

Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана

И.С. Потапцев, А.А. Буцев,
Е.В. Матвеевко

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИБОРНЫХ МУФТ

*Рекомендовано редсоветом МГТУ им. Н.Э. Баумана
в качестве учебного пособия*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2003

УДК 681.2 (075.8)

ББК 34.9

П 64

Рецензенты: *В.М. Крикун, И.В. Крюкова*

Потапшев И.С., Буцев А.А., Матвеев Е.В.

Расчет и конструирование элементов приборных устройств. Конструирование приборных муфт: Учебное пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 44 с., ил.

ISBN 5-7038-2367-6

В учебном пособии рассмотрены конструкции и методики расчета различных типов механических соединительных, предохранительных и самоуправляемых муфт. Приведены рекомендации и справочные материалы, необходимые студентам при выполнении расчетно-графических работ и курсовых проектов.

Для студентов старших курсов приборостроительных специальностей при выполнении графических работ, курсового и дипломного проектирования.

Ил. 29. Табл. 7. Библиогр. 8 назв.

УДК 681.2 (075.8)
ББК 34.9

ISBN 5-7038-2367-6

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003

В приборных устройствах муфты используются для решения широкого спектра конструкторских и эксплуатационных задач. Специальным вопросам применения, конструирования и расчета муфт посвящено большое число научных разработок, справочных руководств, принципы действия муфт описаны в учебной литературе. Однако учебная и методическая литература подобного профиля, используемая при выполнении расчетно-графических работ, курсовых и дипломных проектов студентами приборостроительных специальностей устарела и физически износилась. Предлагаемое пособие призвано восполнить эти пробелы.

В пособии даны рекомендации по применению муфт, представлены методики и справочные материалы по приведенным конструктивным решениям. Предлагаемые справочные материалы и методики проектирования могут быть с успехом применены и к другим типам муфт, не описанным в пособии. Достаточно подробно представлены стадии выбора, проектирования и расчета трех типов муфт: соединительных, предохранительных самоуправляемых и самоуправляемых.

1. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

В приборных устройствах соединительные муфты применяют для соединения вращающихся и перемещающихся деталей, присоединения к механизмам стандартных и нормализованных изделий, предназначенных для приведения их в движение, измерения и преобразования механических величин в электрические, что удобно для ввода их в информационные системы. Часто муфты необходимы при настройке и ремонте приборов.

Передаточное отношение соединительных муфт должно быть равно единице. При отклонении передаточного отношения соединительной муфты от единицы вследствие погрешностей расположения валов будут увеличиваться люфтовая и кинематическая по-

грешности передаточного механизма с соответствующим коэффициентом влияния, который в большинстве случаев равен единице. На рис. 1.1 представлены виды погрешностей взаимного расположения соединяемых валов: продольные осевые смещения Δx (рис. 1.1, а), поперечные смещения Δy (рис. 1.1, б) и смещения по углу $\Delta \alpha$ (рис. 1.1, в). Предполагается, что каждый вал имеет не более двух опор. Конструктор-разработчик выбирает тип и конструкцию муфты, наиболее полно отвечающую условиям применения.

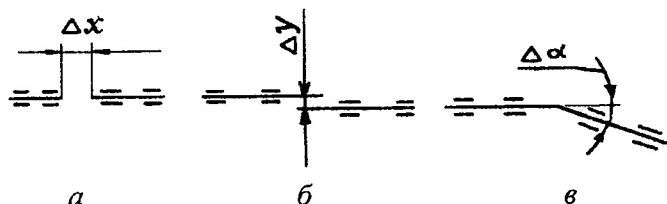


Рис. 1.1. Виды погрешностей, возникающие при соединении валов

1.1. Втулочная муфта

Эти муфты (их еще называют глухими) (рис. 1.2) применяют для жесткого соединения двух валов. С помощью этих муфт можно компенсировать только продольные осевые смещения Δx при отсутствии смещений по углу $\Delta \alpha$ и поперечных смещений Δy .

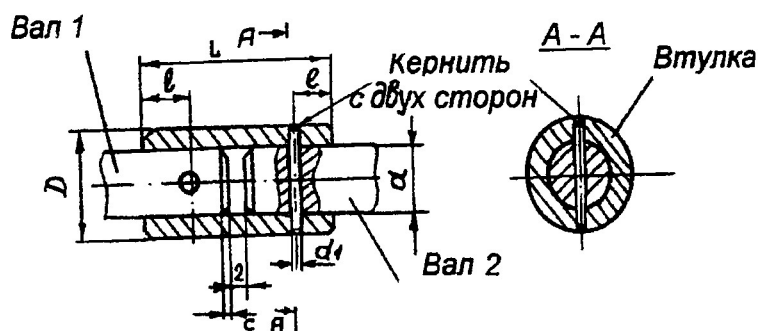


Рис. 1.2. Втулочная муфта

В связи с такими жесткими требованиями втулочные муфты применяют редко, несмотря на их малые габариты в радиальном направлении и отсутствие ограничений по рабочей скорости. Конструкция этих муфт чаще всего бывает неразборной. Передаточное отношение их практически равно единице, динамические нагрузки не демпфируются.

Рекомендуемые размеры втулочных муфт представлены в табл. 1.1. Расчеты таких муфт в приборных конструкциях сводятся к расчету штифтов на срез:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{8M_{кр}}{\pi d_B [\tau_{ср}]}}$$

где d_1 – диаметр штифта, мм; $M_{кр}$ – крутящий момент, передаваемый муфтой, Н·мм; d_B – диаметр вала, мм; $[\tau_{ср}]$ – допустимые напряжения среза штифта, МПа.

Допустимые напряжения среза штифта можно найти по выражению

$$[\tau_{ср}] = (0,75 \dots 0,8) \sigma_B,$$

где σ_B – временное сопротивление разрыву, МПа.

У материалов, рекомендуемых для изготовления штифтов втулочных муфт, σ_B имеет следующие значения: Ст45 – 598 МПа, Ст50 – 628 МПа, Ст65Г – 736 МПа.

Таблица 1.1

Рекомендуемые размеры втулочных муфт

d	D	L	d_1	l	e	Штифт $d \times l$	Момент $M_{кр}$, Н·м
4	8	15	1,0	3	0,3	1,0×8	0,3
5	10	20	1,5	5	0,3	1,5×8	0,8
6	12	25	1,5	6	0,3	1,5×12	1,0
8	15	30	2,0	6	0,3	2,0×16	2,2
10	18	35	2,5	8	0,5	2,5×18	4,5

У конических штифтов d принимают в среднем сечении вала (вдоль продольной оси вала). Соединяемые валы могут немного отличаться по диаметру.

В качестве материала втулок применяют стали 45, 45Х с последующим антикоррозионным покрытием. Соединение втулки с валами осуществляется с зазором, например, (H9/d9). Штифты устанавливают под углом 90° друг относительно друга. Такая установка позволяет исключить заклинивание механизма при возможных малых угловых смещениях валов.

1.2. Пальцевая (поводковая) муфта

Эта муфта (рис. 1.3) компенсирует несоосность (до 0,5 мм) и небольшие продольные осевые смещения и перекосы, проста по конструкции, удобна в эксплуатации. Существенным недостатком муфт этого типа является наличие люфта (зазора) между пальцем 3, закрепленным в детали 2 (правая полумуфта), и пазом e в детали 1 (левая полумуфта), следствием чего является увеличение люфтовой погрешности всего механизма. Например, при $r = 5$ мм вероятный мертвый ход может составить 5 угловых минут при допуске на диаметр пальца $d_1 - h9$, а на паз $e - H9$.

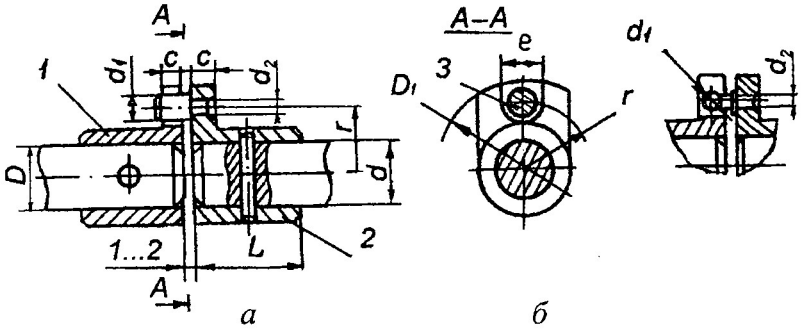


Рис. 1.3. Конструктивные элементы пальцевой муфты

Расчет элементов пальцевой муфты проводят аналогично расчету втулочной муфты на срез штифтов, дополнительно на срез рассчитывают палец 3 в месте установки его в полумуфте:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4M_{кр}}{\pi r [\tau_{ср}]}}$$

Материал для пальца выбирают такой же, как и для штифтов втулочной муфты.

При увеличенном угле перекоса палец муфты выполняют с шаровым окончанием во избежание заклинивания (рис. 1.3, б). Передаточное отношение между соединяемыми валами в пределах одного оборота не остается постоянным из-за наличия смещения Δy и угла перекоса $\Delta \alpha$ (см. рис. 1.1). Пальцевую муфту при этом можно представить кулисным механизмом (рис. 1.4). На рисунке рычаги 1 и 2 соответствуют деталям 1 и 2 на рис. 1.3, а φ_1 и φ_2 – текущие углы поворота каждого из соединяемых валов. Изменение передаточного отношения пальцевой муфты в пределах одного оборота можно рассчитать с учетом геометрических размеров, индивидуальных погрешностей изготовления и монтажа ее деталей. При ведущем валу 1 и смещении Δy текущее значение угла поворота ведомого вала можно определить по выражению

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta y}{r} \sin \varphi_1.$$

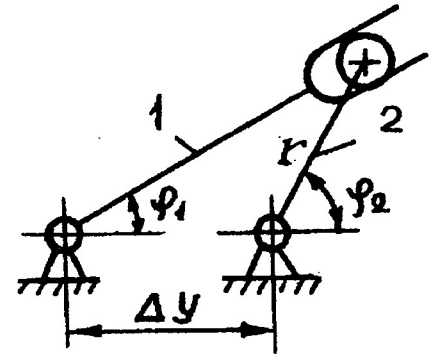


Рис. 1.4. Схема кулисного механизма

При перекосах $\Delta\alpha$ соединяемых валов добавляется погрешность, определяемая выражением

$$i = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{1}{\varphi_2} \arctg \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\cos \Delta\alpha} \right).$$

Среднее значение ошибки в пределах одного оборота при $r = 10$ мм и $\Delta u = 0,1$ мм составит $\pm 34'$. Рекомендуемые размеры для представленного на рис. 1.3 конструктивного исполнения приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Рекомендуемые размеры пальцевой муфты

d	D	L	c	e	D_1	d_1	d_2	r	Штифт $d \times l$
4	25	10	2	3,2	10	3	2	10	1×10
5	30	12	2	3,2	11	3	2	12	1,5×11
6	32	15	2	4,2	12	4	3	12	2,0×12
8	38	20	3	4,2	15	4	3	14	2,5×15
10	40	24	3	5,2	18	5	3,5	14	2,5×18
12	45	27	4	5,2	20	5	3,5	16	3×20

Материал для изготовления полумуфт и пальца (поводка) – сталь 45 или 40Х. Зазор между пальцем 3 и краями паза e (см. рис. 1.3) назначают из условия климатического исполнения по ГОСТ 15150 – 69 в виде допуска на изготовление.

1.3. Эластичная пальцевая муфта

Эта муфта (рис. 1.5, а) кроме свойств обычной пальцевой муфты имеет следующие достоинства: снижает динамические нагрузки в механизмах вследствие деформаций упругого промежуточного диска (рис. 1.5, б) и компенсирует небольшие несоосность, перекося и несоответствие длины. Материалы для изготовления муфты – конструкционные стали для полумуфт и кожа или технические сорта резины для упругого промежуточного диска (см. рис. 1.5, б). Упругий диск может иметь и более сложную конструкцию, усиленную стальными вкладышами различной формы, стальной проволокой и т.п. Рекомендуемые размеры муфты приведены в табл. 1.3.

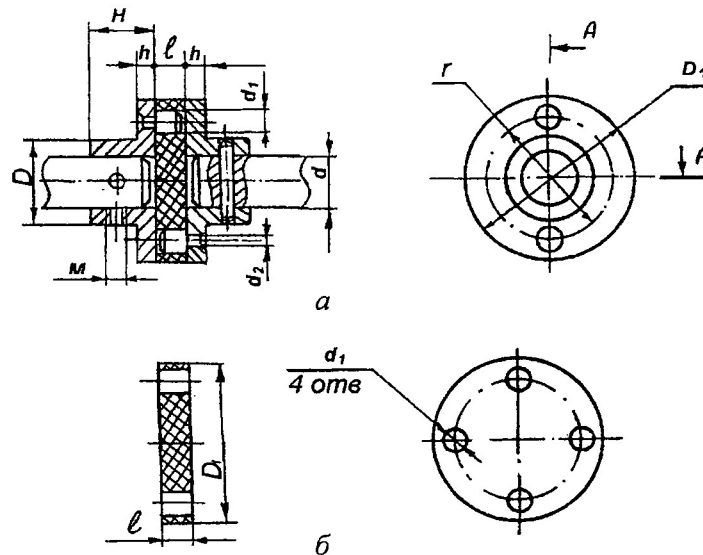


Рис. 1.5. Эластичная пальцевая муфта

Таблица 1.3

Рекомендуемые размеры эластичной пальцевой муфты

d	L	D_2	d_2	D_1	d_1	M	c	D	l	d_4	Штифт $d \times l$
4	7	15	3	9	4	M2	2	22	4	4	1×9
6	9	20	3	12	5	M3	3	30	5	5	1,5×12
8	12	22	4	15	5	M3	3	32	5	5	2×15
10	13	24	5	18	5	M3	4	34	5	5	3×18

Недостатки эластичной пальцевой муфты: большой упругий мертвый ход и усиленный износ упругого диска. Не применяется в точных кинематических цепях.

1.4. Упругая муфта с винтовыми пружинами сжатия

Эту муфту (рис. 1.6) применяют в приводах, когда требуется высокая степень демпфирования динамических нагрузок, подобных пусковым ударным. Конструктивно муфта состоит из двух

полумуфт 1 и 2 и двух винтовых пружин 4, устанавливаемых с предварительным поджатием в кольцевой паз, профрезерованный в полумуфте 1 на угол приблизительно 340° по диаметру D . Глубина и ширина паза позволяют винтовой пружине свободно располагаться в нем. Стопорное кольцо 3 предохраняет правую полумуфту от выпадения из конструкции. Остальные 20° играют роль двустороннего упора высотой, равной глубине паза, для винтовых пружин. На второй полумуфте имеется аналогичный выступ такой же высоты. При сборке этот выступ устанавливают диаметрально противоположно первому. Силы поджатия пружины выбирают в соответствии с формулой

$$P_1 = \frac{2M_{кр}}{D},$$

где P_1 – сила предварительного поджатия; $M_{кр}$ – номинальный момент, передаваемый муфтой; D – средний диаметр кольцевого паза.

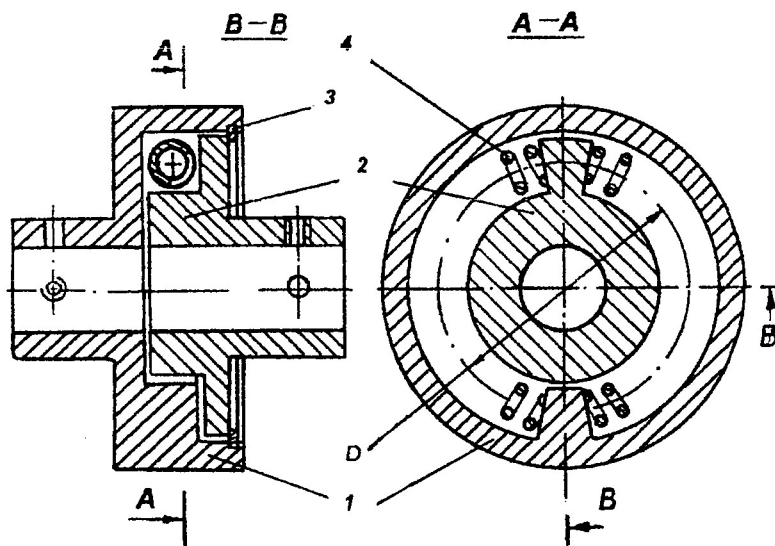


Рис. 1.6. Упругая муфта с винтовой пружиной

Теперь при приложении номинального момента к правой полумуфте одна из пружин, в соответствии с направлением действующего момента, будет передавать его на левую полумуфту без деформации. Увеличение момента сверх номинального приведет к повышению силы, сжимающей пружину, она начнет деформироваться, тогда муфта будет передавать крутящий момент и амортизировать импульсную нагрузку. Расчет пружины на максимальную деформацию проводят по зависимостям, представленным в разд. 2.4, или выбирают пружину по табл. 2.3.

1.5. Муфты с упругими элементами (мембранные муфты)

Эти муфты (рис. 1.7) применяют для жесткого соединения валов (неразборные). Они компенсируют несопадение длины валов Δx , несоосность Δu и перекос $\Delta \alpha$; могут иметь весьма малый упругий мертвый ход и используются в кинематических цепях средней и высокой точности.

Полумуфты выполняют из конструкционных сталей, упругие элементы – из материалов для изготовления пружин при соответствующей термообработке. Расчеты проводят на устойчивость упругих элементов.

Механические свойства материалов для упругих элементов муфт приведены в табл. 1.4, рекомендуемые размеры конструктивных элементов муфты, представленной на рис. 1.7, – в табл. 1.5.

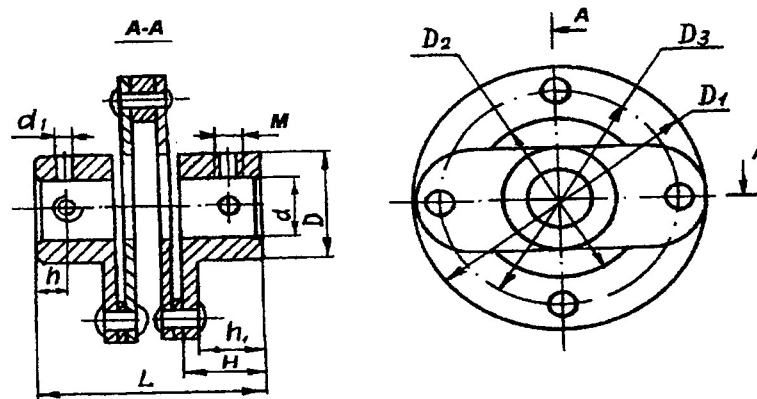


Рис. 1.7. Муфта с упругим элементом

Механические свойства пружинных сталей и сплавов для упругих деталей муфт

Сталь (сплав)	Температура закалки	Температура отпуска	σ_b	σ_T	τ_a	T_T	σ_{-1}	σ_0	$G \times 10^{-4}$
			МПа, не менее						
	°C								
65	840	480	1000	800	700	500	320	550	0,83
70	830	480	1500	850	750	550	320	550	0,83
55ГС	820	480	1150	1000	900	600	340	600	0,83
65Г	830	480	1000	800	700	500	340	600	0,83
55С2А	820	460	1300	1200	1000	700	420	720	0,8
60С2А	860	460	1600	1400	1100	850	420	720	0,8
60СХ2А	870	420	1800	1600	1250	1000	470	820	0,8
60С2ХФА	850	410	1900	1700	1350	1150	520	870	0,8
50ХГФА	840	520	1300	1200	950	750	340	750	0,8
50ХФА	850	520	1300	1200	950	750	350	750	0,8
50ХВА	850	520	1300	1200	950	750	400	600	0,8
БрОЦ4-3		120	800	—	—	—	—	—	—

Рекомендуемые геометрические размеры муфт с упругим элементом

d	D	D_1	D_2	D_3	h	h_1	II	L	M_{\max} Н·м	$\Delta\alpha$ (max), град
4	8	35	22	29	3	6	8	30	1,8	1,0
6	12	35	22	29	3	6	8	30	1,8	1,2
8	15	45	30	38	4	8	11	36	7,0	1,5
9	15	45	30	38	4	8	11	36	9,8	1,7
10	18	55	35	46	5	10	13	40	10	2,5
12	22	55	35	46	5	12	15	40	14	2,6

Мембраны в качестве упругой детали муфты применяют достаточно редко из-за их высокой жесткости. Вместо них используют упругие элементы в виде части мембраны или другой конструкции. Примеры таких конструкций приведены на рис. 1.8 – 1.12.

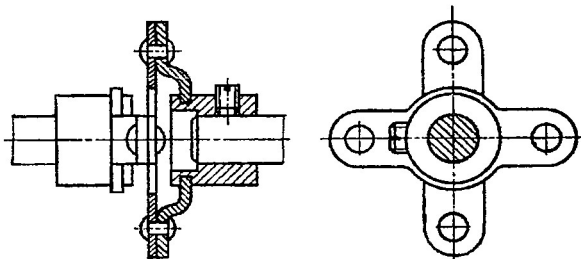


Рис. 1.8. Муфта повышенной жесткости

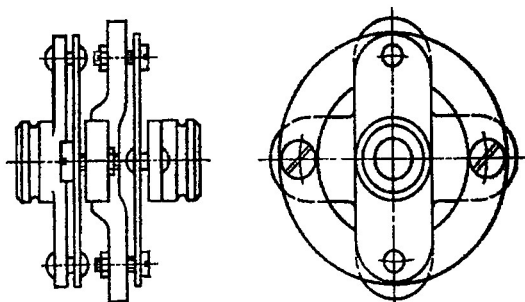


Рис. 1.9. Муфта пониженной жесткости

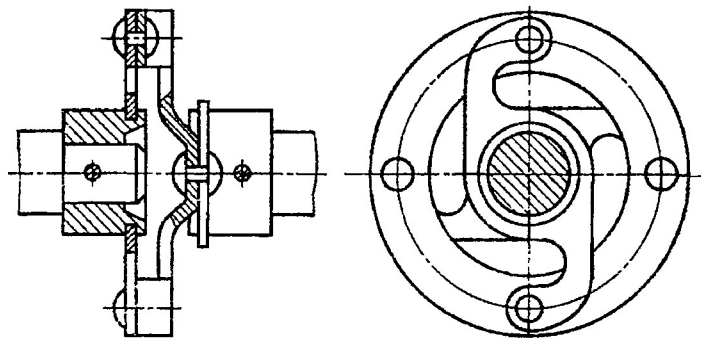


Рис. 1.10. Муфта пониженной жесткости в осевом направлении

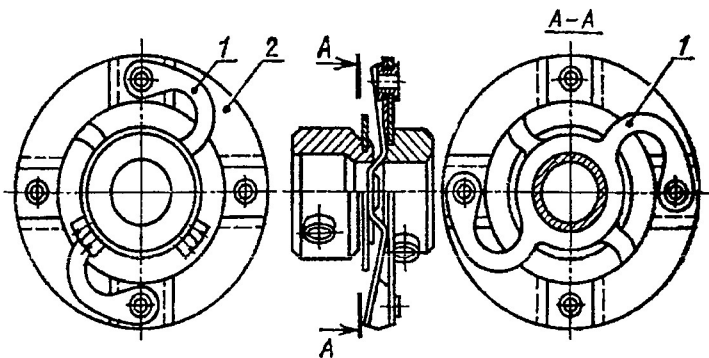


Рис. 1.11. Муфта, регулируемая в осевом направлении

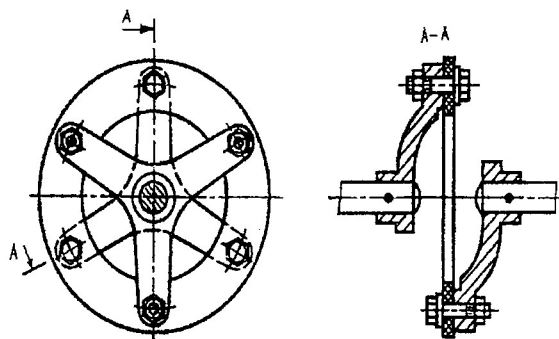


Рис. 1.12. Муфта с электроизолирующими упругими элементами

1.6. Крестовая муфта

Беззазорный (безлюфтовый) вариант крестовой муфты (рис. 1.13) на основе узла Ольдгейма применяют в кинематических цепях высокой и самой высокой точности (до 0,5"). Муфта состоит из двух взаимно перпендикулярно расположенных поводков 2 и 3, одновременно являющихся и левой, и правой полумуфтами. Своими боковыми выступами полумуфты входят в пазы крестовины 1 и защемляются между сухариками 7 и шариками 5 посредством пружины 6.

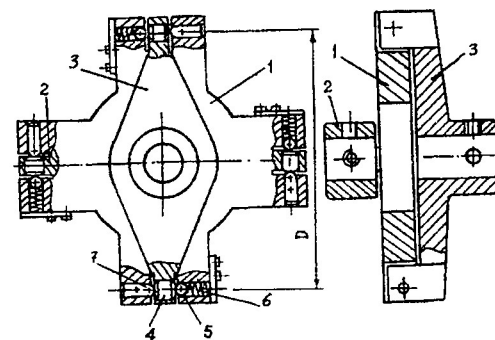


Рис. 1.13. Беззазорная крестовая муфта

Таким образом, во всех четырех соединениях пазов крестовины и обеих полумуфт выбирают зазор (люфт). Для уменьшения потерь на трение шарики и палец изготавливают из высокотвердых материалов, а в выступы полумуфт 1 и 3 запрессовывают высокотвердые полированные ролики 4. Силы защемления выступов полумуфт в пазах крестовины, создаваемые пружинами 6, должны значительно превышать силы от передаваемого момента. Эти силы можно определить по выражению

$$P = \frac{2M_{\max}}{D} k,$$

где M_{\max} – максимальный момент, передаваемый муфтой; k – коэффициент надежности (в зависимости от требуемой точности механизма) 10...100.

Силу P используют для расчета пружин и элементов муфты на жесткость. Для повышения жесткости элементов в конструкции

деталей предусматривают ребра жесткости. На рис. 1.14 приведен другой вариант конструкции безззорной крестовой муфты.

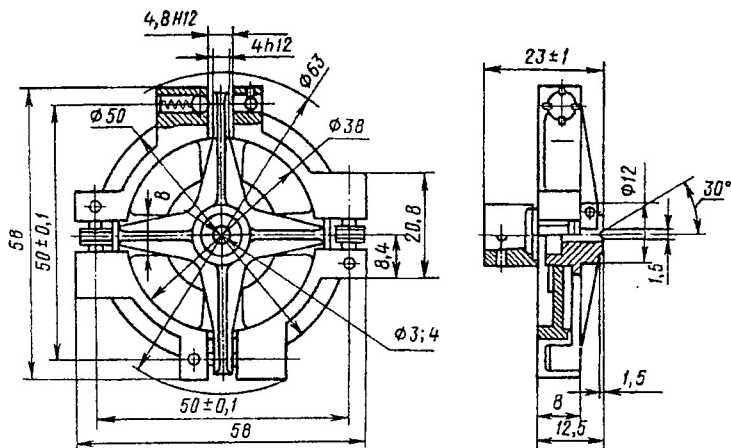


Рис. 1.14. Пример конструкции безззорной крестовой муфты

В этой конструкции отсутствуют ролики 4 (см. рис. 1.13), а выступы полумуфт дополнительно закаливают и полируют.

2. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ

2.1. Место установки предохранительной муфты

Передаточное отношение предохранительных неуправляемых и управляемых муфт меняется от единицы до бесконечности в зависимости от принципа предохранения и защиты механизмов при различного вида перегрузках, запрещенных направлениях движения, превышении разрешенных скоростей и т.п. Муфты включения и выключения механизмов часто имеют конструкцию, мало отличающуюся от конструкций предохранительных самоуправляемых и управляемых муфт.

Предохранительные муфты применяют для предотвращения выхода из строя механизмов при различных видах перегрузки: статическим или динамическим моментом, при превышении или уменьшении допустимой скорости вращения, изменении направления вращения и др.

В данном учебном пособии предлагаются разработка конструкций и расчет основных элементов неуправляемых и самоуправляемых предохранительных муфт: втулочных, поводковых, кулачковых, шариковых, фрикционных. У втулочных и поводковых муфт срабатывание происходит за счет разрушения одного или нескольких элементов конструкции. Такие предохранительные муфты часто называют неуправляемыми. Восстановление работоспособности их возможно только после замены разрушенных элементов.

Предохранительные муфты, срабатывание которых происходит под воздействием внутренних силовых факторов, возникших в результате перегрузки и не вызвавших разрушения элементов конструкции муфты, принято называть самоуправляемыми. Самоуправляемые кулачковые и шариковые муфты при срабатывании не разрушаются, но рабочие элементы муфт и предохраняемых механизмов испытывают дополнительные динамические нагрузки, а сами муфты издают характерные звуки (типа трещотки). Самоуправляемые фрикционные муфты могут значительно нагреваться, особенно при больших скоростях проскальзывания. Для уменьшения этих нежелательных явлений предохранительные самоуправляемые муфты устанавливают на тихоходном валу.

В пособии рассмотрен расчет только основных параметров и размеров муфт. Размеры остальных элементов выбирают по рисункам, приведенным в пособии, и по ГОСТ 6636 – 69. Предлагаемые конструктивные решения относятся к муфтам, передающим момент в пределах до нескольких ньютон-метров.

2.2. Предохранительные муфты с разрушаемыми элементами

Втулочная муфта (см. рис. 1.2) кроме функции соединения валов может выполнять и функцию предохранения по максимальному моменту. При этом максимальный момент, при котором происходит срез штифта (диаметр штифта d_1 ориентировочно можно принять равным $0,25 \dots 0,3 d$),

$$M_{\max} \leq \pi d_1^2 \tau_{\text{ср}} d / 4.$$

Значение максимального момента M_{\max} (или момента предохранения) должно составлять примерно $1,25 M_{\text{кр}}$, помимо этого максимальный момент может быть задан по условиям проектирования.

При заданном максимальном моменте диаметр срезаемого штифта можно определить по выражению

$$d_1 = \sqrt{\frac{4M_{\text{кр}}}{\pi d \tau_{\text{ср}}}}$$

На рис. 2.1 показана конструкция втулочной муфты с быстросъемным срезаемым штифтом 1. Отличие данной конструкции от рассмотренной выше (см. рис. 1.1) заключается в том, что разрушается (срезается) только один, наперед заданный, штифт и только по одному сечению. При этом максимальный момент определяется как

$$M_{\max} = \pi d_1 \tau_{\text{ср}} d / 8.$$

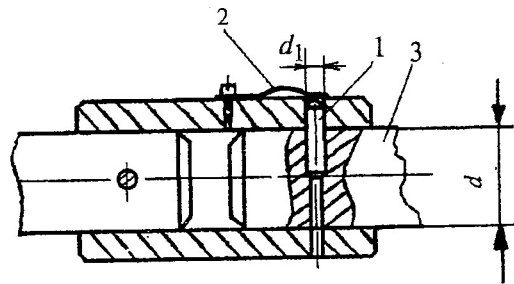


Рис. 2.1. Втулочная предохранительная муфта с одним штифтом

Для замены разрушенного элемента следует сдвинуть плоскую пружину 2, вытолкнуть остатки штифта 1, установить новый штифт и зафиксировать его пружиной. Кроме того, такая конструкция позволяет легко и быстро демонтировать валик 3 вместе с установленными на нем элементами при настройке, регулировке изделия и т.п.

Поводковая муфта с разрушающимся элементом – штифтом (поводком) представлена на рис. 2.2. Число штифтов – 1 или 2, больше обычно не бывает. В номинальном режиме крутящий момент с зубчатого колеса 2, которое одновременно является левой полумуфтой, через штифт 3 передается на правую полумуфту 5. С правой полумуфты через шпонку 7 крутящий момент поступает на вал 1. При увеличении момента до максимального штифт 3 срезается и момент на вал уже не передается. Чтобы восстановить работоспособность муфты, необходимо отвернуть винт – заглушку 6, вынуть остатки штифта из полумуфт и вставить новый. Для обеспечения стабильности и точности срабатывания муфты в обе полумуфты запрессовывают два плунжера 4 из высокоуглеродистой стали, с помощью которых стабилизируют процесс срезания штифтов. Стопорное разрезное кольцо 8 предохраняет муфту от произвольного перемещения вдоль вала. Материал для изготовления штифтов – см. разд. 1.1. Материал для изготовления плунжеров – инструментальные стали, например, У8А, У10А и другие с последующей закалкой.

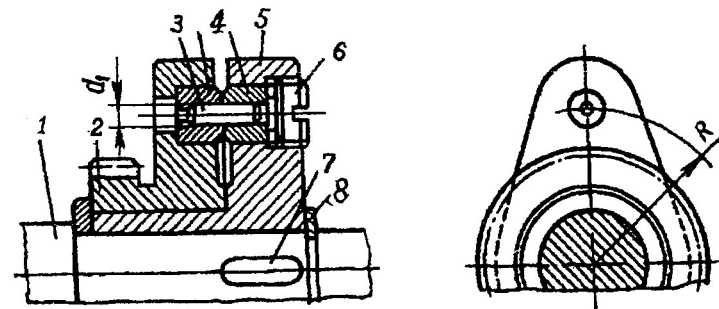


Рис. 2.2. Поводковая предохранительная муфта со срезаемым штифтом

Максимальный момент (или момент предохранения) определяют по формуле

$$M_{\max} \leq \pi d_1^2 z R \tau_{\text{ср}} / 4,$$

где z – число срезаемых штифтов.

2.3. Самоуправляемые предохранительные муфты

Кулачковая предохранительная муфта (рис. 2.3). Муфта самоуправляемая, состоит из двух дисков – полумуфт с кулачками на соприкасающихся торцевых поверхностях. Кулачки в данном случае – трапецеидальные выступы с углом наклона β (сечение Г–Г) небольшой высоты. В качестве левой полумуфты может использоваться ступица зубчатого колеса 4 или другая подобная деталь, а правая часть представляет собой барабан из деталей 3 и 2 с несколькими винтовыми пружинами сжатия 5 (пружины устанавливаются параллельно). За счет предварительной деформации пружины сжатия обеспечивают нормальные силы давления между рабочими поверхностями кулачков, достаточные для передачи номинального крутящего момента.

Муфта работает следующим образом: крутящий момент с вала 1 через шпонку 9 передается на обе части 2 и 3 барабана и через сцепленные кулачки полумуфт – на зубчатое колесо 4. В случае увеличения нагрузки на колесе 4 выше допустимой осевая составляющая F_a нормальной силы от передаваемого момента превышает силы предварительного сжатия винтовых пружин в барабане и они деформируются. Подвижная часть барабана 3 передвигается в правую сторону до тех пор, пока перемещение не достигнет высоты кулачка h_k , кулачки выходят из зацепления, вал свободно прокручивается в подшипнике скольжения 6, неподвижно посаженном в ступице, и повышенный крутящий момент на вал 1 не воздействует. Гайка 7 по ГОСТ 11871–80 обеспечивает регулировку силы прижатия пружин. Шайба 8 по ГОСТ 118772–80 предохраняет гайку от самоотвинчивания.

Рекомендуется следующий порядок проектирования муфты. Начинают проектирование с уточнения конструктивной формы вала, на котором предполагается ее установка. Если диаметр вала d (см. рис. 2.3 сечение Б – Б) в месте установки муфты меньше 4,5 мм, то его увеличивают до 4,5 мм, что приблизительно соответствует передаваемому моменту 1 Н·м. Для удобства посадки детали и нарезки резьбы вал делают ступенчатым. Детали барабана могут быть посажены на шпонку или на шлицы. Размеры шпонки и паза под нее приведены в таблице 2.1 в соответствии с ГОСТ 23360–78. После выбора размеров шпонки ее проверяют на срез. Если размеры шпонки не подходят, то шпоночное соединение заменяют шлицевым.

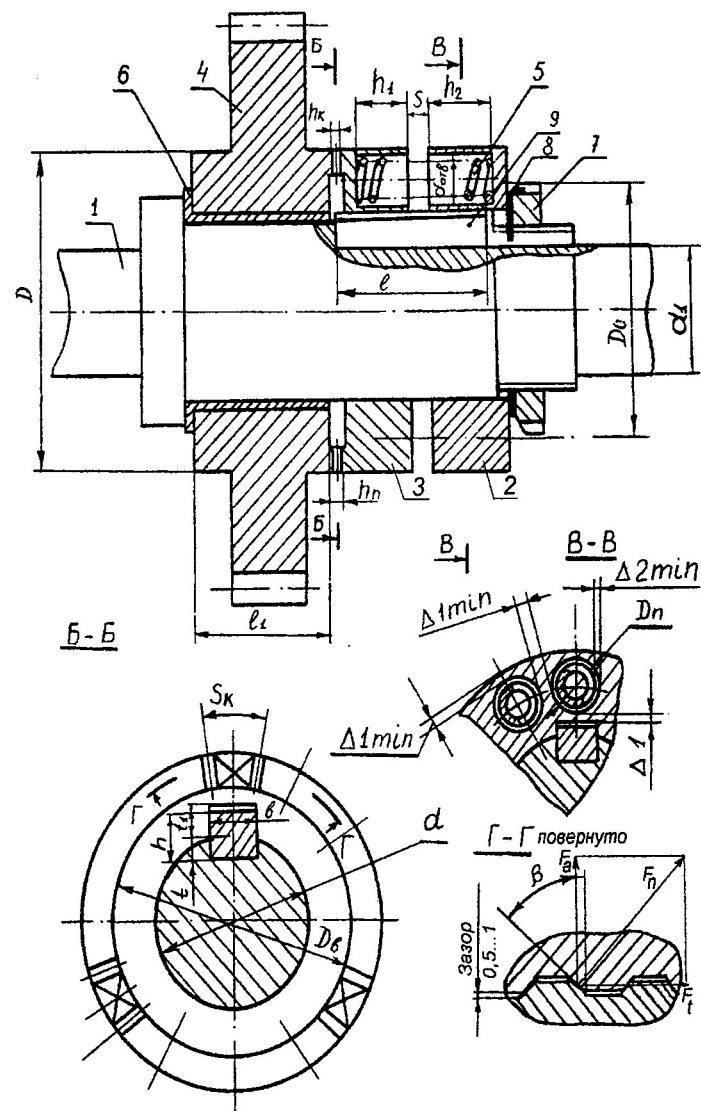


Рис. 2.3. Кулачковая предохранительная муфта

Таблица 2.1

Рекомендуемые размеры шпонок и пазов под них

Диаметр вала d , мм	Сечение шпонки $b \times h$, мм	Глубина паза		Длина шпонки l , мм
		вала t , мм	втулки t_1 , мм	
От 4 до 6	1,6×1,6	0,95	0,8	4...10
От 6 до 8	2×2	1,2	1,0	6...20
Св. 6 до 10	3×3	1,6	1,4	6...35
Св. 10 до 12	4×4	2,5	1,6	8...45
Св. 12 до 17	5×5	3	2,3	10...55
Св. 17 до 22	6×6	3,5	2,8	14...70

Рекомендуемое число кулачков для муфт в реверсивных передачах

$$z_1 = 360^\circ / S_K$$

где S_K – угловая толщина кулачка ($S_K = 20...60^\circ$).

Угол профиля кулачка рекомендуется выбирать в пределах $\beta = 45...55^\circ$. Наружный диаметр D для приборных муфт определяют по диаметру впадин зубчатого колеса 4 (см. рис. 2.3), но он не должен быть менее 30 и более 55 мм (более крупные муфты выбирают или рассчитывают – см. [5]). Если диаметр вала d или зубчатого колеса меньше рекомендуемого, то нужно выбрать другую конструкцию муфты; D_0 – диаметр центров расточки гнезд под пружины выбирают в пределах $2/3...3/5D$ и уточняют после расчета и конструирования пружин.

Средний диаметр приложения силы к кулачкам

$$D_{cp} = (D_B + D) / 2.$$

Суммарная сила сжатия пружин в номинальном режиме

$$P_{ном} = 2M_{ном} / (D_{cp} \operatorname{tg}(\beta + \varphi)),$$

где φ – угол трения между рабочими поверхностями кулачков ($\varphi = 4...8^\circ$).

При ограниченной ширине кулачков высоту кулачков h_K находят из расчета на допустимое контактное давление (не менее 4 мм). Глубина проточки $h_{п} = 2,5h_K$. Расстояние от торца зубчатого венца или аналогичной детали до проточки принимают больше высоты кулачка.

Подбор пружин. Наружный диаметр пружины D_H вычисляют как

$$D_H = D - D_0 - 2\Delta_{2\min}$$

или выбирают по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Размеры стандартных пружин

Номер пружины	Сила пружины P_3 при максимальной деформации одного витка, Н	Диаметр проволоки, мм	Наружный диаметр пружины, мм	Жесткость одного витка, Н/мм	Наибольший прогиб одного витка, мм
1	2	3	4	5	6
1	1,25	0,20	2,6	1,16	1,078
2	1,32	0,20	2,5	1,32	1,000
3	1,40	0,20	2,4	1,50	0,933
4	1,50	0,20	2,2	2,00	0,750
5	1,60	0,20	2,1	2,33	0,687
6	1,60	0,22	2,8	1,36	1,176
7	1,70	0,20	2,0	2,74	0,620
8	1,70	0,22	2,6	1,74	0,977
9	1,80	0,20	1,9	3,26	0,552
10	1,80	0,22	2,5	1,98	0,909
11	1,90	0,20	1,8	3,91	0,486
12	1,90	0,22	2,4	2,26	0,841
13	2,00	0,20	1,7	474	0,422
14	2,00	0,22	2,2	3,02	0,662
15	2,12	0,20	1,6	5,83	0,364
16	2,12	0,22	2,1	3,53	0,600
17	2,12	0,25	3,2	1,52	1,395
18	2,24	0,20	1,5	7,28	0,308
19	2,24	0,22	2,0	4,15	0,540
20	2,24	0,25	3,0	1,88	1,191

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
21	2,36	0,20	1,4	9,26	0,255
22	2,36	0,22	1,9	4,93	0,479
23	2,36	0,25	2,8	2,36	1,000
24	2,50	0,20	1,3	12,02	0,208
25	2,50	0,22	1,8	5,94	0,421
26	2,50	0,25	2,6	3,01	0,830
27	2,50	0,28	3,6	1,68	1,488
28	2,65	0,20	1,2	16,00	0,166
29	2,65	0,22	1,7	7,22	0,367
30	2,65	0,25	2,5	3,43	0,772
31	2,65	0,28	3,4	2,02	1,312
32		0,20	1,15	18,66	0,150
33	2,80	0,22	1,6	8,92	0,314
34		0,25	2,4	3,93	0,712
35		0,28	3,2	2,47	1,134
36		0,20	1,1	21,95	0,137
37		0,22	1,5	11,16	0,269
38	3,00	0,25	2,2	5,27	0,569
39		0,28	3,0	3,06	0,980
40		0,30	3,8	1,89	1,587
41		0,20	1,05	26,05	0,121
42		0,22	1,4	14,29	0,220
43	3,15	0,25	2,1	6,17	0,510
44		0,28	2,8	3,84	0,820
45		0,30	3,6	2,25	1,400
46		0,20	1,0	31,25	0,107
47		0,22	1,3	18,58	0,180
48	3,35	0,25	2,0	7,29	0,460
49		0,28	2,6	4,93	0,680
50		0,30	3,4	2,72	1,232
51		0,22	1,2	24,89	0,143
52	3,55	0,25	1,9	8,70	0,408
53		0,28	2,5	5,61	0,633
54		0,30	3,2	3,32	1,069
55		0,22	1,15	29,06	0,129
56		0,25	1,8	10,49	0,357
57	3,75	0,28	2,4	6,45	0,581
58		0,30	3,0	4,12	0,910
59		0,22	1,1	34,38	0,116
60		0,25	1,7	12,81	0,312
61	4,00	0,28	2,2	8,67	0,461
62		0,30	2,8	5,19	0,771
63		0,34	4,8	1,92	2,083

Продолжение табл. 2.2

1	2	3	4	5	6
64		0,25	1,6	15,88	0,268
65		0,28	2,1	10,20	0,417
66	4,5	0,30	2,6	6,65	0,639
67		0,36	4,5	2,27	1,793
68		0,25	1,5	20,00	0,225
69		0,28	2,0	12,10	0,372
70	4,25	0,30	2,5	7,62	0,590
71		0,36	4,2	2,96	1,520
72		0,25	1,4	25,68	0,185
73	4,75	0,28	1,9	14,45	0,329
74		0,30	2,4	8,75	0,543
75		0,36	4,0	3,48	1,365
76		0,25	1,3	33,75	0,148
77		0,28	1,8	17,49	0,286
78	5,00	0,30	2,2	11,83	0,423
79		0,36	3,8	4,12	1,214
80		0,40	5,2	2,31	2,164
81		0,28	1,7	21,48	0,247
82	5,30	0,30	2,1	13,89	0,372
83		0,36	3,6	4,94	1,073
84		0,40	5,0	2,63	2,015
85		0,28	1,6	26,72	0,210
86	5,60	0,30	2,0	16,46	0,340
87		0,36	3,4	5,99	0,935
88		0,40	4,8	3,00	1,867
89		0,28	1,5	33,85	0,177
90	6,00	0,30	1,9	19,81	0,303
91		0,36	3,2	7,33	0,818
92		0,40	4,5	3,71	1,617
93		0,28	1,4	43,75	0,144
94		0,30	1,8	24,00	0,262
95	6,30	0,36	3,0	9,14	0,689
96		0,40	4,2	4,66	1,352
97		0,45	6,0	2,40	2,625
98		0,28	1,7	29,46	0,227
99	0,670	0,30	2,8	11,55	0,580
100		0,40	4,0	5,49	1,220
101		0,45	5,5	3,18	2,107
102		0,30	1,6	36,87	0,193
103	7,10	0,36	2,6	14,94	0,475
104		0,40	3,8	6,51	1,091
105		0,45	5,2	3,82	1,859

1	2	3	4	5	6
106		0,30	1,5	46,88	0,160
107		0,36	2,5	17,14	0,428
108	7,50	0,40	3,6	7,81	0,960
109		0,45	5,0	4,35	1,724
110		0,50	6,5	2,89	2,595
111		0,36	2,4	19,75	0,405
112	8,00	0,40	3,4	9,48	0,844
113		0,45	4,8	4,98	1,606
114		0,50	6,3	3,20	2,500
115		0,36	2,2	26,98	0,315
116	8,50	0,40	3,2	11,66	0,729
117		0,45	4,5	6,17	1,378
118		0,50	6,0	3,76	2,261
119		0,36	2,1	31,88	0,282
120	9,00	0,40	3,0	14,57	0,618
121		0,45	4,2	8,78	1,157
122		0,50	5,5	5,00	1,800
123		0,36	2,0	38,08	0,250
124		0,40	2,8	18,52	0,513
125	9,5	0,45	4,0	9,16	1,037
126		0,50	5,2	6,02	1,578
127		0,56	7,5	2,94	3,231
128		0,36	1,9	45,99	0,217
129		0,40	2,6	24,04	0,416
130	10,00	0,45	3,8	10,93	0,915
131		0,50	5,0	6,86	1,458
132		0,56	7,0	3,68	2,717
133		0,36	1,8	56,25	0,188
134		0,40	2,5	27,64	0,384
135	10,60	0,45	3,6	13,12	0,808
136		0,50	4,8	7,86	1,349
137		0,56	6,5	4,69	2,260
138		0,60	8,0	3,20	3,312
139		0,40	2,4	32,00	0,350
140		0,45	3,4	15,97	0,701
141	11,20	0,50	4,5	9,76	1,148
142		0,56	6,3	5,20	2,154
143		0,60	7,5	3,95	2,839
144		0,40	2,2	43,90	0,269
145		0,45	3,2	19,73	0,598
146	11,80	0,50	4,2	12,34	0,956
147		0,56	6,0	6,12	1,928
148		0,60	7,0	4,94	2,389

1	2	3	4	5	6
149		0,40	2,1	52,10	0,240
150	12,50	0,45	3,0	24,69	0,506
151		0,50	4,0	14,58	0,857
152		0,56	5,5	8,16	1,532
153		0,60	6,5	6,32	1,978
154		0,40	2,0	62,50	0,211
155		0,45	2,8	31,64	0,417
156	13,20	0,50	3,8	17,39	0,759
157		0,56	5,2	9,84	1,341
158		0,60	6,3	7,00	1,886

Зазор $2\Delta_{\min}$ выбирают из технологических соображений, для приборных конструкций и материалов можно принять $\Delta_{\min} \approx 0,25$ мм, промежуток $\Delta l_{\min} \approx 0,4$ мм, размер $\Delta 3$ назначают в пределах $0,4 \dots 0,5$ мм. Если при указанных условиях диаметр пружины получается меньше 3 мм, то конструкцию муфты изменяют на конструкцию, показанную на рис. 2.4.

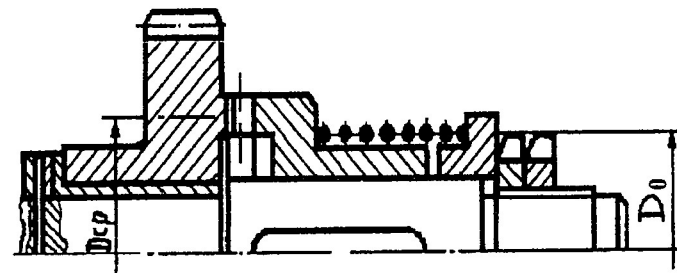


Рис. 2.4. Пример менее мощной кулачковой муфты

Вместо барабана с несколькими пружинами ставят одну пружину сжатия диаметром $D_{II} = D_0$. Размеры кулачков и зазор h_{II} не меняют. Для четкого срабатывания муфты желательно, чтобы пружины имели минимально возможную жесткость.

По условиям работы пружины предохранительных муфт можно отнести к пружинам 1-го и 2-го классов. Для них назначают марку стали по ГОСТ 1050-74 и 1435-74, проволоку по

ГОСТ 9389–75; 9389–75, параметры витков по ГОСТ 13766–68 или 13767–68, максимальные касательные напряжения τ_{\max} составляют $0,3\sigma_B$.

Число пружин m в барабане определяют по выражению

$$m = \pi D_0 / (D_H + 2\Delta 2_{\min} + \Delta 1_{\min}).$$

Размер h_1 выполняют, по возможности, гораздо меньшим размера h_2 для уменьшения массы скользящей части 3 подвижной полумуфты (см. рис. 2.3).

Сила одной пружины при предварительной деформации, соответствующая регулировке муфты по $M_{\text{ном}}$, $P_1 = P_{\text{ном}} / m$.

При перемещении скользящей части 3 полумуфты на высоту кулачков h_k происходит срабатывание муфты; получается, что рабочий ход пружины равен h_k . Силу срабатывания пружин P_2 получают делением силы P_{\max} на число пружин m , где

$$P_{\max} = M_{\max} / D_{\text{ср}} \text{tg}(\beta + \varphi).$$

При очень большом коэффициенте запаса пружина может оказаться слишком длинной, а проволока слишком большого диаметра. Рекомендуется коэффициент запаса примерно 1,2. Чтобы исключить соударение витков пружины при срабатывании из-за их инерционности, задают инерционный зазор между витками пружин в пределах 0,05...0,25 мм, на который увеличивают обычный зазор между витками. Сила пружины P_3 при максимальной допустимой деформации

$$P_3 \approx \frac{P_2}{1 - 0,05} \dots \frac{P_2}{1 - 0,25}.$$

Определяют жесткость пружины $k = (P_2 - P_1)/h$. Далее пружину выбирают по табл. 2.2.

Шариковая предохранительная муфта. Конструкция шариковой предохранительной муфты приведена на рис. 2.5.

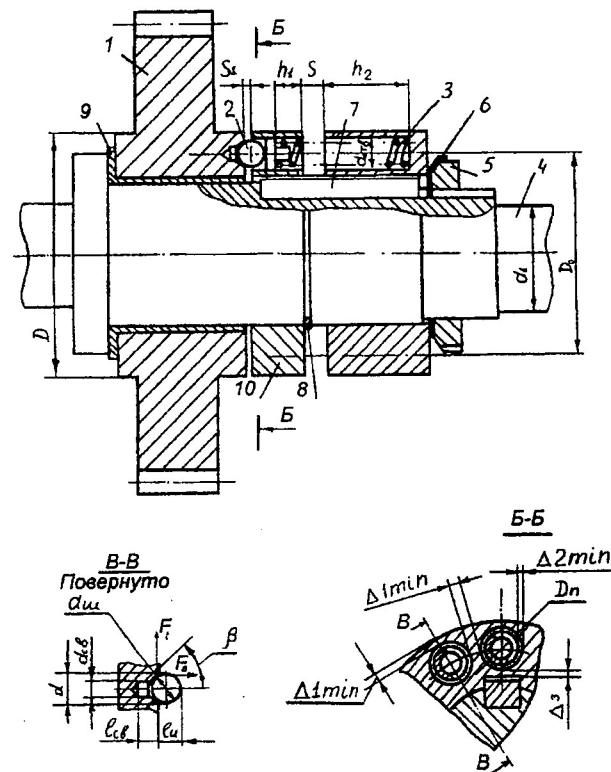


Рис. 2.5. Шариковая предохранительная муфта

Принцип работы этой муфты не отличается от принципа работы кулачковой предохранительной муфты. При увеличении момента на зубчатом колесе 1 сверх момента предохранения шарики 2 выталкиваются из лунок, выполненных в ступице зубчатого колеса или подобной детали, преодолевая силу сжатия пружин 3, и освобождают колесо 1 от сцепления с валом 4. С помощью гайки 5 регулируют момент предохранения. Стопорная шайба 6 предохраняет гайку 5 от самоотвинчивания. Шпонка 7 и втулка 9 служат для тех же целей, что и аналогичные детали кулачковой муфты. Стопорная шайба 8 фиксирует от произвольного перемещения обойму 10 с шариками 2. Подшипник скольжения 9 стабилизирует момент срабатывания муфты.

Проектирование муфты начинают с проектирования вала 4. Рекомендации по проектированию вала, выбору зазоров Δl_{\min} и $\Delta 2_{\min}$, размеров шпонок или шлицов такие же, как и для кулачковых муфт. Наружный диаметр муфты D и диаметр расположения центров шариков D_0 соответствует D_0 на рис. 2.3, их рассчитывают по формулам, приведенным выше. Число шариков при моменте предохранения до 5 Н·м выбирают для приборных муфт равным 4 – 6. Средний диаметр D_0 приложения силы к шарикам – как и у кулачковой муфты. Суммарная сила пружин

$$P_{\text{пр}} = P[\text{tg}(\beta + \varphi + \chi)],$$

где P – окружная сила; β – угол конуса лунки для шарика ($45...55^\circ$); φ – угол трения шарика и лунок ступицы колеса 1 (примерно $8,5^\circ$); χ – угол трения шарика и обоймы 10; при стальной обойме $\chi = 8,5^\circ$, при бронзовой – $\chi = 6^\circ$ (шарики стальные).

Окружную силу вычисляют через момент предохранения:

$$P = 2M_{\text{пр}} / D_0,$$

где $M_{\text{пр}} = M_{\text{мах}}$.

Вместо лунок под шарики в торце ступицы колеса 1 можно фрезеровать радиальные пазы с поперечным сечением, как указано в сечении В – В на рис. 2.6.

Глубина C и ширина B пазов должна соответствовать диаметру лунки на рис. 2.5 для обеспечения величины h_0 и необходимого зазора S_1 (рис. 2.7). При выбранном угле β диаметр лунки можно определить и графически.

Другой вариант подобной муфты представлен на рис. 2.8. Здесь момент с вала 1 подается через шпонки и полумуфту 2 на зубчатое колесо 3 посредством шариков 4, расположенных в радиальных пазах деталей 2 и 3. Шарики 4 удерживаются на диаметре D_0 и равномерно распределяются по окружности сепаратором 5. Для повышения точности момента срабатывания применен упорный шариковый подшипник 6. Зазор S служит для регулировки момента срабатывания с помощью гайки 7.

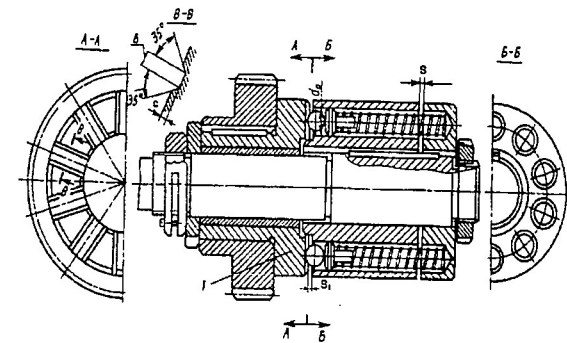


Рис. 2.6. Конструкция шариковой предохранительной муфты с пазами вместо лунок

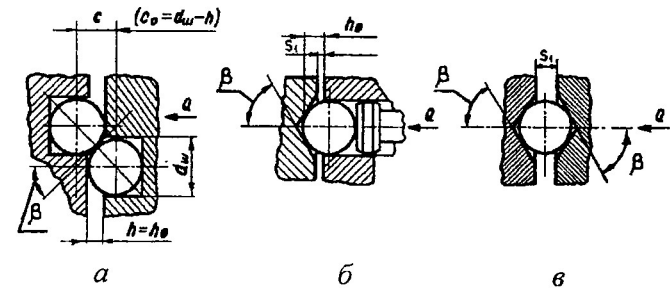


Рис. 2.7. Варианты конструктивного исполнения шарикового узла предохранительных муфт, где $h_0 = (0,15...0,2)d_{\text{ш}}$

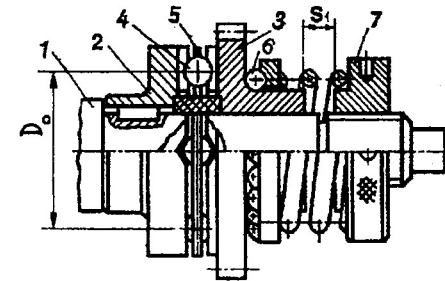


Рис. 2.8. Шариковая предохранительная муфта повышенной точности

На рис. 2.9 представлена одна из конструкций шариковой предохранительной муфты радиального действия, отличительной особенностью которой являются меньшие осевые размеры. Однако эта муфта в большей степени подвержена влиянию центробежных сил, кроме того, технологически трудно изготавливать отверстия с точно обработанными фасками на внутренней поверхности левой полумуфты. Силу прижатия каждого шарика при срабатывании P_2 вычисляют по формуле

$$P_2 = M_{\max} \sqrt{d_{\text{ш}}^2 d_0^{-2} - 1} / (0,5 Dz),$$

где d_0 – диаметр отверстия для шарика в правой полумуфте; z – число шариков (не более четырех); D – диаметр центров шариков.

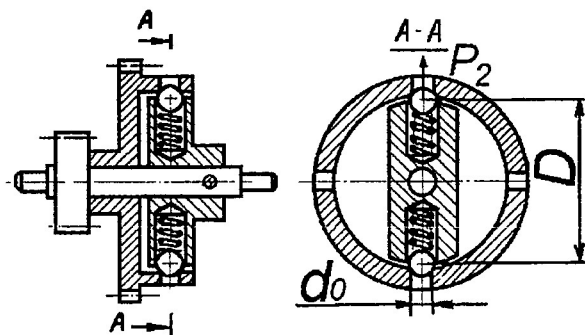


Рис. 2.9. Шариковая предохранительная муфта радиального действия

Рекомендации по проектированию пружин – как и для кулачковой муфты.

Шарики выбирают из ряда диаметров: 1,3; 1,558; 2,0; 2,381; 2,5; 3,0; 3,175; 3,5; 4; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 8,0 мм. Диаметр пружины $D_{\text{н}}$, полученный по результатам расчета, приводят к ближайшему диаметру шарика $d_{\text{ш}}$. Если пружина не уместается в рассчитанные размеры $d_{\text{отв}}$, то следует увеличивать значение D и D_0 так, чтобы зазоры $\Delta 2_{\min}$ и $\Delta 1_{\min}$ соответствовали рекомендациям для кулачковой муфты. Диаметр отверстия под шарик равен диаметру отверстия под пружину с учетом обязательных зазоров 0,2...0,7 мм.

Силу сжатия одной пружины при предварительной деформации вычисляют как и для кулачковой муфты. Часть хода пружины, на которой крутящий момент не превышает момент предохранения,

$$h = (1 - \sin \beta) d_{\text{ш}} / 2.$$

Часть хода пружины, на которой крутящий момент не передается на вал,

$$H_3 - H_2 = (d - d \cos \beta) / 2 \operatorname{tg} \beta.$$

Диаметр лунки в ступице колеса под шарик $d_{\text{св}} = 0,7 d_{\text{ш}}$. Далее расчет пружины ведется так же, как и для кулачковой муфты. Зазор S_1 выбирается в пределах 0,5...0,6 $d_{\text{ш}}$ мм.

Предохранительная фрикционная муфта (рис. 2.10). На валу 1 по подвижной посадке посажено зубчатое колесо 2, в удлиненной ступице которого имеются пазы (от двух до четырех). В эти пазы входят соответствующие выступы на наружном диаметре фрикционных дисков 4. Внутренний диаметр дисков 4 гладкий и соответствует посадочному диаметру вала 1, боковые поверхности покрыты металлокерамикой (рис. 2.11, а). Между дисками 4 находятся фрикционные диски 3, имеющие четыре выступа на внутреннем диаметре и гладкий наружный диаметр, соответствующий внутреннему диаметру расточки в ступице. Выступы дисков 3 входят в пазы на валу 1 и обеспечивают сцепление дисков с валом. Боковые поверхности дисков 3 гладкие (рис. 2.11, б). Все эти диски являются телами трения, через которые передается момент с колеса на вал. Силу прижатия между дисками создают пружины 5, расположенные в барабане 6 и обойме 10. Барабан 6 и обойма 10, так же как и диски, имеют выступы, которые входят в пазы на валу и предохраняют детали от проворачивания (размеры выбирают как для шлицевых прямобочных соединений по ГОСТ 1138–59). Вместо выступов на внутреннем диаметре барабана, обоймы и дисков 4 можно сделать шпоночные пазы по ГОСТ 23360–78, а в соответствующие шпоночные канавки вала поместить призматические шпонки. Шайба 9 упирается в буртик на валу 1, способствует равномерному распределению сил давления между дисками и предохраняет их от деформации. Гайка 7 служит для регулировки по моменту предохранения $M_{\text{пр}}$ муфты, а шайба 8 предохраняет ее от самоотвинчивания. Гайку выбирают по ГОСТ 118771–80, шайбу – по ГОСТ 118872–80.

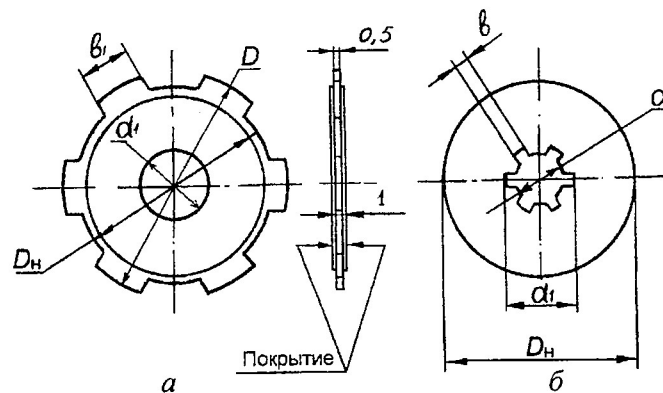
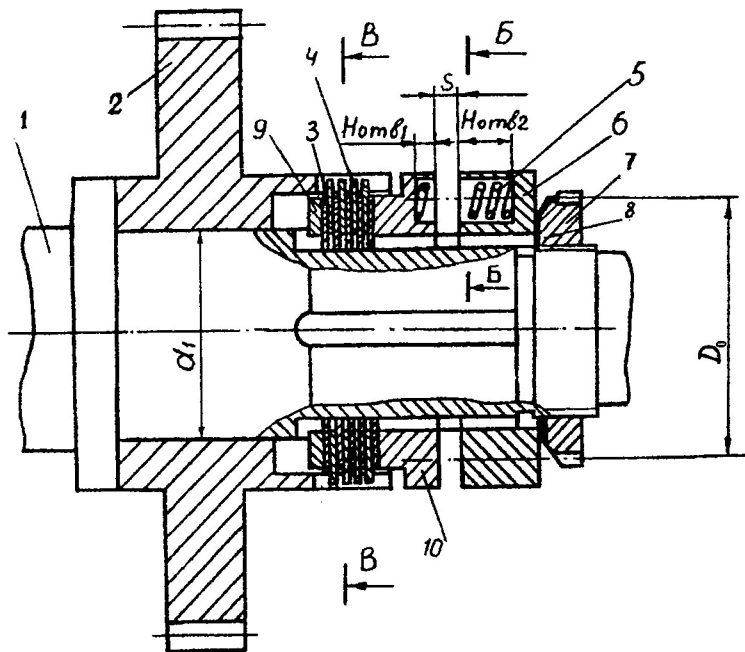


Рис. 2.11. Фрикционные диски

При номинальном моменте на колесе он через пазы ступицы колеса колеса передается на диски 4, с них через силы трения на диски 3 и с них – на вал 1. При перегрузке диски начинают проскальзывать и поломки механизма не происходит. По условиям работы на диски фрикционной муфты не должна попадать смазка, так как она может уменьшить коэффициент трения в 10 раз. Не рекомендуется увеличивать наружный диаметр дисков более 55 мм из-за возникающей большой разницы скоростей скольжения на дисках муфты и трудностей, связанных с равномерным распределением давления по трущимся поверхностям.

Проектирование муфты проводят по следующей схеме. После расчета диаметра вала d_1 на прочность выбирают наружный диаметр фрикционных дисков, обычно $D_H = (3...6)d_1$, и приводят к значению, выбранному по ГОСТ 6636–69. Внутренний диаметр дисков d берут по диаметру вала d_1 с учетом ступенчатой конструкции вала.

Число пар поверхностей трения

$$z = 8M_{\text{пр}} / \pi(D_H^2 - d_{\text{вн}}^2)D_{\text{ср}}[p]f_0,$$

где $M_{\text{пр}}$ – момент предохранения; $D_{\text{ср}} = (D_H + d_1)/2$; $[p]$ – допустимое давление на трущихся поверхностях; f_0 – коэффициент трения покоя (0,3...0,8).

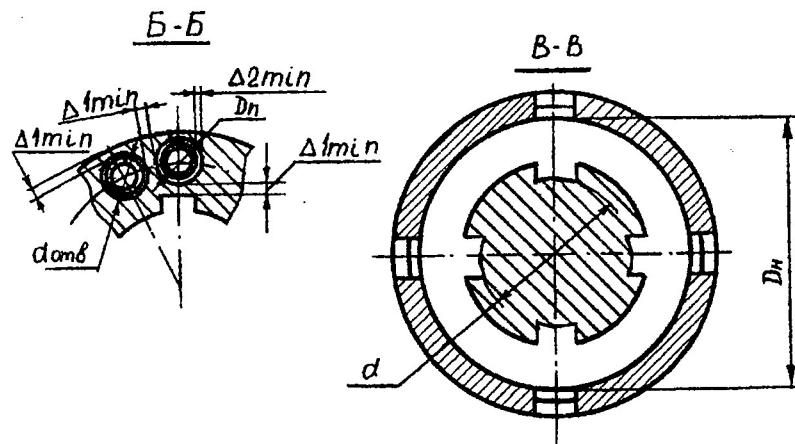


Рис. 2.10. Фрикционная предохранительная муфта

Диски с выступами – шлицами на наружном диаметре (см. рис. 2.11, а) изготавливают обычно из стали толщиной 0,5...1 мм с нанесением на трущиеся поверхности металлокерамики, а диски с пазами (см. рис. 2.11, б) для зацепления со шлицами на валу – из закаленной стали такой же толщины без покрытия. Если по расчетам число поверхностей трения получается меньше единицы, то берут диски только из стали, уменьшают габаритные размеры муфты и ведут новый расчет. Больше восьми дисков брать не рекомендуется. Чтобы уменьшить число дисков, нужно или увеличить габаритные размеры муфты, или применить материалы с более высокими значениями f_0 и $[p]$. Рекомендуемые материалы и их механические характеристики приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Механические свойства материалов для поверхностей трения

Материал фрикционной пары	Условия работы	Коэффициент трения, f_0	Допустимое давление $[p]$, МПа	Рабочая температура, °С
Сталь–сталь	Со смазкой	0,08	0,6...0,8	250
Сталь–бронза		0,05	0,4	150
Сталь–текстолит		0,1	0,5...0,6	100
Сталь–асбест	Без смазки	0,3	0,25...0,3	250
Сталь–металлокерамика		0,8	0,3	550
Сталь–металлокерамика	Со смазкой	0,4	0,4	550

Силу сжатия пружин определяют по формуле

$$P_2 = 2M_{\text{пр}} / D_{\text{ср}} z f_0.$$

Диаметр расположения центров гнезд под пружины

$$D_0 = (D_{\text{н}} + d_1) / 2 + (2...4) \text{ мм.}$$

Число пружин

$$m = \pi D_0 / (d_{\text{отв}} + \Delta l_{\text{мин}}); \quad d_{\text{отв}} = D_{\text{н}} + 2\Delta 2_{\text{мин}}.$$

Зазор $\Delta 2_{\text{мин}}$ берут порядка 0,3...0,7 мм. Ход пружины здесь не является определяющей величиной, практически он равен нулю. Также пружину можно выбрать из табл. 2.2, задаться числом рабочих витков (4...12) и провести расчет, как для кулачковой муфты. При этом следует принять силу пружины при срабатывании муфты равной P_2 .

На рис. 2.12 представлена конструкция фрикционной предохранительной муфты, предназначенной для работы при малых передаваемых моментах. Нормальная сила Q в такой конструкции создается пружиной и приравнивается силе P_2 . Рекомендуется выбирать следующие соотношения размеров:

$$D_1/D_2 = 0,6...0,8; \quad b/R_{\text{ср}} = 0,2...0,5; \quad R_{\text{ср}} = (D_1 + D_2)/2.$$

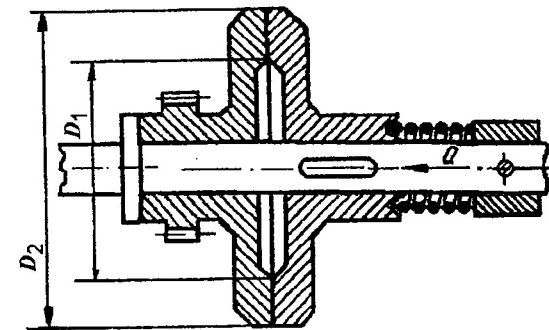


Рис. 2.12. Фрикционная предохранительная муфта на небольшие моменты

Момент предохранения вычисляется по выражению

$$M_{\text{пр}} = 1/3 Q f \frac{D_2^3 - D_1^3}{D_2^2 - D_1^2}.$$

Коэффициент трения f выбирают по табл. 2.3. Пружину подбирают по табл. 2.2. Нагрузочная способность определяется допустимым значением удельного давления p :

$$p = Q/[\pi(D_2^2 - D_1^2)/4] \leq [p].$$

На рис. 2.13 представлена конструкция малогабаритной фрикционной предохранительной муфты. Поверхности трения в ней образуются обеими торцевыми поверхностями ступицы зубчатого колеса, выступов на валике и специальной шайбой со стопорным выступом на внутреннем диаметре.

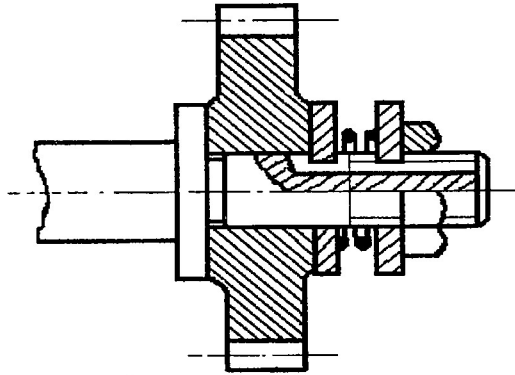


Рис. 2.13. Малогабаритная фрикционная предохранительная муфта

ми этой муфты являются: меньшая сила пружины прижатия; большая надежность при меньшем износе трущихся поверхностей и меньшие габаритные размеры при передаче одинаковых крутящих моментов аналогичных конструкций других типов муфт. Максимальный крутящий момент, передаваемый конусной фрикционной муфтой,

$$M_{\max} = QRf/\sin\alpha = 2\pi R^2 b[p]f/\sin\alpha.$$

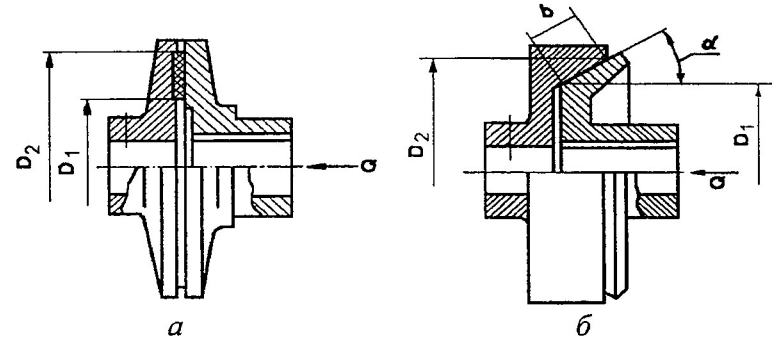


Рис. 2.14. Конструктивные особенности фрикционных предохранительных муфт

Расчет ведут по двум приведенным выше формулам с учетом того, что в передаче момента участвуют две поверхности трения:

$$M_{\text{пр}} = 2/3 Qf \frac{D_2^3 - D_1^3}{D_2^2 - D_1^2};$$

$$p = Q/[\pi(D_2^2 - D_1^2)/2] \leq [p].$$

Задаваясь средним радиусом $R_{\text{ср}} = (D_1 + D_2)/2$, можно определить ширину поверхности трения

$$b = M_{\text{пр}} \sin \alpha / R_{\text{ср}} f.$$

Принимают $b/R_{\text{ср}} \geq 0,3 \dots 0,5$.

Осевая составляющая силы прижатия дисков конусной муфты

$$Q = M_{\text{пр}} \sin \alpha / R_{\text{ср}} f.$$

2.4. Расчет пружин

Расчет пружины сжатия можно выполнить самостоятельно, используя технические свойства материалов (см. табл. 1.4) и конструктивные размеры рис. 2.15. Для начала выбирают исходные дан-

На рис. 2.14 представлены конструкции двух предохранительных муфт.

Отличительной особенностью муфты, представленной на рис. 2.14, а, от приведенных на рис. 2.12 и 2.13 является наличие специальной вставки в левой полумуфте. Материал этой вставки при контакте с материалом правой полумуфты обычно имеет более высокий коэффициент трения и более высокое допустимое давление p . На рис. 2.14, б представлена конструкция фрикционной конической предохранительной муфты. Основными преимуществами

ные из условий работы и применения: рабочее перемещение h (для фрикционной муфты $h = 0$ мм); наибольшую рабочую нагрузку P_2 , наружный диаметр D_H (мм). В соответствии с требованиями, предъявляемыми к пружине и режимам нагрузки, выбирают материал и определяют допустимые напряжения кручения $[\tau]_\tau$ (МПа), модуль упругости первого рода E и модуль упругости второго рода (сдвига) G . Модули упругости G и E связаны зависимостью

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)},$$

где ν – коэффициент Пуассона (для стальной проволоки можно принять $G \approx 0,384 E$).

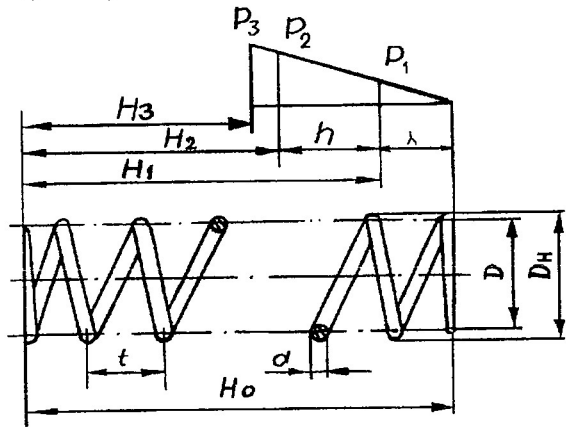


Рис. 2.15. Основные размеры и характеристика пружины

Диаметр проволоки определяют из условий прочности:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k_\tau P_3 D}{[\tau]}}$$

Величину k_τ определяют по следующей приближенной зависимости:

$$k_\tau \approx \frac{(4C+2)}{(4C-3)},$$

где C – индекс пружины, $C = D_0/d$; при $d \leq 0,5$ $C = 8 \dots 16$, а при $d > 0,5$ $C = 6 \dots 10$.

Затем можно определить осевую податливость одного витка λ – осадка при действии силы в 1 Н:

$$\lambda = 8c^3 / Gd.$$

В муфту пружину устанавливают с предварительной деформацией (сжатием) с усилием P_1 , длина ее в этом положении

$$H_1 = H_0 - \lambda_1.$$

Длину пружины при действии наибольшей рабочей нагрузки P_2 вычисляют так:

$$H_2 = H_0 - \lambda_2,$$

где $-\lambda_2 = \lambda_1 + h$.

Если ход пружины задан в виде перемещения подвижных частей муфты, то необходимое число витков

$$n = h / \lambda (P_2 - P_1).$$

Полное число витков

$$n_1 = n + (1,5 \dots 2,0).$$

Дополнительные $1,5 \dots 2,0$ витка идут на поджатие для создания опорных поверхностей пружины.

Шаг пружины находится в зависимости от наибольшей осадки пружины,

$$t = d + (1,1 \dots 1,2) H_3 / n.$$

Длина проволоки, необходимой для изготовления пружины, $L \approx 3,2 D_0 n$ (угол подъема витка ненагруженной пружины $\alpha = 6 \dots 9^\circ$).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Элементы приборных устройств (Основной курс): Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 ч. Ч.1: Детали, соединения и передачи / О.Ф. Тищенко, Л.Т. Киселев, А.П. Коваленко и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Высш. шк., 1982. 304 с.
2. Элементы приборных устройств (Основной курс): Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 ч. Ч.2: Приводы, преобразователи, исполнительные устройства / О.Ф. Тищенко, Л.Т. Киселев, А.П. Коваленко и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Высш. шк., 1982. 263 с.
3. Элементы приборных устройств: Курсовое проектирование: Учеб. пособие для студентов вузов: В 2 ч. Ч. 1: Расчеты/ Н.П. Нестерова, А.П. Коваленко, О.Ф. Тищенко и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. М.: Высш. шк., 1978. 328 с.
4. Справочник конструктора точного приборостроения/ Г.А. Веркович, Е.Н. Головенкин, В.А. Голубков и др.; Под общ. ред. К.Н. Явленского, Б.П. Тимофеева, Е.Е. Чаадаевой. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. 789 с.
5. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора–машиностроителя: В 3 т. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 559 с.
6. *Ванторин В.Д.* Механизмы приборных и вычислительных систем: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1985. 416 с.
7. *Иоселевич Г.Б., Строганов Г.Б., Масло Г.С.* Прикладная механика: Учеб. для вузов /Под ред. Г. Б. Иоселевича. М.: Высш. шк., 1989. 351 с. .
8. Расчет и конструирование механизмов приборов и установок.: Учеб. пособие для инженерно-физических и приборостроительных специальностей вузов/Ю.В. Милосердин, Б.Д. Семенов, Ю.А. Кречко. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 408 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Соединительные муфты	3
1.1. Втулочная муфта.....	4
1.2. Пальцевая (поводковая) муфта	6
1.3. Эластичная пальцевая муфта	8
1.4. Упругая муфта с винтовыми пружинами сжатия.....	9
1.5. Муфты с упругими элементами (мембранные муфты).....	11
1.6. Крестовая муфта.....	15
2. Предохранительные муфты	16
2.1. Место установки предохранительной муфты.....	16
2.2. Предохранительные муфты с разрушаемыми элементами	17
2.3. Самоуправляемые предохранительные муфты	20
2.4. Расчет пружин.....	39
Список рекомендуемой литературы.....	42

**Игорь Степанович Поташев
Александр Алексеевич Буцев
Елена Владимировна Матвеевко**

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Конструирование приборных муфт

Редактор *Е.К. Кошелева*
Корректор *О.Ю. Соколова*

Подписано в печать 30.04.2002. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печ. л. 2,75. Усл. печ. л. 2,55. Уч.-изд. л. 2,35. Тираж 200 экз.
Изд. № 42. Заказ №

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.