значения, вызывает срабатывание муфты.

2. Интервал нагрузок, внутри которого должна срабатывать предохранительная муфта (рис. VII.1),

$$\Delta M_{пр} = (M_{пр} + \delta M_{пр}) - M_0, \quad (VII.3)$$

где $M_{пр}$ — предельная величина крутящего момента, при котором заканчивается срабатывание муфты; M_0 — крутящий момент, при котором начинается срабатывание муфты; δ — относительная погрешность срабатывания.

Запишем уравнение (VII.3) в виде

$$\Delta M_{пр} = M_{пр} (1 + \delta - \gamma_{ч}) = M_{пр} \gamma_{пр}, \quad (VII.4)$$

где $\gamma_{пр} = 1 + \delta - \gamma_{ч}$ — относительная величина поля срабатывания муфты;
 $\gamma_{ч} = \frac{M_0}{M_{пр}}$ — коэффициент чувствительности муфты.

Из уравнений (VII.1) и (VII.3)

$$M_{пр} \leq \frac{M_{н.н} \gamma_{п.н}}{1 + \delta} = \frac{M_{д.с}}{1 + \delta}. \quad (VII.5)$$

Муфта защитит слабое звено машины при условии

$$M_{н} (\gamma_{п.н} - 1) \leq M_{пр} \gamma_{пр}. \quad (VII.6)$$

Относительная величина поля срабатывания из условия неперевышения нагрузки, допускаемой слабейшим звеном машины,

$$\gamma_{пр} = \frac{M_{п.н} (\gamma_{п.н} - 1)}{M_{пр}} \quad (VII.7)$$



Рис. VII.1. Поле срабатывания предохранительной муфты

Из условия (VII.6) следует

$$M_{пр} = \beta_{н} M_{н},$$

где

$$\beta_{н} = \frac{\gamma_{п.н} - 1}{\gamma_{пр}}.$$

Обычно принимают $\beta_{н} = 1,25$.

3. Коэффициент, характеризующий действие предохранительной муфты при срабатывании (рис. VII.2),

$$\gamma_{д.с} = \frac{M_{д.с}}{M_{пр}};$$

где $M_{д.с}$ — крутящий момент, установившийся после срабатывания муфты. Величина коэффициента $\gamma_{д.с}$ зависит от принципа работы предохранительной муфты:

а) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения без прекращения передачи момента (рис. VII.2, а)

$$\gamma_{д.с} = \frac{f_{дв}}{f_0},$$

где $f_{дв}$ — коэффициент трения движения; f_0 — коэффициент трения покоя;

б) в муфтах с автоматическим восстановлением соединения после поворота на один или целое число шагов кулачков (рис. VII.2, б)

$$\gamma_{д.с} > 1;$$

в) в муфтах, прекращающих поток энергии после срабатывания,

$$\gamma_{д.с} = 0.$$

4. Точность ограничения нагрузки муфтой характеризуется коэффициентом точности

$$\gamma_{тч} = \frac{M_{\max}}{M_{\min}},$$

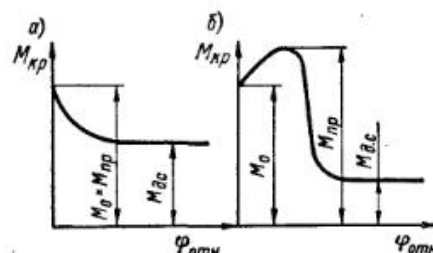


Рис. VII.2. Изменение крутящего момента при срабатывании предохранительных муфт

Таблица VII.1

Эксплуатационные характеристики предохранительных устройств [83]

Предохранительные устройства	$\gamma_{ч}$	δ	$\gamma_{тч}$	$\gamma_{пр}$	$\gamma_{д.с}$	$T_{д.с}$
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 $T_{д.с} = \frac{19h \lg \alpha}{Dn}$
Кулачковые предохранительные муфты	0,85—0,90	0,09—0,10	1,21	0,20—0,24	> 1	$T_{д.с} = \frac{1,5d_{ш}}{Dn}$
Шариковые предохранительные муфты	1	0,08—0,15	1,25	0,08—0,15	> 1	0,004—0,014
Конусные фрикционные предохранительные муфты с металллическими рабочими поверхностями	1	0,40—0,60	2,5—3,9	0,40—0,60	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004—0,014
То же, с одним конусом из текстолита (по стали или чуугу)	1	0,07	1,15	0,07	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004—0,014
Дисковые предохранительные муфты со стальными дисками	1	0,13—0,18	1,35	0,13—0,18	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004—0,014
То же, с дисками из прессованного асбеста по стали	1	0,10	1,22	0,1	$\frac{f_{дв}}{f_0} < 1$	0,004—0,014

где $M_{\max}$ и $M_{\min}$ — наибольший и наименьший крутящие моменты, при которых возможно срабатывание муфты.

Обычно $\gamma_{тч} \geq 1$; чем ближе $\gamma_{тч}$ к единице, тем надежнее работает муфта, тем выше ее качество. В муфтах с разрушающимся элементом $\gamma_{тч} > 1$ вследствие отклонений в размерах и механических свойствах материала разрушающегося элемента. Из-за непостоянства сил трения в сухих дисковых фрикционных муфтах принимают $\gamma_{тч} \leq 2,5$, в масляных — $\gamma_{тч} \leq 1,5$. Учитывая непостоянство жесткости пружин и сил трения в пружинно-кулачковых муфтах, принимают $\gamma_{тч} \approx 1,25 \div 1,5$.

5. Время действия предохранительной муфты T_d считается от начала срабатывания до момента начала снижения нагрузки

$$T_d = \frac{1}{k} T_{ав},$$

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_n и коэффициент его превышения $\gamma_{д.н.}$, задаются относительной погрешностью срабатывания δ и по формуле (VII.5) определяют $M_{пр}$. Затем по формуле (VII.7) находят допустимую величину поля срабатывания $\gamma_{пр}$ и по ней подбирают 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 и выполняются 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;
- 2) постепенное снижение прочности предохранительного элемента вследствие накопления усталости;
- 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. Полумуфта 2 соединяется с валом шпошкой, полумуфта 6 сидит на нем свободно, соединяясь шпошкой с деталью, расположенной на ее удлиненной ступице. Вращение сообщается полумуфтам через цилиндрический штифт 4, расположенный во втулках 3 и 5. Для увеличения долговечности втулки 3 и 5 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 наружной поверхности полумуфт наносятся риски, при совмещении которых совпадают оси отверстий втулок 3 и 5. 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.

Штифты изготавливаются из сталей марок У8А, У10А, или 40, 45, 50.

Величина крутящего момента, ограничиваемого муфтой,

$$M_{пр} = F k_0 \sigma_{вр} R,$$

где F — площадь поперечного сечения штифта (или шпонки); $\sigma_{вр}$ — предел прочности при растяжении материала предохранительного элемента; $k_0 = \frac{\tau_b \sigma_{ср}}{\sigma_{кр}}$ — коэффициент пропорциональности; $\tau_b \sigma_{ср}$ — предел прочности при срезе; R — радиус, на котором расположено опасное сечение предохранительного элемента.

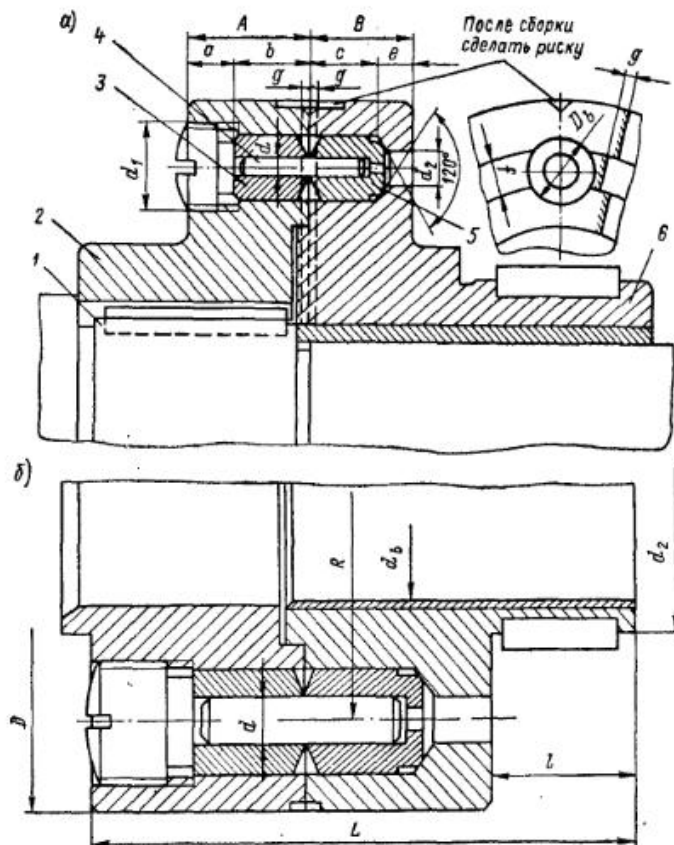


Рис. VII.3. Муфта со срезным штифтом

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 $\gamma_т = 0,7 \div 0,85$, со срезными шпонками $\gamma_т = 0,7 \div 0,8$ [82].

На рис. VII.3, б (табл. VII.4) представлена муфта со срезным штифтом по нормали СКБ-3.

Таблица VII.2

Размеры (в мм) элементов срезных муфт
по нормам Р95-1 (рис. VII.3, а)

Срезающая сила (миним- альная) в кгс	d	d_1	d_2	D_b^*	A	B	a	b	c	e	f	g
69 127,5	1,5 2	M16	5	10	22	16	10	12	11	5	8	1
285 520 810	3 4 5	M20	8	15	30	25	12	18	17	8	10	1,5
1177 2060 3236	6 8	M30	12	25	50	45	22	28	26	19	16	2
5 500 8 340 13 000	13 16 20	M48	18	40	75	64	33	42	39	25	28	3

* Допустимое отклонение по А.

Таблица VII.3

Значение коэффициента k_0 для штифтов [83]

Диаметры штифтов в мм	Удлинение в %			
	12—20	22—30	24—25	29,5—31,4
	для гладких штифтов		для штифтов 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.

Таблица VII.4

Размеры (в мм) элементов срезных муфт
по нормам СКБ-3 (рис. VII.3, б)

Срезающая сила в кгс	d_b	d	d_1	D	R	L	l	$M_{пр}$ в кгс·м
69 69 127,5 127,5	25 28 28 30	1,5 1,5 2 2	45	100	35	70	25	3,0 3,0 5,0 5,0
285 285 520 520 810	35 40 40 45 45	3 3 4 4 5	60	125	45	100	30	15,5 15,5 27,0 27,0 43,0
1177 1177 2060 2060 3236,2	50 55 55 60 60	6 6 8 8 10	75	160	57,5	140	35	82,5 82,5 130,0 130,0 205,0

2. ПРУЖИННО-КУЛАЧКОВЫЕ МУФТЫ

Эти муфты используются при небольших скоростях, малых крутящих моментах и маховых массах соединяемых частей. При высоких скоростях и больших массах такие муфты не применяются, так как создают многократные перегрузки в момент повторных включений. Муфты этого типа основаны на одном принципе — полумуфты, снабженные на торцах кулачками (шариками), замыкаются с помощью пружин, поставленных с предварительным натяжением.

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, чистота и точность изготовления).

Муфты могут быть как осевого, так и радиального типов. Кулачки обычно имеют трапецидальную или (реже) треугольную форму (рис. VII.4). 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 достаточной 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 той же твердости.

Число кулачков рекомендуется делать нечетным. Это позволяет упростить процесс изготовления и повысить точность. При больших нагрузках число кулачков принимают равным 3—15.

При одинаковом шаге расположения кулачков на полумуфтах (рис. VII.4, а и в) 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, б), 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 муфты с неодинаковым шагом расположения кулачков требуют более длинных ступиц.

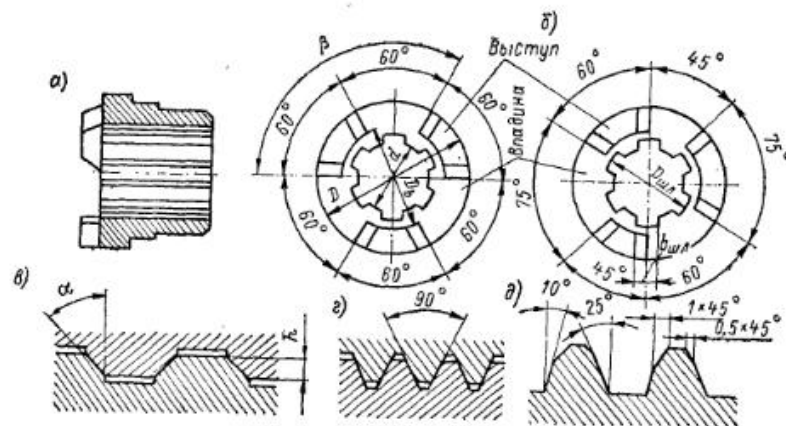


Рис. VII.4. Формы кулачков

Критериями работоспособности кулачковых муфт являются прочность и долговечность кулачков по контактным напряжениям и изгибу.

Условное давление в предположении равномерной нагрузки всех кулачков [65]

$$q = \frac{2M_{кр}}{Dzbnh} \leq [q],$$

где $M_{кр}$ — передаваемый крутящий момент; z — число кулачков; остальные обозначения см. на рис. VII.5, где показана кулачковая предохранительная муфта.

Допускаемое давление при закаленных поверхностях зубьев $[q] = 800 \dots 1200 \text{ кгс/см}^2$.

Напряжение изгиба у основания кулачков для случая приложения силы к вершине кулачков (исполное включение)

$$\sigma_n = \frac{2kM_{кр}h}{DzW} \leq \frac{\sigma_T}{n},$$

где k — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между кулачками, равный 2—3 (меньшие 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 найдется 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 φ — угол трения между кулачками (обычно $\varphi = 5 \div 6^\circ$); d — диаметр вала; α — угол профиля кулачка; f — коэффициент трения в шлицевом или шпоночном соединении ($f \approx 0,15$).

2. При длительных перегрузках силы трения снимаются вследствие колебаний. В этом случае

$$P_{пр} = \frac{2M_{дл}}{D} \operatorname{tg} \alpha,$$

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 представлена кулачковая предохранительная муфта, разработанная СКБ-3. Муфта монтируется на одном валу и состоит из полумуфт 1 и 3, имеющих торцовые кулачки и пружины сжатия, стакана 2, упорного подшипника 4 и винта 5. Зубчатое колесо или шкив устанавливается на полумуфте 1 на шпонке и соединяется с валом через торцовые кулачки, полумуфту 3 и шлицы. Полумуфта 3 может свободно перемещаться вдоль вала и поджимается к полумуфте 1 пружиной 6 с силой, регулируемой винтом 5.

На рис. VII.6, б показан вид с торца на полумуфту и развертка кулачков. В табл. VII.5 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты СКБ-3.

Таблица VII.5

Размеры (в мм) кулачковой предохранительной муфты (рис. VII.6)

Шлицевое отверстие $2 \times d \times D$	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	Крутящий момент в 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	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

На рис. VII.7 показана предохранительная кулачковая муфта по ГОСТ 15620—70 (исполнение 1 — со шпонкой; исполнение 2 — со шлицами), а в табл. VII.6 приведены основные размеры и характеристики.

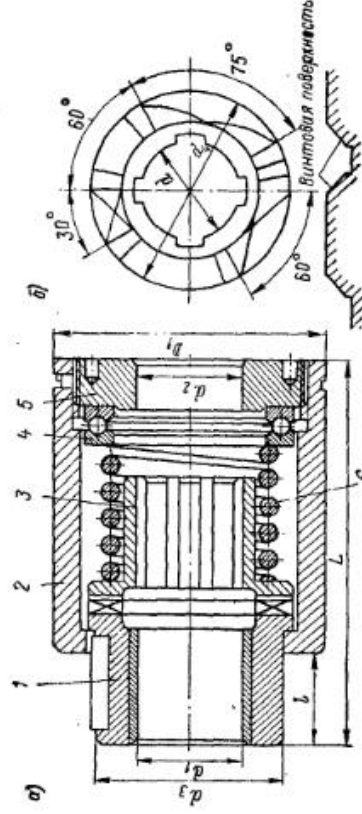


Рис. VII.6. Кулачковая предохранительная муфта СКБ-3

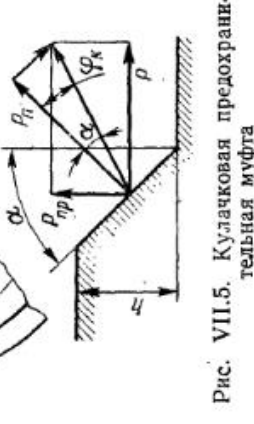


Рис. VII.5. Кулачковая предохранительная муфта

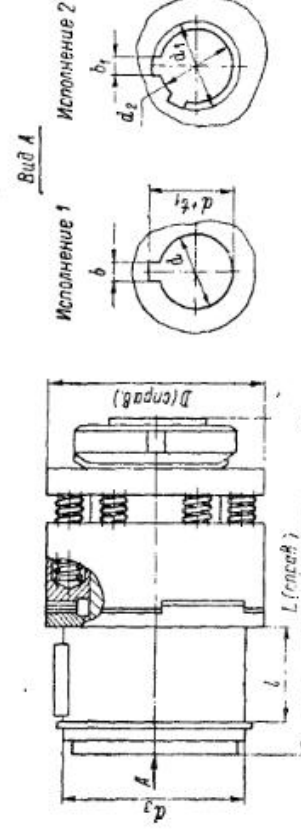


Рис. VII.7. Предохранительная кулачковая муфта по ГОСТ 15620-70

Таблица VII.6

Размеры (в мм) и параметры муфт по ГОСТ 15620-70 (рис. VII.7)

Обозначение муфты исполнения	D (справ.)	d (пред. откл. по A)	Посадочные отверстия						L (справ.)	d ₂ (пред. откл. по H)	L (справ.)	Пределы регулирования крутящего момента в кгс·м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			Исполнение 1		Исполнение 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			b (пред. откл. по A ₂)	d + t ₁ (пред. откл. по A ₂)	d ₁ (пред. откл. по A ₁)	d ₂ (пред. откл. по A ₁)	b ₂ (пред. откл. по U ₂)	Число зубьев z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1

Пример условного обозначения муфты наружным диаметром $D = 42$ мм и диаметром расточки под вал $d = 12$ мм, исполнения 1: Муфта 1-42×12 ГОСТ 15620-70.

То же, диаметр расточки под шлицевой вал $d_2 = 11$ мм, исполнения 2: Муфта 2-42×11 ГОСТ 15620-70.

3. ПРУЖИННО-ШАРИКОВЫЕ МУФТЫ

В пружинно-шариковых муфтах по сравнению с пружинно-кулачковыми трение скольжения на кулачках частично заменено трением качения на шариках; эти муфты проще в изготовлении и отличаются большей надежностью, чем кулачковые.

На рис. VII.8 представлены возможные виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями второй полумуфты.

Характер процесса выключения шариковых муфт зависит от вида сопряжений.

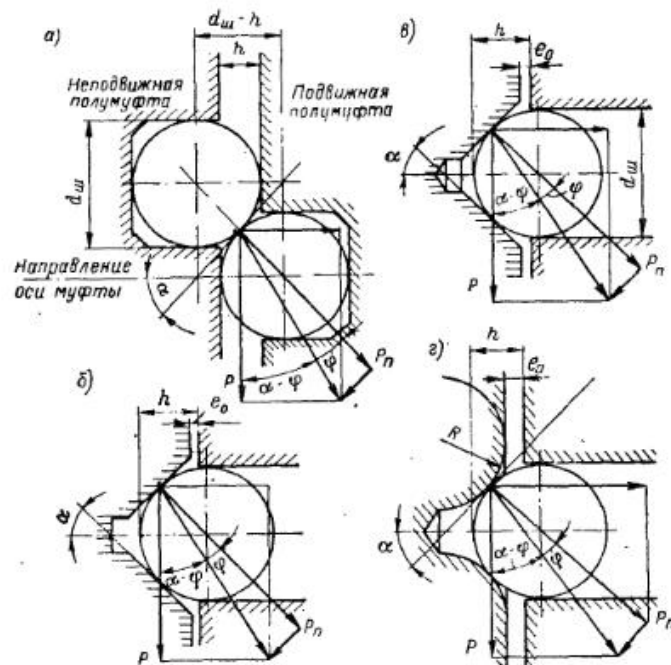


Рис. VII.8. Виды сопряжений шариков с рабочими поверхностями

Приведем условие равновесия подвижной полумуфты для случая сопряжения шарика с шариком или шарика с тороидальной поверхностью (рис. VII.8, а, в)

$$P_{пр} = P \left[\operatorname{tg} (\alpha - \rho) - \frac{D}{d} f \right], \quad (\text{VII.8})$$

где $P_{пр}$ — сила 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; d — средний диаметр шлицев; f — коэффициент трения в шлицевом соединении.

Из рис. VII.8, а видно, что в процессе срабатывания муфты угол давления α изменяется по закону

$$\sin \alpha = \frac{d_{ш} - h}{d_{ш}}, \quad (\text{VII.9})$$

где $d_{ш}$ — диаметр шарика; h — расстояние, на которое выступает шарик из полумуфты.

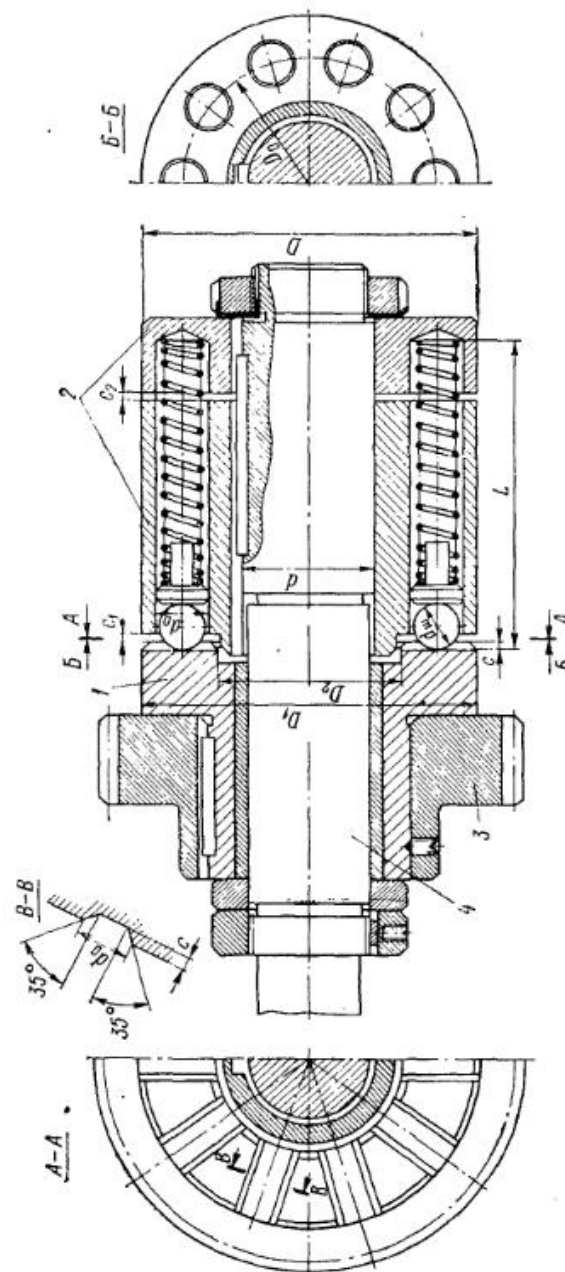


Рис. VII.9. Шариковая предохранительная муфта

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.9)

М _{кр} в кгс-м	Число шариков z	D	L	D _о	d	d _ш	d _о	c	D ₁	D ₂	c ₁	c ₂	P	Пружины				Число вин- тов
														D _{нар}	d _{пров}	l _{св}	l _{сж}	
1,3—1,4 2,3—3,2 4,6—6,4	8	65	70 70 110	50	32	11	11,5	3	60	40	1	3	7 17,0 36	10 10 10	1,5 2 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	4	13,7 28,0 52,6	12 12 12	2 2,5 3	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 3 3,5	119 90 113	73 72 97	34 23 27
5,0—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 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 75,4	19 19 19	2,5 3,5 4	121 93 112	72 72 92	28 20 23

11,4—14,4 14,0—21,5 20,2—32,0	10	130	100 110 125	102	68	20	20,5	5,5	120	85	1,5	5,5	30 49 75,4	19 19 19	3 3,5 4	104 93 118	72 72 96	23 20 24
19,2—23,6 25,3—34,0 51,2—69,5	10	150	130 130 200	118	80	24	24,5	6,5	140	100	2	6,5	41 63 130	22 22 22	3,5 4 5	139 127 196	91 96 166	27 24 32
26,6—32,6 35,0—47,2 71,0—96,5	12	170	130 130 200	136	95	24	24,5	6,5	155	115	2	6,5	41 63 130	22 22 22	3,5 4 5	139 127 196	97 96 166	27 24 32
31,1—38,4 41,1—55,4 83,4—113,8	12	195	130 130 200	160	115	24	24,5	6,5	180	140	2	6,5	41 63 130	22 22 22	3,5 4 5	139 127 196	97 96 166	27 24 32
56,0—66,5 83,6—117,5 164,1—220,0	14	225	160 160 250	185	135	28	28,5	8	210	150	2	7,5	75 143 190	26 26 26	4 5 6	164 257 247	121 210 210	26 38 35
84,0—106,0 165,0—194,0 205,5—260,0	14	260	160 250 250	216	160	28	28,5	8	240	195	2	7,5	75 143 190	26 26 26	4,5 5,5 6	164 257 247	121 210 210	26 38 35
160,0—180,0 248,0—300,0 390,0—488,0	15	300	250 250 320	250	190	32	33	9	275	225	3	8	88 159 263	30 30 30	5 6 7	289 258 322	206 205 275	41 34 39

Из формул (VII.8) и (VII.9) следует, что величина окружной силы $P = \frac{2M_{кр}}{D}$ 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 возрастания нагрузки, при этом повышается точность срабатывания шариковых муфт, приведенных на рис. VII.8, а, г.

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.

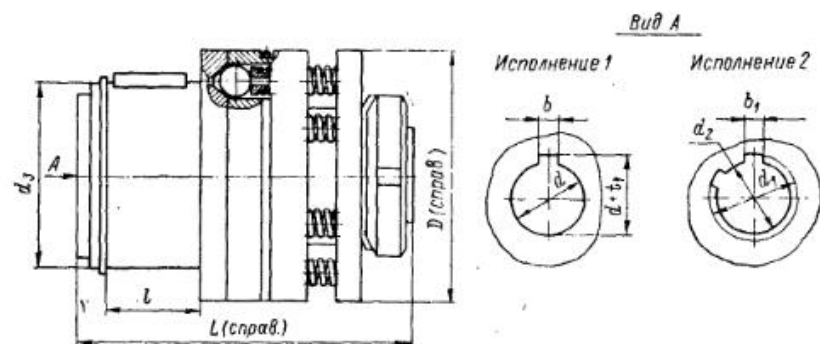


Рис. VII.10. Шариковая предохранительная муфта по ГОСТ 15621-70

Для пружинно-шариковых муфт, у которых в процессе срабатывания перемещаются шарики, а не полумуфта (рис. VII.9), выражение (VII.8) приобретает вид

$$P_{пр} = P [\lg(\alpha - \rho) - f].$$

где ρ — угол трения между шариками и сопряженной поверхностью другой полумуфты; f — коэффициент трения между шариками и стенками отверстий.

Пружинно-шариковые предохранительные муфты работают удовлетворительно, если нормальная сила P_n в месте контакта не превышает следующих значений (при наибольшем допустимом давлении на шарики $p_0 = 3 \cdot 10^6$ кгс/см²):

$d_{ш}$ в мм	11	12	14	16	20	24	28	32
P_n в кгс	16,0	18,0	20,0	22,0	28,0	34,0	40,0	50

На рис. VII.9 представлена шариковая предохранительная муфта, 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.

В табл. VII.7 приведены основные размеры муфт и техническая характеристика.

На рис. VII.10 показана предохранительная шариковая муфта по ГОСТ 15621-70, а в табл. VII.8 приведены ее основные размеры и характеристика.

Таблица VII.8

Размеры (в мм) и параметры муфты по ГОСТ 15621-70 (рис. VII.10)

Обозначение муфты исполнения		D (справ.)	Посадочные отверстия						Число зубьев z	d ₂ (предел. откл. по Н)	L (справ.)	Пределы регулирования крутящего момента в кгс·м	
			Исполнение 1		Исполнение 2								
			b (предел. откл. по А ₂)	d ₁ (предел. откл. по А ₁)	d ₂ (предел. откл. по А ₂)	b ₁ (предел. откл. по В ₂)	d ₁ (предел. откл. по В ₁)						
1	2		12	4	13,8	14	11	3	6	36	70	14	0,25—0,34 0,40—0,55 0,63—0,85 1,00—1,35 1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-45×12	2-45×11	45	14	5	16,3					55	95	22	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-45×14			16		18,3	16	13	3,5		65	110	30	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-60×16	2-60×13	60	18		20,8					75	130	36	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-60×18	—		20	6	22,8	22	18	5		85	150	45	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-75×20	2-75×18	75	22		24,8					100	170	55	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-75×22	—		25		28,3	32	26	6		110	190	65	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-90×25	2-90×26	90	28		31,3					120	210	75	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-90×28	—		32	10	35,3	38	32	6		130	230	85	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-105×32	2-105×32	105	36		39,3					140	250	100	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-105×36	—		40	12	43,3	48	42	8		150	270	110	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-120×40	2-120×42	120	45		48,8					160	290	120	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40
1-120×45	—		50	14	53,8	54	46	9	170	310	130	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40	
1-140×50	2-140×46	140	50						180	330	140	1,60—2,10 2,50—3,30 4,00—5,30 6,30—8,40	

Пример условного обозначения муфты наружным диаметром D = 45 мм и диаметром расточки под вал d = 12 мм, исполнения 1: *Муфта 1-45×12 ГОСТ 15621-70.*
То же, диаметром расточки под шлицевой вал d₂ = 11 мм, исполнения 2: *Муфта 2-45×11 ГОСТ 15621-70*

4. ФРИКЦИОННЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

Эти муфты применяются при частых кратковременных перегрузках; главным образом при нагрузках ударного характера и значительных угловых скоростях и передают крутящий момент за счет сил трения. При срабатывании муфты поглощает механическую энергию, преобразуя ее в тепловую, передача крутящего момента не прекращается.

Фрикционные предохранительные муфты различаются: 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 со смазкой.

Сухие муфты применяются в местах, исключающих попадание смазки на трущиеся поверхности; они отличаются большей стабильностью срабатывания, чем масляные муфты, так как в последних возможно загустевание смазки и слипание трущихся поверхностей.

Дисковые муфты

Дисковые фрикционные муфты получили наибольшее распространение благодаря следующим свойствам:

1) большой несущей способности при малых габаритах, 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, прилипанием дисков и непостоянством вязкости смазки в муфтах со смазкой;

2) значительное выделение тепла при срабатывании, вызывающее разогрев трущихся поверхностей, и, как следствие, непостоянство их фрикционных свойств и снижение прочности.

Число поверхностей трения определяется так:

$$z = \frac{8M_{пр}}{\pi (D_n^2 - D_v^2) D_{ср} [q] f_0},$$

где $M_{пр}$ — предельный крутящий момент, ограничиваемый муфтой; D_n и D_v — наружный и внутренний диаметры кольца контакта дисков, обычно $D_n = (3 \div 5) d_{вала}$; $D_v = (0,5 \div 0,6) D_n$; $D_{ср}$ — средний диаметр контакта дисков;

$D_{ср} = \frac{D_n + D_v}{2}$; $[q]$ — допускаемое давление на трущихся поверхностях (табл. VII.9); f_0 — коэффициент трения покоя (табл. VII.9).

Сила сжатия пружины

$$P_{пр} = \frac{2M_{пр}}{D_{ср} z f_0}.$$

На рис. VII.11 представлена многодисковая предохранительная муфта конструкции 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 регу-

Таблица VII.9
Давления, допускаемые на рабочих поверхностях фрикционных предохранительных муфт, и средние значения коэффициентов трения

Материал поверхностей трения	Конусные муфты		Дисковые муфты	
	в Н/м²	f_0	в Н/м²	f_0
Со смазкой				
Закаленная сталь по закаленной стали	—	—	0,2—0,4	0,1
Чугун по чугуну или по закаленной стали	1,0—1,2	0,15	0,2—0,4	0,15
Бронза по чугуну или стали	0,2—0,4	0,05	—	—
Металлокерамика по стали	—	—	0,5	0,05—0,1
Без смазки				
Чугун по закаленной стали	0,3—0,4	0,2	—	—
Прессованный асбест, ферродо по стали или чугуну	0,1—0,2	0,3	0,1—0,2	0,3
Текстолит по стали или чугуну	0,2—0,4	0,2	—	—
Металлокерамика по стали	—	—	0,5—1,0	0,1—0,3

лируется гайкой 4. В табл. VII.10 приведены основные размеры и параметры муфты.

На рис. VII.12 представлена муфта с изменяемым числом трущихся поверхностей. Предусматривается два исполнения муфты. В первом исполнении муфта устанавливается на одном валу. Полумуфта 1 соединяется с валом шпонкой и фиксируется от осевых смещений винтом 9. Внутренние диски 4 и нажимной

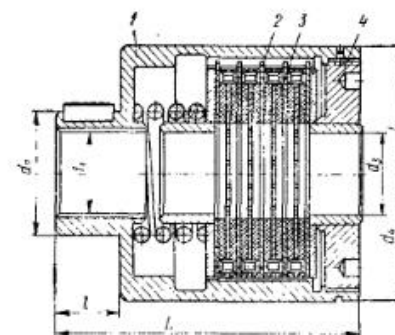


Рис. VII.11. Многодисковая предохранительная муфта СКБ-3

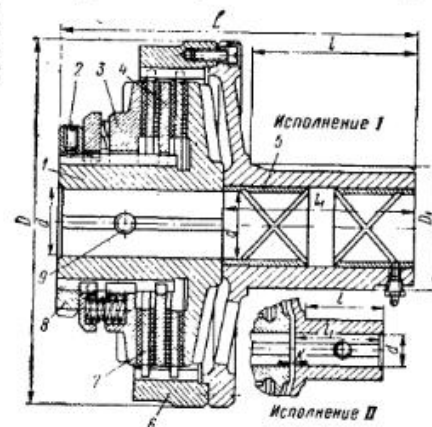


Рис. VII.12. Муфта с изменяемым числом трущихся поверхностей

диск 3 соединяются с полумуфтой 1 шлицами. Наружные диски 7 имеют приклеиваемые фрикционные накладки и шлицами соединяются с полумуфтой 6, состоящей из двух деталей, соединенных винтами. В полумуфте 6, свободно устанавливаемой на валу, предусмотрены бронзовые вкладыши 5 и

Таблица VII.10

Размеры (в мм) и параметры фрикционных предохранительных муфт СКБ-3 (рис. VII.11)

Крутящий момент в кгс·м	Шлицевое отверстие $z \times d \times D$	d_1 (откл. по А)	d_2 (откл. по П)	$d_3 \pm 0,3$	d_4	L	l	Число по- верхностей трения	Пружина $d \times D \times H$
0,01									4×50×150
0,1									4×50×160
1,5	6×21×25	25	40	25	80	100	20	6	5×55×95
2,0									5×55×95
2,5									5×55×105
3									5×55×75
4	6×26×30	30	45	30	100	125	25	8	5×55×75
5									6×60×80
6									6×60×80
8									7×65×45
12	8×36×40	40	60	40	120	140	30	10	7×65×55
16									8×70×50
20									8×70×50

Таблица VII.11

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.12)

$M_{кр}$ в кгс·м при количестве дисков			d	D	L при количестве дисков			l	l_1	k	D_1	Масса в кг при количестве дисков		
1	2	3			1	2	3					1	2	3
5,25	10,5	15,7	19—32	146	122	135	148	54	63	1,6	50,8	5,4	5,9	6,4
17,8	35,6	53,4	25,4—38	187	167	181	195	83	95	1,6	74,6	11	12	13
39,5	79,0	118,5	25,4—50	260	218	232	253	111	127	2,4	87,3	22,7	25	29
78,0	156	234	38—63	305	263	279	295	141	158	3,2	102	39	43	50
146	292	438	50—89	356	347	372	398	202	222	4,0	146	64	72	86
230	460	690	57—114	422	425	454	482	241	285	4,8	178	113	124	147
315	630	945	63—127	483	472	507	542	270	314	5,6	197	186	204	238
455	910	1365	69—152	533	575	610	645	327	321	6,4	229	249	295	363
1130	2260	3390	76—203	685	730	762	803	438	518	6,4	305	386	454	544

система подвода смазки. На ступице полумуфты 6 на шпонке устанавливается зубчатое колесо (не показано), соединяемое с валом через муфту. Прижатие дисков создается пружинами сжатия и регулируется гайкой 8 со стопорным винтом 2. Во втором исполнении полумуфты устанавливаются на концах соединяемых валов. Число наружных дисков может быть различным, что позволяет ступенчато регулировать величину передаваемого муфтой момента. В табл. VII.11 приведены основные размеры и параметры муфты.

На рис. VII.13, а 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 регули-

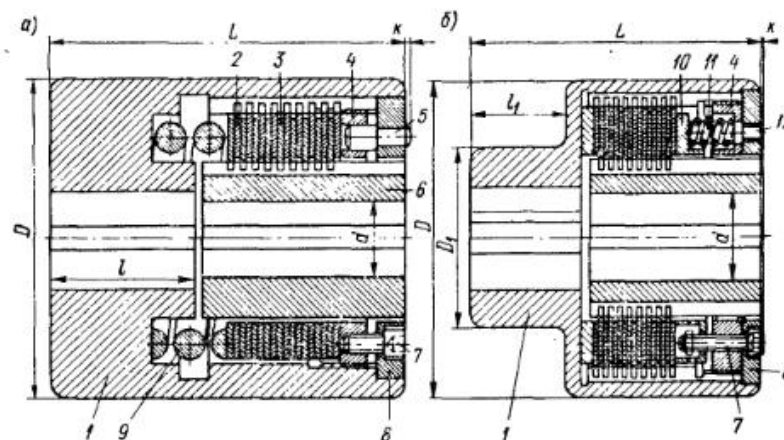


Рис. VII.13. Многодисковая муфта с малым наружным диаметром

руется гайкой 4. С помощью трех направляющих пальцев 5, запрессованных в крышку 8, соединенную с полумуфтой 1, создается направление торца гайки относительно торца диска и передается движение от крышки на гайку. Три винта 7 стопорят гайку 4.

В муфте, представленной на рис. VII.13, б, сила прижатия дисков создается рядом пружин сжатия 11, расположенных по окружности в гнездах нажим-

Таблица VII.12

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.13)

$M_{кр}$ в кгс·м	d	D	L	l	l_1	D_1	k	Масса в кг	GD^2 в кгс·м²
2	12—20	70	90	35	—	—	0,5	2,4	0,001
5	15—30	90	105	45	—	—	1	4,0	0,01
8	18—40	100	110	45	—	—	1	5,5	0,02
15	20—48	125	125	60	—	—	1,5	9,8	0,08
35	20—60	150	130	50	40	80	2	10,5	0,096
50	28—70	170	170	70	60	120	2	18,5	0,20
140	30—80	210	195	80	65	130	2	31	0,54

ного 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.

В табл. VII.12 приведены основные размеры и параметры муфты.

На рис. 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 гайку 8 и винты 9. Винты соединяют гайки 7 и 8 с нажимным кольцом 5, а также стопорят гайки в нужном положении.

В табл. VII.13 приведены основные размеры и параметры муфты.

На рис. VII.15, а представлена муфта, 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 4 создается пакетом тарельчатых пружин 5 и гайкой 2 со стопорным винтом. Звездочка центрируется на износостойком кольце 3, соединенном со ступицей шлицами.

В табл. VII.14 приведены основные размеры и параметры муфты.

Муфта, представленная на рис. VII.15, б применяется при средних и

малых угловых скоростях и редких перегрузках. В зависимости от расположения пары тарельчатых пружин (рис. VII.15, а) муфта передает различные моменты $M_{кр}$: 1) 0,25—1,0; 2) 0,1—0,5 и работает без смазки.

В табл. VII.15 приведены основные размеры и параметры муфты.

Таблица VII.13

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.14)

$M_{кр}$ в кгс·м	d	D	D_1	D_2	D_3	L	l	l_1	l_2	c	Масса в кг	GD^2 в 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

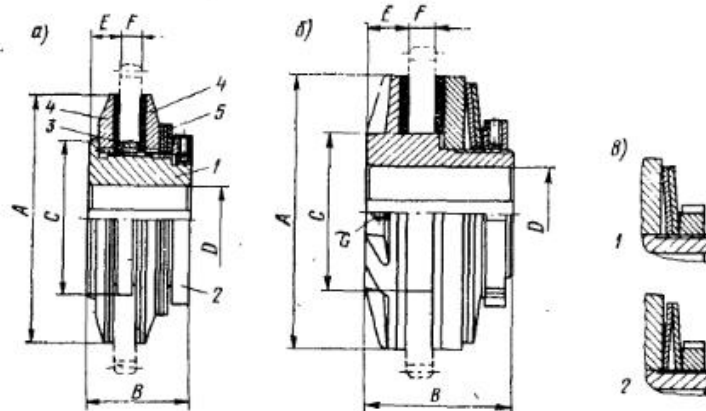


Рис. VII.15. Муфта, работающая без смазки

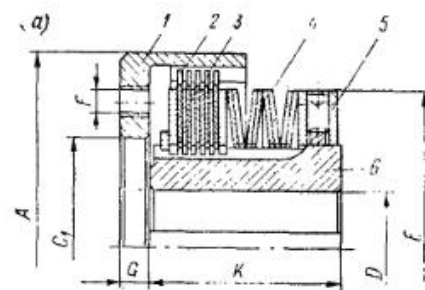


Рис. VII.16. Модификации многодисковой предохранительной муфты

Таблица VII.14

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.15, а)

$M_{кр}$ в кгс·м	Масса в кг	A	B	C	$D_{предв}$	D_{max}	E	F
2,5	0,5	65	40	45	11	20	10	9
6,3	1	85	46	57	14	30	12	9
16	3	115	52	80	18	45	14,5	9
25	3,5	135	62	80	18	45	17,5	11
40	5	160	67	100	24	55	19,5	13
63	8	180	82	120	28	65	23	17
100	11	215	84	140	38	80	24,5	17
160	18	270	100	155	48	90	27,5	21

Таблица VII.15

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.15, б)

M_K в кгс·м		Масса в кг	A	B	C	$D_{предв}$	D_{max}	E	F	G
Исполнение										
1	2									
1—4	0,4—2	0,5	65	48	42	11	20	13	9	M4
2,5—10	1—5	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—20	4,3	145	80	85	24	50	26	11	M10
16—63	6,3—32	6,2	165	90	100	28	55	26	15	M10
25—100	10—50	8,8	190	100	110	38	65	28	18	M10
40—160	16—80	14,5	230	110	135	43	80	30	23	M10
60—250	25—125	22,0	280	140	175	58	100	30	30	—
100—400	40—200	35,0	320	160	200	68	120	35	30	—

На рис. VII.16 (табл. VII.16) представлены две модификации многодисковой предохранительной муфты. 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 создается пакетом тарельчатых пружин 4 и регулируется гайкой 5 со стопорным винтом. Муфты, представленные на рис. VII. 16, а, б, соединяют два вала.

Таблица VII.16

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.16)

$M_{кр}$ в кгс·м	Размеры дисков	A	C ₁	C ₂	D_{max}	E	F	G	H	K	L	L ₁	N
2,5													
4	005	70	45	10	20	58	6×M6	6	60	40	90	80	45
6,3													
4													
6,3	010	90	55	14	25	75	6×M8	8	80	55	125	110	60
10													
6,3													
10	020	100	65	14	35	90	6×M8	8	90	55	125	110	60
16													
10													
16	030	125	75	17	45	110	8×M10	10	110	60	140	120	70
25													
16													
25	035	135	75	17	45	110	8×M10	10	110	65	150	130	75
40													
25													
40	040	150	95	22	55	120	8×M12	12	125	75	180	155	95
63													
40													
63	050	170	110	28	65	155	8×M12	12	140	85	200	170	100
100													
63													
100	055	195	125	33	70	165	8×M16	15	150	95	220	185	110
160													
100													
160	060	210	140	38	80	180	8×M16	15	170	110	260	220	135
250													

На рис. VII.17 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

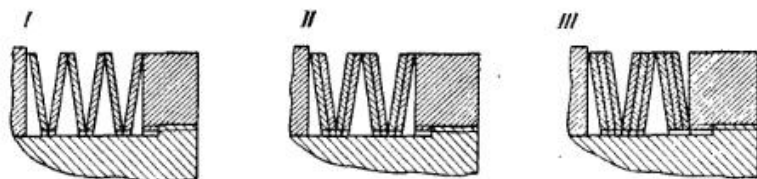


Рис. VII.17. Варианты расположения тарельчатых пружин

периодическая регулировка муфты. Вариант III применяют при малых угловых скоростях и редких перегрузках. В этом случае периодическая регулировка муфты обязательна.

В табл. VII.16 приведены основные размеры и техническая характеристика муфт. Указанные в табл. VII.16 три значения предельного крутящего момента достигаются путем изменения расположения тарельчатых пружин.

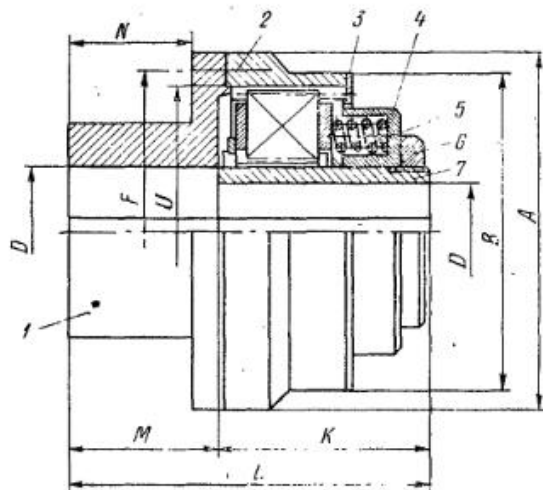


Рис. VII.18. Многодисковая предохранительная муфта

На рис. VII.18 представлена многодисковая предохранительная муфта для передачи значительных крутящих моментов. Рабочие поверхности дисков имеют металлокерамическое покрытие и работают без смазки. Фрикционные диски соединяются шлицами с ведущей и ведомой полушариками 1 и 7. Прижатие дисков создается витыми пружинами сжатия 5, расположенными в гнездах кольца 4, и может регулироваться гайкой 6. При закручивании гайки кольцо 4 удерживается от поворота выступами, входящими в пазы крышки 3. Винты 2 соединяют части полушарика 1.

В табл. VII.17 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица VII.17

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.18)

$M_{кр}$ в кгс·м	A	B	D	K	L	M	N	F	U	$d_{винта}$	Кол-во в шт.	Масса в кг	GD^2 в кгс·м ²	
													внутр. частей	наруж. частей
400	285	260	50—100	178	368	190	175	260	245	M12	12	70	0,79	1,55
800	335	315	60—115	182	397	215	195	310	295	M12	12	105	1,75	3,5
1300	395	370	70—135	226	441	215	195	365	345	M12	18	185	3,9	7,35
2500	460	435	70—150	255	470	215	195	430	410	M12	24	310	10	13,5

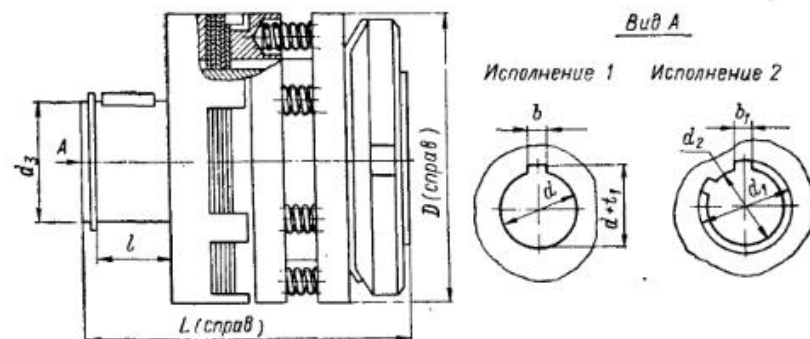


Рис. VII.19. Предохранительная фрикционная муфта по ГОСТ 15622—70

На рис. VII.19 показана предохранительная фрикционная муфта по ГОСТ 15622—70, а в табл. VII.18 приведены основные размеры и параметры ее.

Конусные фрикционные предохранительные муфты

Эти муфты отличаются хорошей расцепляемостью и относительной простотой конструкции. Однако они имеют значительные радиальные габариты и отличаются высокими требованиями к состоянию 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 класс чистоты трущихся поверхностей выше $\nabla 6$ по ГОСТ 2789—59 [82].

Конусные муфты могут работать как со смазкой трущихся поверхностей, так и без смазки. При расчете конусных фрикционных муфт (рис. VII.20) определяют:

Обозначение муфты исполнения		D (справ.)	d (пред. откл. по А)	Посадочные отверстия						d ₂	L (справ.)	l	Пределы регулирования крутящего момента в кгс·см				
				Исполнение 1		Исполнение 2											
				b (пред. откл. по А)	d ₁ (пред. откл. по А)	d ₂ (пред. откл. по А)	b ₁ (пред. откл. по Н ₂)	число зубьев z									
1	2	1-50×12	2-50×11	50	12	4	13,8	14	11	3	6			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		28,3	32	26	6				40	110	25	4,00—5,30
		1-110×28	2-110×26	110	28	8	31,3							45	120	30	6,30—8,40
		1-120×32	2-120×32	120	32		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	14	48,8										
		1-150×50	2-150×46	150	50		58,8	54	46	9				90	180	60	25—33,7

Пример условного обозначения муфты наружным диаметром D = 50 мм и диаметром расточки под вал d = 12 мм исполнения 1: *Муфта 1—50×12 ГОСТ 15622—70*.

То же, диаметром расточки под шлицевой вал d₂ = 11 мм, исполнения 2: *Муфта 2—50×11 ГОСТ 15622—70*.

В табл. VII.19 представлены основные размеры и техническая характеристика муфты.

Таблица VII.19

Основные размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.21)

$M_{кр\max}$ в кгс·м	n в об/мин	D_0	D	D_1	G_4	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

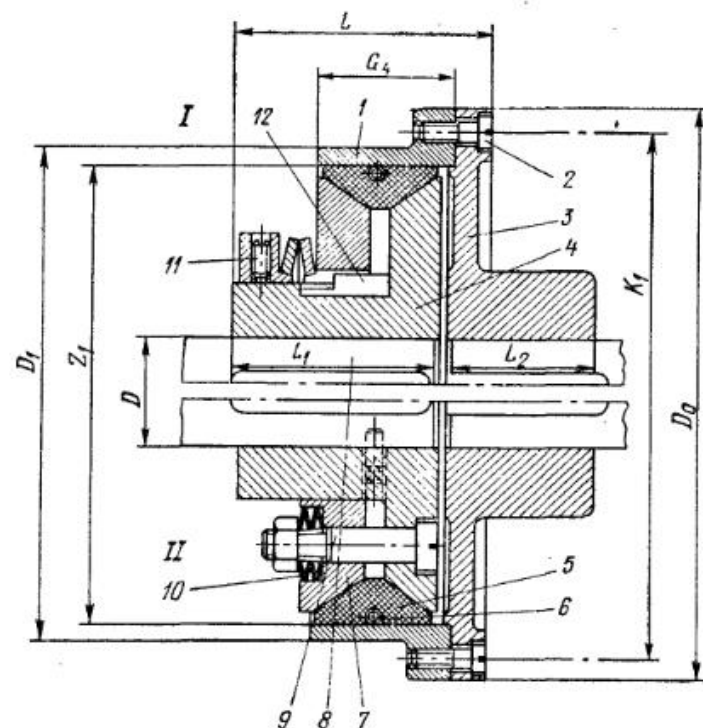


Рис. VII.21. Муфта с рабочими поверхностями в форме конуса и цилиндра

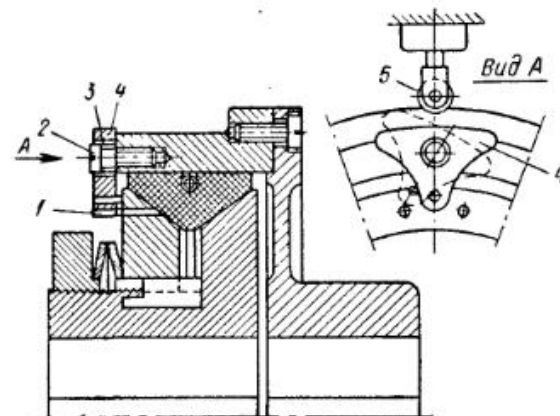


Рис. VII.22. Конструкция муфты с отключением электродвигателя

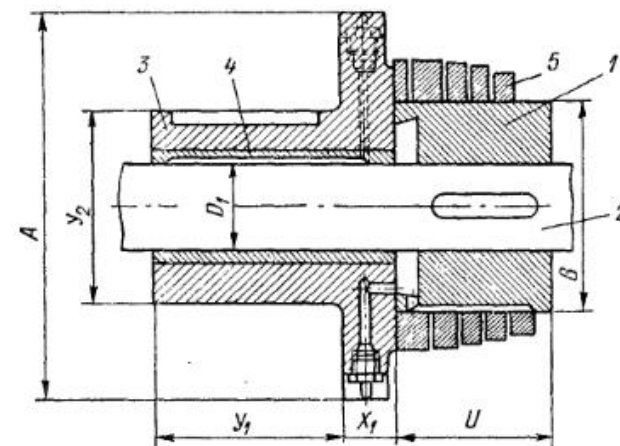


Рис. VII.23. Фрикционная предохранительная муфта с винтовой пружиной

На рис. VII.23 представлена фрикционная предохранительная муфта с винтовой пружиной. Муфта располагается на валу 2 и состоит из ведущей и ведомой полумуфт 3 и 1, соединенных между собой винтовой пружиной 5 с витками прямоугольного поперечного сечения переменной величины. Пружина крепится своими концами к полумуфте 3 (рис. VII.23) так, что с помощью регулировочного винта (не показан) обеспечивается относительное смещение ее концов в окружающем

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.

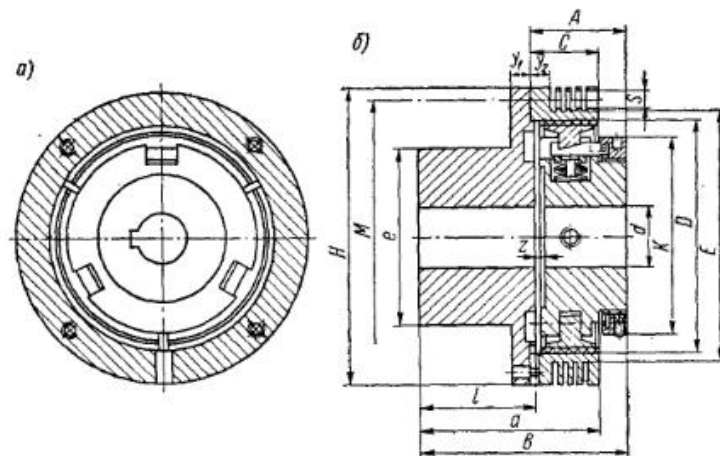


Рис. VII.24. Колодочная муфта

Таблица VII.20

Размеры (в мм) и параметры муфт с винтовой пружиной (рис. VII.23)

$\frac{N}{n}$ в л. с.	$M_{кр}$ в кгс-м	Масса в кг		A	B	$D_1 \max$	U	X_1	Y_1	Y_2
		рис. VII.23	рис. VII.23							
0,025	18	9	8	175	80	40	55	17	70	80
0,035	25	12	11	200	90	45	60	20	80	85
0,05	36	21	20	215	100	50	80	20	90	90
0,10	72	28	25	245	125	60	90	25	95	100
0,14	100	50	48	300	150	80	110	30	120	120
0,20	143	69	59	330	175	90	120	30	144	140
0,30	215	98	84	385	200	105	135	35	155	160
0,50	360	135	123	425	225	120	150	40	160	170
0,70	500	186	167	480	250	130	165	45	180	180
0,85	610	234	215	520	275	145	170	50	200	200
0,95	680	285	265	575	300	160	185	55	215	220
1,10	790	352	336	600	325	170	200	60	220	230
1,40	1000	411	399	640	350	185	220	65	225	240
1,80	1290	507	475	680	375	200	235	70	240	260
2,10	1500	680	644	720	400	220	250	75	250	270

В табл. VII.20 приведены техническая характеристика и основные размеры муфты.

На рис. VII.24, а, б представлена колодочная муфта, рабочая поверхность которой имеет форму цилиндра. Муфта работает без смазки и состоит из полумуфт трех тормозных колодок с фрикционными накладками, трех пакетов тарельчатых пружин, создающих прижатие трущихся поверхностей, регулировочных клиньев и гайки, соединенной буртиком с клиньями. Гайка стопорится тремя винтами.

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.

В табл. VII.21 приведены основные размеры и параметры муфты.

5. ФРИКЦИОННЫЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ СРАБАТЫВАНИЯ

Точность срабатывания этих муфт выше, чем у рассмотренных ранее. Однако их отличает сложность конструкции. Создан ряд конструкций муфт этого типа, в основу которых положен следующий принцип: по мере превышения крутящим моментом некоторого предела происходит уменьшение давления, а вместе с ним и сил трения на фрикционных поверхностях, что ограничивает крутящий момент, передаваемый муфтой.

На рис. VII.25 представлена конструкция муфты со стабилизирующим устройством по ведомственному отраслевому стандарту, разработанная в соответствии с изобретением № 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, а 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 дисков 8 и 9.

Обоймы 10 и 12 скреплены с деталями 1 и 6 винтами и удерживаются от проворота микровыступами, внедряющимися в эти детали. Ролики 13 удерживаются от радиальных смещений под действием центробежных сил сепаратором 11, который крепится к обойме 12 винтами.

При необходимости витые пружины сжатия 5 могут быть заменены пакетами тарельчатых пружин, установленными на втулке. При завинчивании винтов бурт втулки сжимает пружины, что увеличивает силу прижатия дисков.

Предусмотрено исполнение муфты для соединения упорного стакана 1 с валом через шпонку. В табл. VII.22 представлены данные для этих муфт.

Крутящий момент с упорного стакана 1 передается на нажимной стакан 6 и далее через фрикционные диски 8 и 9 передается на корпус через ролики 13, расположенные в пазах обойм. При этом возникает распорная сила

$$P_1 = P_0 \operatorname{tg} \alpha,$$

где $P_0 = \frac{2M_{кр}}{d}$ — окружная сила на роликах; d — диаметр окружности, на которой расположены ролики; α — угол скоса паза обоймы (сечение B—B).

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.26 представлены кривые изменения крутящего момента для муфты с отжимным устройством 1 и без него 2.

Основные размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.24, б)

$M_{кр}$ в кгс·м	$P_{хвост}$ мм/мм	A	a	B	C	D	d_{max}	$d_{предв}$	M	S	E	e	K	I	Y_1	Y_2	z	ρ в кгс/см ²
1,66	5000	29	—	—	19	45	12	—	61	8	52	—	38	—	6	—	—	12,57
1,20	4800	49	—	—	35	75	24	10	94	10	83	—	59	—	8	—	—	1,56
5,0																		6,51
7,5																		9,76
3,0	4500	50	84	98	36	95	40	12	116	10	105	70	79	50	8	8	4	2,43
10,0																		8,11
15,0																		12,16
6,0	3700	59	99	117	41	120	50	12	143	11	130	90	100	60	10	10	4	2,61
2,0																		8,72
30,0																		13,08
10,5	2900	64	114	132	46	152	65	15	180	14,5	164	110	126	70	12	13	4	2,49
35,0																		8,32
52,5																		12,48

18,0	2400	71	139	159	51	185	85	30	215	14,5	199	140	156	90	14	16	4	2,56
60,0																		8,56
90,0																		12,84
36,0	1870	86	181	204	63	240	115	40	273	14,5	256	185	207	120	16	18	6	2,50
120,0																		8,34
180,0																		12,51
60,0	1530	96	218	244	70	300	150	55	337	14,5	320	240	253	150	20	20	8	2,44
200,0																		8,14
300,0																		12,21
90,0	1320	106	258	284	80	340	170	65	382	17,5	362	265	292	180	20	20	8	2,44
300,0																		8,15
450,0																		12,22
150,0	1200	125	280	305	100	380	180	70	424	17,5	404	375	321	180	20	20	8	2,53
500,0																		8,46
750,0																		12,69
300,0	1000	144	328	352	120	450	200	85	497	17,5	476	310	372	210	20	20	8	2,96
1000,0																		9,87

Размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VII.25)

Обозначение	Исполнение со шлицами		d_s	D_1	L	l_1	l_2	l_3	l_4 не менее	Предел регулирования		n_{max} в об/мин	Масса в кг	Момент в кгс·м ²	α_{max} ***	β_{max} ****
	D	b								$M_{n\ max}$ *	$M_{n\ min}$					
МПФС 21-0-20А	20	4	M33×1,5	118	157	60	30	78	20	15,5	4,5	1900	5,05	0,035	1° 34'	6° 40'
МПФС 21-0-20	—	—														
МПФС 21-0-22	22	5														
МПФС 22-0-22	22	5	M39×1,5	138	176	65	32	82	28	10	1600	8,12	0,074	1° 32'	6° 3'	
МПФС 22-0-22А	—	—														
МПФС 22-0-25	25	5														
МПФС 22-0-25А	—	—	M48×1,5	158	203	74	35	90	23	53	13	1400	12,9	0,164	1° 20'	5°
МПФС 22-0-28	28	6														
МПФС 23-0-28	28	6														
МПФС 23-0-28А	—	—	M48×1,5	158	203	77	35	90	23	53	13	1400	12,9	0,164	1° 20'	5°
МПФС 23-0-30А	—	—														
МПФС 23-0-32	32	6														
МПФС 23-0-34	34	7	M48×1,5	158	203	82	35	90	23	53	13	1400	12,9	0,164	1° 20'	5°
МПФС 23-0-34	34	7														

* $M_{n\ max}$ подсчитан исходя из допускаемой нагрузки на подшипник и ролики, при этом запас прочности наиболее нагруженных деталей $n \geq 2$.

*** Момент дан без учета корпуса (поводка) и деталей его крепления.

**** Наибольший мертвый ход в зубчатых соединенных дисках.

***** Угол возможного взаимного поворота детали / относительно детали 6.

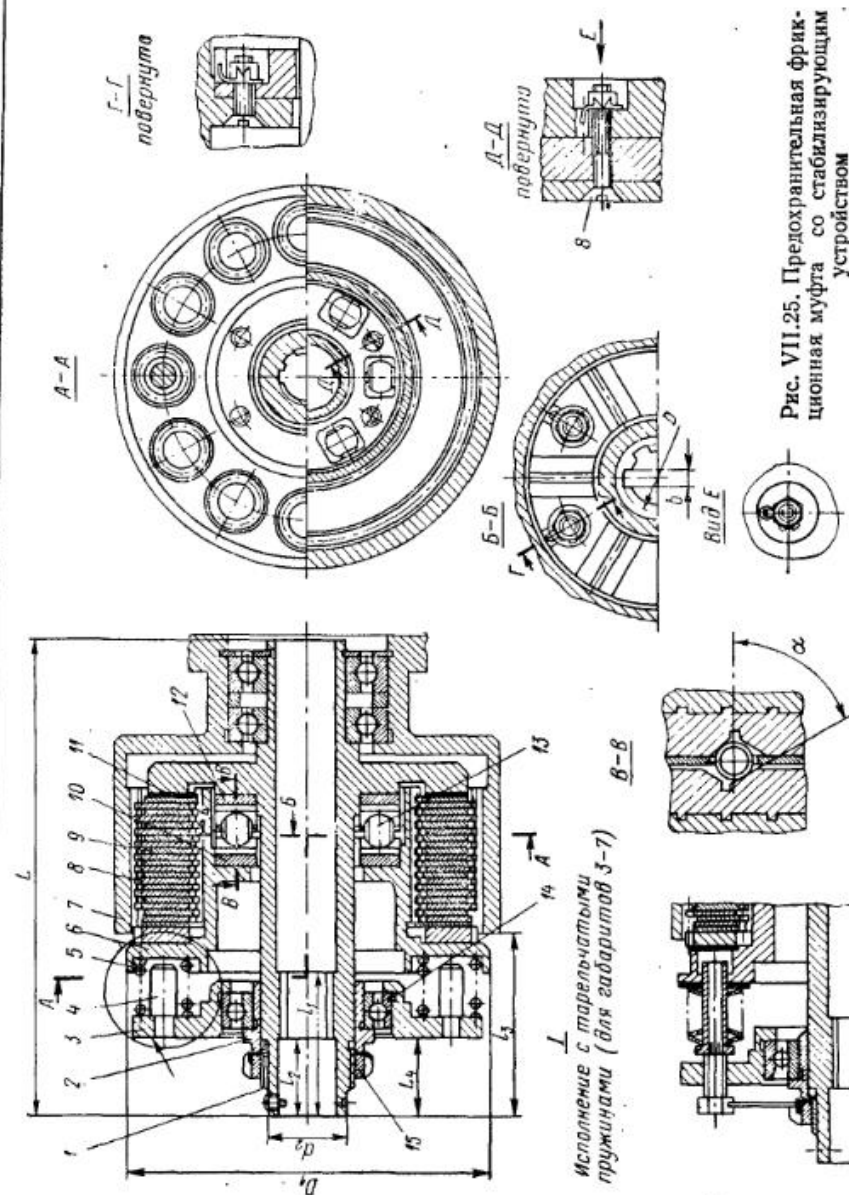


Рис. VII.25. Предохранительная фрикционная муфта со стабилизирующим устройством

Стандартом также предусмотрено закрытое исполнение для муфт, работающих в агрессивных средах. У этих муфт продлевается корпус 7 и между ним и нажимной крышкой 3 (рис. VII.25) ставится уплотнение.

Для уменьшения влияния динамики привода на величину крутящего момента и уменьшения нагрева муфты рекомендуется устанавливать на тихоходном валу.

Муфты выбираются по предельному крутящему моменту M_{Π} , передаваемому муфтой в начале срабатывания,

$$M_{\Pi \min} \leq M_{\Pi} \leq M_{\Pi \max}$$

и по угловой скорости вала n .

При тепловом расчете кратковременно перегружаемых муфт (теплоотдача муфты не учитывается) определяют приведенную работу трения

$$A = M_{\text{фл}} \tau \leq A_T,$$

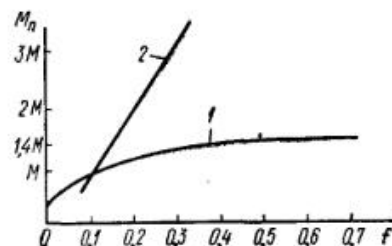


Рис. VII.26. Кривые изменения крутящего момента

где $\tau = \tau_1 + \tau_2$ — время буксования муфты; τ_1, τ_2 — время буксования муфты (в сек) до выключения электродвигателя и после него.

Значения A_T приведены ниже:

Диаметр муфты D_1	118	138	158	175	198	212	254
Габарит	1	2	3	4	5	6	7
A_T в 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 муфты 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 $\pm 50^\circ \text{C}$.

Глава VIII

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 управляемые центробежными силами и пружинами. Как и все сцепные муфты, они делятся на нормально-разомкнутые и нормально-замкнутые. В первых рабочие элементы разжаты пружинами и замыкаются под действием центробежных сил, во вторых — наоборот.

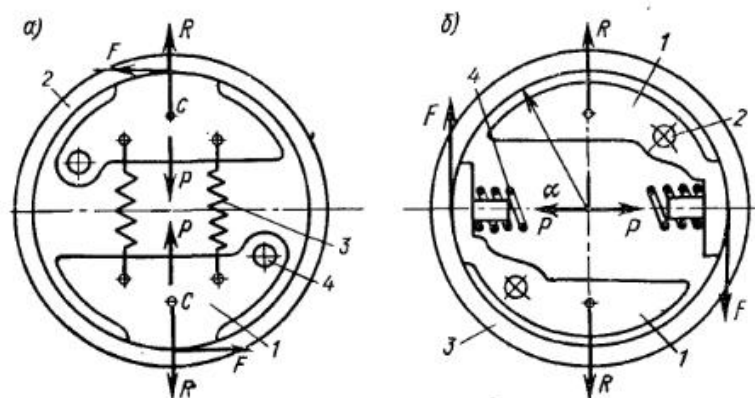


Рис. VIII.1. Принципиальные схемы колодочных муфт

Нормально-разомкнутые муфты используются 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 используются 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 2 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 полу-

муфтой 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 1, под действием центробежных сил при вращении муфты отбрасывается к периферии корпуса и соединяет его с диском. Процесс сцепления муфт подробно освещен в [56].

На рис. VIII.3, VIII.4 и VIII.5 приводится характеристика процесса сцепления муфт.

На рис. VIII.3 показан характер изменения угловой скорости 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).

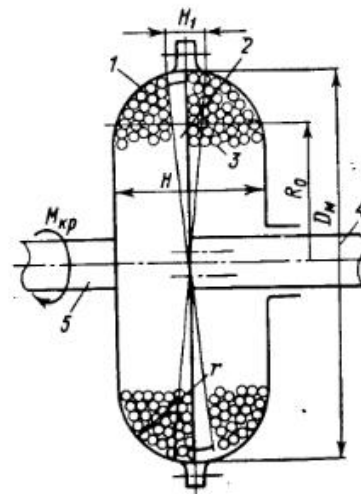


Рис. VIII.2. Принципиальная схема муфты с дробью

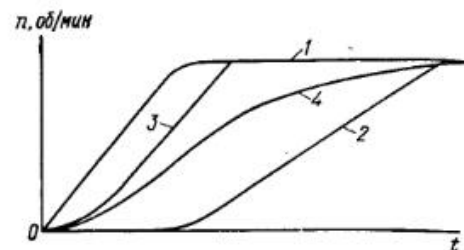


Рис. VIII.3. Характер изменения угловой скорости муфты при разгоне машины

Наибольшее время разгона машины и плавное сцепление обеспечивает муфта с дробью, меньшее — 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 1 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 $M_{d\max}$ (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_3).

Видно, что пусковая муфта выполняет функции предохранительной. Если момент сил сопротивления M_c возрастает до M_c , то момент двигателя также увеличится, а скорость уменьшится. 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 начинается плавный разгон машин без перегрузки.

На рис. VIII.5 представлен характер изменения во времени угловых скоростей ведущей n_1 и ведомой n_2 полушестерней 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 палинии пусковой муфты (кривая I) и без пусковой муфты (штриховая кривая I'). 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 появле-



Рис. VIII.4. Характер изменения параметров электродвигателя и муфты в зависимости от угловой скорости ротора

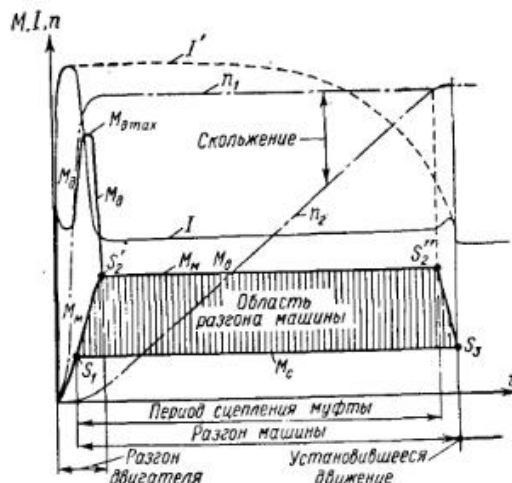


Рис. VIII.5. Характер изменения угловых скоростей полушестерней

ние 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 полушестерней. В точке S_3 момент двигателя M_d становится равным моменту сил сопротивления.

Время разгона машины t , в предположении, что значения M_m и M_c в течение периода разгона сохраняются постоянными, определится приближенно

$$t = \frac{GD^2 n}{375 (M_m - M_c)} \text{ с}, \quad (\text{VIII.1})$$

где M_c — момент сил сопротивления, приведенный к валу муфты, в кгс·м; M_m — крутящий момент, передаваемый муфтой, в кгс·м; $M_m - M_c$ — избыточный момент, идущий на разгон машины; GD^2 — маховой момент ведомой части, приведенный к валу муфты, в кгс·м².

Исходя из условий работы машины и электродвигателя, получаем необходимое время разгона машины t , а из формулы VIII.1 определяем значение M_m . Работа трения за период сцепления муфты

$$A_{тр} = \frac{M_m \omega t}{2} \text{ кгс·м}, \quad (\text{VIII.2})$$

где ω — угловая скорость муфты в 1/с; t — время разгона машины в с.

Количество тепла, выделяемого муфтой за период сцепления,

$$Q = \frac{A_{тр}}{427} \text{ ккал}. \quad (\text{VIII.3})$$

Допуская, что все тепло идет на нагрев наружного обода ведомой полушестерни, его температура к концу сцепления будет

$$t_k = \frac{Q}{Gc} + t_b,$$

где G — масса обода в кг; c — теплоемкость в ккал/(кг·град); t_b — наружная температура воздуха; t_k не должна превышать 75°. При $t_k > 75^\circ$ в конструкции муфты необходимо предусматривать усиленный отвод тепла (ребра на наружной поверхности корпуса и т. п.).

Для колодочных муфт с отжимными пружинами момент сил трения, развиваемый муфтой,

$$M_m = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} (n^2 - n_0^2) f R_{тр} z \text{ кгс·м}, \quad (\text{VIII.4})$$

где G — масса колодки в кг; g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с²; r — расстояние от оси муфты до ц. т. колодки в м; n — скорость вращения муфты после полного сцепления в об/мин; n_0 — скорость вращения ведущего вала, при которой центробежная сила, действующая на колодку, становится равной силе пружины, в об/мин; f — коэффициент трения; $R_{тр}$ — радиус трения; z — число колодок.

Для колодочных муфт без отжимных пружин момент сил трения, развиваемый муфтой,

$$M_m = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} n^2 f R_{тр} z \text{ кгс·м}. \quad (\text{VIII.5})$$

Давление на колодки

$$q = \frac{Q}{F} \leq [q] \text{ кгс/см}^2, \quad (\text{VIII.6})$$

где $Q = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} (n^2 - n_0^2)$ — центробежная сила, действующая на колодку, в кгс; F — площадь проекции рабочей поверхности колодки на диаметрально плоскость в см²; $[q]$ — допустимое удельное давление в кгс/см².

Момент сил трения в муфтах, наполненных дробью, с корпусом, выполненным в форме тора (рис. VIII.2) равен:

1) для муфты с гладким диском [25]

$$M_m = \frac{\pi \gamma \omega^2 c' f}{7,5g} \times (a_1 R_0^2 + b_1 R_0^4 + c_1 R_0^3 + d_1 R_0^2 + h_1 R_0 + e_1) \text{ кгс·см}; \quad (\text{VIII.7})$$

2) для муфты с гофрированным диском

$$M_m = \frac{\pi \gamma \omega^2 c' f}{g} (a R_0^5 + b R_0^4 + c R_0^3 + d R_0^2 + h R_0 + e) \text{ кгс·см}, \quad (\text{VIII.8})$$

$$a_1 = 3 + 2A^{\frac{5}{2}} - 5A; b_1 = r(15 + 6,28A^{\frac{5}{2}} - 23A);$$

$$c_1 = r^2(30 + 12,5A^{\frac{5}{2}} - 42A); d_1 = r^3(30 + 10A^{\frac{5}{2}} - 38,6A);$$

$$h_1 = r^4(15 + 4,2A^{\frac{5}{2}} - 18A); e_1 = r^5(3 + 0,7A^{\frac{5}{2}} - 3,4A);$$

$$a = 2,5 - 1,8A^{\frac{5}{2}} - 0,7A; b = r(3,1 - 4,5A - 7,2A^{\frac{5}{2}});$$

$$c = r^2(8 - 9,4A - 11,5A^{\frac{5}{2}}); d = r^3(7,9 - 10A - 9,6A^{\frac{5}{2}});$$

$$h = r^4(5,3 - 5,1A - 3,8A^{\frac{5}{2}}); e = r^5(1,2 - A - 0,6A^{\frac{5}{2}});$$

$$A = 1 - k_1.$$

$r = H/2$ — радиус кривизны меридиана торовой поверхности в см; R_0 — радиус кривизны цилиндрической поверхности корпуса в см; $\gamma = 0,0078$ — удельный вес материала дробы в кгс/см³; $f = 0,185 \div 0,22$ — коэффициент трения шариков о корпус; ω — угловая скорость корпуса в 1/с; $c' = 1 - 0,02d_{ш}$ — коэффициент, учитывающий влияние диаметра шариков; $d_{ш}$ — диаметр шариков в мм; $k_1 = 0,5 \div 0,7$ — коэффициент заполнения муфты шариками.

Высота гофра принимается $H_1 = 2d_{ш}$. Диаметр диска принимается $D_d = D_m - 0,9d_{ш}$, 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 320.

1. КОЛОДОЧНЫЕ МУФТЫ

На рис. VIII.6 представлена колодочная муфта фирмы «Crofts», выпускаемая в двух модификациях. В первой (рис. VIII.6) на ведущей полумуфте 1 предусмотрены направляющие ребра 4, между которыми расположены колодки 5.

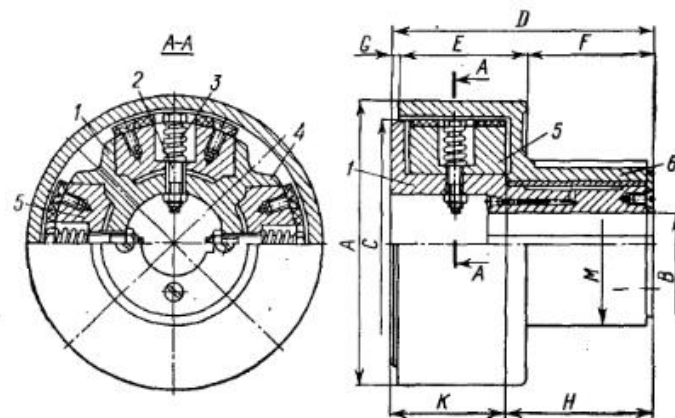


Рис. VIII.6. Колодочная муфта фирмы «Crofts»

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 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 муфты без пружин сцепление начинается при меньшей скорости и при 75% полной скорости передается 50% нагрузки.

В табл. VIII.1 приведены основные размеры муфты обеих модификаций.

Таблица VIII.1

Размеры (в мм) колодочной муфты (рис. VIII.6)

Обозначение	A	B _{max}	C	D	E	F	G	H	I	K	M	N	T
1	100	22	81	84	54	33	3	41	1,6	48	44	1,6	41
2	127	31	113	108	62	40	5	51	1,6	55	63	1,6	47
3	152	38	136	124	70	50	5	60	1,6	62	76	1,6	54,0
4	178	44	160	138	81	52	5	66	1,6	70	81	1,6	60,0
5	203	54	184	147	84	58	5	73	1,6	73	108	1,6	63
6	254	70	233	160	92	63	5	79	1,6	79	133	1,6	70
7	304	81	282	181	101	70	8,0	89	3,2	89	165	1,6	76
8	356	101	330	200	114	78	8,0	98	3,2	98	190	2,4	86
9	406	114	378	225	127	90	8,0	111	3,2	111	210	2,4	98,5
10	456	133	426	244	135	98	11,0	120	3,2	120	241	2,4	105
11	508	146	470	270	149	108,0	13	133	3,2	133	266	3,2	111
12	610	178	565	295	165	117	13	146	3,2	146	330	3,2	127

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.

На рис. VIII.7 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.

В табл. VIII.4 приведены основные размеры муфты. Номер муфты в зависимости от передаваемой мощности и n (в об/мин) определяется по табл. VIII.5 (для муфт с пружинами) и VIII.6 (для муфт без пружин).

На рис. VIII.8, а 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.

Мощность, передаваемая муфтами с пружинами сжатия (рис. VIII. 6)

Обозначение	Количество колоннок	Диаметр		Мощность (в л. с.) при л в об/мин																		К			
		Диаметр наружный	Диаметр от верха под вал	мм																					
				300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2500	3000				
1	2	100	28,2	—	—	—	—	—	—	0,75	0,11	0,15	0,2	0,26	0,33	0,41	0,5	0,62	0,9	1,2	2,4	4,0	0,15		
	4	100	28,2	—	—	—	—	—	—	0,15	0,22	0,30	0,4	0,52	0,66	0,82	1,0	1,23	1,75	2,4	4,7	8,0	0,30		
2	2	127	31,8	—	—	—	—	—	—	0,13	0,18	0,26	0,36	0,5	0,65	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,9	5,6	10,0	0,36	
	4	127	31,8	—	—	—	—	—	—	0,25	0,36	0,52	0,72	1,0	1,3	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,8	11,2	20,0	0,72	
3	2	152	38,1	—	—	—	—	—	—	0,34	0,5	0,73	1,0	1,33	1,75	2,2	2,75	3,4	4,1	5,6	8,0	16,0	—	1,0	
	4	152	38,1	—	—	—	—	—	—	0,68	1,0	1,45	2,0	2,66	3,5	4,4	5,5	6,7	8,2	11,6	16,0	32,0	—	2,0	
4	2	178	44,4	—	—	—	—	—	—	0,5	0,85	1,3	1,9	2,5	3,3	4,4	5,5	6,9	8,5	10,2	15,0	20,0	25,0	2,5	
	4	178	44,4	—	—	—	—	—	—	1,0	1,7	2,6	3,7	5,0	6,7	8,7	11,0	13,7	17,0	20,5	29,0	40,0	50,0	5,0	
5	2	203	54	—	—	—	—	—	—	0,5	0,9	1,3	2,0	2,9	3,9	5,3	7,0	9,0	11,0	13,5	17,0	23,0	31,0	3,9	
	4	203	54	—	—	—	—	—	—	1,0	1,8	2,6	4,0	5,8	7,8	10,5	14,0	18,0	22,0	27,0	33,0	46,0	62,0	7,8	
6	2	254	70	—	—	—	—	—	—	0,75	1,5	2,5	4,0	6,0	8,5	11,5	15,5	20,0	25,0	32,0	39,0	45,0	—	11,5	
	4	254	70	—	—	—	—	—	—	1,5	3,0	5,0	8,0	12,0	17,0	23,0	31,0	40,0	50,0	64,0	78,0	90,0	—	23	
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28	
	6	304	81	1,5	3,5	7,0	12,0	19,0	28,0	40,0	56,0	74,0	96	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	56	
8	4	356	100	2,1	6,0	10,0	16,0	26,0	40,0	57,0	78,0	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	76	
	6	356	100	3,2	7,6	15,0	25,0	40,0	60,0	86,0	118	157	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	118	
9	4	406	114	4,2	10,0	19,0	33,0	53,0	80,0	112	165	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	164	
	6	406	114	6,3	15,0	29,0	50,0	80,0	120	170	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	234	
10	6	456	133	8,0	19,0	37,0	63,0	100	150	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	266	
	8	456	133	11,0	25,0	49,0	84,0	134	200	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	355	
11	6	508	146	13,0	30,0	58,0	100	160	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	423	
	8	508	146	17,0	40,0	78,0	135	215	324	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	507	
12	6	610	178	29,0	68,0	135	232	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	980	
	8	610	178	33,0	92,0	179	310	440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1310	

Примечание. Значения мощности для промежуточных значений определяются по формуле: $N = K \left(\frac{p}{100} \right)^3$.

Мощность, передаваемая муфтами без пружин (рис. VIII.6)

Обозначение	Количество колоннок	Наружный диаметр	Диаметр от- верстия под вал	Мощность (в л. с.) при л в об/мин.																	К				
				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	0,29	0,38	0,50	0,62	0,9	1,0	1,2	1,7	2,3	4,5	6,5	0,29			
	4	100	22	—	—	—	—	—	0,30	0,42	0,57	0,76	1,0	1,25	1,6	2,0	2,4	3,4	4,6	9,0	13,5	0,75			
2	2	127	32	—	—	—	—	—	0,25	0,37	0,50	0,76	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,0	4,2	5,8	11,0	—			
	4	127	32	—	—	—	—	—	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	—			
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	—			
	4	152	38	—	—	—	—	—	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	—			
4	2	178	44	—	—	—	—	—	1,0	1,5	2,3	3,5	4,6	6,0	7,8	10,0	12,0	15,5	18,5	21,0	23,5	—			
	4	178	44	—	—	—	—	—	2,0	3,0	4,6	6,6	9,0	12,0	15,6	20,0	25,0	31,0	37,0	42,0	—	—			
5	2	203	54	—	—	—	—	—	1,0	1,7	2,7	4,1	6,9	8,0	10,5	14,0	18,0	22,0	27,0	30,0	34,0	—			
	4	203	54	—	—	—	—	—	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	—			
6	2	254	70	—	—	—	—	—	1,4	2,7	4,6	7,4	11,0	16,0	22,0	29,0	37,0	40,0	42,5	—	—	—			
	4	254	70	—	—	—	—	—	2,8	5,4	9,2	14,8	22,0	32,0	44,0	58,0	74,0	80,0	85,0	—	—	—			
7	3	304	80	1,3	3,2	6,3	11,0	17,0	25,0	36,0	50,0	56,0	66,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	6	304	80	2,5	6,4	12,6	22,0	34,0	50,0	72,0	100	112	112	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8	4	356	100	4,0	9,0	17,0	30,0	50,0	72,0	93,0	104	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	6	356	100	6,0	14,0	26,0	46,0	74,0	110	140	156	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
9	4	406	115	8,0	18,0	36,0	62,0	99,0	126	160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	6	406	115	12,0	28,0	54,0	93,0	148	190	240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	6	456	135	15,0	34,0	67,0	116	135	195	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	8	456	135	20,0	46,0	90,0	154	180	260	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11	6	508	145	24,0	58,0	110	195	225	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	8	508	145	32,0	77,0	146	260	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
12	6	610	180	56,0	132	255	315	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	8	610	180	75,0	176	340	420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Примечание. См. в табл. VIII.2.

Основные размеры (в мм) муфты (рис. VIII.7)

Обозначение	A	B _{min}	B _{max}	C _{min}	C _{max}	D	E	F	G	H
1	100	12,7	22,2	57	66	117	54	57	3,2	3,2
2	127	19,0	32	70	82	143	62	63	4,8	4,8
3	152	25,4	38	76	81	155	70	76	4,8	4,8
4	178	28,6	44,4	85	100	181	80	80	4,8	4,8
5	203	28,6	54,0	92	117	195	84	100	4,8	4,8
6	254	38,1	70,0	100	146	228	92	127	4,8	4,8
7	304	41,2	80	136	184	268	100	152	8,0	6,3
8	356	48,0	100	155	210	303	114	178	8,0	6,3
9	406	57,0	114	171	228	348	127	203	8,0	9,5
10	456	63,5	133	190	260	384	135	228	11,0	9,5
11	508	70,0	146,0	210	286	428	143	254	12,7	12,7
12	610	80,0	178,0	254	343	495	165	304	12,7	12,7

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) определяются из выражений:

$$h = \frac{[\sigma]_n l^2}{6yE}; \quad b = \frac{3}{2} \frac{F_1 l}{h^2 [\sigma]_n},$$

где $F_1 = \frac{Gv_0^2}{gr}$ — центробежная сила, действующая на колодку при скорости v_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.

В табл. VIII.7 приведены основные данные муфты.

На рис. VIII.9 представлена колодочная муфта фирмы «Vulkan» в трех исполнениях: для соединения со шкивом плоскоремной передачи (рис. VIII.9, а); для соединения со шкивом клиноремной передачи (рис. VIII.9, б) и для соединения валов. Муфта состоит из ведущей полумуфты 1, выполненной в форме втулки с радиальными ребрами, колодок 2 с фрикционными накладками и ведомой полумуфты 4, выполненной либо в форме ступицы с цилиндрической частью, либо в форме шкива ремной передачи. По мере разгона ведущей полумуфты колодки под действием центробежных сил смещаются в радиальном направлении и прижимаются к рабочей поверхности ведомой полумуфты, создавая силу трения, необходимую для вовлечения во вращение ведомой полумуфты. Крышка 3 предохраняет колодки от осевых смещений. Конструкция муфты позволяет замену колодок без ее разборки, для этого достаточно снять крышку 3.

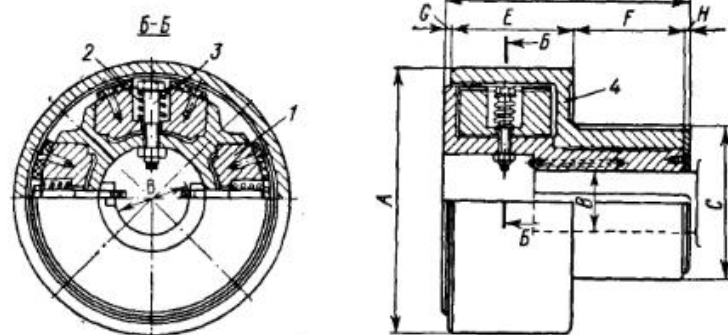


Рис. VIII.7. Муфта с колодками для соединения шкива с валом

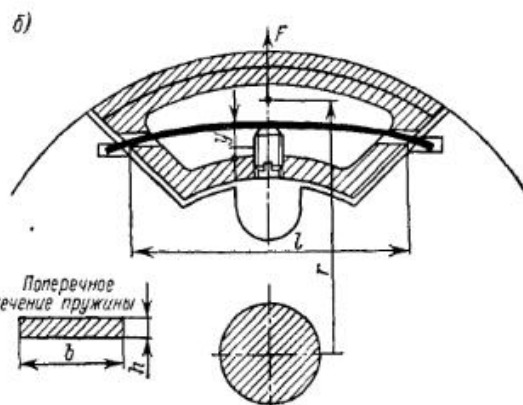
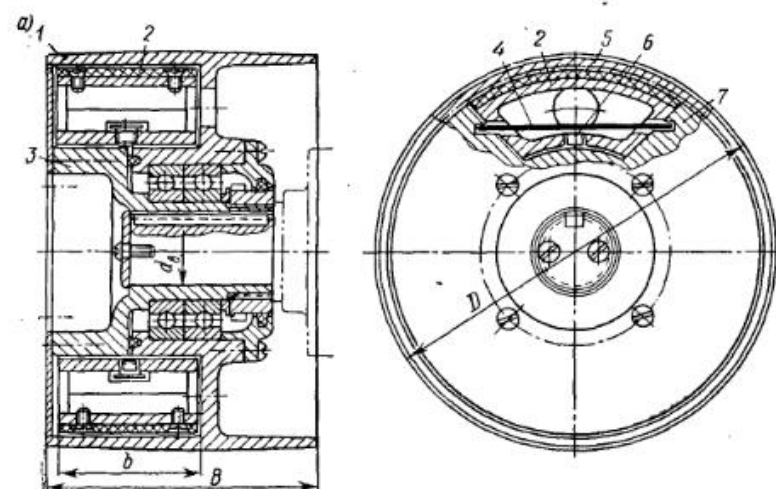


Рис. VIII.8. Колодочная муфта с пластинчатой пружиной

Мощность, передаваемая муфтами с пружинами (рис. VIII.7)

Обозначение	Количество колонок	Наружный диаметр	Диаметр отверстия	Вал	Мощность (в л. с.) при л в об/мин																		К							
					300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2500	3000								
1	4	100	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 075	0,11	0,15	0,2	0,26	0,33	0,41	0,5	0,62	0,9	1,2	2,4	4,0	15		
2	2	127	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,13	0,18	0,26	0,36	0,5	0,65	0,8	1,0	1,23	1,75	2,4	4,7	8,0	30		
3	4	152	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,36	0,52	0,72	1,0	1,3	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	5,8	11,2	20,0	72	
4	4	178	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,34	0,5	0,73	1,0	1,33	1,75	2,2	2,75	3,4	4,1	5,0	8,0	16,0	—	10	
5	2	203	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	0,85	1,3	1,9	2,5	3,3	4,4	5,5	6,9	8,5	10,2	15,0	20,0	25,0	—	25
6	4	254	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	1,7	2,5	3,7	5,0	6,7	8,7	11,0	13,7	17,0	20,5	29,0	40,0	50,0	—	50
7	3	304	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	2,5	4,0	6,0	8,5	11,5	15,5	20,0	25,0	32,0	39,0	45,0	—	—	—	70
8	6	356	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,1	3,5	7,0	12,0	19,0	28,0	40,0	56,0	74,0	96,0	120	—	—	—	—	118
9	4	406	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	5,0	10,0	16,0	26,0	40,0	57,0	78,0	104	—	—	—	—	—	—	154
10	6	456	135	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,2	7,6	15,0	25,0	40,0	60,0	86,0	118	157	—	—	—	—	—	—	234
11	8	508	145	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,3	15,0	29,0	50,0	80,0	120	170	220	—	—	—	—	—	—	—	355
12	6	610	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	19,0	37,0	63,0	100	150	180	—	—	—	—	—	—	—	—	570
	8			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,0	25,0	49,0	84,0	134	200	240	—	—	—	—	—	—	—	—	900
	8			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,0	30,0	58,0	100	160	242	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1310
	8			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,0	40,0	78,0	135	215	424	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,0	68,0	135	232	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,0	92,0	179	310	440	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. См. в табл. VIII.2.

Мощность, передаваемая муфтами без пружин (рис. VIII.7)

Обозначение	Количество колонок	Наружный диаметр		Диаметр отверстия		Мощность (в л. с.) при в об/мин															K*				
		мм	мм	мм	мм	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800		2000	2500	3000	
1	2	100	28	—	—	—	—	—	—	—	—	0,15	0,21	0,29	0,38	0,50	0,62	0,9	1,0	1,2	1,7	2,3	4,5	6,0	29
4	4	100	28	—	—	—	—	—	—	—	—	0,30	0,42	0,57	0,76	1,0	1,25	1,6	2,0	2,4	3,4	4,6	9,0	13,5	57
2	2	127	32	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	0,37	0,5	0,75	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5	3,0	4,2	5,5	11,0	—
4	4	127	32	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	0,74	1,0	1,5	2,0	2,6	3,2	4,0	5,0	6,0	8,4	11,0	22,0	—
3	2	152	38	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	0,9	1,3	1,8	2,4	3,1	4,0	5,0	6,1	7,5	10,5	14,5	16,5	—
4	4	152	38	—	—	—	—	—	—	—	—	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	—
2	2	178	44	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	1,5	2,3	3,3	4,5	6,0	7,8	10,0	12,5	15,5	18,5	21,0	23,5	—
4	4	178	44	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	3,0	4,6	6,6	9,0	12,0	15,6	20,0	25,0	31,0	37,0	42,0	47,0	—
5	2	203	54	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	1,7	2,7	4,1	5,9	8,0	10,5	14,0	18,0	22,0	27,0	30,0	34,0	—
4	4	203	54	—	—	—	—	—	—	—	—	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	—
6	2	264	70	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	2,7	4,6	7,4	11,0	16,0	22,0	29,0	37,0	40,0	42,5	—	—	—
4	4	264	70	—	—	—	—	—	—	—	—	2,8	5,4	9,2	14,8	22,0	32,0	44,0	58,0	74,0	80,0	85,0	—	—	—
7	3	304	80	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	3,2	6,3	11,0	17,0	25,0	36,0	50,0	56,0	56,0	—	—	—	—
6	6	304	80	—	—	—	—	—	—	—	—	2,6	6,4	12,6	22,0	34,0	50,0	72,0	100	112	112	—	—	—	—
4	4	356	100	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	9,0	17,0	30,0	50,0	72,0	100	112	112	—	—	—	—	—
6	6	356	100	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	14,0	26,0	46,0	74,0	110	140	156	—	—	—	—	—	—
9	4	406	115	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	18,0	36,0	62,0	99,0	126	160	—	—	—	—	—	—	—
6	6	406	115	—	—	—	—	—	—	—	—	12,0	28,0	54,0	93,0	140	190	240	—	—	—	—	—	—	—
10	8	456	135	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	34,0	67,0	116	135	195	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8	456	135	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0	46,0	90,0	154	180	260	—	—	—	—	—	—	—	—
11	6	508	145	—	—	—	—	—	—	—	—	24,0	58,0	110	195	225	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8	508	145	—	—	—	—	—	—	—	—	32,0	77,0	146	260	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	6	610	180	—	—	—	—	—	—	—	—	56,0	132	255	315	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	8	610	180	—	—	—	—	—	—	—	—	75,0	176	340	420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. См. в табл. VIII.2.

Основные размеры (в мм) и параметры муфты (рис. VIII.8)

$\frac{N}{n}$ в $\frac{\text{л. с.}}{\text{об/мин}}$	d_B	D	B	b	$\frac{N}{n}$ в $\frac{\text{л. с.}}{\text{об/мин}}$	d_B	D	B	b
0,23	20	100	75	45	2,100	50	180	125	70
0,330	30	125	75	60	5,600	65	230	165	80
0,870	40	150	100	65	14,00	80	280	180	90

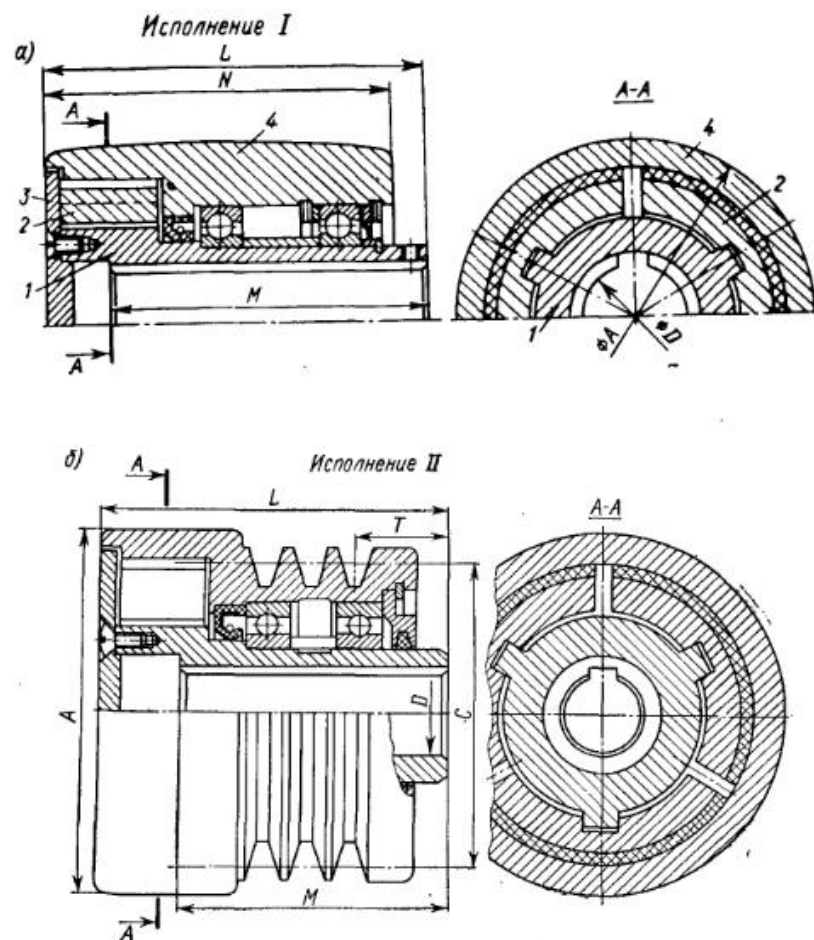


Рис. VIII.9. Колодочная муфта фирмы «Vulcan»

Основные размеры (в мм) муфт (рис. VIII.9)

Обозначение	Исполнение I (рис. VIII.9, а)					Исполнение II (рис. VIII.9, б)					
	A	D	L	M	N	A	C	D	L	M	T
S10	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19
S20	98	20	70	68	69	96	89	20	78	68	19
S30	98	20	70	68	68	96	89	20	78	68	19
S40	98	20	86	75	76	96	89	20	86	75	19
S50	98	20	93	75	83	96	89	20	93	75	19
S60	118	27	92	82	82	116	109	27	92	82	19
S70	118	27	91	87	87	116	109	27	97	87	19
S80	118	27	102	90	92	116	109	27	102	90	19
S90	118	27	107	90	97	116	109	27	107	90	19
A10	125	30	95	85	85	125	106	30	88	78	24,5
A20	125	30	100	90	90	125	106	30	88	78	24,5
A30	125	30	100	90	90	125	106	30	84	78	24,5
A40	125	30	100	86	90	125	106	30	94	80	24,5
A50	125	30	108	89	98	125	106	30	99	80	24,5
A60	125	30	113	89	103	125	106	30	104	80	24,5
A70	125	30	127	92	117	125	106	30	115	80	24,5
A80	125	30	136	92	126	125	106	30	126	80	24,5
B10	170	50	135	122	120	170	150	50	111	98	32,5
B20	170	50	135	122	120	170	150	50	117	104	32,5
B30	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
B40	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
B50	170	50	135	122	120	170	150	50	123	110	32,5
B60	170	50	145	123	130	170	150	50	130	110	32,5
B70	170	50	152	125	137	170	150	50	138	110	32,5
C10	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
C20	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
C30	220	80	165	152	150	220	225	80	146	133	30,5
C40	220	80	165	152	150	220	225	80	155	142	30,5
C50	220	80	165	152	150	220	225	80	172	159	30,5
C60	220	80	170	157	155	220	225	80	207	160	30,5
C70	220	80	175	160	160	220	225	80	207	160	30,5
D10	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
D20	240	90	235	200	220	240	315	90	179	160	45,5
D30	240	90	235	190	220	240	315	90	192	160	45,5
D40	240	90	235	180	220	240	315	90	205	160	45,5
D50	240	90	235	170	220	240	315	90	219	160	45,5
D60	240	90	249	160	234	240	315	90	233	160	45,5
D70	240	90	275	170	260	240	315	90	296	190	45,5
E10	290	110	305	285	290	290	450	110	218	200	48
E20	290	110	305	280	290	290	450	110	233	215	48
E30	290	110	305	265	290	290	450	110	252	220	48
E40	290	110	305	240	290	290	450	110	282	220	48
E50	290	110	305	220	290	290	450	110	317	220	48
E60	290	110	305	220	290	290	450	110	335	220	48

Таблица VIII.9
Мощность, передаваемая колодочными муфтами фирмы «Vulcan»

Обозначение	Q, в ккал	Мощность (в л. с.) при n в об/мин для соединения									
		валов				со шкивом плоскоремной передачи			со шкивом клиноремной передачи		
		750	1000	1500	3000	1000	1500	3000	1000	1500	3000
S10	6,55	—	—	0,2	1,55	—	0,2	1,55	—	0,2	1,55
S20	6,55	—	—	0,27	2,05	—	0,27	2,05	—	0,27	2,05
S30	6,55	—	0,115	0,39	3,15	0,115	0,39	—	0,115	0,39	—
S40	8,0	—	0,18	0,6	4,75	0,18	0,6	—	0,18	0,6	—
S50	10,2	—	0,232	0,78	6,3	0,232	0,78	—	0,232	0,78	—
S40	8,0	—	0,35	1,2	9,5	0,35	1,2	—	0,35	1,2	—
S70	9,5	0,13	0,47	1,6	12,7	0,47	1,6	—	0,47	1,6	—
S80	11,0	0,16	0,59	1,95	16	0,59	1,95	—	0,59	1,95	—
S90	12,45	0,195	0,71	2,4	19,5	0,71	2,4	—	0,71	2,4	—
A10	12,0	—	0,215	0,73	5,9	0,215	0,73	5,9	0,215	0,73	—
A20	12,0	—	0,3	1	8,1	0,3	1	8,1	0,3	1	—
A30	12,0	0,117	0,43	1,45	11,7	0,43	1,45	—	0,43	1,45	—
A40	14,4	0,16	0,59	1,95	16	0,59	1,95	—	0,59	1,95	—
A50	16,3	0,195	0,71	2,4	19,5	0,71	2,4	—	0,71	2,4	—
A60	18,35	0,235	0,85	2,9	23,5	0,85	2,9	—	0,85	—	—
A70	22,6	0,31	1,1	3,8	31	1,1	3,8	—	1,1	—	—
A80	26,9	0,39	1,42	4,85	39,5	1,42	4,85	—	1,42	—	—
B10	30,8	0,195	0,71	2,4	19,5	0,71	2,4	—	0,71	2,4	—
B20	35,7	0,25	0,92	3,1	23,5	0,92	3,1	—	0,92	3,1	—
B30	40,5	0,31	1,1	3,8	31	1,1	3,8	—	1,1	3,8	—
B40	40,5	0,44	1,6	5,4	44	1,6	—	—	1,6	5,4	—
B50	40,5	0,65	2,35	7,8	63	2,35	—	—	2,35	—	—
B60	46	0,78	2,8	9,5	76	2,8	—	—	2,8	—	—
B70	52,5	0,9	3,3	11,5	90	3,3	—	—	3,3	—	—
C10	77,5	0,65	2,35	7,8	63	2,35	7,8	—	2,35	7,8	—
C20	77,5	0,87	3,2	11	86	3,2	11	—	3,2	11	—
C30	77,5	1,28	4,7	16	125	4,7	16	—	4,7	16	—
C40	92,5	1,75	6,4	21,5	170	6,4	—	—	6,4	—	—
C50	121	2,55	9	31,5	230	9,3	—	—	9,3	—	—
C60	139	3	11	37	300	—	—	—	11	—	—
C70	151	3,5	12,8	43	345	—	—	—	12,8	—	—
D10	102,5	3,95	14,5	49	390	14,5	—	—	14,5	—	—
D20	123	5,5	20	67	540	20	—	—	20	—	—
D30	142	6,7	24,5	83	660	—	—	—	24,5	—	—
D40	161	7,9	28,5	97	770	—	—	—	—	—	—
D50	182	9,3	34	115	920	—	—	—	—	—	—
D60	202	10,8	39	130	1050	—	—	—	—	—	—
D70	241	13,5	50	165	1320	—	—	—	—	—	—
E10	115	8,6	31,5	105	840	31,5	—	—	31,5	—	—
E20	143	12,5	45	150	1200	45	—	—	45	—	—
E30	178	26,2	62	210	1685	—	—	—	62	—	—
E40	234	38	90	300	2420	—	—	—	—	—	—
E50	296	50	120	400	3265	—	—	—	—	—	—
E60	332	58	137,5	465	3730	—	—	—	—	—	—

* Теплоемкость муфты при однократном пуске в холодном состоянии.

В табл. VIII.8 приведены основные размеры муфты.

В табл. VIII.9 приведены значения передаваемой мощности при разных числах оборотов.

На рис. VIII.10, а 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

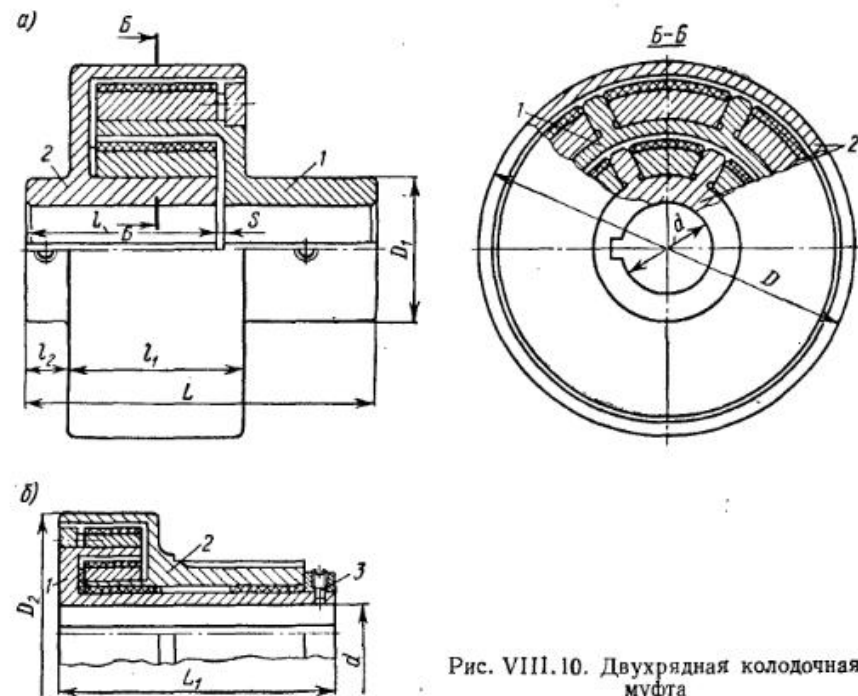


Рис. VIII.10. Двухрядная колодочная муфта

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 ремной 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.

В табл. VIII.10 приведены основные размеры муфты.

На рис. VIII.11 изображены два варианта колодочной муфты для соединения валов. При изменении направления вращения крутящий момент 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 и прижимают колодки

Таблица VIII.10

Основные размеры (в мм) и масса муфты (рис. VIII.10)

d	D	D_1	L	l	l_1	l_2	s	D_2	L_1	Масса в 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

к ведомой полумуфте. Благодаря шарнирам муфта обладает крутильной податливостью.

В табл. VIII.11 приведены основные размеры муфты.

Таблица VIII.11

Основные размеры (в мм) муфты (рис. VIII.11)

d	d_1	D	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	l_5	s	b
наибольший											
34,9	31,7	165	117	63	61,4	50	111	39,7	20,6	4,8	8,0
38,1	44,5	175	124	69	50,8	63	127	19,1	22,2	8,0	9,5
60,3	63,5	222	155	95	68,0	79	160	63,5	20,6	8,0	12,7
63,5	70,0	267	178	124	76,4	95	186	59,0	25,4	6,4	22,2
70,0	76,2	305	184	124	76,4	102	189	59,0	25,4	6,4	22,2
86,6	101,8	362	235	152	112,0	124	241	59,0	50,8	9,5	22,2
114,0	140,0	432	292	170	119,0	165	298	50,8	47,5	8,0	22,2
127,0	140,0	500	332	175	140,0	184	338	50,8	54,0	8,0	25,4
140,0	205,0	585	362	178	152,4	205	368	50,8	60,5	9,5	25,4

На рис. VIII.12 схематически изображена двухколодочная центробежная муфта. Она состоит из ведомого шкива 2, колодок 3 (с фрикционными накладками 4), поворачивающихся на пальцах 5. Последние закреплены в ведущей траверсе 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 дроби будет меняться величина передаваемого муфтой крутящего момента. Для засыпки дроби в колодках предусмотрены отверстия с пробками.

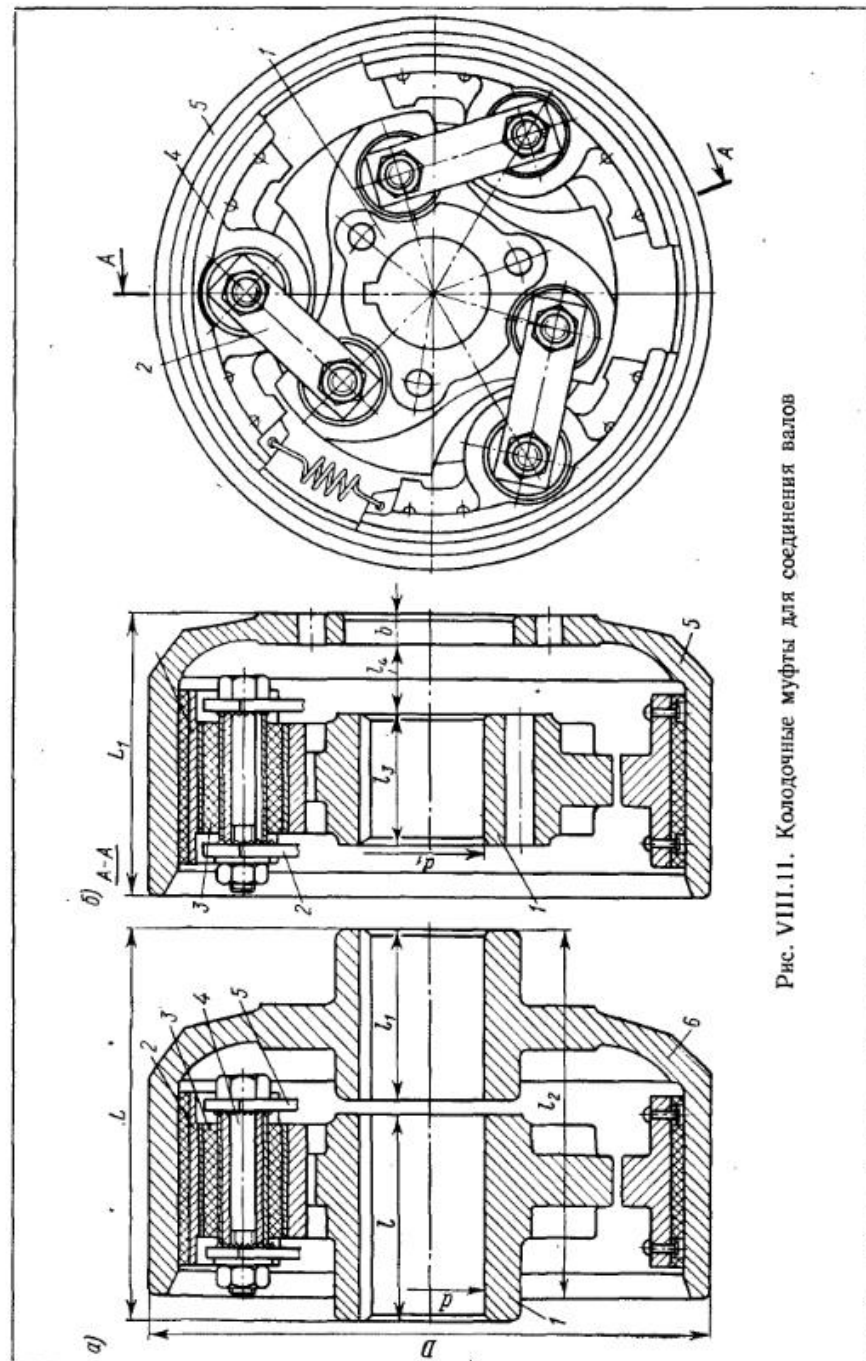


Рис. VIII.11. Колодочные муфты для соединения валов

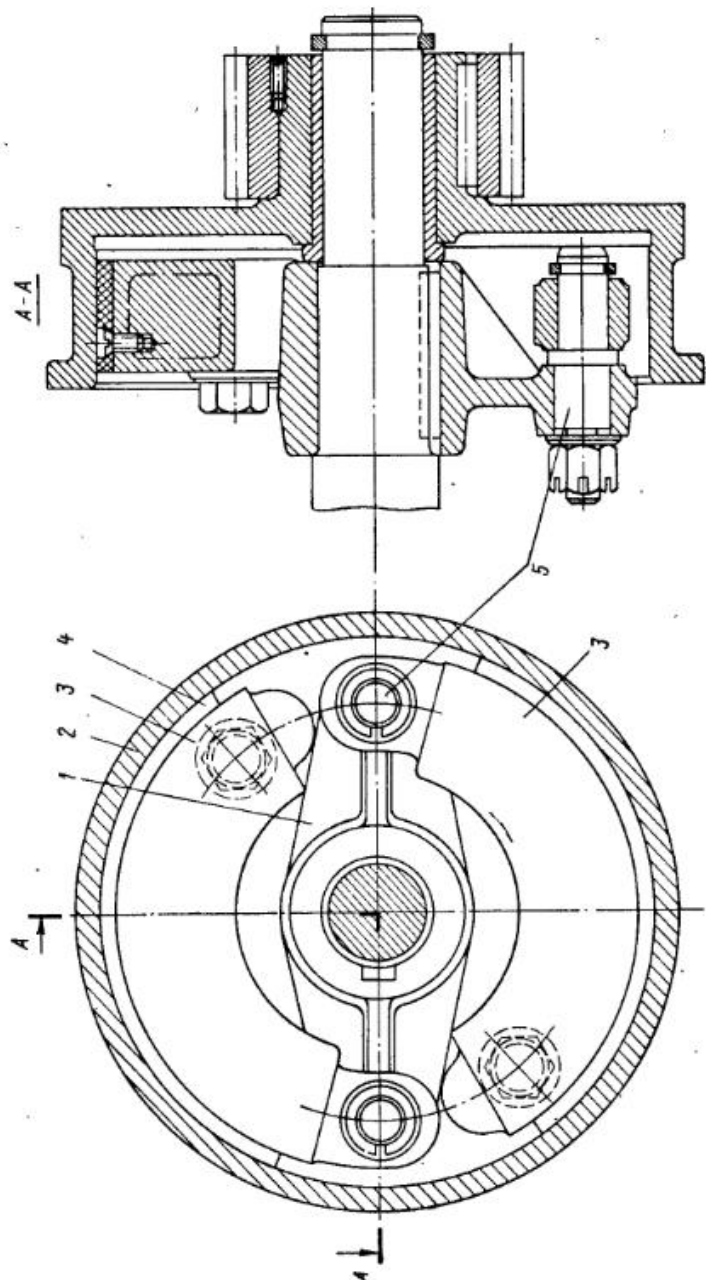


Рис. VIII.12. Двухлобчатая центробежная муфта

На рис. VIII.13 показана муфта такой же конструкции с добавлением пружин, регулирующих процесс включения муфт. График включения такой муфты дан на рис. VIII.14. Расчет муфт, приведенных на рис. VIII.12 и VIII.13, см. в [56].

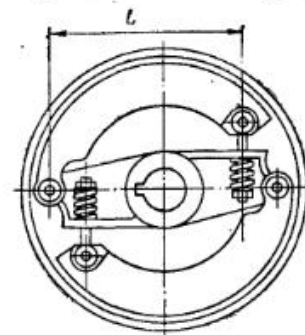


Рис. VIII.13. Двухлобчатая центробежная муфта с пружинами

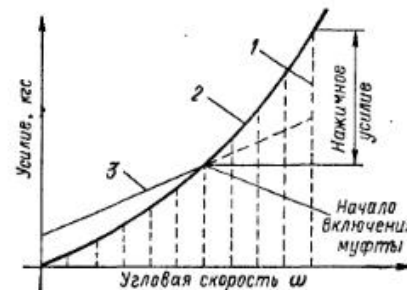


Рис. VIII.14. График включения муфты

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 габаритах способны передавать значительные крутящие моменты и с успехом могут при-

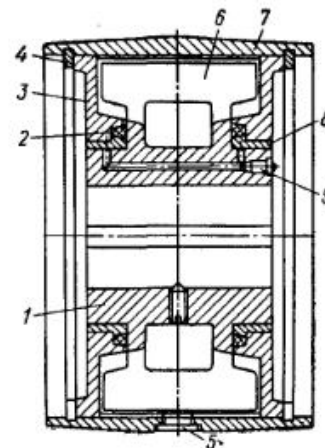


Рис. VIII.15. Муфта фирмы «A. Schutz» для шкива

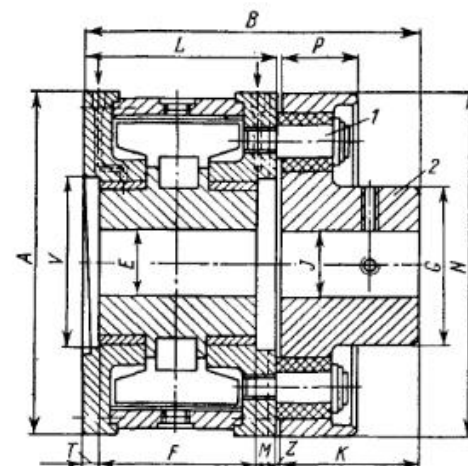


Рис. VIII.16. Муфта фирмы «A. Schutz» для соединения валов

меняться 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.15 представлена муфта фирмы «A. Schutz». Муфта состоит из ведущей полумуфты 1 с двумя диаметрально расположенными лопастями 6,

ведомой полумуфты 7, являющейся ободом шкива, 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 — ведомую полумуфту. 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 дробе становятся недостаточными и муфта пробуксовывает.

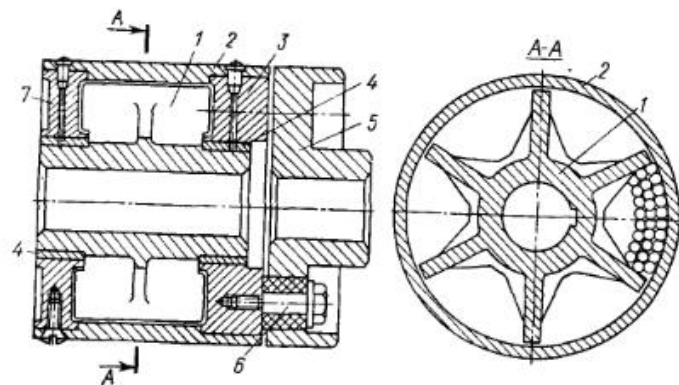


Рис. VIII.17. Муфта фирмы «Metalluk»

На рис. VIII.16 показано исполнение этой муфты для соединения валов. Оно отличается от первого исполнения тем, что ведомая полумуфта 2 состоит из цилиндрического корпуса (аналогичного детали 7 на рис. VIII.15) и фланцевой полумуфты с закрепленной на ведомом валу шпонкой. Фланцевая полумуфта соединена с корпусом через пальцы 1 с резиновыми втулками, что допускает неточность монтажа соединяемых валов.

В табл. VIII.12 приведены основные размеры муфты по рис. VIII.16.

Таблица VIII.12

Размеры (в мм) и масса муфты (рис. VIII.16)

Обозначение	A	B	L	P	G	N	V	T	F	M	z	K	E _{max}	J	Масса в 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

В табл. VIII.13 приведены габаритные размеры и техническая характеристика муфт обоих исполнений (рис. VIII.15 и VIII.16).

Таблица VIII.13

Параметры муфт (рис. VIII.15 и VIII.16)

Обозначение	Мощность (в л. с.) при n в об/мин					Вес в кг	
	500	750	1000	1500	3000	рис. VIII.15	рис. VIII.16
120	—	0,5—0,9	0,6—1,6	1,1—4,3	5—25	3,5	8
180	—	0,7—1,7	1,5—3,0	4—8,5	25—55	12	20
200	—	1,7—4	3,5—7,5	9—20	55—130	13	28,5
220	1—2,5	2,5—6	5—11	14—33	100—200	18	35
250	2,2—4	6—11	11—22	33—65	—	25	52
280	4—8,5	12—23	23—48	66—150	—	35	68
300	7,5—13	20—34	35—75	110—250	—	41	73
350	13—25	34—70	70—170	220—650	—	63	120
400	19—44	60—130	135—275	400—850	—	110	145
450	45—90	125—250	275—540	850—1600	—	160	200
500	90—160	250—490	535—1000	—	—	220	260
550	130—260	390—700	700—1600	—	—	270	400
600	210—400	580—1100	1280—1900	—	—	—	500
650	320—575	880—1750	1800—4150	—	—	—	650

На рис. VIII.17 изображена муфта фирмы «Metalluk», 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.

В табл. VIII.14 приведены основные размеры центробежной муфты (рис. VIII.18).

В табл. VIII.15 приведены номера муфт в зависимости от передаваемой мощности и частоты вращения.

На рис. VIII.19 представлена муфта фирмы «Stromag». 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 которое засыпается рабочая смесь. Деталь 6 устанавливается на ступице 1 на двух опорах качения. Уплотнение 2 предохраняет от попадания пыли в корпус.

Основные размеры (в мм) и масса муфты (рис. VIII.17 и VIII.18)

Обозначение	A	D	d ₁	d ₂	L	M	N	E	F	Масса в 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

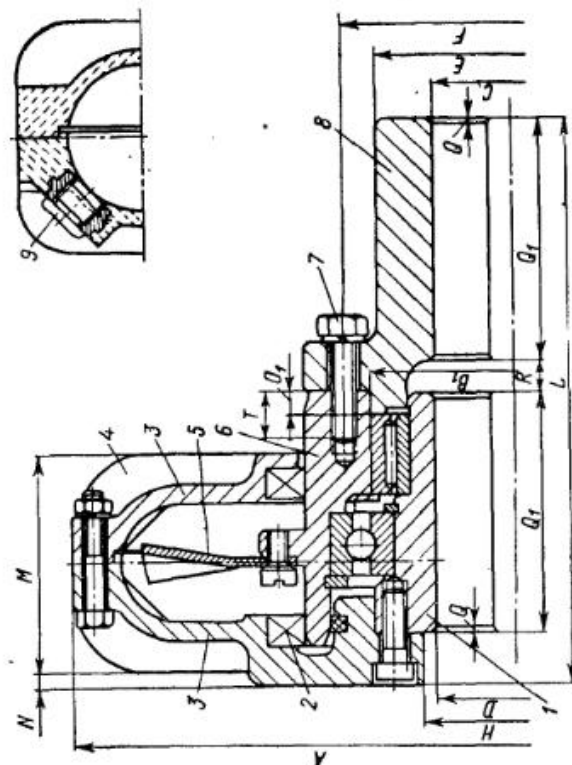


Рис. VIII.19. Муфта фирмы «Stroma»

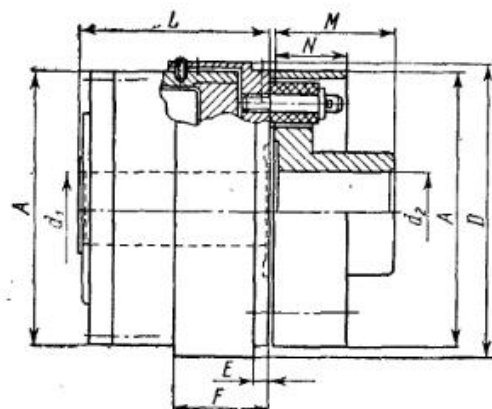


Рис. VIII.18. Центробежная муфта

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 2/3 рабочей смеси и запускают машину на малых оборотах, затем постепенно частями добавляют рабочую смесь до получения нужного времени разгона машины. С течением времени рабочая смесь изнашивается и ее следует заменять новой.

На рис. VIII.20 дана такая же муфта, соединяющая шкив ремонтной передачи (на чертеже не показан) 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 устанавливается на шпонке на ступице 6. Ступица 6 устанавливается на детали 1 на двух опорах качения с уплотнениями 2.

В табл. VIII.16 приведено число пусков муфты до замены рабочей смеси в зависимости от рабочей угловой скорости ведущей полумуфты и времени разгона машины.

В табл. VIII.17 приведены основные размеры и техническая характеристика муфты по рис. VIII.19 и VIII.20.

Передаваемые муфтами крутящие моменты и мощности в зависимости от рабочей частоты вращения определяется по номограмме, показанной на рис. VIII.21. Например, при $n = 1000$ об/мин и $H = 2,5$ кВт необходима муфта № 19, которая создаст крутящий момент 4 кгс·м.

Таблица VIII.15

Мощность, передаваемая муфтами. (рис. VIII.18)

Обозначение	Мощность (в л. с.) при n в об/мин					
	570	710	970	1450	1750	2950
85	—	—	0,1	0,36	0,63	2
110	—	—	0,4	1,35	2,38	7,5
135	—	0,36	0,9	3	5,3	15
165/1	0,3	0,6	1,5	4,7	7,6	25
165/2	0,5	0,95	2,4	8	14	40
215/1	1	2	5,2	17	30	80
215/2	1,5	3	7,5	25	44	120
265/1	2,8	5,4	14	45	79	200
265/2	4,1	8	20	66	116	300
315/1	8	12,5	32	103	181	350
315/2	10	19	48	156	275	550
360/1	16	30	77	250	440	600
360/2	24	45	117	380	670	900
415/1	40	75	190	600		
415/2	54	104	266	870		
500/1	77	150	376	1230		
500/2	112	216	550	1500		

Таблица VIII.16

Техническая характеристика муфт (рис. VIII.19, VIII.20)

Скорость двигателя в об/мин	Время пуска в с	Число пусков до замены рабочей смеси	Скорость двигателя в об/мин	Время пуска в 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

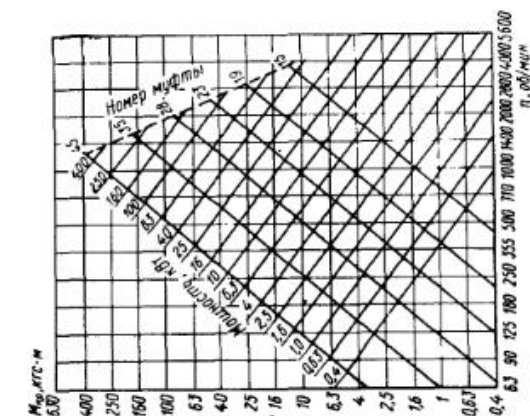


Рис. VIII.21. Зависимость крутящих моментов и мощностей муфт фирмы «Stromag» от частоты вращения

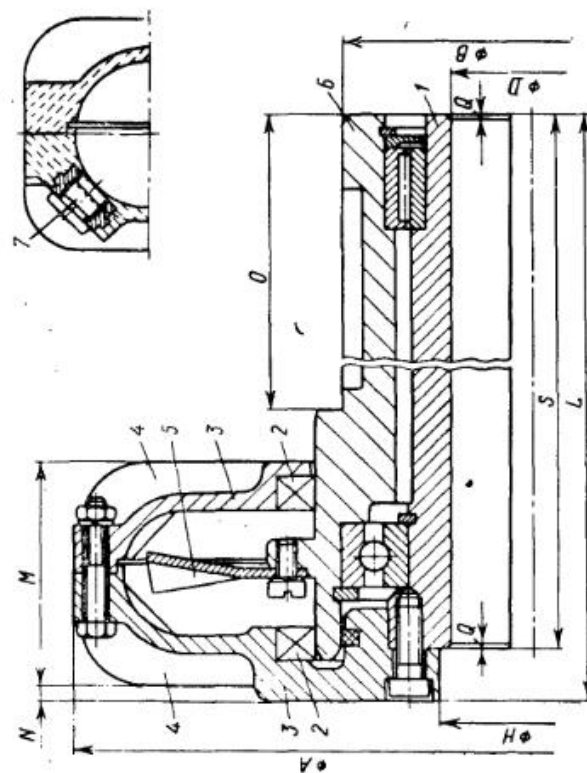


Рис. VIII.20. Муфта фирмы «Stromag» со шкивом

Размеры (в мм) и параметры

Обозначение	$M_{кр}$ в кгс-м при n в об/мин						A	B_1	B	$C_{ср}$	C_{max}	$D_{ср}$	D_{max}	E	F
	600	750	1000	1250	1500	3000									
15	—	1	1,6	2	3	9	180	57	78	20	30	20	30	55	70
19	2	2,8	4,5	6	8	25	220	72	95	25	40	25	40	70	90
23	5	7	11	15	21	—	275	90	115	30	50	30	50	85	106
28	12	18	28	40	55	—	330	105	135	35	60	35	60	100	140
35	36	55	90	115	160	—	410	130	165	45	80	45	80	130	170
45	125	180	280	380	—	—	520	175	220	60	105	60	105	170	220

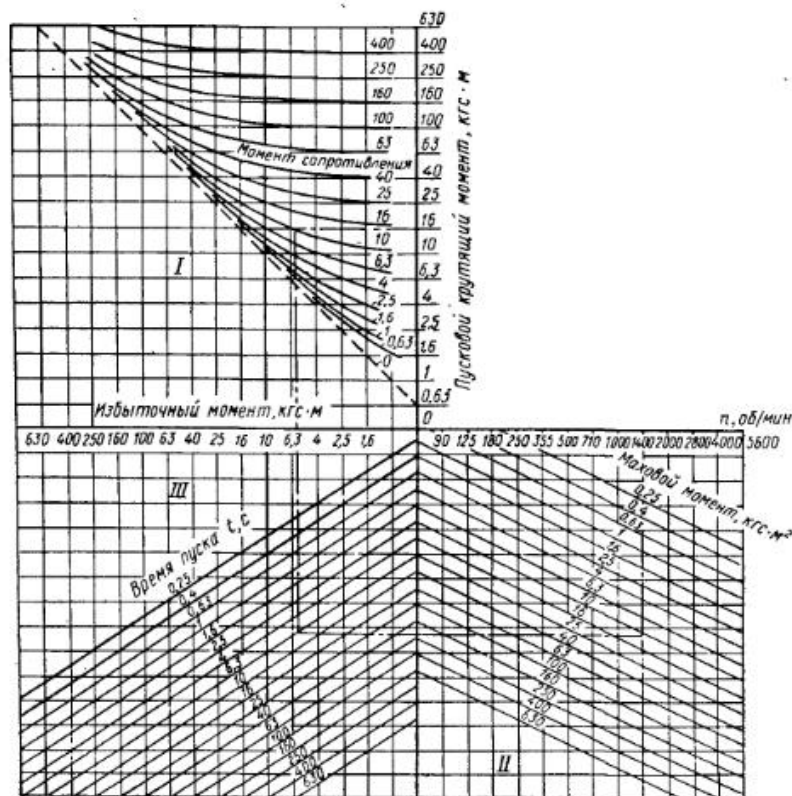


Рис. VIII.22. Зависимость времени разгона машины и избыточного крутящего момента от крутящего момента двигателя, момента сопротивления, частоты вращения и махового момента

муфты (рис. VIII.19, VIII.20)

Вид	H	L	M	N	Q_1	Q_2	R	O	Q	S	Предельное число об/мин	Максимальный вес рабочей смеси в кгс	Масса муфты без рабочей смеси в кгс	
													по рис. VIII.21	по рис. VIII.22
M6	38	125	47	5	3	55	5	42	$1 \times 45^\circ$	90	3800	0,9	6	6,5
M8	50	150	56	2	5	65	8	54	$1,5 \times 45^\circ$	113	3000	1,8	10	12
M10	58	175	67	5	7	75	10	90	$2 \times 45^\circ$	162	2500	3,3	15	18
M12	75	200	83	2	7	85	10	115	$2 \times 45^\circ$	185	2000	5,8	25	32
M12	96	240	100	8	10	100	15	180	$2 \times 45^\circ$	270	1600	10,5	45	60
M16	125	275	115	10	10	115	15	280	$2 \times 45^\circ$	380	1250	26,0	70	115

Время разгона машины и избыточный крутящий момент в зависимости от крутящего момента двигателя, момента сопротивления, рабочей частоты вращения и махового момента разгоняемых масс, определяются по номограмме, приведенной на рис. VIII.22. Например, при крутящем моменте двигателя $M_{кр} = 16$ кгс-м, моменте сопротивления $M_c = 10$ кгс-м, рабочей частоте вращения 1400 об/мин и маховом моменте $GD^2 = 10$ кгс-м² время разгона $t = 6$ с и избыточный крутящий момент, вызывающий ускорение машины, $M_{изб} = 6,3$ кгс-м.

3. ДРУГИЕ РАЗНОВИДНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МУФТ

На рис. VIII.23 показана центробежная муфта, которая может быть применена для привода двух механизмов с различными скоростями от двухскоростного двигателя.

Включение того или иного механизма производится муфтой автоматически, в зависимости от скорости ведущего вала. Муфта устроена следующим образом. На ведущем валу 1 при помощи шпонки закреплены диски 3, 8. Шкивы 2 и 4 установлены на валу свободно и вращаются на антифрикционных втулках 7 (ограничение перемещения шкивов в осевом направлении на чертеже не показано). У шкивов на внутренней цилиндрической поверхности ободьев имеются зубья, с которыми могут сцепляться собачки 11, 17, 12 и 14, вращающиеся на осях 5 и 9, закрепленных на диске 3. Пружины 6 и 10, собранные с различным предварительным натяжением, удерживают собачки от зацепления со шкивами при неподвижном валу.

Воздушные амортизаторы 16 и 15, соединенные с собачками штифтами, замедляют движение собачек к зубьям шкивов. Сопротивление движению зависит от величины выходного отверстия для воздуха в крышках 18 и 13 амортизаторов. Одновременно включение обоих шкивов невозможно из-за наличия на концах собачек блокирующих выступов (крючков). При вращении вала с меньшей скоростью 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.

Недостатком муфты является то, что включение происходит с ударом и для переключения механизмов необходима остановка ведущего вала.

На рис. VIII.24 и VIII.25 приводятся конструкции муфт, обеспечивающие плавное нарастание передаваемого крутящего момента. Они с успехом могут быть

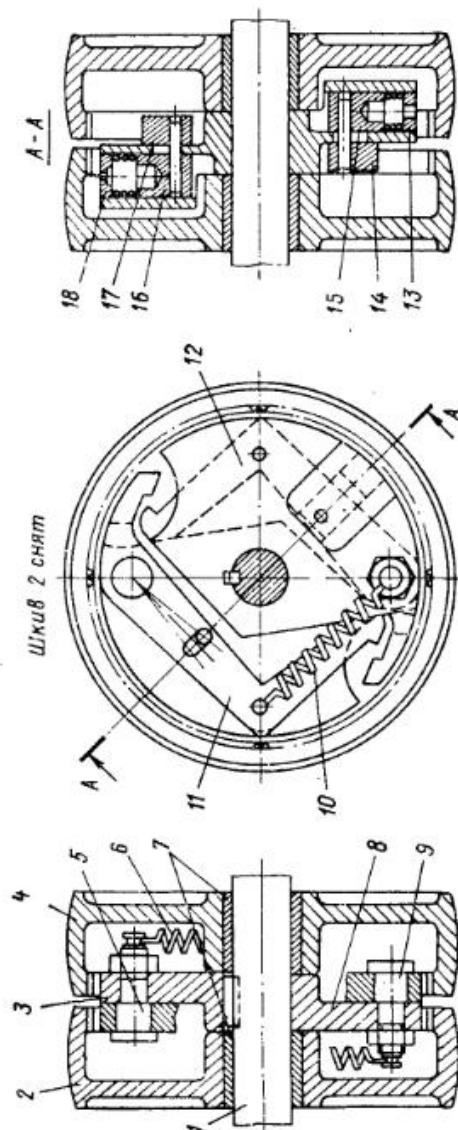


Рис. VIII.23. Центробежная муфта для привода от двухскоростного двигателя

применены в приводах ленточных транспортеров (для увеличения срока службы ленты натяжение ее при пуске не должно превышать номинальное более, чем в 1,5 раза) [56].

На рис. VIII.24 представлена схема муфты с гидравлическим замедлителем. Муфта состоит из ведомого шкива 1, ведущей полумуфты 7 с колодками 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

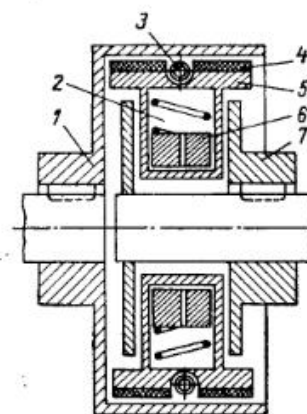


Рис. VIII.24. Муфта с гидравлическим замедлителем

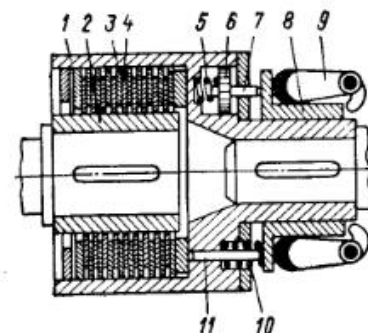


Рис. VIII.25. Многодисковая муфта с гидравлическими замедлителями

центробежной силы поршни преодолевают сопротивление пружины 3, и колодки раздвинуты. Длительность перемещения поршней и связанная с этим длительность периода сцепления муфты зависит от скорости перетекания масла и может регулироваться.

На рис. VIII.25 показана многодисковая фрикционная муфта с гидравлическими замедлителями, включаемая под действием центробежных сил.

Муфта состоит из ведущей части 1, ведомой части 2, дисков 3 и 4, рычагов с грузами 9, втулки 8, стержней 11 с пружинами 10, поршней замедлителя 6 со штоком 7 и пружиной 5. При разгоне ведущей части под действием центробежных сил рычаги 9 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.

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ МУФТ

Муфты с колодками

1. По заданному передаваемому крутящему моменту $M_{кр}$ ориентировочно определяется наружный диаметр муфты.
2. Конструктивно находятся 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 $M_{м}$. Если полученное значение $M_{м}$ значительно

отклоняется от заданного, корректируются размеры колодок в сторону увеличения или уменьшения их.

5. Производится проверка размеров колодок на удельное давление по формуле (VIII.6).

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,

$$F_1 = \frac{G}{g} \frac{\pi^2 r}{900} n_0^2 \text{ кгс.}$$

Частота вращения муфты n_0 , при которой муфта начинает включаться, принимается

$$n_0 = (0,7 \div 0,8) n_n.$$

Муфты с дробью

1. Приняв диаметр шариков ($d_{ш} = 2 \div 4$ мм), определяют наимыгоднейшую ширину рабочей части полости муфты $H = 2r$. Согласно экспериментальным данным [25] принимается $H = 25d_{ш}$.

2. Задан коэффициентом наполнения муфты шариками k_1

$$k_1 = 0,5 \div 0,7.$$

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 пусками значение $M_{д.н}$ не обязательно должно быть равным 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.

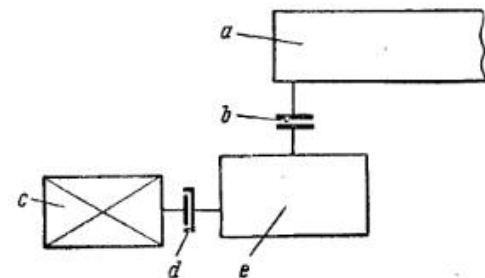


Рис. VIII.26. Схема привода транспортера

Пример 1. Рассчитать пусковую муфту d для соединения электродвигателя с редуктором c в приводе транспортера e (рис. VIII.26):

Исходные данные

Мощность электродвигателя N в кВт	25
Частота вращения электродвигателя n в об/мин	1450
Номинальный крутящий момент электродвигателя $M_{д.н}$ в кгс·м	17
Передаточное число редуктора i	80
Скорость транспортной ленты v в м/с	1,31
Производительность транспортера Q в кгс/с	125
Длина ленты транспортера l в м	300

1. Вес транспортируемого груза перед запуском транспортера

$$G = \frac{Ql}{v} = \frac{125 \cdot 300}{1,31} = 28\,650 \text{ кгс.}$$

2. Работа, затрачиваемая на ускорение транспортируемого груза до заданной скорости, пренебрегая весом движущихся частей,

$$A = \frac{mv^2}{2} = \frac{Gv^2}{2g} = \frac{28\,650 \cdot 1,31^2}{2 \cdot 9,81} = 2500 \text{ кгс·м.}$$

3. Маховой момент на валу электродвигателя

$$GD^2 = \frac{8Ag}{\omega^2} = \frac{8 \cdot 2500 \cdot 9,81 \cdot 900}{3,14^2 \cdot 1450^2} = 8,5 \text{ кгс·м}^2.$$

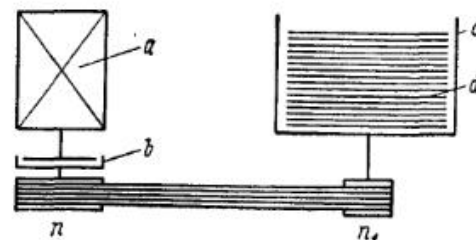


Рис. VIII.27. Схема привода центрифуги

4. Время разгона транспортера

$$t = \frac{GD^2 n}{375 M_{изб}} = \frac{8,5 \cdot 1450}{375 \cdot 5,0} = 6,5 \text{ с.}$$

где $M_{изб} = M_m - M_c = 17 - 12 = 5,0$ кгс·м — избыточный крутящий момент, вызывающий разгон транспортера; $M_m = M_n$ — 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·м.

Количество тепла, выделяемого муфтой при одном пуске,

$$Q = \frac{M_m \omega t}{2 \cdot 427} = \frac{43 \cdot 101 \cdot 150}{2 \cdot 427} = 760 \text{ ккал.}$$

Количество тепла, выделяемого муфтой при разгоне,

$$Q = \frac{M_m \omega t}{2 \cdot 427} = \frac{17 \cdot 152 \cdot 6,5}{2 \cdot 427} = 20 \text{ ккал.}$$

Пример 2. Проверить правильность выбора электродвигателя a для привода мощной центрифуги (рис. VIII.27):

Исходные данные

а) для электродвигателя	
Мощность N в кВт	21
Угловая скорость n в об/мин	970
Номинальный крутящий момент $M_{ном}$ в кгс·м	21
б) для центрифуги	
Угловая скорость n_1 в об/мин	1200
Маховой момент барабана в кгс·м ²	1125
Маховой момент наполнителя GD^2 в кгс·м ²	318
Потребное время разгона t в с	150
Передаточное отношение i	1/1,24
Момент сил сопротивления, приведенный к валу электродвигателя M_c в кгс·м	5

Маховой момент центрифуги, приведенный к валу электродвигателя,

$$GD_{\text{пр}}^2 = \sum \frac{GD_i^2}{i^2} = 1443 \cdot 1,54 = 2220 \text{ кгс} \cdot \text{м}^2.$$

Крутящий момент, вызывающий разгон в течение заданного времени,

$$M_{\text{изб}} = \frac{\sum GD_{\text{пр}}^2 n}{375t} = \frac{2220 \cdot 970}{375 \cdot 150} = 38 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

Необходимый номинальный крутящий момент

$$M_{\text{ном}} = M_{\text{м}} = M_{\text{изб}} + M_{\text{с}} = 38 + 5 = 43 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

Следовательно, первоначально выбранный электродвигатель не подходит. Необходим электродвигатель с номинальным крутящим моментом $M_{\text{ном}} = 43 \text{ кгс} \cdot \text{м}$.

Глава IX

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 собой сочетание зубчатой муфты с упругой втулочно-пальцевой. Таким образом, она наряду с нечувствительностью к смещениям осей соединяемых валов осуществляет плавную передачу крутящего момента. 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

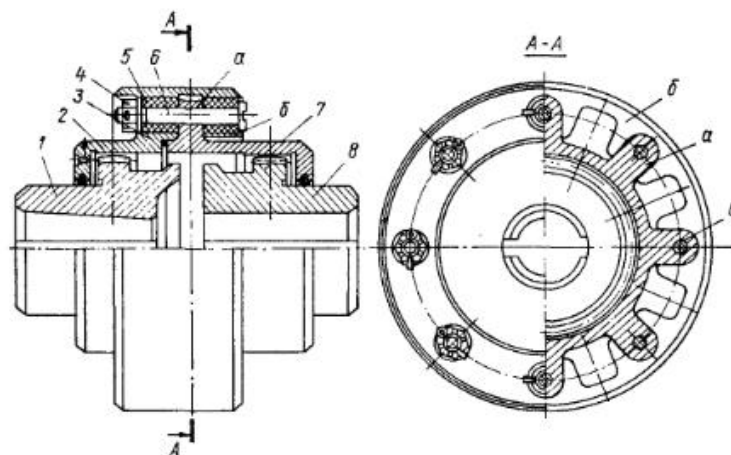


Рис. IX.1. Упругая зубчатая муфта П. К. Гедыка

имеет во фланце внутреннюю кольцевую проточку, в которую входит диск *a* обоймы 7. Бурт *b* 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, в центре которых расположены отверстия под пальцы 6. При сборке центровка осуществляется при помощи буртика обоймы 7, при этом зубья диска *a* необходимо расположить между зубьями бурта *b*, 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 МН 2096—64, 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 [56]

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 вес 1 м ленты шириной b (помещающейся в одной полумуфте) обозначить через q кг/м, то при вращении полумуфты 2 с лентой длиной $2\pi R$ с частотой вращения n (в об/мин) лента будет прижиматься к внутренней поверхности полумуфты с силой

$$C = \frac{mV^2}{R} = \frac{q}{g} \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 R^2 2\pi,$$

где g — ускорение силы тяжести в м/с²; R — радиус средней цилиндрической поверхности резиновой ленты в м.

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, в кгс·м:

$$M = fCR = 0,007qn^2R^2.$$

С другой стороны, имеем

$$M_{кр} = 716,2 \frac{N}{n} 1,36,$$

где N — мощность в кВт.

Приравняв правые части обоих равенств, будем иметь

$$0,007qfn^2R^2 = 716,2 \cdot 1,36 \frac{N}{n}.$$

Рис. IX.2. Упругая центробежная муфта Т. Г. Рыбчевского

Средний диаметр резиновой ленты $D = 2R$, тогда из полученного равенства можно найти величину D

$$D = \frac{104}{n} \sqrt[3]{\frac{N}{fq}}.$$

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 $f = 0,6$.

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, облегающие 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 лентой в отдельности.

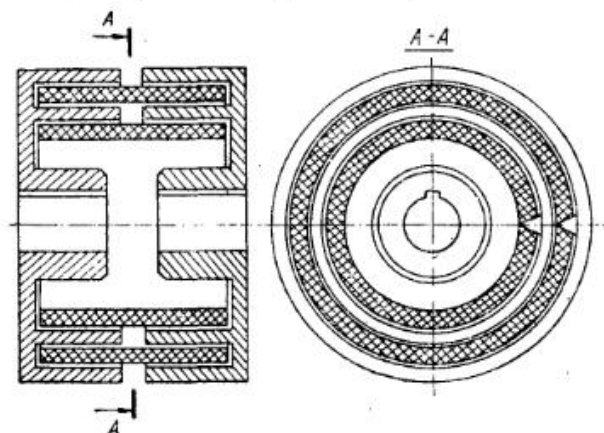


Рис. IX.3. Упругая центробежная муфта с двумя резиновыми лентами

Таблица IX.

Диаметры муфты инж. Т. Г. Рыбчевского (D по рис. IX.2)

N в кВт	$q = 0,5$ кгс/м при n об/мин			$q = 2$ кгс/м при n в 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

3. УПРУГО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ МУФТА «ЭЛЬСИ»

На рис. IX.4 показана упруго-предохранительная муфта «Эльси», конструкция которой аналогична муфте «Карделис» (см. рис. III.20). Муфта снабжена коническим фрикционным механизмом. Кроме предохранительных свойств она обладает всеми положительными качествами муфты «Карделис» и выполняется в различных конструктивных вариантах, например в сочетании с маховиком, шкивом ременной передачи и т. п.

В табл. IX.2 приведены основные размеры и параметры этой муфты.

Муфта хорошо зарекомендовала себя в приводах металлургического оборудования и дробильных машин.

На рис. IX.5 представлена разновидность этой конструкции, а в табл. IX.3 даны ее размеры.

Таблица IX.2

Размеры (в мм) и параметры муфты «Эльси» по рис. IX.4

$\frac{N}{n} \cdot C$	$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	D	D_N	d_{max}	L	z_1	B	B_1	G в кг	GD^2 в 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	119,6
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

Таблица IX.3

Основные размеры и параметры муфты (рис. IX.5)

$\frac{N}{n} \cdot C$	$M_{кр}$ в кгс·м	n_{max} в об/мин	D	D_N	d_{max}	L	z_1	B	B_1	Масса в кг	GD^2 в 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

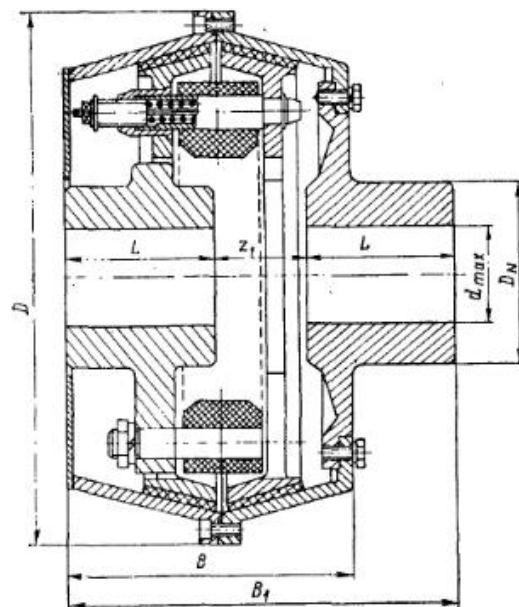


Рис. IX.4. Упруго-предохранительная муфта «Эльси»

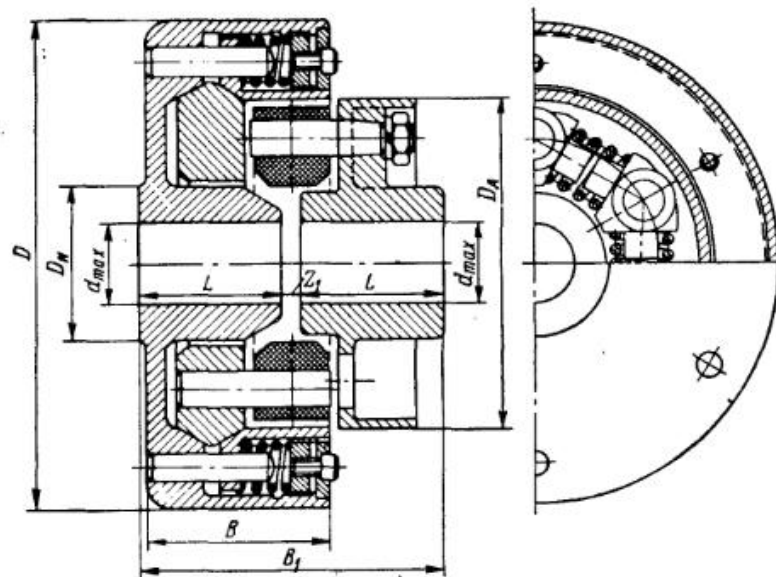


Рис. IX.5. Разновидность упруго-предохранительной муфты

4. УПРУГО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МУФТЫ

Представленная на рис. IX.6 конструкция является сочетанием центробежной муфты с дробью и описанной выше упругой муфты с торообразной оболочкой. Ее основные размеры и техническая характеристика приведены в табл. IX.4.

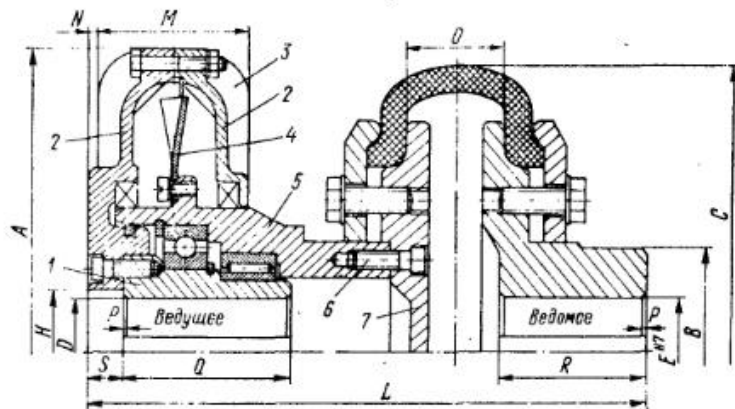


Рис. IX.6. Упруго-центробежная муфта

Центробежная муфта состоит из ступицы 1, корпуса 2 из легкого 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 по-

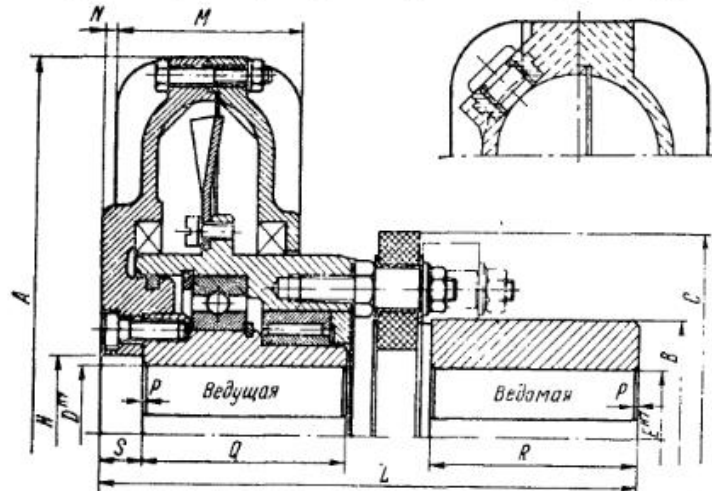


Рис. IX.7. Разновидность упруго-центробежной муфты

лость заполняется рабочей смесью из крошки стальной проволоки с графитом. По мере разгона центробежная сила увлекает диск 4 и ведомый вал.

На рис. IX.7 представлена такая же центробежная муфта в сочетании с упругой муфтой с резиновым диском. Размеры центробежной муфты могут быть взяты из табл. IX.4.

Таблица IX.4

Размеры (в мм) и параметры упруго-центробежной муфты (рис. IX.6, IX.7)

M _{кр} в кгс·м при n в об/мин					A	D	H	M	N	P	Q	S	n об/мин	Масса дроби в кг	B	C	E	L	R	Масса муфты без дробин в кг	
600	750	1000	1200	1500																	3000
—	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

Таблица IX.5

Размеры (в мм) упруго-предохранительной муфты (рис. IX.10)

M _{кр} в в кгс·м		D	D ₁	L	d	d ₁		d ₂	d ₃	t	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
						наибольший										
номин.	наб.															
	3	6	125	147	15	25	30	45	35	99	15	40	40	51	18	
	5	10	125	179	22	35	35	60	47	107	15	53	47	51	35	
	10	25	210	212	34	50	50	80	59	127	15	67	58	58	38	
	25	55	210	254	45	60	60	95	67	155	15	77	65	76	44	
	40	90	270	282	50	70	70	115	75	172	20	92	75	79	48	
90	200	320	315	65	90	90	175	95	181	20	113	80	84	50		

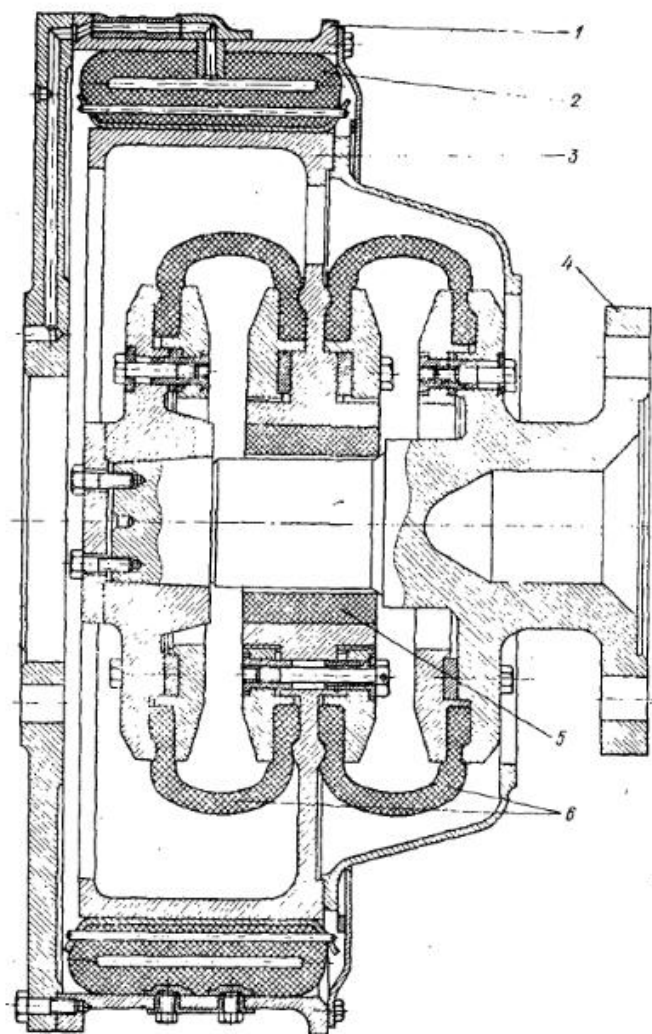


Рис. IX.8. Комбинированная упруго-разобщительная муфта

5. КОМБИНИРОВАННАЯ УПРУГО-РАЗОБЩИТЕЛЬНАЯ МУФТА

Инженерами Коломенского тепловозостроительного завода им. В. В. Куйбышева разработана конструкция муфты (рис. IX.8), сочетающей свойства шинно-пневматической муфты со свойствами упругой муфты с торообразной оболочкой.

В предлагаемой конструкции мощность передается с ведущей полумуфты 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 6. В предлагаемой конструкции мощность, передаваемая ведомому валу, раздваивается: через каждую торообразную оболочку передается приблизительно половина мощности, что дает возможность уменьшить габариты резино-кордных элементов. Введение в конструкцию муфты плавающей опоры 5 обеспечивает возможность компенсации всевозможных смещений осей соединяемых валов, а также уравнивание 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.

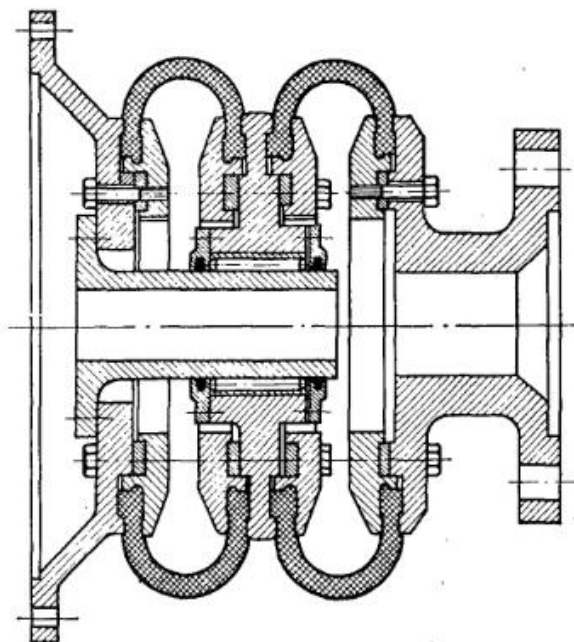


Рис. IX.9. Муфта высокой податливости

Применение двух последовательно расположенных муфт с торообразной оболочкой дает возможность практически в два раза увеличить крутильную податливость муфты без изменения нагрузочной способности. Кроме того, наличие плавающей опоры у рассматриваемой комбинированной муфты обеспечивает практическую разгрузку соединяемых валов и их опор от осевых сил, возникающих в каждой отдельной торообразной оболочке.

7. УПРУГО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ МУФТЫ

На рис. IX.10 показана упругая муфта с торообразной оболочкой в сочетании с фрикционной предохранительной муфтой.

В табл. IX.5 приведены основные размеры и передаваемые моменты этой муфты.

На рис. IX.11 изображен другой вариант конструкции такой же муфты, а в табл. IX.6 — ее размеры.

Таблица IX.6

Размеры (в мм) упруго-предохранительной муфты (рис. IX.11)

$M_{кр}$ в кгс·м		D	L	d_{max}	d_1	l	l_1	l_2	l_3
номин.	каб.								
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. 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. Предохранительное фрикционное устройство смонтировано в полумуфте 7. 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

Таблица IX.7

Размеры (в мм) и параметры предохранительной муфты
П. К. Гедыка (рис. IX. 12)

D	d_A	d_1	B	l	L	D_1	D_2	K	C	f	Число пальцев	Номиналь- ный крутя- щий момент в кгс·м	GD^2 в кгс·м²	Масса в кг	
														общая	в том числе цветного металла
200	35	60	85	62	100	160	110	40	3	2,5	4	5; 7; 5; 12	0,338	15,2	1,53
250	40	75	90	82	100	190	140	40	3	2,5	6	15; 20	0,79	21	2,75
300	50	90	90	85	110	240	175	55	4	3	4	25	1,82	38	3,2
400	70	120	120	115	150	295	210	70	5	4	6	50; 75; 100	8,19	100	10,2
500	80	160	200	145	200	365	265	82	6	4	6	150; 200	26,5	196	21,6
600	100	185	200	175	260	445	325	105	7,5	4	6	350; 500	73	358	48
700	110	200	250	175	270	500	380	105	7,5	5	6	600	133,5	427	65,3
760	125	230	270	210	290	570	450	105	7,5	5	8	675; 900	194	568	70

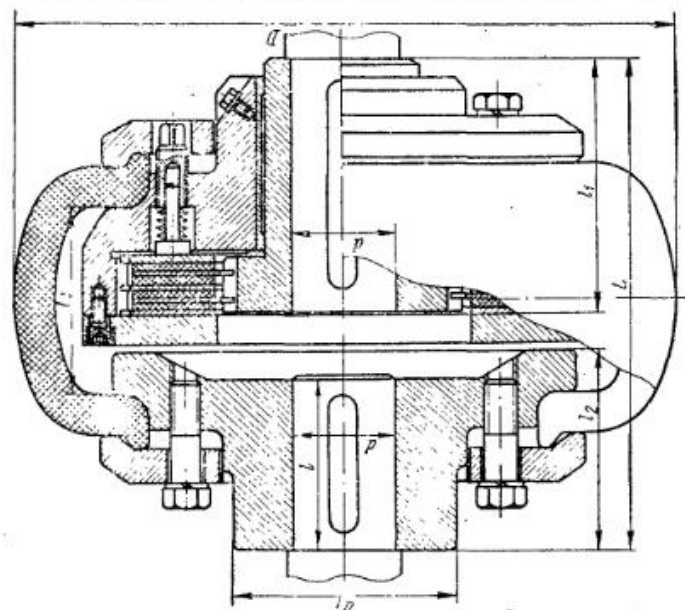


Рис. IX.11. Упруго-предохранительная муфта с дисками внутри оболочки

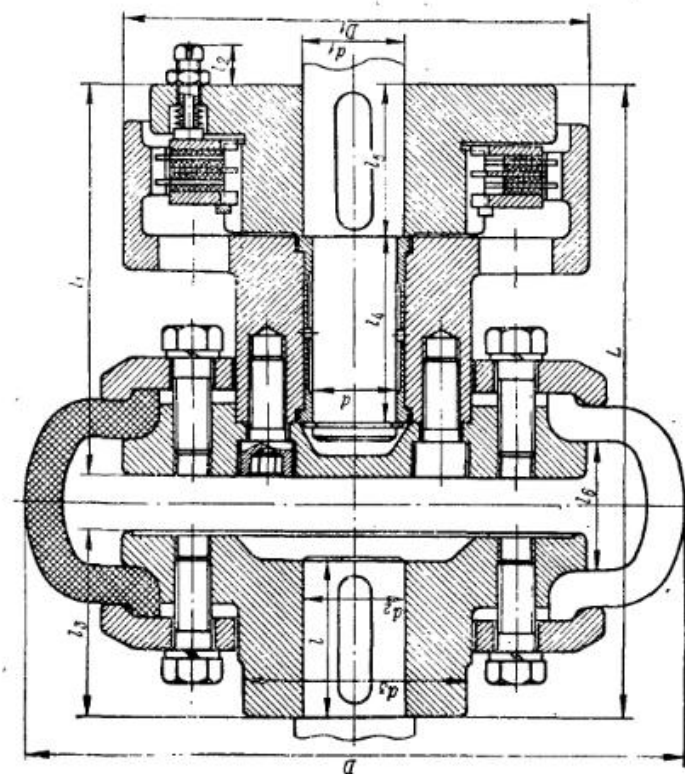


Рис. IX.10. Упруго-предохранительная муфта

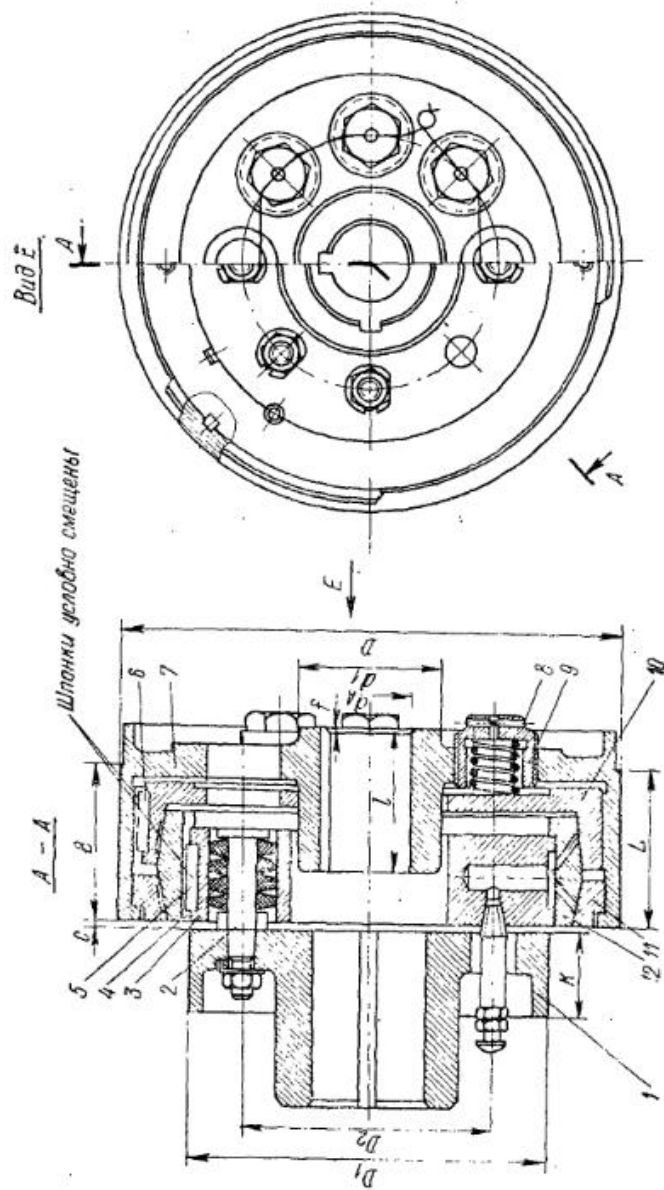


Рис. IX.12. Предохранительная фрикционная муфта П. К. Гедыка

раздельно друг от друга. Двойной конус охватывается с двух сторон нажимным конусом 10 и упорным 11. Упорный конус крепится в полумуфте 7 с 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 стакане 9, посредством которых производится регулировка натяга пружины. Для возможной смены резиновых колец 4 в полумуфте 7 и нажимном конусе 10 предусмотрены окна.

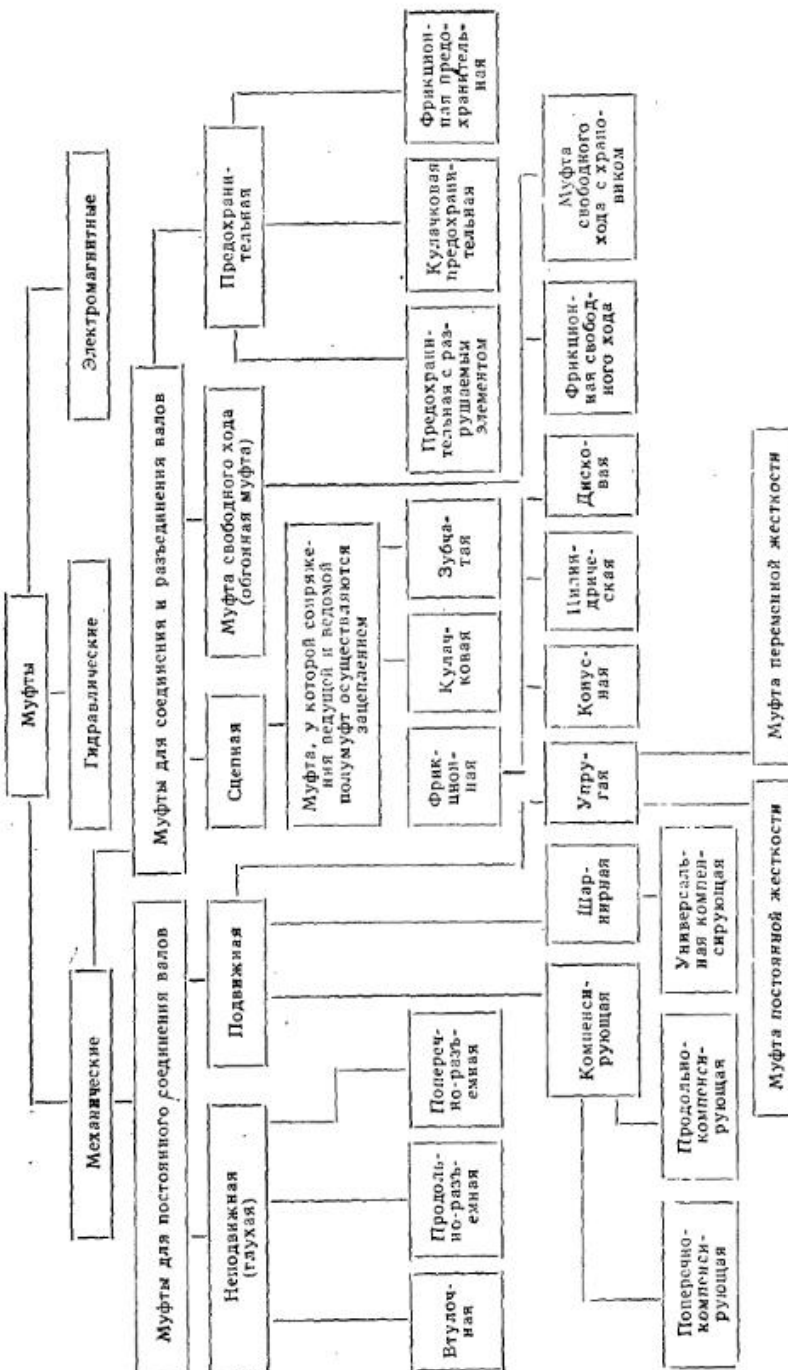
Смазка муфты производится двумя пружинными масленками.

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 Бр. ОЦН 10—2—1,5, нажимной и упорный конусы — из стали 40Х с термообработкой до $HV\ 290-300$.

Размеры муфты П. К. Гедыка приведены в табл. IX.7.

Классификация муфт



Значения коэффициента режима k

Машины	Род двигателя			Особые случаи
	турбо-машина	электро-двигатель	поршневой двигатель	
Динамомашины	1—1,5	1—2	1,5—2,5	
Центробежные насосы	1,25	2—3	3—5	
Воздуходувки	1—1,5	1,25—2,0	2,25—3,5	
Поршневые насосы простого действия (число цилиндров ≥ 3)	—	2,0—3,5	5—6	
Поршневые насосы двойного действия (число цилиндров ≥ 2)	—	1,75—3,0	4—5	
Деревообделочные станки, ременные или цепные транспортеры	—	1,5—2,0	—	
Текстильные машины	—	—	—	1,5—2,0
Поршневые компрессоры	1,5	2,25—3,5	4	
Прокатные станы:				
муфта между мотором и маховиком	—	—	—	2,5
муфта между маховиком и станом	—	—	—	5—6
муфта между мотором и станом	—	—	—	4
рольганги	—	—	—	4
Металлорежущие станки	—	1,25—2,5	—	
Станки с приводом от трансмиссии	—	—	—	1,5
Реверсивная передача у строгального станка	—	—	—	3
Мельницы-дробилки:				
муфта между мотором и передачей	—	—	—	2,5
муфта между передачей и машиной	—	—	—	4
Краны, подъемники, элеваторы	—	3—5	—	
Автомобили	—	—	—	1,2—1,5

Приложение III

Значения коэффициентов k_1 и k_2
для определения коэффициента k режима работы

Двигатели (силовые машины)	k_1
Электродвигатели, приводы с гибкими валами	~0,25
Паровые турбины	~0,3
Водяные турбины	~0,5
Паровые машины	~0,75
Двигатели внутреннего сгорания шестицилиндровые	~0,4
» » » четырехцилиндровые	~0,5
» » » трехцилиндровые	~0,6
» » » двухцилиндровые	~0,8
» » » одноцилиндровые	~1,2
Рабочие машины	k_2

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 деревоотделочные станки, небольшие металлообрабатывающие станки, небольшие текстильные машины, гибочные машины для жести, ленточные транспортеры и подъемники ~1,2

С средними ускоряющимися массами

Кольцепрядильные машины, трепальные машины, шпиги, 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, ножницы, 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 поставы, 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

Лесотаски, 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, волочильные станы и истряхивающие (формовочные) машины ~2,0

С большими ускоряющимися массами
и весьма большими ударными нагрузками

Шаровые и барабанные мельницы для цементной промышленности, вальцы для резины, поршневые насосы без маховиков, сушильные цилиндры и каландры для бумажной промышленности, горизонтальные и многопильные лесопильные рамы, тяжелые прокатные станы для металлов ~2,8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Г. В., Леринман С. М. Управление буровыми установками Уралмашзавода. Л., Гостехиздат, 1956, 236 с.
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. ЦНИИТЭ-нефтегаз, 1965, с. 5—10.
3. Аносов Ю. И. Электромагнитные муфты. М., Оборонгиз, 1952, 72 с.
4. Ачеркан Н. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. М., Машгиз, 1944, 477 с.
5. Базанов А. Ф., Буланов А. А. Экспериментальное исследование фрикционной вальцованной ленты. — «Механизация строительства», 1953, № 4, с. 3—8.
6. Бейзельман Р. Д., Цыпкин Б. В., Перель Л. Я. Подшипники качения. Справочник. М., «Машиностроение», 1967, 563 с.
7. Бидерман В. Л. и др. Автомобильные шины. М., Госхимиздат, 1963, 383 с.
8. Борисов С. М. Пневмокамерные фрикционные муфты. М., «Машиностроение», 1971, 183 с.
9. Бортковский К. А. Как подобрать вес колодки центробежной муфты привода центрифуги. — «Сахарная промышленность», 1956, № 5, с. 17—21.
10. Быховский М. Л. К вопросу о динамике машин с электроприводом СТММ. — В сб. трудов института машиноведения, 1958, т. 18, вып. 71, с. 42—60.
11. Вейц В. Л. Динамика машинных агрегатов. Л., «Машиностроение», 1969, 368 с.
12. Вейц В. Л., Доброславский В. Л. Расчет станочных приводов при периодической нагрузке. — «Станки и инструмент», 1961, № 3, с. 20—25.
13. Виленский Б. А., Поляков В. С. Влияние характеристики электродвигателя на резонансную частоту агрегата с нелинейной упругой муфтой — «Машиноведение», 1967, № 4, с. 39—42.
14. Воробьева Т. М. Электромагнитные муфты. М., Госэнергоиздат, 1960, 207 с.
15. Вульфсон И. И., Коловский М. З. Нелинейные задачи динамики машин. Л., «Машиностроение», 1968, 282 с.
16. Гапоун Д. Т. Фрикционы автоматических коробок передач. М., «Машиностроение», 1966, 106 с.

344

17. Гедык П. К. Муфты новых и улучшенных конструкций. — В кн.: Конструирование машин и оборудования, Москва—Свердловск, Машгиз, 1952, с. 57—76.
18. Гедык П. К. Эластичная муфта с пружинами. — В кн.: Конструирование машин и оборудования. Москва—Свердловск, Машгиз, 1952, с. 78—81.
19. Гутьяр Е. М. К теории и расчету центробежных муфт. — В сб. трудов Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства. М., Машгиз, 1956, т. 2, с. 123—130.
20. Давыдов Б. Л. Расчет цепных муфт. — В сб. трудов Харьковского горного института. 1955, т. 2, с. 95—102.
21. Детали машин. Справочник. В 3-х т. Под ред. Н. С. Ачеркана. Т. 2. М., «Машиностроение», 1969, 560 с.
22. Детали машин. Атлас конструкций. Под ред. Д. Н. Решетова. М., «Машиностроение», 1968, 360 с.
23. Дмитриев В. А. Детали машин. Л., «Судостроение», 1970, 790 с.
24. Добровольский В. А. и др. Детали машин. М., Машгиз, 1962, 601 с.
24. Добровольский В. А. и др. Детали машин. М., Машгиз, 1962, 601 с.
25. Дьяченко С. К. и Киркач Н. Ф. Предохранительные муфты. Киев, Гостехиздат, 1962, 120 с.
26. Зильберман А. С. К расчету муфт Бибби. — «Советское котло-турбостроение», 1936, № 8, с. 17—21.
27. Иванов М. Н. Детали машин. М., «Высшая школа», 1967, 430 с.
28. Иванов Е. А. Некоторые новые конструкции компенсационно-упругих и предохранительных муфт приводов. — «Вестник машиностроения», 1953, № 6, с. 32—39.
29. Иванов Е. А. Муфты приводов. М., Машгиз, 1959, 348 с.
30. Ильский А. Л. Расчет и конструирование бурового оборудования. М., Гостехиздат, 1962, 636 с.
31. Клубник П. Ф. Электромагнитные муфты для исполнительных механизмов. М., Гостехиздат, 1958.
32. Ковальский Б. С. Напряжение на площадке местного сжатия при учете сил трения. — «Изв. АН СССР». Отделение технических наук, 1942, № 9, с. 89—97.
33. Коловский М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем. М., «Наука», 1966, 317 с.
34. Крайцберг М. И., Милич М. Б. Электромагнитные муфты скольжения в промышленном приводе. М., Отделение ВНИИЭМ по научно-технической информации в электротехнике, 1970, 75 с.
35. Красношапка М. М. Теория и расчет скользящих электромагнитных муфт. — В сб. трудов Рижского высшего авиационного училища, 1957, 84 с.
36. Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов. М., «Металлургия», 1965, 515 с.
37. Кудинов В. А. Явление удара в валопроводах станков при включении кулачковых муфт. — «Станки и инструмент», 1951, № 3, с. 3—8.

38. Куликов Н. К. Механизмы свободного хода. М., НАМИ, 1954, вып. 75, 68 с.
39. Леринман С. М. Шинно-пневматические муфты Уралмашзавода. — В кн.: Конструирование машин и оборудования. Москва—Свердловск, Машгиз, 1952, 155 с.
40. Лукин М. Г. Муфты сцепные и упругие. М., ОНТИ, 1935, 284 с.
41. Мазин Я. Л. Центробежная фрикционная муфта к токарно-винторезным станкам. — «Станки и инструмент», 1957, № 12, с. 36.
42. Малаховский Я. Э., Лапин А. А., Веденеев Н. К. Карданные передачи. М., Машгиз, 1962, 156 с.
43. Мальцев В. Ф. Роликовые механизмы свободного хода. М., «Машиностроение», 1968, 415 с.
44. Малых Л. И. Исследование работы конусных предохранительных муфт при различных температурах. Автореф. канд. дисс. М., ЦНИИТмаш, 1955, 19 с.
45. Михайлов Ю. К., Поляков В. С. Вопросы расчета пальцевых муфт с резиновым диском. — «Труды ЛПИ». Л., «Машиностроение», 1970, № 314, с. 42—50.
46. Михайлов Ю. К. Вопросы расчета и проектирования пальцевых муфт с дисками. Автореф. канд. дисс. ЛПИ, 1968, 15 с.
47. Могилевский В. Г. Электромагнитные порошковые муфты и тормоза. М.—Л., «Энергия», 1964, 104 с.
48. Муфты цепные однопрядные. МН 2091—61 — МН 2092—61. М., Стандартгиз, 1962, 16 с.
49. Муфты обгонные роликовые. МН 3—61. М., Стандартгиз, 1962.
50. Ниберг Н. Я. Муфты. Детали машин. Справочник. М., «Машиностроение», 1968, 440 с.
51. Пилипенко М. Н. Механизмы свободного хода. М., «Машиностроение», 1966, 288 с.
52. Пинчук М. С. Переходные процессы в асинхронных двигателях при периодической нагрузке. — «Электричество», 1957, № 9, с. 27—30.
53. Победин И. С. К расчету фрикционных муфт в тяжелом машиностроении. — «Вестник машиностроения», 1949, № 2, с. 14—20.
54. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Исследование динамических свойств упругих муфт. — «Труды ЛПИ», Л., «Машиностроение», 1964, № 236, с. 23—31.
55. Поляков В. С., Барбаш И. Д. Муфты. М.—Л., «Машиностроение», 1964, 363 с.
56. Поздеев А. Д., Розман Я. Б. Электромагнитные муфты и тормоза с массивным якорем. М.—Л., Госэнергоиздат, 1963, 104 с.
57. Поляков В. С., Виленский Б. А. О выборе линейных упругих муфт. — «Труды ЛПИ». Л., «Машиностроение», 1967, № 285, с. 85—91.
58. Поляков В. С., Виленский Б. А. Выбор упругой муфты для агрегата с электроприводом. — «Изв. вузов. Машиностроение», 1968, с. 227—230.
59. Поляков В. С. и Виленский Б. А. О приближенном методе расчета момента в упругой муфте при приеме нагрузки для агрегата с электроприводом. — «Труды ЛПИ», Л., «Машиностроение», 1968, № 299, с. 227—230.
60. Поляков В. С., Михайлов Ю. К. К вопросу определения кру-

тильной жесткости и нагрузочной способности полужестких муфт. — «Труды ЛПИ». Л., «Машиностроение», 1968, № 299, с. 230—236.

61. Поляков В. С., Михайлов Ю. К. Определение компенсационной способности муфты с промежуточными дисками. — «Труды ЛПИ», Л., «Машиностроение», 1967, № 285, с. 12—19.
62. Пономарев С. Д., Бидерман В. Л. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. М., Машгиз, 1960, т. 2, 974 с.
63. Потурев В. Н. Резиновые и резинометаллические детали машин. М., «Машиностроение», 1966, 299 с.
64. Прочность. Устойчивость. Колебания. Т. 3. М.—Л., «Машиностроение», 1968, 567 с.
65. Решетов Д. Н. Детали машин. М., Машгиз, 1963, 723 с.
66. Решетов Д. Н., Ряховский О. А. К расчету муфт с торообразным резинокордным упругим элементом. — «Вестник машиностроения», 1965, № 4, с. 20—25.
67. Резина — конструкционный материал современного машиностроения. Сборник. М., «Химия», 1967, 318 с.
68. Ривин Е. И. Динамика привода станков. М., «Машиностроение», 1966, 201 с.
69. Ряховский О. А. Теоретические и экспериментальные исследования упругих муфт. Автореф. канд. дисс. М., МВТУ им. Баумана, 1965.
70. Соколов Ю. Н. Тепловой расчет фрикционных дисковых муфт и тормозов. — «Станки и инструмент», 1957, № 1, с. 15—16.
71. Справочник машиностроителя. Т. 3. М., Машгиз, 1951, 1098 с.
72. Справочник машиностроителя. Т. 4. Предохранители от перегрузки. М., Машгиз, 1955, 851 с.
73. Справочник машиностроителя. Т. 4, книга 1. М., Машгиз, 1967, 488 с.
74. Станкостроение за границей. Эластичные соединительные муфты. Вып. 4. М., ЦБТИ, 1950, 47 с.
75. Старосельский А. А. — В кн.: Расчет и конструирование деталей машин. М., Машгиз, 1956, с. 182—186.
76. Сулькин А. Г. К расчету упругой муфты со змеевидными пружинами. — «Вестник машиностроения», 1948, № 11, с. 12—19.
77. Сулькин А. Г. Методика расчета упругой муфты со змеевидными пружинами. — «Вестник машиностроения», 1962, № 5, с. 34—40.
78. Татур О. Н. Электромагнитные порошковые муфты. М., ЦБТИ, 1963, 39 с.
79. Татур О. Н. Конструкции управляемых муфт за рубежом. М., ЦБТИ, 1963, 132 с.
80. Теория, конструкции и производство сельскохозяйственных машин. Т. 5. М., Машгиз, 1940, 646 с.
81. Тепинкичев В. К. Исследование кулачковых предохранительных муфт. — «Станки и инструмент», 1950, № 10, с. 24—28.
82. Тепинкичев В. К. Предохранительные устройства от перегрузки станков. М., «Машиностроение», 1968, 110 с.
83. Терских В. П. Расчеты крутильных колебаний силовых установок. В 3-х т. Т. 1—3. М.—Л., Машгиз, 1953.
84. Филимонов Л. А. Уточненный расчет буксования фрикционных муфт. — В сб. трудов Новочеркасского политехнического института. 1957, т. 39, с. 41—48.

85. Хабенский М. Я. Электромагнитные порошковые муфты. М., «Машиностроение», 1968, 131 с.
86. Хованов И. М., Наумов В. Н. Процесс заклинивания роликовой муфты обгона. — «Изв. вузов. Машиностроение», 1970, № 1, с. 91—94.
87. Чернавский С. А., Ицкович Г. М. и др. Проектирование механических передач. М., Машгиз, 1963, 789 с.
88. Чудаков Е. А. Избранные труды. Т. II. Изд-во АН СССР, 1961, 344 с.
89. Шаров В. С. Электромагнитные муфты скольжения. М., Госэнергоиздат, 1958, 104 с.
90. Щербак В. Т. Вопросы расчета и проектирования линейных муфт со змеевидными пружинами. Автореф. канд. дисс. ЛПИ, 1971, 201 с.
91. Щетинин Т. А. Электропривод с индукционными муфтами и тормозами. М., «Машиностроение», 1971, 320 с.
92. ЭСМ. Т. 2. М., Машгиз, 1948, 891 с.
93. ЭНИИМС. Табличные расчеты деталей станков. М., Машгиз, 1953, вып. 2, 212 с.
94. Altman F. G. Drehfedernde Kupplungen. — VDI, B. 80, 1963, N 9.
95. Altman F. G. Antriebselemente und mechanische Getriebe. — VDI, B. 95, N 19.
96. Ashcraft und Bhoft. — «Maschinenbau und Wärmerirtschaft», 10, Jg., 1955, N 7.
97. Ausgleich von Wellenverbagerungen. — «Maschine und Werkzeug», 1968, N 24.
98. Bariffi M. F. Pivoted Centrifugal Friction Glutches. — «Product Engineering», vol. 19, 1948, N 2.
99. Benz W. Zur Berechnung drehelastischer Kupplungen. — MTZ, 1941, N 1.
100. Die Bowez — Kupplung. — «Maschine», 1961, N 4.
101. Flexible powez transmission coupling — «Mater. Design. Engn.», 1965, N 5.
102. Gagne A. F. Selecting Flexible Couplings. — «Machine Design», vol. 21, 1949, N 4.
103. Gagne A. F. — «Product Engineering», vol. 24, 1953, N 12.
104. Gräbner R. Ausbildung und Anwendung von Klemmzallen — freu läufen im Werkzeugmaschinenbau. — «Werkstatt und Betrieb», 1953, N 12.
105. Miller Robert A. Flexible Coupling for stafts. Пат. США, N 2918809, кл. 64—9, 29. 12.59.
106. Pampel. Kupplungen, Berlin, 1958.
107. Pinnekamp W. Der Schaltvorgang erner druckluftbetätigten Reibungskupplung. — «Maschinenmarkt», 1966, 72, N 27.
108. Winter R. Zur Entwicklung drehelastischer Kupplungen. — «Technik», 1952, N 4.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. ГЛУХИЕ МУФТЫ	5
1. Втулочные муфты	—
2. Фланцевые муфты (поперечно-свертные)	8
3. Продольно-свертные муфты	12
Глава II. ЖЕСТКИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ	14
1. Зубчатые муфты	15
2. Кулачково-дисковые муфты	25
3. Цепные муфты	29
4. Муфты с гофрами	32
5. Полужесткие дисковые муфты	33
6. Шарнирные муфты	39
Малогабаритные шарнирные муфты	43
Крупногабаритные муфты фирмы «Crofts lymyted»	47
Синхронные муфты	49
Карданные валы	50
Глава III. УПРУГИЕ ПОДВИЖНЫЕ МУФТЫ	57
1. Основные свойства	—
2. Работа линейной муфты при периодической нагрузке	58
3. Работа нелинейной муфты при периодической нагрузке	63
4. Работа упругой муфты при ударных нагрузках	66
А. Муфты с металлическими упругими элементами	67
5. Муфты с пакетами пластинчатых пружин	—
6. Муфты со змеевидными пружинами	74
7. Муфты с винтовыми пружинами	80
8. Муфты со стержневыми упругими элементами	85
Б. Муфты с неметаллическими упругими элементами	87
9. Муфты со звездочкой	—
10. Муфты пальцевые с упругим диском	91
11. Муфты с торообразным упругим элементом	108
12. Муфты со сферическими и цилиндрическими вкладышами	125
13. Другие разновидности муфт с неметаллическими элементами	131
Глава IV. КУЛАЧКОВЫЕ И ФРИКЦИОННЫЕ СЦЕПНЫЕ МУФТЫ	142
А. Кулачковые муфты	—
1. Формы кулачков	143
2. Материалы и расчет	144
Б. Фрикционные муфты	147
3. Процессы сцепления и расцепления	148
4. Фрикционные материалы	152
5. Расчет основных типов муфт	154

Конусные муфты	156	Дисковые муфты	272
Дисковые муфты	157	Конусные фрикционные предохранительные муфты	281
Муфта с разнородными пружинными кольцами	158	5. Фрикционные предохранительные муфты с повышенной точностью срабатывания	287
Муфта со спиральной пружиной	—	Глава VIII. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МУФТЫ	294
Тепловой расчет дисковых муфт	160	1. Колодочные муфты	298
6. Механизмы включения и регулировки муфт	162	2. Муфты с дробью	313
Этапы работы механизма включения	—	3. Другие разновидности центробежных муфт	321
Рекомендуемые величины зазоров δ	165	4. Порядок расчета центробежных муфт	323
7. Конструкции фрикционных муфт	167	Муфты с колодками	—
Нормализованные многодисковые муфты по МН 5656—65 (рис. IV.23)	—	Муфты с дробью	324
Многодисковые муфты BSD	173	Выбор электродвигателя	—
Коническая муфта «Конакс»	180	Глава IX. МУФТЫ КОМБИНИРОВАННЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ	327
Двухконусные муфты «Коналус»	—	1. Упругая зубчатая муфта УЗТМ [17]	—
Глава V. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МУФТЫ	186	2. Упругая центробежная муфта Т. Г. Рыбчевского [56]	328
А. Пневматические муфты	—	3. Упруго-предохранительная муфта «Эльси»	330
1. Шинно-пневматические муфты	—	4. Упруго-центробежные муфты	332
Радиальные шинно-пневматические муфты	—	5. Комбинированная упруго-разобщительная муфта	335
Ленточная шинно-пневматическая муфта	192	6. Муфта высокой податливости	—
Осевая шинно-пневматическая муфта	193	7. Упруго-предохранительные фрикционные муфты	336
2. Пневмокамерные муфты	194	8. Предохранительная фрикционная муфта П. К. Гедыка (Уралмаш-завод)	—
Колодочная разжимная пневмокамерная муфта по МН 5019—63 (рис. V.7)	—	Приложение I. Классификация муфт	340
Дисковая пневмокамерная муфта (рис. V.9)	196	Приложение II. Значения коэффициента режима k	341
3. Муфта «Pneumalex» [108]	197	Приложение III. Значения коэффициентов k_1 и k_2 для определения коэффициента k режима работы	342
Б. Электромагнитные муфты	200	Список литературы	344
4. Электромагнитные дисковые фрикционные муфты	201		
5. Электромагнитные порошковые муфты	202		
Расчет электромагнитных порошковых муфт	205		
Конструкция порошковых муфт	207		
6. Индукционные муфты	211		
Расчет индукционных муфт	216		
Конструкция индукционных муфт	—		
7. Материалы для электромагнитных муфт	221		
Глава VI. МУФТЫ СВОБОДНОГО ХОДА	222		
1. Основные типы фрикционных роликовых муфт	223		
Простейшая роликовая муфта	—		
Одинарная муфта двустороннего действия (рис. VI.3, б)	225		
Муфта двойная двустороннего действия (рис. VI.3, в)	226		
Реверсивная муфта (рис. VI.3, г)	—		
2. Геометрия роликовых муфт	—		
Муфта с цилиндрическими роликами и плоским профилем рабочей поверхности звездочки (рис. VI.4)	—		
Муфта с цилиндрическими роликами и неплоским профилем рабочей поверхности звездочки	228		
Муфта с эксцентриковыми роликами (рис. VI.6)	229		
3. Расчет на контактную прочность муфт с цилиндрическими и эксцентриковыми роликами	—		
4. Рекомендации по выбору конструктивных параметров муфт и материалов их деталей	231		
5. Обзор конструкций муфт	234		
Глава VII. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ	255		
1. Муфты с разрушающимся элементом	258		
2. Пружинно-кулачковые муфты	261		
3. Пружинно-шариковые муфты	266		
4. Фрикционные предохранительные муфты	272		

Владимир Сергеевич ПОЛЯКОВ
Иосиф Давидович БАРБАШ
Олег Анатольевич РЯХОВСКИЙ

СПРАВОЧНИК ПО МУФТАМ

Редактор издательства Р. Н. Михеева
Переплет художника С. С. Венедиктова
Технический редактор Л. В. Щетинина
Корректоры Л. Н. Нефедова и
Н. Б. Семенова

Сдано в производство 18/XII.1973 г.

Подписано к печати 17/IV 1974 г. М-07644
Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 2
Печ. л. 22,0 Уч.-изд. л. 24,0. Тираж 25 000 экз.
Зак. № 714 Цена 1 р. 41 к.

Ленинградское отделение издательства
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10

Ленинградская типография № 6
Союзполиграфпрома при Государственном
комитете Совета Министров СССР по делам
издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10