

ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН
ВЫБОР МУФТ ДЛЯ ПРИВОДА ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Методические указания к курсовому проектированию для студентов
машиностроительных и немашиностроительных
специальностей всех форм обучения

ВВЕДЕНИЕ

Общим назначением муфт, применяемых в машиностроении, является соединение валов или других деталей машин и механизмов для передачи движения – чаще всего вращательного. К основным функциям муфт, кроме названной, относятся включение и выключение механизмов при постоянно работающем двигателе (управляемые муфты), предохранение механизмов от поломок при перегрузках (предохраниительные), компенсация несоосности соединяемых валов (компенсирующие), уменьшение динамических нагрузок (упругие), передача вращения в заданном и автоматическое разъединение валов в обратном направлении.

В заданиях на курсовое проектирование предусматривается не проектирование муфт для соединения валов, а выбор их из числа стандартных конструкций с учетом особенностей эксплуатации привода и с последующей проверкой элементов муфты на прочность.

В методических указаниях представлены краткие сведения о муфтах наиболее распространенных типов.

1 ВЫБОР ТИПА МУФТ

При монтаже приводных установок следует строго соблюдать соосность соединяемых валов; если в процессе эксплуатации она не нарушается, то валы можно соединять *жесткими муфтами*.

Однако в реальных условиях не всегда удается обеспечить соосность; под действием тепловых и силовых факторов возникают определенные деформации, приводящие к смещениям валов – радиальному Δ , осевому λ и угловому γ .

Для устранения вредных последствий таких смещений выбирают *жесткие компенсирующие муфты*.

Для защиты узлов передач от ударных нагрузок в кинематической схеме привода предусматривают *упругие муфты*.

Опасные перегрузки могут быть ослаблены или устранены введением в привод *предохранительных муфт*.

Основной характеристикой муфт является передаваемый вращающий момент T . Муфты подбирают по ГОСТУ по большему диаметру концов соединяемых валов и расчетному моменту

$$T_p = K \cdot T, \quad (1)$$

где K – коэффициент режима работы муфты. Значения K представлены в таблице П1.

Муфты каждого размера выполняют для некоторого диапазона диаметров валов, которые могут быть различными при одном и том же вращающем моменте вследствие разных материалов и различных изгибающих моментов.

Наиболее слабые звенья выбранной муфты проверяют расчетом на прочность по расчетному моменту T_p .

2 УСТАНОВКА ПОЛУМУФТ НА ВАЛАХ

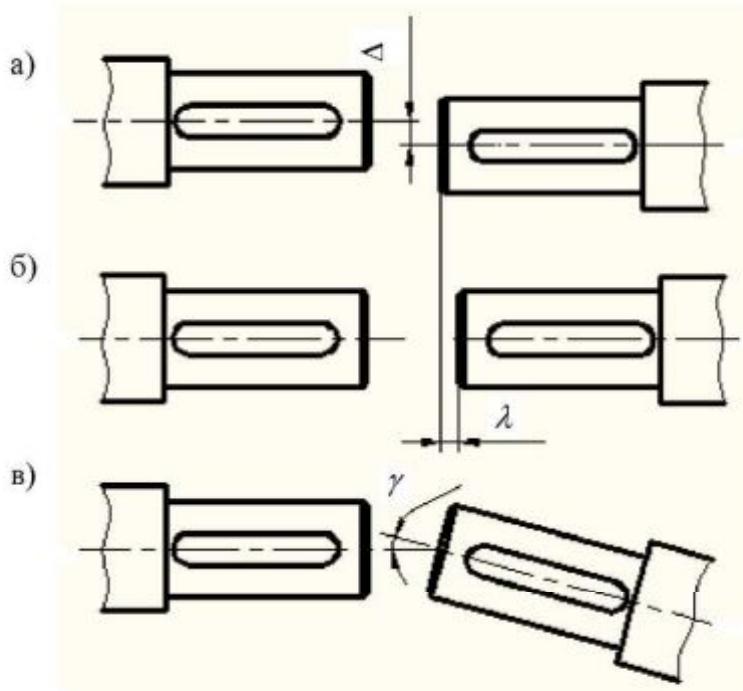
Полумуфты устанавливают на цилиндрические или конические концы валов. При постоянном направлении вращения и умеренно нагруженных валах полумуфты сажают на гладкие цилиндрические концы валов по переходным посадкам типа $H7/k6$; $H7/m6$. При реверсивной работе, а также при сильно нагруженных валах применяют посадку $H7/n6$.

Для передачи вращающего момента используют шпоночное соединение. Установку полумуфт на цилиндрические шлицевые концы валов применяют, если при расчете шпоночного соединения длина посадочного отверстия получается большей $1,5d$. Посадки по центрирующим поверхностям принимают: для прямобочных шлицев – $H7/j_s 6$; для эвольвентных шлицев – $H7/n7$.

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

3 ЖЕСТКИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ МУФТЫ

Жесткие компенсирующие муфты относятся к постоянным муфтам и предназначены для соединения валов с компенсацией радиальных (рисунок 1, а), осевых (рисунок 1, б) и угловых смещений (рисунок 1, в) вследствие неточности изготовления и монтажа.



а – радиальное смещение на величину Δ ; б – осевое смещение на величину λ ;
в – угловое смещение на величину γ

Рисунок 1 – Схема погрешностей монтажа валов

Компенсация отклонений от соосности валов достигается за счет подвижности жестких деталей муфты. Эти муфты уменьшают дополнительные нагрузки на валы и подшипники, вызываемые отклонениями от соосности валов. Наибольшее распространение из группы жестких компенсирующих муфт получили зубчатые и цепные.

3.1 Зубчатая муфта

Эта муфта стандартизована (ГОСТ 5006–94, ГОСТ Р50895–96, рисунок 2).

Состоит из двух обойм 1 с внутренними зубьями эвольвентного профиля, которые зацепляются с зубьями втулок 2, насаживаемых на концы валов. Обоймы соединены между собой болтами, поставленными в отверстия без зазора. Втулки и обоймы изготавливают из стали 40 или стали 45Л.

Зубчатые муфты компенсируют радиальные, осевые и угловые смещения валов за счет боковых зазоров в зацеплении и обточки зубьев втулок по сфере. Компенсация отклонений от соосности валов

сопровождается скольжением зубьев. Угол перекоса оси каждой втулки относительно оси обоймы допускается до $1^{\circ}30'$.

Для повышения износостойкости зубья подвергают термообработке, а муфту заливают маслом большой вязкости.

Зубчатые муфты широко применяются для соединения горизонтальных тяжело нагруженных валов диаметром $d = 40 \dots 560$ мм при окружных скоростях до 25 м/с. Эти муфты надежны в работе, имеют малые габариты. При работе зубья испытывают переменные контактные напряжения и напряжения изгиба, что затрудняет их точный рас-

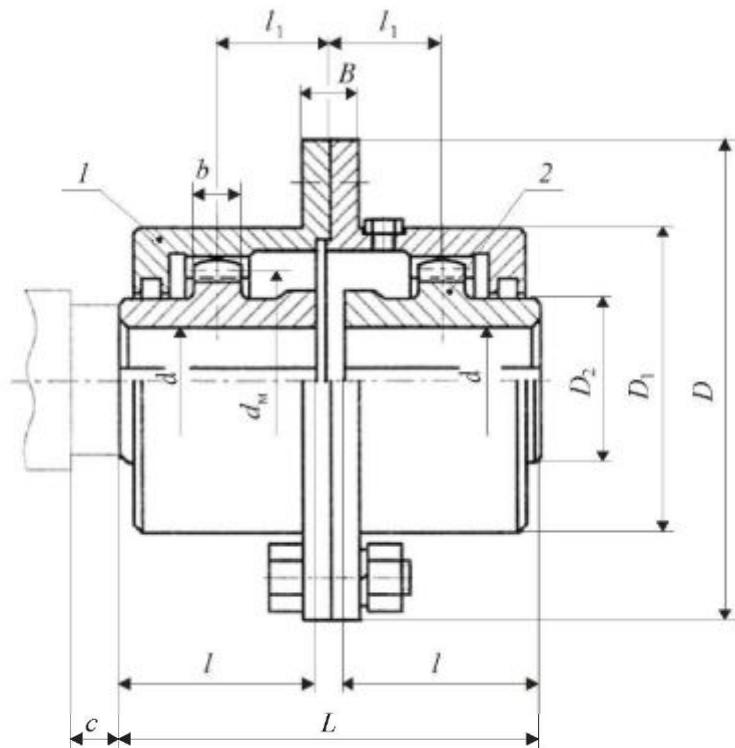


Рисунок 2 – Зубчатая муфта

чет. Муфты подбирают в зависимости от расчетного врачающего момента T_p , который определяют по наибольшему действующему моменту T , передаваемому муфтой

$$T_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot T \leq T_h, \quad (2)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий степень ответственности передачи; $k_1 = 1,0$ – при останове машины; $k_1 = 1,2$ – при аварии машины;

$k_1 = 1,5$ – при аварии ряда машин; $k_1 = 1,8$ – при человеческих жертвах;

k_2 – коэффициент, учитывающий условия работы; $k_2 = 1,0$ – при спокойной работе равномерно нагруженных механизмов; $k_2 = 1,1 \dots 1,3$ – при работе неравномерно нагруженных механизмов; $k_2 = 1,3 \dots 1,5$ – при тяжелой работе с ударами неравномерно нагруженных и реверсивных механизмов;

k_3 – коэффициент углового смещения; значения k_3 представлены в таблице 1.

T_h – вращающий момент по ГОСТ 5006–94.

Таблица 1 – Значения коэффициента k_3

Угол перекоса валов γ	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}30'$	$1^{\circ}00'$	$1^{\circ}30'$
Коэффициент k_3	1,0	1,25	1,5	1,75

Значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3 (ГОСТ Р 50895-96) представлены в работе ([4], с. 22, 25).

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

$$T_{\max} \leq 2 \cdot T_h. \quad (3)$$

Нормальные условия для работы зубчатых муфт обеспечиваются при

$$p = \frac{T_p \cdot 10^3}{0,9 \cdot b \cdot d_m} \leq [p], \quad (4)$$

где p – давление на поверхности зубьев, МПа;

T_p – расчетный вращающий момент, Н·м;

b – длина зуба, мм;

d_m – диаметр делительной окружности, мм; $d_m = m \cdot z$;

m – модуль зацепления, мм;

z – число зубьев втулки;

$[p]$ – допускаемое удельное давление, МПа; $[p] = 12 \dots 15$ МПа.

При работе муфты в условиях смещений соединяемых валов возникает неуравновешенная радиальная сила

$$F_m = \frac{(0,3 \dots 0,4) \cdot T_p}{d_m}. \quad (5)$$

Потери в муфте оцениваются КПД $\eta = 0,98 \dots 0,99$.

Муфты изготавливаются следующих типов:

- 1 – с разъемной обоймой;
- 2 – с промежуточным валом;
- 3 – с неразъемной обоймой.

Втулки муфт изготавливают следующих исполнений:

- 1 – с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов;
- 2 – с коническими отверстиями для коротких концов валов для муфт типов 1 и 3.

В муфтах допускается комбинация втулок различных исполнений.

Условное обозначение муфт должно включать слово «Муфта», обозначение типа, значения номинального крутящего момента, диаметров посадочных отверстий втулок или отверстий втулок и фланцевых полумуфт, обозначение исполнения втулок, климатического исполнения и категории, обозначение настоящего стандарта.

Примеры условного обозначения.

1. Муфта типа 1 с номинальным крутящим 2500 Н·м, диаметром посадочных отверстий во втулках 50 мм, с втулками исполнения 1, климатического исполнения У, категории 2:

Муфта 1–2500–50–1У2 ГОСТ Р 50895–96

2. То же, типа 2, с диаметром посадочных отверстий во фланцевых полумуфтах 55 мм:

Муфта 2–2500–50–55–1У2 ГОСТ Р 50895–96

3. То же, типа 1, с втулками исполнения 1, в одной из которых диаметр посадочного отверстия 55 мм:

Муфта 1–2500–50–1–55–1У2 ГОСТ Р 50895–96

4. То же, одна втулка исполнения 1, другая исполнения 2 с диаметром посадочного отверстия 55 мм:

Муфта 1-2500-50—1-55-2У2 ГОСТ Р 50895-96

Параметры и основные размеры зубчатых муфт представлены в таблице П2.

3.2 Цепная муфта

Состоит из двух полумуфт-звездочек 1 и 2, имеющих одинаковые числа зубьев; в качестве соединительного элемента применяют цепи 3 роликовые однорядные (рисунок 3, а) и двухрядные (рисунок 3, б).

Достоинства цепных муфт – простота конструкции и обслуживания, относительно небольшие габариты, при монтаже и демонтаже не требуется осевого смещения узлов.

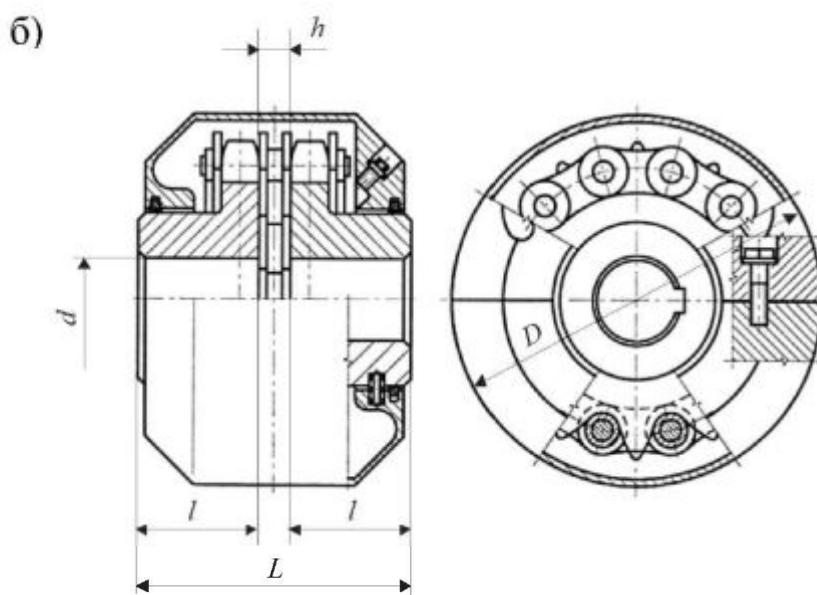
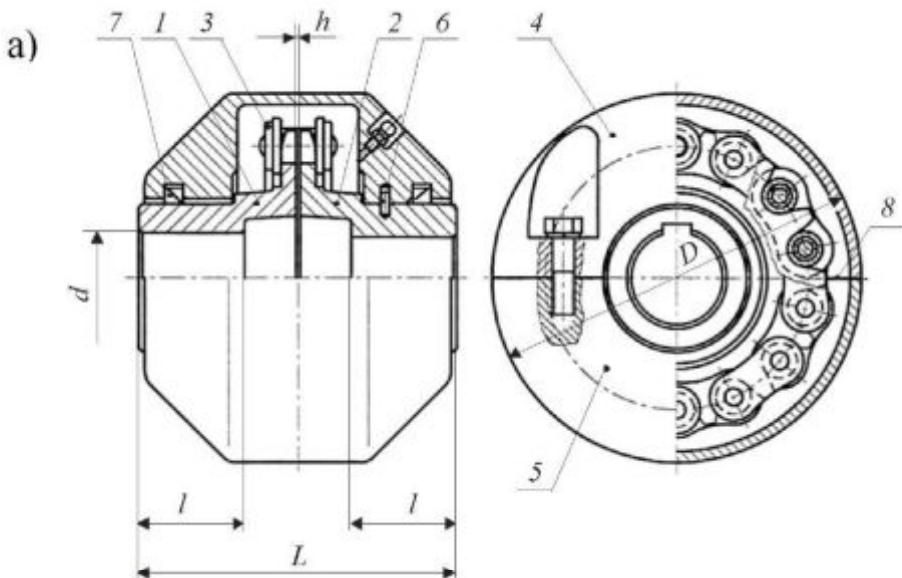
Для удержания смазочного материала муфту закрывают кожухом 4, 5, разъемным в осевой плоскости. Чтобы предотвратить утечку масла, в кожух встраивают уплотнения 7. Кожух обычно выполняют литым из легких сплавов. При его сборке между плоскостями разъема ставят уплотняющую прокладку 8. Так как вследствие отклонений от соосности валов звездочки-полумуфты имеют радиальные и угловые смещения, кожух надевают на ступицы звездочек с некоторым зазором. Чтобы кожух вращался вместе со звездочками, его фиксируют на ступице установочным винтом или штифтом 6., который одновременно удерживает кожух от смещения в осевом направлении.

Полумуфты устанавливают на концы валов следующих исполнений: цилиндрические со шпонкой, конические со шпонкой с резьбовым концом, шлицевые с эвольвентными или прямобочными шлицами.

Полумуфты изготавливают из сталей марки 45 или марки 45Л при твердости 40...45 HRC_3 .

Так как в шарнирах самой цепи и в сопряжении ее со звездочками имеются зазоры, цепные муфты не применяют в реверсивных приводах, а также в приводах с большими динамическими нагрузками.

За счет выборки зазоров цепные муфты допускают перекос γ валов, а также радиальное смещение Δ , зависящее от передаваемого момента.



а – муфта типа 1 с однорядной цепью; б – муфта типа 2 с двухрядной цепью

Рисунок 3 – Цепная муфта

При работе муфты из-за несоосности соединяемых валов возникает радиальная сила F_M , действующая со стороны полумуфты на вал

$$F_M = \frac{0,5 \cdot T_p}{d_m}, \quad (6)$$

где d_m – делительный диаметр звездочки муфты, мм.

В расчетах КПД муфты принимают $\eta \approx 0,98$.

Допускается применять сочетание полумуфт разных исполнений с посадочными отверстиями различных диаметров в пределах одного крутящего момента.

Полумуфты изготавливают следующих исполнений:

1 – с цилиндрическим отверстием для коротких концов валов;

2 – с коническим отверстием для коротких концов валов;

3 – с отверстием для валов, соответствующим соединению средней серии с прямобочными щлицами;

4 – с отверстием для валов с эвольвентными щлицами.

ГОСТ 20742–93 регламентирует изготовление полумуфт для длинных концов валов.

Примеры условного обозначения.

1. Муфта цепная с номинальным крутящим моментом 1000 Н·м, типа 1, с диаметром посадочного отверстия полумуфты $d = 56$ мм, с полумуфтами исполнения 1, климатического исполнения У, категории 3:

Муфта 1000–1–56–1–У3 ГОСТ 20742–93

2. То же, типа 2, диаметром посадочного отверстия одной полумуфты $d = 56$ мм, исполнения 1, другой полумуфты $d = 60$ мм, исполнения 2:

Муфта 1000–2–56–1–60–2–У3 ГОСТ 20742–93

3. То же, типа 1, с полумуфтами исполнения 3, с наружным диаметром щлицев $d = 60$ мм:

Муфта 1000–1–8×52×60×108–3–У3 ГОСТ 20742–93

4. То же, типа 2, с диаметром посадочного отверстия одной полумуфты $d = 60$ мм, исполнения 1, с наружным диаметром зубьев щлицев другой полумуфты $d = 60$ мм, посадкой по диаметру центрирования H7, модулем $m = 1,5$ мм, исполнения 4:

Муфта 1000–2–60–1–60×H7×1,5–4–У3 ГОСТ 20742–93

Параметры и основные размеры цепных муфт представлены в таблице П3 и П4.

4 УПРУГИЕ КОМПЕНСИРУЮЩИЕ МУФТЫ

Относятся к постоянным муфтам. Основная часть этих муфт – упругий элемент, который передает врачающий момент от одной полумуфты к другой.

Упругие муфты смягчают толчки и удары; служат средством защиты от резонансных крутильных колебаний, возникающих вследствие неравномерного вращения; допускают сравнительно большие смещения осей соединяемых валов.

Основные характеристики упругих муфт – жесткость или податливость (обратная величина жесткости) и демпфирующая способность.

По конструкции упругие муфты разнообразны. По материалу упругих элементов они делятся на две группы: муфты с неметаллическими упругими элементами (обычно резиновыми) и муфты с металлическими упругими элементами.

4.1 Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП)

Муфта состоит из двух дисковых полумуфт 1 и 2, в одной из которых в конических отверстиях закреплены соединительные пальцы 3 с надетыми гофрированными резиновыми втулками 4 (рисунок 4).

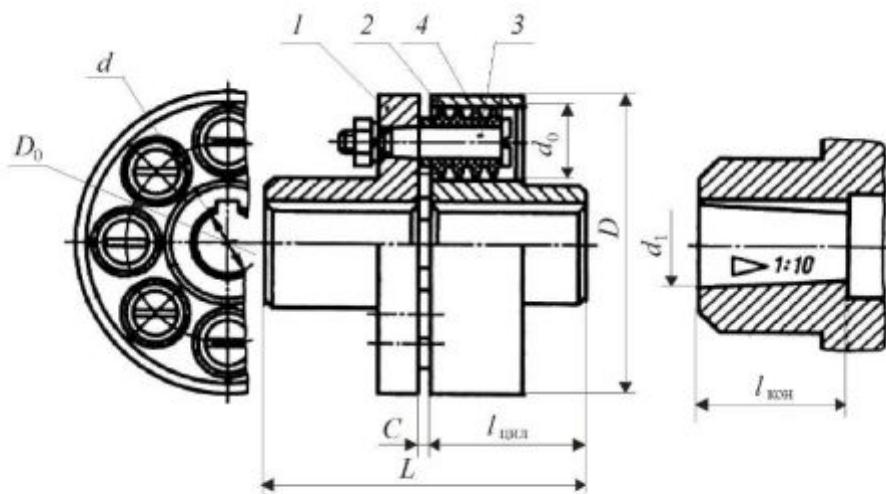


Рисунок 4 – Муфта упругая втулочно–пальцевая (МУВП)

Пальцы со втулками представлены на рисунке 5, а характеристика представлена в таблице П6.

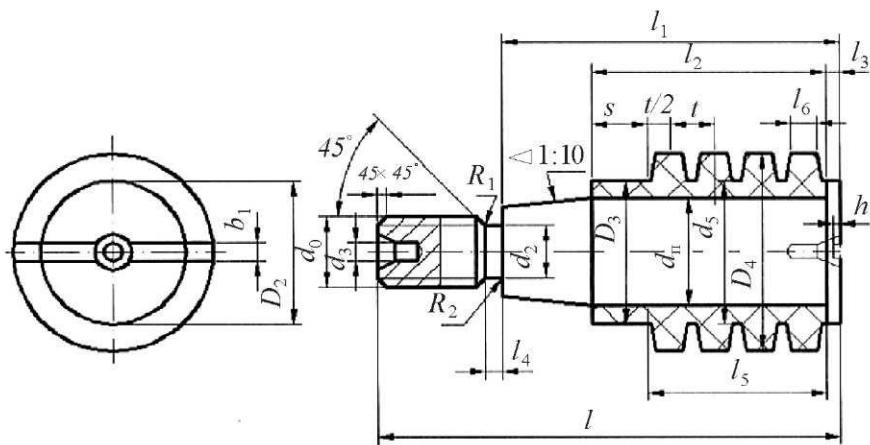


Рисунок 5 – Пальцы со втулками МУВП

МУВП получили широкое распространение вследствие относительной простоты конструкции и удобства замены резиновых упругих элементов. Однако их характеризует невысокая компенсирующая способность, а при соединении несоосных валов – достаточно большое силовое воздействие на валы и опоры, при этом резиновые втулки быстро разрушаются.

Материал полумуфт – чугун СЧ20, сталь 35 или 35Л. Материал пальцев – сталь 45.

Вследствие небольшой толщины резиновых втулок муфта обладает малой податливостью, компенсируя незначительные смещения валов ($\Delta = 0,1 \dots 0,3$ мм, $\lambda = 1 \dots 5$ мм, $\gamma \leq 1^{\circ}30'$).

Размеры муфты по заданному врачающему моменту подбирают по ГОСТ 21424–93. Допускается сочетание полумуфт разных исполнений (с цилиндрическими и коническими отверстиями) с различными диаметрами посадочных отверстий в пределах одного номинального врачающего момента.

Если необходимо уменьшить размеры муфты по сравнению с размерами по стандарту, проектируют специальную муфту, в которой размещают большее число упругих элементов. При этом пальцы и кольца оставляют стандартными, размещая их так, чтобы было выполнено условие

$$z_c d_0 \leq 2,8 \cdot D_0, \quad (7)$$

где z_c – число пальцев;

d_0 – диаметр отверстия под упругий элемент, мм;

D_0 – диаметр окружности расположения пальцев, мм.

Наружный диаметр муфты:

$$D = D_0 + (1,5 \dots 1,6) d_0. \quad (8)$$

Резиновые упругие такой специальной муфты проверяют на смятие в предположении равномерного распределения нагрузки между пальцами

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_k}{z_c \cdot D_0 \cdot d_n \cdot l_{bt}} \leq [\sigma]_{cm}, \quad (9)$$

где T_k – врачающий момент, мм;

d_n – диаметр пальца, мм;

l_{bt} – длина упругого элемента, мм;

$[\sigma]_{cm}$ – допускаемые напряжения на смятие, МПа.

Расчет по напряжениям смятия условный. Поэтому допускаемые напряжения принимают заниженными $[\sigma]_{cm} = 2 \text{ Н/мм}^2$.

Пальцы муфты рассчитывают на изгиб по условию

$$\sigma_n = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_k \cdot (0,5 \cdot l_{bt} + C)}{z_c \cdot D_0 \cdot 0,1 \cdot d_n^3} \leq [\sigma]_n. \quad (10)$$

где C – зазор между полумуфтами, мм; $C = 3 \dots 5$ мм;

$[\sigma]_n$ – допускаемые напряжения изгиба, МПа;

$[\sigma]_n = (0,4 \dots 0,5) \cdot \sigma_t$;

σ_t – предел текучести материала пальцев, МПа.

Применение МУВП целесообразно при установке соединяемых узлов на рамках (плитах) большой жесткости. Кроме того, сборку узлов необходимо производить с повышенной точностью и с применением подкладок.

Радиальную силу F_m , Н, действующую на вал, определяют по формуле

$$F_m = 50\sqrt{T}, \quad (11)$$

где T – вращающий момент, Н·м.

Работа муфты сопровождается потерями, которые оцениваются КПД $\eta = 0,95...0,97$.

Полумуфты изготавливают следующих исполнений:

- 1 – с цилиндрическими отверстиями для длинных концов валов;
- 2 – с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов;
- 3 – с коническими отверстиями для длинных концов валов;
- 4 – с коническими отверстиями для коротких концов валов.

При подборе муфт допускается сочетание полумуфт разных исполнений с различными диаметрами посадочных отверстий в пределах одного номинального крутящего момента, а также посадочное отверстие в одной из полумуфт выполнять меньшего диаметра, установленного для других номинальных крутящих моментов.

Примеры условного обозначения.

1. Муфта упругая втулочно-пальцевая с номинальным крутящим моментом 250 Н·м, диаметром посадочного отверстия $d = 40$ мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории 3:

Муфта упругая втулочно-пальцевая 250–40–1 У3 ГОСТ 21424–93

2. То же, одна из полумуфт диаметром посадочного отверстия $d = 32$ мм, исполнения 1, другая – диаметром $d = 40$ мм, исполнения 4, климатического исполнения Т и категории 2:

*Муфта упругая втулочно-пальцевая
250–32–1–40–4 Т2 ГОСТ 21424–93*

Основные параметры и размеры МУВП представлены в таблице П5.

4.2 Муфта упругая с резиновой звездочкой

Состоит из двух полумуфт 1 с торцевыми кулачками и резиновой звездочкой 2, зубья которой расположены между кулачками (рисунок 6).

При передаче момента в каждую сторону работает половина зубьев. Муфта компактна и надежна, компенсирующие способности ее невелики.

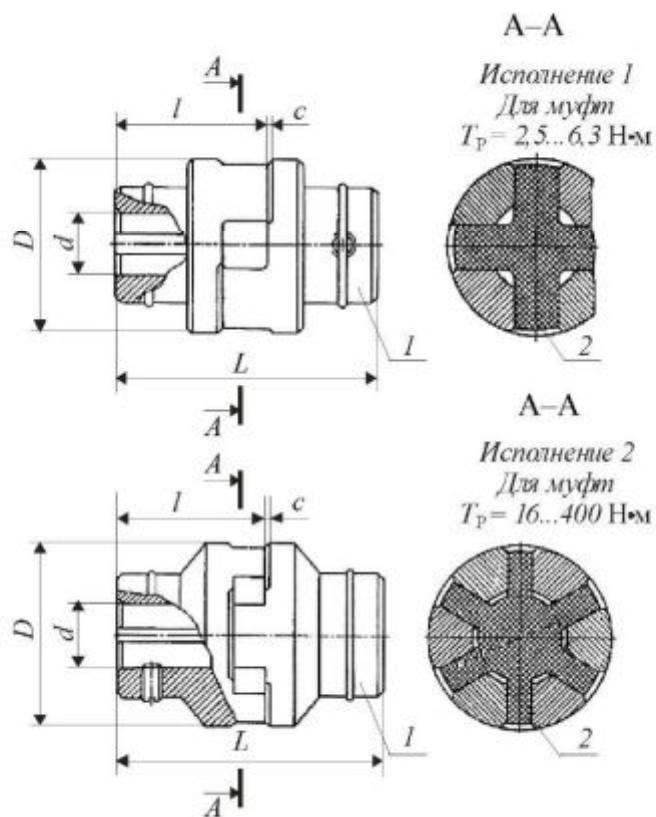


Рисунок 6 – Муфта упругая с резиновой звездочкой

При соединении несоосных валов муфта оказывает на них значительное силовое воздействие, хотя и меньшее, чем МУВП. Она требует точного монтажа узлов. Размеры муфты по расчетному моменту подбирают по ГОСТ 14084–93 (таблица П7).

Допускается сочетание полумуфт с различными диаметрами посадочных отверстий в пределах одного номинального врачающего момента.

Эти муфты обладают большой радиальной, угловой и осевой жесткостью. Поэтому их применение так же, как и МУВП, возможно при установке узлов на рамках (плитах) большой жесткости. Сборку

узлов необходимо производить с повышенной точностью, применяя подкладки и контролируя положение узлов.

Радиальную силу F_m , Н, действующую на вал, определяют по формуле (12).

Потери в муфте оцениваются КПД $\eta \approx 0,98$.

Полумуфты изготавливают следующих исполнений:

1 – с цилиндрическими отверстиями для длинных концов валов;

2 – с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов.

Примеры условного обозначения.

1. Упругая муфта со звездочкой с номинальным крутящим моментом 125 Н·м, с диаметром посадочных отверстий полумуфт 32 мм, с полумуфтами исполнения 1, климатического исполнения У, категории 3:

Муфта 125–32–1 У3 ГОСТ 14084–93

2. То же, с полумуфтами исполнения 1 и исполнения 2:

Муфта 125–32–1–2 У3 ГОСТ 14084–93

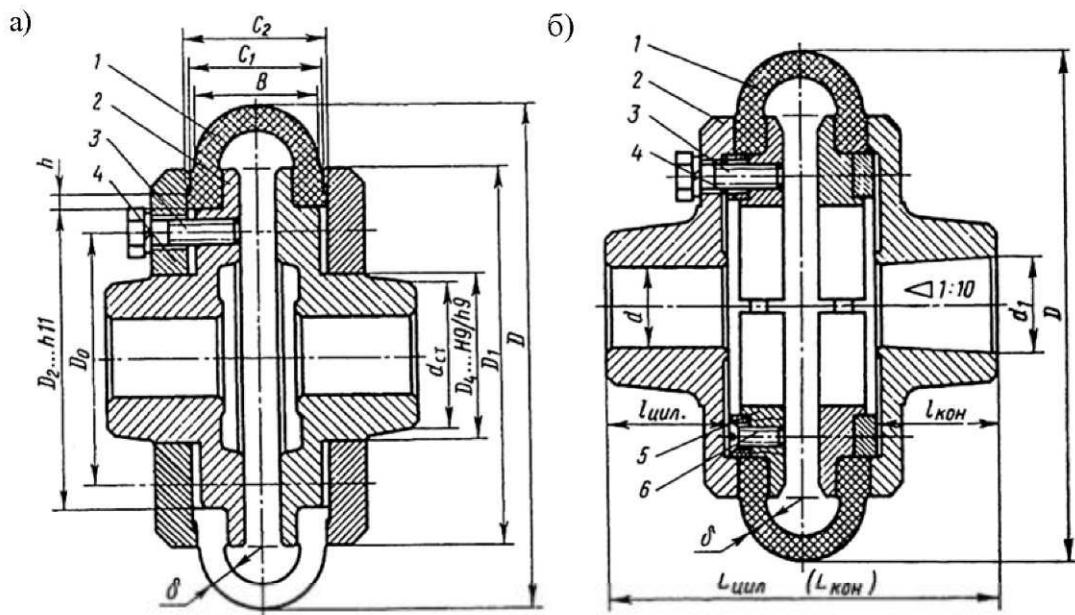
Параметры и основные размеры муфт представлены в таблице П6.

4.3 Муфты упругие с торообразной оболочкой

Муфты с торообразной упругой оболочкой обладают большой крутильной, радиальной и угловой податливостью. В соответствии с ГОСТ Р 50892–96 муфты изготавливают с оболочкой выпуклого профиля (рисунок 7) и с оболочкой вогнутого профиля (рисунок 8).

Муфты с оболочкой выпуклого профиля применяют в двух исполнениях: с разрезной (рисунок 7, а) и неразрезной (рисунок 7, б) оболочкой.

Муфта (рисунок 7, а) состоит из резинового упругого элемента 1 и полумуфт 2, к которым винтами 3 притягивают пружинные кольца 4. Муфта (рисунок 7, б) состоит из упругого элемента 1 и полумуфт 2, к которым винтами 3 через центрирующие кольца 4 притягивают прижимные полукольца 5. При сборе муфты полукольца 5 соединяют с кольцом 4 винтами 6, расположенными между винтами 3.



а – с разрезной оболочкой; б – с неразрезной оболочкой

Рисунок 7 – Муфта с торообразной упругой оболочкой выпуклого профиля

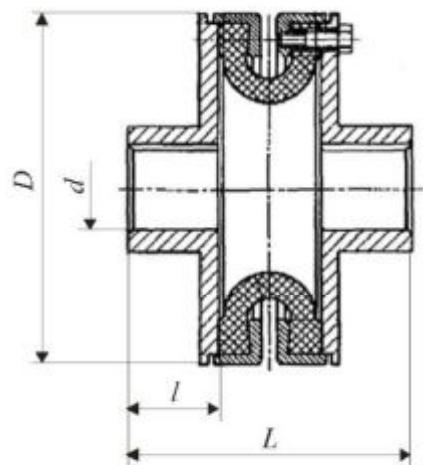


Рисунок 8 – Муфта с торообразной упругой оболочкой вогнутого профиля

Полумуфты устанавливают как на цилиндрические, так и на конические концы валов. Допускается сочетание полумуфт с различными исполнениями и с различными диаметрами посадочных отверстий в пределах одного номинального врачающего момента.

Вращающий момент с полумуфт на оболочку передают силами трения, созданными при затяжке винтов 3. При передаче момента в оболочке действуют касательные напряжения крутильного сдвига τ_k .

Ориентировочные значения основных размеров, мм, элементов муфты определяются по следующим зависимостям

$$D \geq 28 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_k}{[\tau]_k}}; \quad D_1 = 0,75D; \quad D_2 = 0,6D; \quad \delta = 0,05D;$$

$$D_4 = d_{ct} + (3...5) \text{ мм}; \quad B = 0,25D; \quad C_1 = 1,06B; \quad C_2 = 1,12B;$$

$$h = 0,0375D; \quad D_0 = (0,5...0,52) \cdot D.$$

Здесь T_k – Н·м; $[\tau]_k$ – МПа.

Оболочки диаметром $D \leq 300$ мм выполняют из резины: допускаемые касательные напряжения $[\tau]_k = 0,45...0,50$ МПа. При $D > 300$ мм для повышения нагрузочной способности и срока службы оболочки армируют нитями корда – $[\tau]_k = 0,7...0,75$ МПа.

После предварительных расчетов проверяют прочность оболочки в кольцевом сечении диаметром D_1 :

$$\tau_k = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_k}{\pi \cdot D_1^2 \cdot \delta} \leq [\tau]_k. \quad (12)$$

Для предварительного определения числа z винтов в зависимости от D используют данные таблицы 2.

Таблица 2

D , мм	До 160	св. 160 до 300	св. 30
z	4	6	8

Класс прочности винта 3 не ниже 5.6. Требуемая сила затяжки одного винта

$$F_{зат} = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot T_k}{z \cdot f \cdot (D_1 + D_2)}, \quad (13)$$

где f – коэффициент трения; $f \approx 0,3$ – в паре сталь–резина.

Затяжка винтов контролируется.

При отклонении валов от соосности муфта нагружает валы осевой силой F_λ – при компенсации осевого смещения валов, радиальной силой и изгибающим моментом – при компенсации радиального и углового смещений. От действия центробежных сил и деформирования оболочки при передаче муфтой вращающего момента возникает осевая сила F_π .

Даже при предельно допустимых для муфты смещениях радиальная сила и изгибающий момент невелики, поэтому при расчете валов и их опор этими нагрузками можно пренебречь.

Потери в муфте оцениваются КПД $\eta \approx 0,98 \dots 0,99$.

Полумуфты изготавливают следующих исполнений:

- 1 – с цилиндрическими отверстиями для длинных концов валов;
- 2 – с цилиндрическими отверстиями для коротких концов валов;
- 3 – с коническими отверстиями для длинных концов валов;
- 4 – с коническими отверстиями для коротких концов валов.

Примеры условного обозначения.

1. Муфта типа 1 с номинальным крутящим моментом 250 Н·м, с диаметрами посадочных отверстий полумуфт 40 мм, с полумуфтами исполнения 1, климатического исполнения У, категории 2:

Муфта 1–250–40–1У2 ГОСТ 20884–93

2. То же, с диаметрами посадочных поверхностей одной полумуфты 40 мм, исполнения 1, другой – 36 мм, исполнения 2:

Муфта 1–250–40–1–36–2У2 ГОСТ 20884–93

Параметры и основные размеры муфт с торообразной оболочкой представлены в таблицах П8 и П9.

5 ПРИМЕРЫ ПОДБОРА МУФТ

В качестве примеров рассмотрим подбор муфт, устанавливаемых в приводах транспортирующих устройств.

Пример 1.

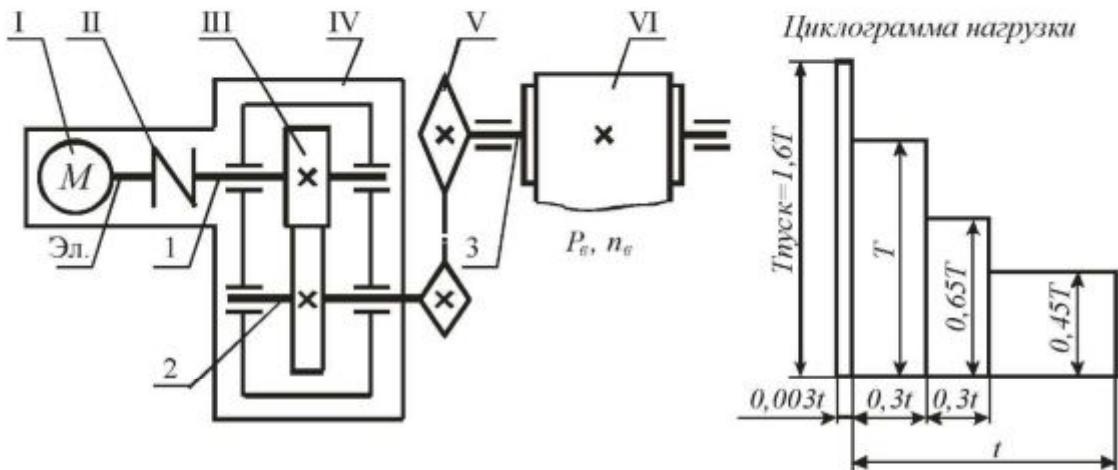
Схема привода представлена на рисунке 9.

Исходные данные для расчетов:

$$P_e = 3,5 \text{ кВт}; n_e = 115 \text{ об/мин}.$$

В результате предварительных расчетов получим:

электродвигатель 4A112MB6 ($d_{\text{зл}} = 32$ мм);
 $T_{\text{зд}} = 40,625$ Н·м; $T_1 = 39,820$ Н·м; $T_2 = 152,929$ Н·м.
 $d_1 = 21,6$ мм.



I – электродвигатель; II – муфта; III – редуктор; IV – рама;
V – открытая цепная передача; VI – приводной вал;
Эл. – вал электродвигателя; 1 – вал шестерни; 2 – вал зубчатого колеса; 3 – вал приводной

Рисунок 9 – Исходная расчетная схема привода

Так как вал редуктора соединен муфтой с валом электродвигателя, то необходимо согласовать диаметры ротора $d_{\text{зд}} = 32$ мм и вала d_1 . Для соединения валов принимаем муфту упругую втулочно-пальцевую. Расчетный момент муфты определяется по формуле (1)

$$T_p = 1,2 \cdot 40,625 = 48,75 \text{ Н·м.}$$

С учетом полученных величин и данных таблицы П5 окончательно принимаем муфту упругую втулочно-пальцевую

250 – 32 – 1 – 25 – 2У3 ГОСТ 21424–93

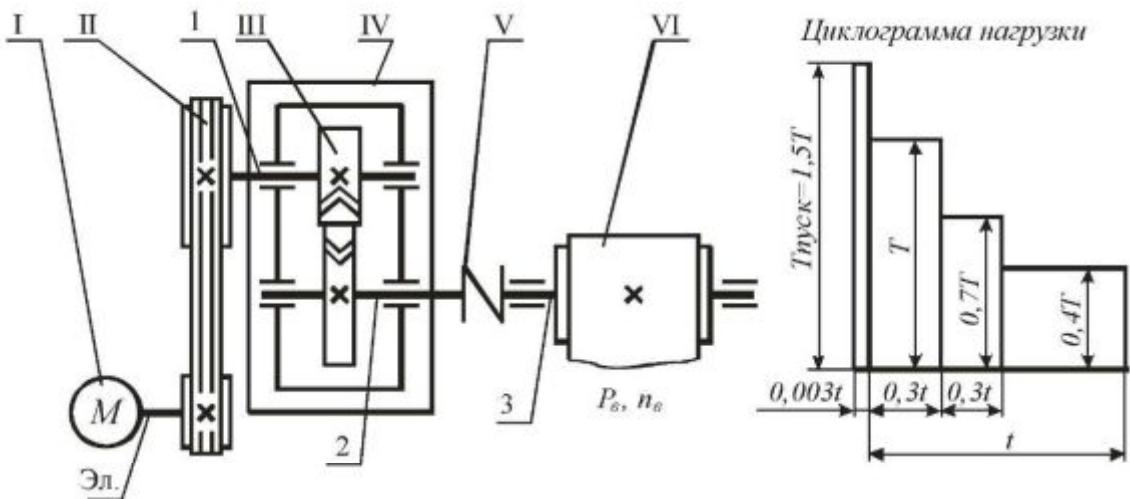
с расточками полумуфт $d_{\text{зл}} = 32$ мм и $d_1 = 25$ мм.

Пример 2.

Схема привода представлена на рисунке 10.

Исходные данные для расчетов:

$P_e = 4,1$ кВт; $n_e = 80$ об/мин.



I – электродвигатель; II – клиноременная передача; III – редуктор;

IV – рама; V – муфта; VI – приводной вал;

Эл. – вал электродвигателя; 1 – вал шестерни; 2 – вал зубчатого колеса; 3 – вал приводной

Рисунок 10 – Исходная расчетная схема привода

В результате предварительных расчетов получим:

электродвигатель 4А132М8 ($d_{эд} = 38$ мм);

$$T_{зд} = 61,452 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad T_1 = 130,029 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad T_2 = 499,465 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_3 = 489,438 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Предварительный диаметр выходного конца вала редуктора
 $d_2 = 46,7$ мм.

Для соединения выходного вала редуктора с приводным валом принимаем цепную муфту. Расчетный момент муфты определяется по формуле (1)

$$T_p = 1,2 \cdot 499,465 = 599,358 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Учитывая T_p и d_2 окончательно принимаем цепную муфту, используя данные таблицы П3

1000–1–50–1–У3 ГОСТ 20742–93.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анульев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: 3-х т. – М.: Машиностроение, 2001.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Машиностроение, 2007.
3. Курмаз Л.В. Детали машин. Проектирование/Л.В. Курмаз, А.Т. Скобеда. – Мн.: УП «Технопринт», 2001.
4. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. – Л.: Политехника, 1991.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Таблица П1 – Значения коэффициента K ,
учитывающего условия эксплуатации привода**

Нагрузка	Типы машин	K
Постоянная, с кратковременными перегрузками до 120 % номинальной	Конвейеры ленточные	1,15 … 1,20
Переменная, с колебаниями в пределах до 150 % номинальной	Конвейеры цепные, пластинчатые, винтовые	1,3 … 1,5
Со значительными колебаниями – до 200 % номинальной	Конвейеры скребковые и ковшовые	1,7 … 2,0
Ударная, достигающая 300 % номинальной	Дробилки, шаровые мельницы	2,5 … 3,0

Таблица II2 – Параметры и основные размеры зубчатых муфт (ГОСТ 5006–94)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d	D	D_1	D_2	L	l	c	B	Запасление			
										m	z	b	l_1
1000	2500	40	145	105	60	174	82	12	50	2,5	30	12	60
1600	2100	55	170	125	80	174	82	12	50	2,5	38	13	75
2500	1900	60	185	135	85	220	105	12	50	3,0	26	15	75
4000	1600	65	200	150	95	220	105	18	50	3,0	40	18	85
6300	1300	80	230	175	115	270	130	18	60	3,0	48	20	125
10000	1100	100	270	200	145	340	165	18	60	3,0	56	24	145
16000	1000	120	300	230	175	345	165	25	70	4,0	48	30	180
25000	800	140	330	260	200	415	200	30	70	4,0	56	32	180
40000	700	160	410	330	230	415	200	30	90	6,0	46	35	210
63000	600	200	470	390	290	500	240	35	90	6,0	56	40	250

Таблица II3 – Параметры и основные размеры цепных муфт с однорядной цепью (ГОСТ 20742–93)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d	D	L для исполнения	l для исполнения	Цепь ГОСТ 13568-75			Число зубьев z	h	Радиальное смещение осей валов Δ
						1	2	3, 4	1	2	
63	1500	20,22,24 25,28	110 125	102 92	80 86	74 42	36 27	25 42	36 42	12	1,3
125	1320	30,32, 35,36	125	162	124	86	58	39	42	10	1,8
250	1200	32,35, 36,38 40,42,45	140 222	162 172	124 118	86 82	58 57	42 58	12	1,8	0,25

Продолжение таблицы П3

Размеры в мм

<i>T</i> , Н·м	<i>n</i> , мин ⁻¹	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>L</i> для исполнения			<i>l</i> для исполнения	Цель ГОСТ 13568-75	Число зубьев <i>z</i>	<i>h</i>	Радиальное смещение осей валов Δ
				1	2	3, 4					
500	1080	40,42,45, 48,50,53, 55,56	200	222	172	118	82	57	58	ПР-31,75-8900	14
1000	960	50,53, 55,56	210	222	172	118	82	57	58	ПР-38,1-12700	12
2000	840	60,63,65, 70,71	280	284	220	168	105	73	82	ПР-50,8-22700	3,5
4000	720	63,65,70, 71,75	310	284	220	168	105	73	82	ПР-50,8-22700	3,8
8000	660	80,85,90 90,95	344	344	272	214	130	94	105	ПР-50,8-22700	12
		100,105, 110,	424	424	342	264	165	124	130	ПР-50,8-22700	14
		100,105, 110,120, 125	350	424	342	264	165	124	130	ПР-50,8-22700	16
		130,140	504	408	334	200	154	165			3,8
											0,8

Таблица П4 – Параметры и основные размеры цепных муфт с двухрядной цепью (ГОСТ 20742–93)

Размеры в мм

<i>T</i> , Н·м	<i>n</i> , мин ⁻¹	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>L</i> для исполнения			<i>l</i> для исполнения	Цель	Число зубьев <i>z</i>	<i>h</i>	Радиальность смещения осей валов Δ
				1	2	3, 4					
63	2400	20,22,24	75	108	86	80	36	25	36	12	0,20
		25	85				42	27	36	14	
125	2160	25,28,30	95	128	96	92	42	27	36	16	0,25
		32,35,36	105	170	132	94	42	27	36	16	
250	1920	32,35,36, 38,40	115	170	132	94	58	39	42	14	0,32
		42,45	125	230	180	126	82	57	58	9,5	
500	1680	40,42,45, 48,50	170	232	182	128	82	57	58	18	0,40
		53,55,56								11,5	
1000	1500	50,53, 55,56	190	232	182	128	82	57	58	22	
		60,63,65, 70,71		296	232	180	105	73	82		
2000	1200	63,65	250	296	232	180	105	73	82	16	0,50
		70,71,75								15,5	
4000	960	80,85, 90,95	320	363	291	233	130	94	105	18	0,8
		100,105, 110,		447	369	287	165	124	130	22	

Продолжение таблицы П4

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d	D	L для исполнения				Цепь ГОСТ 13568-75	Число зубьев z	h	Радиальное смещение осей валов Δ	
				1	2	3, 4	1					
8000	960	100,105, 110,120, 125	340	447	369	287	165	124	130	2ИР-44,45-34480	20	26,3
		130,140	530	434	360	200	154	165	2ИР-50,8-45360	16	30,0	
16000	720	125,130 140,150	440	530	434	360	200	154	165	2ИР-50,8-45360	18	30,0
		160,170, 180	610	490	430	240	184	200	22		0,3	

Таблица П5 – Параметры и основные размеры муфт упругих втулочно-пальцевых (ГОСТ 21424-93)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	L для исполнения				L для исполнения	радиальное смещение валов	угловое смещение валов	
				1	2	3	4				
6,3	8820	9	71	43	–	43	–	20	–	13	–
		10,11	49	43	49	–	–	23	20	16	–
16	7620	12,14	75	63	53	63	–	30	25	20	–
		16	83	59	83	59	40	40	28	30	18
31,5	6260	16,18, 19	90	84	60	84	60	40	28	30	18
		20,22, 24	100	104	76	104	76	50	36	38	24
63	5700	25,28	120	125	89	125	89	60	42	44	26
		30	165	121	165	121	80	58	60	38	0,3
											1'30'

Продолжение таблицы П5

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	I , для исполнения				I , для исполнения				Смещение валов радиальное Δ	Угловое γ
				1	2	3	4	1	2	3	4		
250	3780	32,35 36,38	140	165	121	165	121	80	58	60	38		
		40,42, 45		225	169	225	169	110	82	85	56	0,3	
500	3600	40,42, 45	170	225	169	225	169	110	82	85	56		
		45,48, 50,55, 56		190	226	170	226	170	110	82	85	56	
710	3000	50		226	170	226	170	110	82	85	56		
		55,56		220	170	226	170	110	82	85	56		
1000	2880	60,63, 65,70		286	216	286	216	140	105	107	72	0,4	
		63,65, 70,71, 75		288	218	288	218	140	105	107	72		
2000	2280	80,85, 90		348	268	348	268	170	130	135	95		
		80,85, 90,95		320	350	350	350	170	130	135	95		
4000	1800	100,110, 120,125	400	432	342	432	342	210	165	170	125	0,5	
		120,125		435	245	435	245	210	165	170	125		
8000	1440	130,140, 150	500	515	415	515	415	250	200	205	155	0,6	
		160		615	495	615	495	300	240	245	185		
												0°30'	

Таблица П6 – Размеры пальцев и втулок МуВП (ГОСТ 21424–93)

Размеры в мм

T Н.м	Пальцы						h
	d_{II}	D_2	l	d_0	d_2	d_3	
6,3	8	12	21	M6	4,5	1,5	19,5
16	10	14	42	M8	6,2	2,0	28
31,5	14	18	63	M10	7,8	2,5	45
63	18	25	82	M12	9,5	3,0	59
125	24	32	102	M16	13	4,0	75
250	30	38	135	M24	19,5	6,0	95
500	38	48	165	M30	24,8	8,0	119
710	45	55	200	M36	30	8,0	147
1000							
2000							
4000							
8000							
1600							
T Н.м	Втулка						Втулка распорная
	b_1	c	R_1	R_2	D_3	s	
6,3	1,5	0,5	0,5	0,5	12	3	12
16	2,0	1,0	0,5	0,5	14	4	14
31,5	2,0	1,0	0,5	0,5	18	5	20
63	2,0	1,0	0,5	1,0			
125	2,0	1,0	0,5	0,5			
250	3,0	1,5	0,5	1,0			
500	3,0	1,5	0,5	1,0			
710	3,0	1,5	0,5	1,0			
1000	3,0	1,5	0,5	1,0			
2000							

Продолжение таблицы П6

Размеры в мм

T , Н·м	Пальцы				D_3	s	d_5	D_4	l_5	l_6	t
	b_1	c	R_1	R_2							
4000	5,0	2,0	1,0	1,5	38	10	40	56,5	56	7,5	14
8000	5,0	2,5	1,0	2,0	48	12	50	70,5	72	9,5	18
1600	8,0	3,0	1,0	2,0	55	15	60	86,5	88	11,5	22

Таблица П7 – Параметры и основные размеры упругих муфт с резиновой звездочкой (ГОСТ 14084–93)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d	D	c	l для исполнения	L для исполнения	Смещение валов		
							1	2	радиально Δ
2,5	5520	6,7	32	1,5	16	—	45,5	—	угловос γ
6,3	4980	10,11	45	1,5	23	20	59,5	53,5	0,1
		12,14			30	25	73,5	63,5	
16	3780	12,14	53	3,0	30	25	81	71	
		16,18			40	28	101	77	
		14			30	25	81	71	
25	3480	16,18, 19	63	3,0	40	28	101	77	0,2
		20			50	36	121	93	
31,5	3000	16,18, 19	71	3,0	40	28	101	77	
		20,22			50	36	121	93	
63	2220	20,22, 24	85	3,0	50	36	128	100	0,3
		25,28			60	42	148	112	

Продолжение таблицы П7

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d	D	c	l для исполнения		l для исполнения		Смещение валов радиальность Δ	Угловое γ
					1	2	1	2		
125	1980	25,28			60	42	148	112	0,3	1°30'
		30,32, 35,36	105	3,0	80	58	188	144		
250	1800	32,35, 36,38			80	58	191	147	0,4	1°00'
		40,42,45	135	3,0	110	82	251	195		
400	1500	38			80	58	196	152	200	
		40,42, 45,48	166	3,0	110	82	256	200		

Таблица П8 – Параметры и основные размеры муфт упругих с торообразной выпуклой оболочкой (ГОСТ 20884–93)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d_1, d_2	D	l для исполнения				l для исполнения				Угл. закручивания при номинальном крутицем момнте γ_{kp}	Смещения полумуфт осевое λ	радиальное Δ	угловое γ
				1	2	3	4	1	2	3	4				
20	3000	14	110	105	100	–	32	28	22	–		5°30'	1,0	1,0	1°00'
		16,18, 19	100	130	110	120	95	42	30	32	20				
20	3000	18,19	140	115	125	100	42	30	32	20		5°30'	1,0	1,0	1°00'
		20,22, 24	125	160	130	145	120	52	38	40	26				
		25	180	140	165	130	63	44	46	28					

Продолжение таблицы П8

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	L для исполнения				l для исполнения				Смещения полумуфт			
				1	2	3	4	1	2	3	4	26	осевое λ	ради- альное Δ	угло- вое γ
80	3000	22,24	170	140	155	130	52	38	40	26					
		25,28	160	190	150	175	140	63	44	46	28	2,0	1,6	1°00'	
125	2460	25,28	30	230	185	220	170	82	60	63	40				
		35,36	180	195	155	180	145	63	44	46	28				
200	2460	30,32,	35,36,	38	230	190	220	175	82	60	63	40			
		35,36,	38	200	245	200	230	185	82	60	63	40			
315	1980	40	40	40	305	250	290	235	112	84	88	60			
		45,48	38	250	260	215	240	195	82	60	63	40	5°30'	3,0	2,5
500	1560	40,42,	45,48	45,48	325	270	310	250	112	84	88	60			
		50,53,	55,56	50,53,	280	325	270	250	112	84	88	60			
800	1560	48,50,	53,55,	56	320	340	280	325	270	112	84	88	60		
		60,63	60,63	400	330	380	310	143	108	110	75				

Продолжение таблицы П8

Размеры в мм

T Н·м	$n_{\text{мин}}$	d, d_1	D	L для исполнения				l для исполнения				Угол закручивания при номинальном крутящем моменте $\gamma_{\text{кр}}$			Смещения полумуфт		
				1	2	3	4	1	2	3	4	оссвое λ	ради- альное Δ	угло- вое γ			
1250	1560	55,56	340	280	290	230	112	84	88	60					4,0	3,6	1°30'
		60,63, 65,70, 71,75	360	400	330	330	260	143	108	110	75						
		63,65, 70,71, 75	420	350	340	270	143	108	110	75							
2000	1560	80,85, 90	400	480	400	350	320	172	132	135	96				4,5	4,0	1°30'
		75	425	355	355	285	143	108	110	75							
		80,85, 90,95	450	485	405	405	325	172	132	135	96						
3150	1560	100	565	475	475	385	214	168	170	126					4,5	4,0	1°30'
		90,95	500	415	415	335	172	132	135	96							
		100,105, 110,120, 125	500	580	490	480	400	214	168	170	126						
5000	1260	100,105, 110,120, 125	585	495	485	400	214	168	170	126					5,0	5,0	1°30'
		100,105, 110,120, 125	560	570	565	465	254	204	208	158							
		130,140	665	665	570	565	465	254	204	208	158						

Продолжение таблицы П8

Размеры в мм

<i>T</i> , Н·м	<i>n</i> , мин ⁻¹	<i>d</i> , <i>d</i> ₁	<i>D</i>	<i>l</i> , для исполнения				<i>l</i> , для исполнения				Смещения полумуфт		
				1	2	3	4	1	2	3	4	осевое <i>λ</i>	ради- ческое <i>Δ</i>	угло- вое <i>γ</i>
1020	110,120, 125		605	525	505	420	214	168	170	126				
	130,140, 150		685	585	580	480	254	204	208	158				
	160		790	665	660	540	304	244	248	188				
	120,125		610	510	510	430	214	168	170	126				
	130,140, 150		690	590	590	490	254	204	208	158				
	160,170, 180		790	670	670	550	304	244	248	188				
20000	140,150		700	600	600	500	254	204	208	158				
	160,170		800	680	680	560	304	244	248	188				
	180,190		900	760	760	620	354	254	288	218				
	150		710	610	610	510	254	204	208	158				
31500	160,170, 180		900	810	690	570	304	244	248	188				
	190,200		910	770	770	630	354	284	288	218				
	160,170, 180		830	710	700	580	304	244	248	188				
	720		1000	930	790	780	640	354	284	288	218			

Продолжение таблицы П8

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	L для исполнения			l для исполнения			Угол закручивания при номинальном крутишем моменте γ_{kp}			Смещения полумуфты		
				1	2	3	4	1	2	3	4	осевое	радиальное	Δ	угловое γ
31500	720	170,180	840	720	710	590	304	244	248	188	2°30'	11,0	5,0	1°30'	
		190,200, 210,220	1120	940	800	790	650	354	284	218					
		240	1060	900	890	—	414	334	338	—					

Таблица П9 – Параметры и основные размеры муфт упругих с горообразной вогнутой оболочкой (ГОСТ 20884–93)

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	L для исполнения			l для исполнения			Угол закручивания при номинальном крутишем моменте γ_{kp}			Смещения полумуфты		
				1	2	1	2	1	2	16°00'	1,6	1,0	2°00'		
25	5580	14	110	95	—	28	—	30	20						
		16,18,19 18,19	105	100	80	85	30	30	20						
40	5160	20,22,24	130	120	100	38	38	26	26	16°00'	1,6	1,0	2°00'		
		25	130	105	44	44	28	28	26						
63	4800	20,22,24 25,28 30	130 140 170	105 110 135	38 44 60	26 28 40	15°30'	15°30'	2,5	2,0	2°30'				

Продолжение таблицы П9

Размеры в мм

T , Н·м	$n_{\text{мин}}$	d, d_1	D	I_c для исполнения		I для исполнения	Угол закручивания при номинальном крутящем моменте			Смещения полумуфты		
				1	2		осевое λ	радиаль- ное Δ	угловое γ			
100	4200	22,24, 25,28	170	145	115	44	28	15°30'	2,5	2,0	2°30'	
		30,32, 35,36		180	140	60	40					
160	3696	28,30,32, 35,36,38	190	190	150	60	40	15°30'	3,0	2,5	3°00'	
		32,35, 36,38		200	160	60	40	14°30'	3,0	2,5	3°00'	
250	3180	40,42,45	220	245	200	84	60					
		36,38		210	170	60	40	14°30'	3,6	2,5	3°30'	
400	2838	40,42,45, 48,50	260	260	215	84	60					
		45,48,50, 53,55,56,	300	275	230	84	60	14°30'	4,0	3,2	4°00'	
630	2520	60		290	245	84	60	14°30'				
		53,55,56		340	330	265	108	75	4,0	3,2	4°00'	
1000	2262	60,63,65, 70,71	350	330	265	108	75					
		60,63,65, 70,71,75		330	265	108	75	14°30'	5,0	3,5	5°00'	
1600	2040	80,85	350	385	315	132	96					
		75		350	290	108	75	14°30'	6,0	4,0	5°00'	
2500	1890	80,85,90, 95	4100	395	325	132	96					

Продолжение таблицы П9

Размеры в мм

T , Н·м	n , мин ⁻¹	d, d_1	D	l для исполнения			Угол закручивания при номинальном крутищем моменте	Смещения полумуфт	
				1	2	1		осевое λ	радиаль- ное Δ
4000	1650	85,90,95 100,105, 110,120	460	430	360	132	96	14°30'	6,0
6300	1320	95,100, 105,110, 120,125	540	525	440	168	126	14°30'	7,0
		130		600	505	204	156		5,0
10000	1152	100,110, 120,125	620	555	465	168	126	13°00'	8,0
		130,140, 150		630	535	204	156		6,0
16000	1080	120,125, 130,140, 150	710	665	565	204	156	13°00'	9,0
		160,170, 180		745	625	244	188		6,00'
25000	780	150		650	550	204	156		
		160,170, 180		900	730	610	244	—	—
		190,200		810	670	284	218		
40000	720	160,170, 180		785	665	244	188	—	—
		190,200, 210,220		1120	865	725	284	218	—
		240		965	—	334	—	—	—

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Выбор типа муфт	3
2 Установка полумуфт на валах	4
3 Жесткие компенсирующие муфты	4
3.1 Зубчатая муфта	5
3.2 Цепная муфта	9
4 Упругие компенсирующие муфты	12
4.1 Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП)	12
4.2 Муфта упругая с резиновой звездочкой	16
4.3 Муфты упругие с торообразной оболочкой	17
5 Примеры подбора муфт	20
Литература	23
Приложение	24