

МУФТЫ

Муфтами называют устройства, предназначенные для соединения и передачи вращения между валами совместно работающих элементов машины (двигатель – передача – исполнительный механизм). Валы большей частью расположены так, что геометрическая ось одного составляет продолжение геометрической оси другого вала. В современном машиностроении применяется большое количество муфт, различающихся по принципу действия, назначению и конструкции. По этим признакам и классифицируют муфты.

Если соединяемые валы хорошо отцентрированы и в процессе работы не ожидаются деформации, то можно применять глухие муфты. Но на практике всегда имеется некоторая неточность взаимного расположения геометрических осей соединяемых валов. Различают три вида отклонений от номинального (идеального) расположения осей валов (рис. 1): продольное смещение Δ ; радиальное смещение (эксцентриситет) e , угловое смещение (перекос) γ . На практике они встречаются в комплексе и при подборе муфт несоосность валов необходимо учитывать, так как при жестком соединении валов, они деформируются, перекашиваются на опорах и при работе машины создают дополнительные нагрузки на валы и опоры.

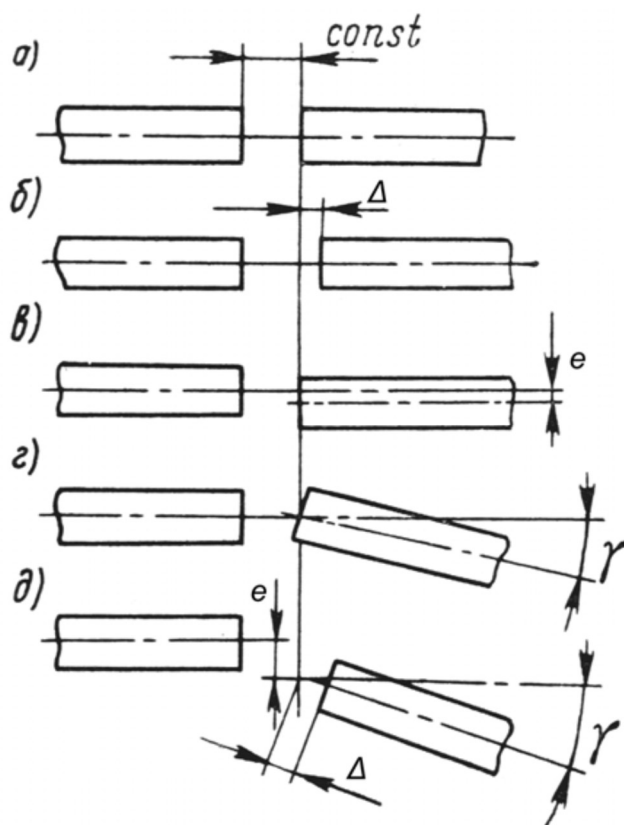


Рис. 1

Для устранения вредных последствий таких смещений выбирают компенсирующие муфты. Для защиты от воздействия динамических нагрузок устанавливают муфты с упругими элементами. При необходимости передачи вращающего момента между валами, оси которых имеют большой угол излома $\gamma = 15 \dots 250$ применяют карданные шарниры. При частых

включениях и выключениях привода при работающем двигателе применяют сцепные (управляемые) муфты. Для ограничения величины передаваемого момента (при перегрузках) служат предохранительные муфты.

Основные показатели при выборе муфт: номинальные диаметры соединяемых валов, расчетный вращающий момент, частота вращения и условия эксплуатации. Расчетный вращающий момент можно определить по упрощенной зависимости

$$T = K T_n,$$

где T_n – номинальный вращающий момент (Н.м); K – расчетный коэффициент, учитывающий динамические нагрузки в условиях эксплуатации.

При ориентировочных расчетах принимают $K = 1,25 \dots 2$ – транспортеры ленточные, скребковые; $K = 1,25 \dots 2,5$ – металлорежущие станки; $K = 3 \dots 4$ – краны подъемные, элеваторы.

ГЛУХИЕ МУФТЫ

Для постоянного соединения валов, которые хорошо центрированы и не имеют осевых смещений, в условиях эксплуатации применяют глухие втулочные и фланцевые муфты. Втулочные муфты изготавливают по ГОСТ 24246-96 в трех вариантах: штифтовые, шпоночные и шлицевые (рис. 2).

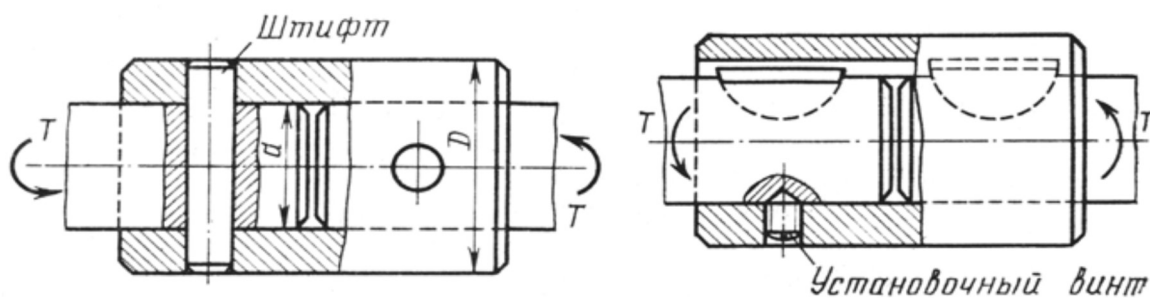


Рис. 2

Стандарты распространяются для соединения валов диаметром до 100 мм, и передачи вращающего момента от 1 до 12.500 Н.м без ограничения частоты вращения. Оценка прочности производится по прочности штифтов, шпонок и зубьев шлицевых соединений.

Фланцевые муфты изготавливают по ГОСТ 20761-96 из чугуна и стали, предназначены для соединения соосных валов диаметром до 250 мм и передачи вращающего момента от 16 до 40 тыс. Н.м. Полумуфты соединяются между собой болтами. Болты могут устанавливаться в отверстия с зазором или без зазора (рис. 3).

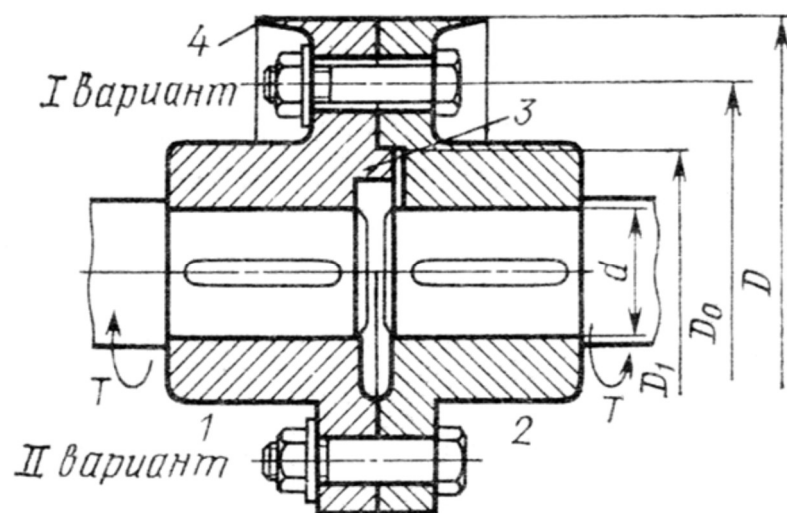


Рис. 3

Оценка прочности производится по прочности болтов, установленных с зазором или без зазора. При установке болтов с зазором вращающий момент передается силами трения на фланцах.

Необходимо центрировать фланцы. При установке болтов без зазора вращающий момент передается стержнями болтов.

Иногда половину болтов устанавливают во фланцах полумуфт без зазора. В этом случае центрирование полумуфт осуществляют эти болты. В результате закручивания гаек фланцы прижимаются силами затяжки болтов. Вращающий момент передается с одной полумуфты на другую стержнями болтов, поставленных без зазора и силами трения на фланцах.

КОМПЕНСИРУЮЩИЕ МУФТЫ

Муфты должны обладать способностью компенсировать отклонения от соосного положения соединяемых валов, обусловленные особенностями конструкции машины, и практически неизбежные смещения валов, вызванные погрешностями монтажа, а так же деформациями валов от эксплуатационных нагрузок, тепловых воздействий и т.п. В противном случае детали муфт, валы и их опоры окажутся под воздействием дополнительных нагрузок.

Для соединения валов с несовпадающими осями применяют компенсирующие муфты. Они могут быть зубчатыми, цепными, крестовыми, шарнирными и т.д.

Самой распространенной является зубчатая муфта (ГОСТ 5006-83) для соединения валов диаметром от 40 до 560 мм. Муфта состоит из двух обоев 1 (рис. 4) с внутренними зубьями и двух втулок 2 с наружными зубьями. Зубья имеют эвольвентный профиль, что позволяет нарезать их нормальным зуборезным инструментом. Для уменьшения износа зубьев муфты в ее обойму заливают масло большой вязкости и устанавливают уплотнения. Зубчатые муфты обладают небольшими габаритами и массой; большой нагрузочной способностью; допустимостью высоких окружных скоростей (более 25 м/с) и технологичностью.

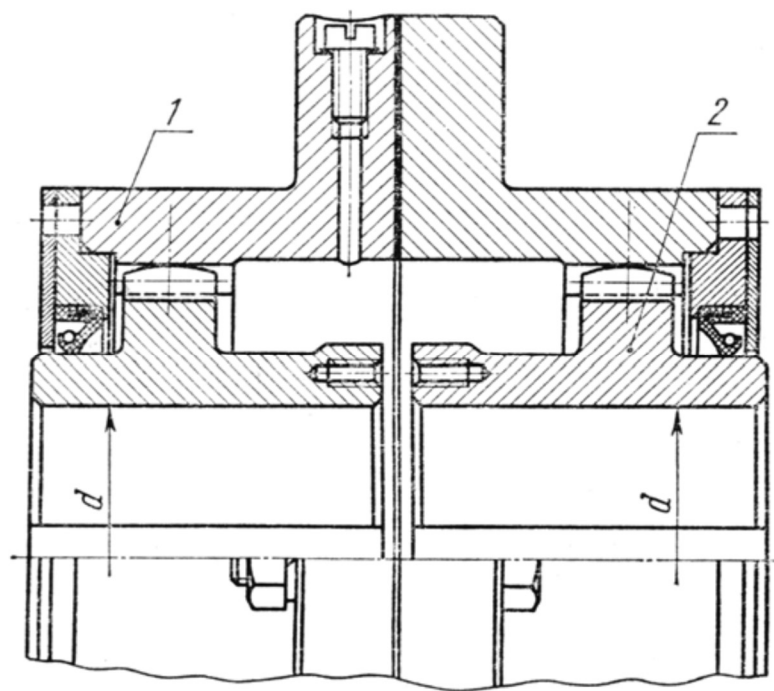


Рис. 4

В транспортном машиностроении широкое применение находят шарнирные муфты по принципу шарнира Гука. Они служат для передачи вращающего момента между валами с большими углами перекоса до $\gamma = 40...45^\circ$, изменяющимися во время работы. Муфта состоит (рис. 5, а) из двух полумуфт – вилок 1 и 2, насаженных на концы валов, взаимно расположенных под прямым углом, и крестовины 3 шарнирно соединенной с вилками.

Для обеспечения вращения ведомого вала с постоянной угловой скоростью или для возможности передачи вращательного движения между параллельными валами со смещением, а также при необходимости увеличения угла наклона между валами применяют сдвоенную шарнирную муфту (рис. 5, б). Для того, чтобы ведомый вал имел постоянную частоту вращения, необходимо чтобы оба вала, ведущий и ведомый, были параллельны и наклонены относительно промежуточного валика сдвоенной шарнирной муфты под одинаковым углом, а обе вилки промежуточного валика лежали в одной плоскости. Для возможности смещения во время работы валы соединят шарнирной сдвоенной муфтой с телескопическим промежуточным валиком (рис. 5), то есть валиком изменяющейся длины. Шарнирные муфты подразделяются на малогабаритные для диаметров валов от 10 до 40 мм и крупногабаритные для передачи больших моментов (ГОСТ 5147-80).

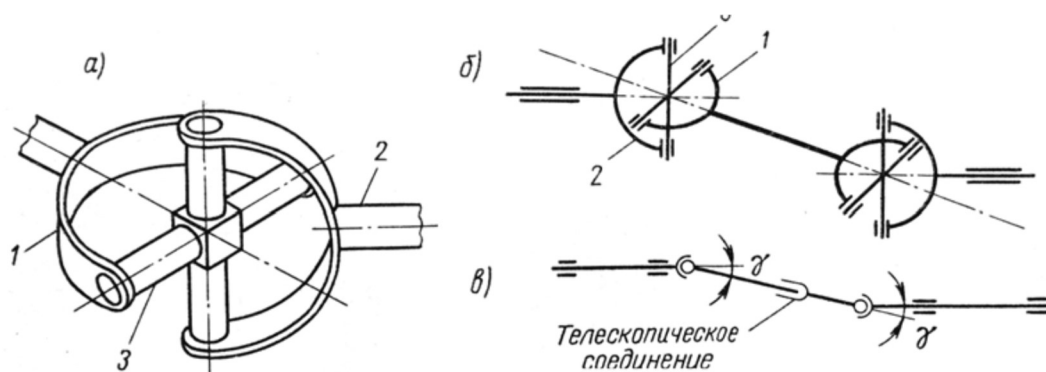


Рис. 5

УПРУГИЕ МУФТЫ

При работе любой машины в ней возникают колебания, вызванные неуравновешенностью вращающихся масс, несоосностью валов отдельных агрегатов, периодическими силами, создаваемые рабочим процессом, которые создают динамические нагрузки. Для снижения вредных динамических нагрузок применяют упругие муфты. Принципиальная схема муфты показана (рис. 6).

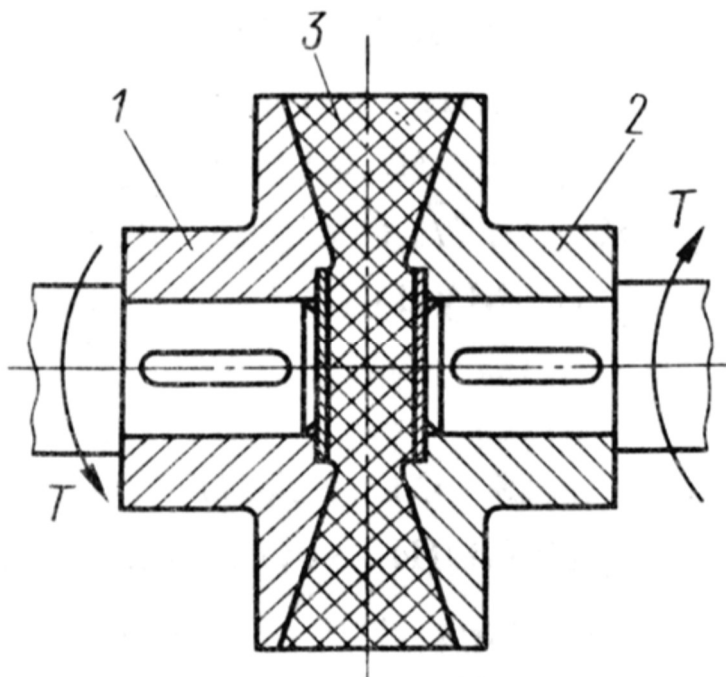


Рис. 6

Полумуфты 1 и 2 связаны упругим элементом 3. Упругая связь полумуфт позволяет снижать толчки и удары вращающего момента, защитить привод от вредных крутильных колебаний компенсировать несоосность валов. Основной характеристикой упругой муфты является ее жесткость.

- для муфт переменной жесткости $C_\varphi = dT/d\varphi$;
- для муфт постоянной жесткости $C_\varphi = T/\varphi = \text{const}$;

где T – вращающий момент; φ – угол закручивания муфты моментом T .

Переменной жесткостью обладают муфты с неметаллическими упругими элементами материалы которых (резина, кожа и т.д.) не подчиняются закону Гука, а также муфты с металлическими упругими элементами, условия деформации которых ограничены конструкцией. Важнейшим свойством упругой муфты является ее демпфирующая способность, которая характеризуется энергией, необратимо поглощаемой муфтой за один цикл (рис. 7): нагрузка OA и разгрузка ($1BC$).

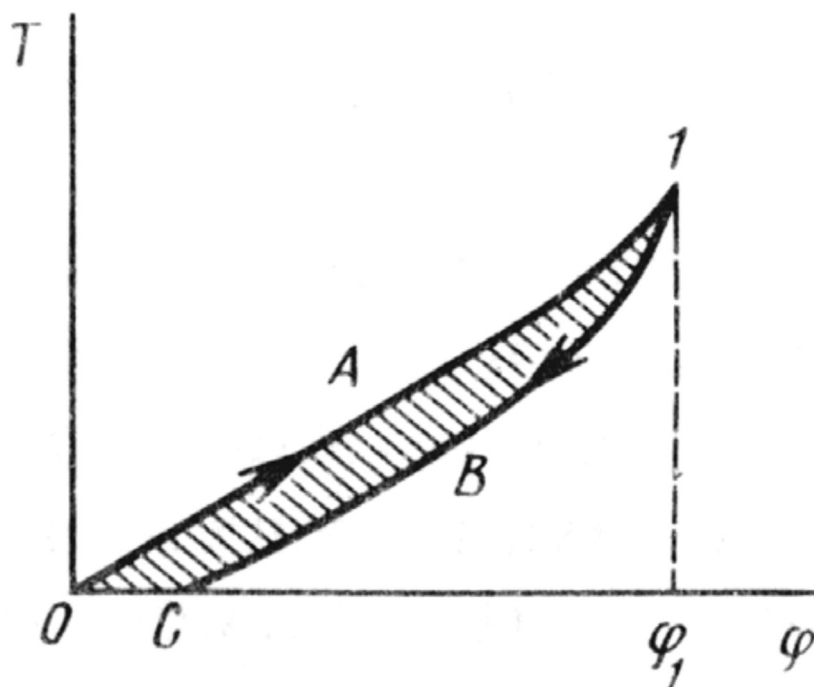


Рис. 7

Как известно, это энергия измеряется площадью петли гистерезиса $OA1BC$. Энергия в муфтах расходуется на внутренние и внешние трения при деформации упругих элементов. Демпфирующая способность упругих муфт снижает динамические нагрузки и ускоряет затухание колебаний.

В машиностроении применяют большое количество разнообразных по конструкции муфт. Большинство конструкций стандартизовано. Муфты с металлическими упругими элементами обладают малыми габаритными размерами, высокой долговечностью, большой нагрузочной способностью. Основные типы металлических упругих элементов изображены на (рис. 8): а — витые цилиндрические пружины; б — стержни, пластины или пакеты пластин, расположенные по радиусу или по образующей; в — пакеты разрезных гильзовых пружин; г — змеевидные пластинчатые пружины. Эти элементы работают на кручение или изгиб.

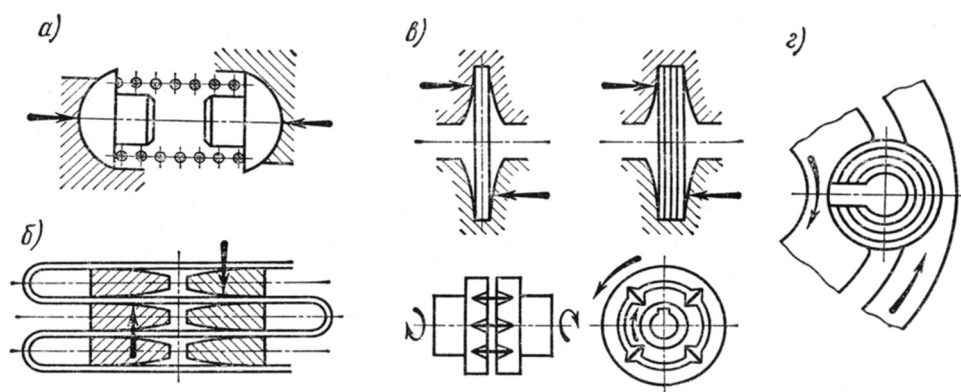


Рис. 8

Основным материалом неметаллических упругих элементов является резина, она обладает высокой эластичностью и из-за больших деформаций может аккумулировать большое количество энергии (в 10 раз больше, чем сталь); высокой демпфирующей способностью вследствие внутреннего трения, электроизоляционной способностью. Они проще и дешевле, чем со стальными упругими элементами. Основные типы резиновых упругих элементов и схемы их нагружения изображены на (рис. 9).

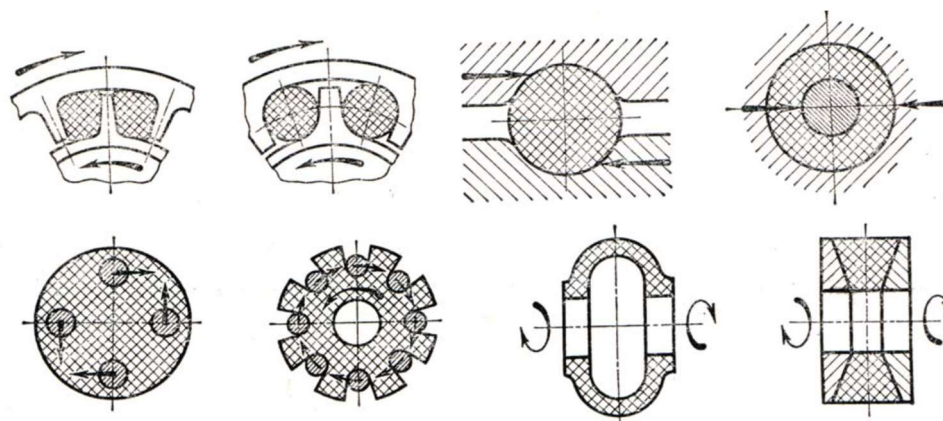


Рис. 9

Из упругих муфт наиболее широкое применение в машиностроении находят упругие втулочно-пальцевые муфты (МУВП) по ГОСТ 21424-93 (рис. 10). Их широко применяют с электродвигателями, т.к. полумуфты не имеют непосредственного металлического контакта. Вращающий момент передаются пальцами жестко закрепленными на одной полумуфте; на пальце надеты резиновые втулки или набор колец. Такие муфты допускают в зависимости от типа размера, продольное смещение валов на 10...15 мм, радиальное смещение на 0,2...0,4 мм и угол перекоса валов до 1°. Они используются для валов диаметром 9...150 мм при значениях вращающего момента от 6,3 до 16 тыс. Н.м. Стандартом предусмотрено два исполнения: тип 1 – с цилиндрической расточкой отверстий, тип 2 – с конической.

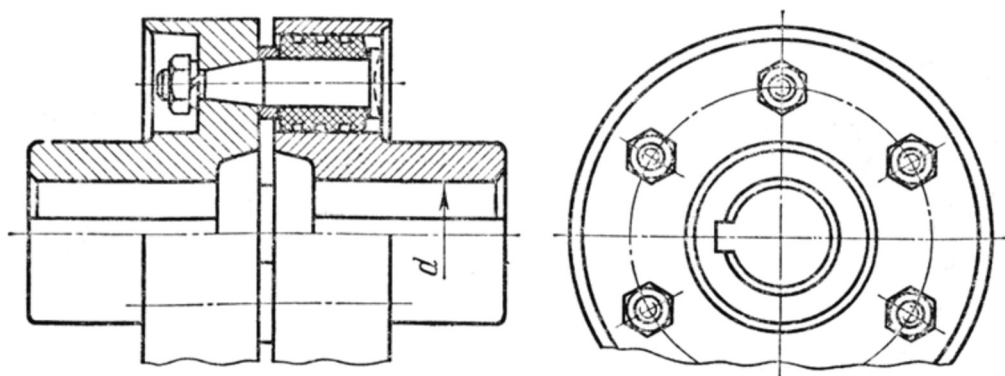


Рис. 10

Размеры элементов муфт, указанные в стандарте определены при достаточно большом запасе прочности, поэтому проверочный расчет выполняют для пальцев и втулок. Для ограничения износа втулки проверяют на контактное давление пальца

$$p = \frac{2T}{zD_m d_n l} = [p]$$

где z – число пальцев; D_m – диаметр окружностей расположения осей пальцев, d_n – диаметр пальцев; l – длина втулки; $[p]$ – допускаемое давление (обычно равно 2 МПа).

УПРАВЛЯЕМЫЕ МУФТЫ

Управляемые муфты предназначены для соединения и разъединения валов, а также валов и установленных на них деталей в подвижном или неподвижном состояниях. Их используют в коробках передач и других механизмах. Передача вращающего момента может осуществляться либо за счет сцепления (кулачковые или зубчатые муфты), либо силами трения (фрикционные муфты). Конструкции управляемых муфт разнообразны. Кулачковые сцепные муфты имеют на торцевой поверхности кулачки различного профиля. Одна полумуфта закрепляется на валу неподвижно, а вторая может перемещаться вдоль вала. Муфты не допускают несоосности валов.

Управляемая зубчатая муфта по конструкции аналогична зубчатой компенсирующей муфте. Одна полумуфта перемещается по оси вала. Включение и выключение кулачковых и зубчатых муфт может производиться только при неработающем двигателе. Фрикционные муфты передают вращающий момент между полумуфтами за счет сил трения на рабочих поверхностях (дисковой или конической формы). Давление на поверхностях контакта (смазываемых или сухих) создается с помощью механизмов включения различного типа (пружинно-рычажных механизмов, электрических, гидравлических и пневматических устройств). При включении фрикционных муфт вращающий момент нарастает с увеличением силы сжатия. Благодаря этому валы можно соединять под нагрузкой. Фрикционные муфты должны обладать надежностью сцепления, высокой износостойкостью контактирующих поверхностей.

Материалы фрикционных муфт должны обладать теплостойкостью. Нагрев муфт происходит в момент переключения или пробуксовывания, когда имеет место скольжение рабочих поверхностей. Перегрев приводит к увеличению износа или задиру поверхностей.

Наибольшее распространение на практике получили следующие комбинации материалов: закаленная сталь по закаленной стали или сталь по чугуна при хорошей смазке; асбестовые или порошковые обкладки по стали или чугуна без смазки. Материал выбирается в зависимости от среднего контактного давления

$$p = \frac{2Tk}{fzAD_m} \leq [p]$$

где T – вращающий момент; $k = 1,3 \dots 1,5$ – коэффициент запаса сцепления; f – коэффициент трения; z – число пар поверхностей трения; $A = \pi D_m b$ – площадь поверхности трения; D_m – средний диаметр рабочих поверхностей дисков; b – ширина обкладки; $[p]$ – допускаемое давление (обычно не более 2 МПа).

Необходимая осевая сила сжатия дисков

$$F_a = \frac{2TK}{fzD_m}$$

где D_m – средний диаметр рабочей поверхности диском.

Можно определить расчетный вращающий момент на муфте

$$T_p = \frac{1}{2} F_a f z D_m k$$

Существует большое количество конструкций фрикционных муфт. Широкое распространение получила многодисковая муфта (рис. 11).

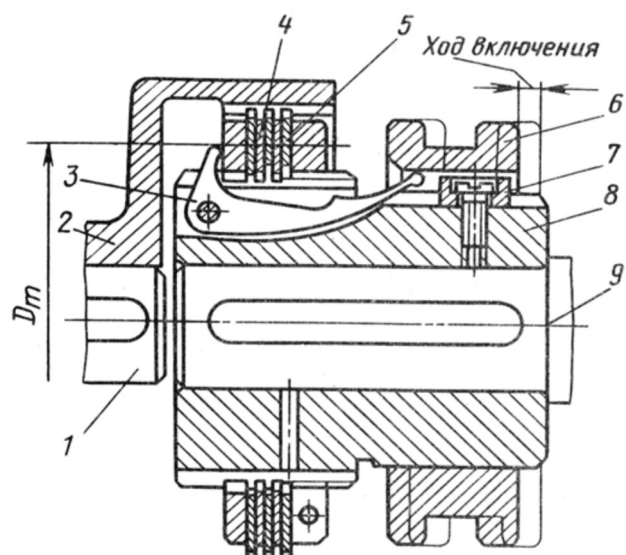


Рис. 11

Муфта состоит из насаженного на вал 1 барабана 2 с внутренними шлицами, шлицевой втулки 8 насаженной на вал 9, а также ведущих 5 и ведомых 4 дисков, сжимаемых поводком 3 при осевом перемещении втулки 6 по направляющей шпонки 7. Осевое перемещение дисков происходит за счет скольжения выступов по шлицевым пазам барабана и втулки.