

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра механики материалов, конструкций и машин

Е.В. Пояркова, Н.Я. Подоляк

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ МУФТ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Оренбург
2018

УДК 620.10
ББК 30.121
П75

Рецензент – доцент, доктор технических наук Ю.А. Чирков

Пояркова, Е.В.

П75 Изучение конструкций и проверочный расчет муфт: методические указания / Е.В. Пояркова, Н.Я. Подоляк; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2018. – 35 с.

В методических указаниях представлено описание лабораторного практикума по теме «Изучение конструкций и проверочный расчет муфт».

Методические указания предназначены обучающимся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, осваивающим дисциплины «Машиноведение», «Детали машин и основы конструирования».

Методические указания подготовлены в рамках реализации проектов по совершенствованию содержания и технологий целевого обучения студентов в интересах организаций оборонно-промышленного комплекса («Новые кадры ОПК–2017»).

УДК 620.10
ББК 30.121

© Пояркова Е.В.,
Подоляк Н.Я., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
1 Лабораторная работа «Изучение конструкций и проверочный расчет муфт»...	5
2 Краткие теоретические сведения	5
3 Порядок выполнения работы	32
4 Вопросы для самоконтроля	33
Список рекомендованных источников	34

Введение

Дисциплины, связанные с изучением принципов расчета и конструирования различных деталей машин и оборудования, представляют собой основу общетехнической подготовки обучающихся машиностроительных специальностей и направлений подготовки всех форм обучения.

«Детали машин и основы конструирования», «Машиноведение» – это дисциплины общетехнической подготовки обучающихся по теории, расчету и конструированию различных составных частей машин: деталей и узлов.

Основными задачами изучения этих предметов являются обобщение инженерного опыта создания машиностроительных конструкций, разработка научных основ расчета и проектирования надежных элементов и узлов конструкции.

На протяжении изучения вышеперечисленных дисциплин обучающиеся расширяют свои знания в производственно-конструкторской деятельности в области проектирования деталей и узлов общемашиностроительного применения. Материалы дисциплин содержат сведения о конструкциях, типаже критериев работоспособности деталей машин, сборочных единиц и агрегатов; об основе теории совместной работы (сопряжении) деталей машин и методов их расчета.

Настоящие указания к лабораторной работе по теме «Изучение конструкций и проверочный расчет муфт» представляют собой только одну часть методического обеспечения интерактивных занятий, входящих в цикл лабораторного практикума, преследующего цель содействовать углублению и закреплению теоретических знаний у обучающихся и развитию их навыков экспериментального освоения материала.

1 Лабораторная работа «Изучение конструкций и проверочный расчет муфт»

Цель работы – изучить конструкции муфт, ознакомиться с расчетами муфт на прочность.

Основными задачами работы для достижения поставленной цели являются:

- ознакомиться с назначением и конструкциями основных муфт;
- ознакомиться с методикой расчета муфт на прочность.

Оснащение лабораторной работы:

- линейка измерительная, металлическая;
- штангенциркуль ШЦ-125;
- комплект муфт.

2 Краткие теоретические сведения

Муфты служат для соединения валов или других вращающихся деталей и передают движение без изменения скорости.

Основными параметрами муфт являются диаметр вала d и передаваемый крутящий момент T .

Существует несколько способов передачи крутящего момента через муфту:

- путем механической связи между деталями, выполненной в виде статических соединений или же кинематических пар (муфты с, так называемым, геометрическим замыканием);
- с помощью магнитного притяжения или силы трения (муфты, имеющие силовое замыкание);
- благодаря силе инерции или индукционному взаимодействию электромагнитных полей (муфты с динамическим замыканием).

Помимо общего назначения, муфты в машиностроении предназначены:

- соединять соосные валы отдельных узлов и механизмов, а также разнообразные детали (зубчатые колеса, звёздочки, шкивы) с валами с целью передачи между ними крутящего момента;

- компенсировать несоосность соединяемых валов. Необходимость компенсирующих свойств муфт возникает в связи с тем, что при соединении валов сборочных единиц изделий имеет место смещение их осей вследствие неточности изготовления, монтажа, нагрузочных и тепловых деформаций валов;

- снижать ударные динамические нагрузки, интенсивность вибрации, устранять опасность резонансных явлений. Потребность в снижении динамических нагрузок, интенсивности колебательных процессов возникает в быстроходных элементах машин при эксплуатации в нестационарных (неустановившихся) режимах работы. Обязательным компонентом муфт, применяющихся в подобных ситуациях, является упругий элемент, который способен аккумулировать кинетическую энергию динамических процессов, преобразовывать её в потенциальную энергию деформации и тепловую энергию работ сил трения. Кроме того, подобные муфты могут изменять собственную частоту колебаний (за счет изменения жесткости упругих элементов с изменением их деформации) и предотвращают явление резонанса;

- предохранять элементы машин от недопустимых кратковременных перегрузок в машинах ударного действия, обладающих значительной инерционностью отдельных звеньев и ведущих обработку сред неоднородной структуры, при эксплуатации в неустановившихся режимах работы, в которых перегрузки могут в два и более раз превышать номинальные. Такие кратковременные перегрузки вызывают статические (квазистатические) разрушения элементов машин. Для исключения подобных перегрузок используют специальные муфты, в которых при перегрузках происходит взаимное крутильное угловое смещение ведущих и ведомых элементов с фрикционной, расцепляющейся связью или разрушение специально

предусмотренного легко заменяемого звена в силовой цепи. Последний тип муфт целесообразно использовать лишь при сравнительно редких значительных перегрузках;

- управлять работой машин. В некоторых случаях управлять отдельными машинными операциями рациональнее с помощью муфт. К примеру, в машинах, механизмах с частыми пусками и остановками исполнительного (рабочего) органа возникает необходимость кратковременного разобщения кинематической цепи, соединяющей работающий двигатель с исполнительным органом. Иногда требуется передача крутящего момента с двигателя на рабочий орган в одном направлении при равенстве угловых скоростей ведущего и ведомого элементов и разобщение их, если скорость ведомого превысит скорость ведущего (например, в велосипеде). В иных случаях требуется соединение ведущего и ведомого элементов при достижении ведущим определенной скорости. В описанных случаях управляющие функции рационально выполнять не специальными устройствами, а совместить их с основной задачей муфт;

- придать валам некоторой относительной подвижности во время работы (малые смещения и перекося геометрии осей валов);

- автоматически соединять и разъединять валы в зависимости от пройденного пути, направления передачи вращения, угловой скорости (выполнение функций автоматического управления);

- обеспечивать плавный разгон машины и облегчать условия работы двигателя (муфты скольжения);

- осуществлять электрическую изоляцию валов, что важно с точки зрения безопасности для муфт электродвигателей (упруго-демпфирующие муфты с неметаллическими элементами).

Выбор типа муфт для соединения валов обусловлен особенностью монтажа и эксплуатации привода и производится по **стандартам или нормам** в зависимости от передаваемого крутящего момента, а также от возможности расточки ступиц под нужные диаметры валов.

Муфта одного размера может иметь в ступицах полумуфт неодинаковые отверстия, что позволяет соединять валы разных диаметров.

На работу муфты существенное влияние оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (ударов, вибраций), обусловленных характером приводимой в движение машины. Поэтому выбор и расчеты муфты ведут не по номинальному значению вращающего момента $T_{ном}$, а по расчетному T_p :

$$T_p = k \cdot T_{ном},$$

где $T_{ном}$ – номинальный, длительно действующий момент (определяется при кинематическом расчете);

k – коэффициент режима работы (выбирается, исходя из типа машины, по таблице 1).

Таблица 1 – Значение коэффициента режима при передаче от электродвигателя

Тип машины	Коэффициент режима работы k
Транспортеры ленточные	от 1,25 до 1,50
Транспортеры цепные, винтовые, скребковые	от 1,50 до 2,0
Воздуходувки и вентиляторы	от 1,25 до 1,50
Насосы центробежные	от 1,50 до 2,0
Насосы и компрессоры поршневые	от 2,0 до 3,0
Станки металлорежущие с непрерывным движением	от 1,25 до 1,50
Станки металлорежущие с возвратно-поступательным движением	от 1,50 до 2,50
Станки деревообделочные	от 1,50 до 2,0
Мельницы шаровые, дробилки, молоты, ножницы	от 2,0 до 3,0
Краны подъемные, элеваторы	от 3,0 до 4,0

Работа муфт сопровождается потерями. По опытным данным при расчетах коэффициента полезного действия (КПД) муфт, обозначаемого η , обычно принимают его равным значениям, находящимся в интервале от 0,985 до 0,995.

Далее представлена классификация муфт по способам соединения ими валов. Различают два способа соединения валов с помощью муфт:

- первый – постоянное соединение, валы в процессе работы не разъединяются и работают как одно целое;
- второй – временное, эпизодическое или периодическое соединение и разъединение валов в процессе работы.

Постоянное соединение валов достигается с помощью соединительных муфт, которые разделяются на две подгруппы:

- глухие;
- компенсирующие.

Глухие муфты предназначены для постоянного соединения между собой в длину отдельных участков валов. На практике нашли применение глухие муфты двух основных типов:

- втулочные;
- фланцевые.

Оба типа муфт требуют соосности соединяемых валов.

Втулочная муфта представляет собой втулку, насаживаемую на концы валов (рисунок 1). Данные муфты стандартизованы ГОСТ 24246-96 и изготавливаются четырех исполнений:

- 1 – с коническими штифтами;
- 2 – с призматическими шпонками;
- 3 – с сегментными шпонками;
- 4 – с прямобочными шлицами.

Крутящий момент от ведущего вала к ведомому передаётся втулкой через шпонки, через шлицы или через штифты.

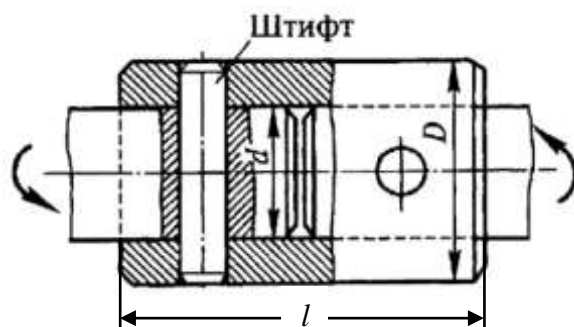
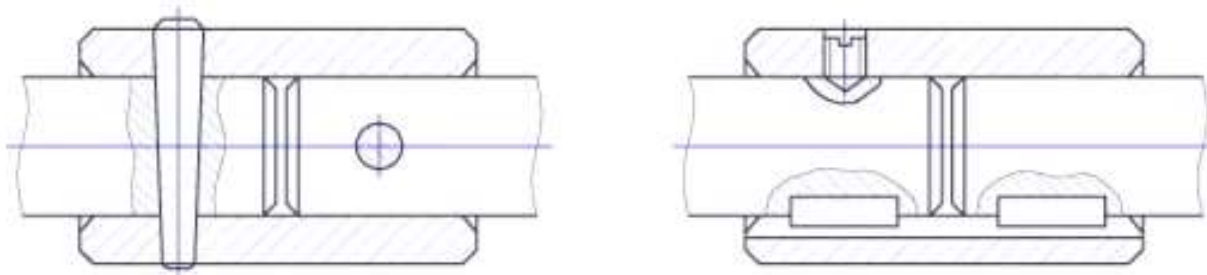


Рисунок 1 – Втулочная муфта

Втулочные муфты предназначены для соединения соосных цилиндрических валов (рисунок 2) при передаче вращающего момента от 1 до 12500 Н·м без смягчения динамических нагрузок и ограничения частоты вращения. В муфтах исключаются относительные угловые или поперечные смещения валов.

Приемлемым считается наружный диаметр муфты D , превосходящий внутренний диаметр d почти в два раза (как правило, выбирается в интервале от 1,5 до 1,8). При этом длина втулочной муфты l всегда зависит от размера внутреннего диаметра, а кратность выбирается от двух до четырех раз в зависимости от условий эксплуатации валов. В дальнейшем подобранную втулку обязательно проверяют на кручение и изгиб. Применяют такие муфты в лёгких машинах при диаметрах валов не более 70 мм. Работоспособность втулки обеспечивается расчётом шпоночного, шлицевого или штифтового соединений.



а) крепление штифтом;

б) крепление на шпонке.

Рисунок 2 – Виды втулочных муфт

Они имеют минимальные значения габаритных размеров, массы и момента инерции, а также минимальны по стоимости изготовления.

Соотношения между размерами стандартных муфт должны быть таковыми, чтобы обеспечивалась равнопрочность соединения. В ответственных случаях проверяют на срез штифты и на смятие штифтом втулку и вал.

Обычно более близкими к разрушающим являются касательные напряжения в материале штифта; поэтому при значительной перегрузке втулочных муфт чаще всего срезается штифт.

К недостаткам втулочных муфт следует отнести:

- невозможность разобщения соединяемых валов без демонтажа соединяемых узлов;
- низкую изгибную жесткость;
- необходимость при монтаже и демонтаже раздвигать концы валов на полную длину муфты (либо сдвигать втулку вдоль вала не менее, чем на половину ее длины);
- необходимость очень точного совмещения валов (так как эти муфты не допускают радиального или углового смещения осей валов).

Материал для изготовления втулки – сталь 45; для муфт больших размеров – чугун СЧ25.

Втулочную муфту выбирают по нормальям машиностроения МН 1067–60 и МН 1069–60. Прочность втулки проверяют на кручение по формуле:

$$\tau_k = \frac{T_p}{W_k} = \frac{T_p \cdot D}{0,2 \cdot (D^4 - d^4)} \leq [\tau_k],$$

где d и D – размеры муфты (внутренний и наружный диаметры муфты);

$[\tau_k]$ – допускаемое напряжение на кручение (для стали 45 значения находятся в интервале от 22 до 25 Н/мм²).

Шпоночные или шлицевые (зубчатые) соединения вала с жесткой муфтой проверяют на смятие, а штифты проверяют на срез.

Фланцевая муфта состоит из двух полумуфт с фланцами, каждая из которых насаживается на конец своего из соединяемых валов – одна на ведущий вал, другая на ведомый. Для центрирования на одной из полумуфт выполнен выступ, а на другой – расточка.

При сборке соединения полумуфты ставятся так, чтобы фланцы встали друг против друга с минимальным зазором. В отверстия фланцев вставляются болты, стягивающие полумуфты (рисунок 3). Причем, половина болтов установлена с зазором, а другая – без зазора.

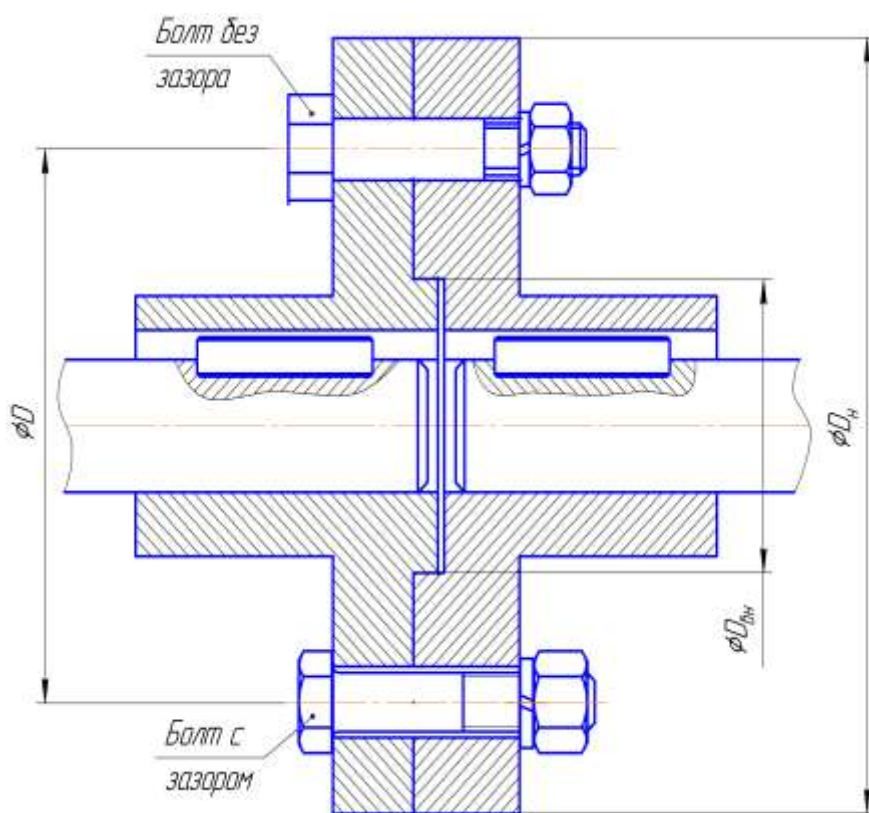


Рисунок 3 – Фланцевая муфта

Фланцевые муфты соединяют отдельные части валопровода в один вал, работающий как единое целое. Для того, чтобы этот составной вал оставался прямолинейным, необходима строгая соосность его частей и пригонка полумуфт, в противном случае неизбежны изгиб вала, его биение и появление дополнительных нагрузок на опоры.

Соединения соосных цилиндрических валов для передачи вращающего момента без уменьшения динамических нагрузок возможны:

- стальными муфтами (если крутящий момент от 16 до 40 000 Н·м) при окружной скорости на наружном диаметре муфты до 70 м/с;
- чугунными муфтами (если крутящий момент от 8 до 20 000 Н·м) при окружной скорости до 35 м/с.

Фланцевые муфты стандартизованы ГОСТ 20761-96 и изготавливаются двух исполнений по ГОСТ 12080-66:

- с цилиндрическим отверстием для длинных концов валов;
- с цилиндрическим отверстием для коротких концов валов.

Допускается сочетание полумуфт в разных исполнениях и с различными диаметрами посадочных отверстий.

Фланцевые муфты широко распространены в машиностроении, так как они просты по конструкции, надежны в работе, могут передавать большие крутящие моменты. В подобных случаях применяют фланцевые муфты, у которых полумуфты снабжены торцовыми зубьями. Такие муфты соединяют с валами с помощью сварки или эвольвентных шлицевых соединений.

Материал таких полумуфт – сталь 40 или сталь 35Л, допускается также чугун марки СЧ20.

Крутящий момент передаётся от валов к полумуфтам с помощью шпонок. Способ передачи момента между полумуфтами зависит от того, как установлены болты.

Если болты установлены с зазором (рисунок 3, внизу), то момент передаётся за счёт сил трения между полумуфтами, возникающими вследствие предварительной затяжки болтов, а стержни болтов рассчитываются на растяжение с кручением.

Если болты установлены без зазора (рисунок 3, вверху), то момент передаётся за счёт прочности стержня болта, работающего на срез. В этом случае отверстие под болт должно обрабатываться совместно в обеих

полумуфтах, под развёртку, то есть очень чисто. Соответственно чисто должна быть обработана и боковая поверхность стержня болта.

Часто из общего количества болтов половину (не меньше двух) ставят в отверстие без зазора и проверяют их на срез и смятие по полному расчётному моменту. Вторую половину болтов ставят с зазором и не проверяют вообще, так как момент от сил трения, возникающий вследствие затяжки болтов, в расчёт не принимается. Муфты выбирают по стандарту и проводят, как уже говорилось выше, проверочный расчет болтов на прочность.

Пример. Фланцевая муфта установлена в приводе металлорежущего станка и соединяет концы двух валов диаметром $d = 80$ мм каждый. Фланцы полумуфт стянуты шестью болтами М16, три из которых поставлены без зазора в отверстия из-под развертки (диаметр стержня болта $d_4 = 17$ мм); остальные три – в отверстия с зазором. Материал болтов сталь 30, класс прочности К56 (предел текучести $\sigma_m = 300$ Н/мм²).

Проверить на срез болты, поставленные без зазора, в предположении, что весь вращающий момент $T = 2500$ Н·м передают только эти болты. Диаметр окружности, на которой расположены оси болтов, $D_1 = 220$ мм.

Решение:

1. Допускаемое напряжение на срез стержня болта

$$[\tau_{cp}] = 0,25 \cdot \sigma_m = 0,25 \cdot 300 = 75 \text{ Н/мм}^2.$$

2. Коэффициент режима работы муфты $K = 1,75$.

3. Окружная сила, передаваемая одним болтом (при $z = 3$)

$$F_1 = \frac{2 \cdot K \cdot T}{z \cdot D_1} = \frac{2 \cdot 1,75 \cdot 2500}{3 \cdot 220 \cdot 10^{-3}} = 13258 \text{ Н}$$

4. Расчетное напряжение среза в болте

$$\tau_{cp} = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot d_4^2} = \frac{4 \cdot 13258}{\pi \cdot 17^2} = 58,4 \text{ Н/мм}^2$$

Условие прочности выполняется:

$$\tau_{cp} = 58,4 \text{ Н/мм}^2 < [\tau_{cp}] = 75 \text{ Н/мм}^2.$$

Компенсирющие (упругие) муфты разнообразны по конструкции. Наиболее употребляемыми в оборудовании электронной техники являются следующие муфты: упругая втулочно-пальцевая (МУВП), упругая со звездочкой, кулачково-дисковая, эластичная поводковая и другие.

Упругие муфты характеризуются наличием упругого элемента (одного или нескольких), за счет деформации которого осуществляется взаимное перемещение деталей муфты, необходимых для компенсации смещения осей ведущего и ведомого валов.

Упругие муфты имеют следующие свойства:

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

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

3. Упругие муфты обладают способностью смягчать толчки и удары. Кинетическая энергия удара при этом частично поглощается и переходит в тепло, частично аккумулируется упругими элементами, превращаясь в потенциальную энергию деформации.

Основной характеристикой упругих муфт, в связи с их назначением передавать вращательное движение, является вращающий момент. Существенными показателями конструкций муфт являются габариты, масса и

геометрическая характеристика жесткости – момент инерции относительно оси вращения. Кроме того, упругие муфты характеризуются податливостью и демпфирующей способностью.

Упругие муфты бывают постоянной и переменной жесткости, то есть имеют линейную и нелинейную характеристику – зависимость величины момента от угла закручивания.

Под демпфирующей способностью муфты понимают ее способность рассеивать (превращать в тепло) энергию при деформировании.

Существует большое количество упругих муфт различных конструкций. В зависимости от материала упругих элементов муфты делят на две группы:

- муфты с неметаллическими упругими элементами;
- муфты с металлическими упругими элементами.

Из вышеизложенного можно сделать заключение, что к основным характеристикам устройства упругой муфты относят ее жесткость (податливость), рассчитываемую по формуле:

$$C_{\varphi} = T / \varphi,$$

где T – передаваемый крутящий момент;

φ – угол закручивания.

В зависимости от полученного значения, изделия делят на механизмы постоянной и переменной жесткости.

В первом случае величина C_{φ} всегда постоянная, для ее обеспечения используются металлические демпфирующие элементы:

- витые пружины;
- стержни или пакеты пластин, расположенные по радиусу;
- разрезные гильзовые пружины;
- змеевидные пластинчатые пружины.

В случае применения полимерных деталей, жесткость становится переменной величиной. В подобных конструкциях чаще всего используются

резиновые звездочки или пальцевые накладки. Выбор материала (стали или полимера) зависит от специфики использования агрегата.

Металлические детали долговечнее, отличаются хорошей износостойкостью, их применяют для передачи больших моментов. С другой стороны, полимерные пальцевые элементы лучше гасят вибрацию, снижают уровень шума, но обладают меньшим ресурсом и чаще требуют замены.

Второй важный параметр упругих муфт – это демпфирующая способность, то есть способность изделия поглощать энергию деформирования и рассеивать ее в виде тепла.

Эти две характеристики (жесткость и демпфирующая способность) являются ключевыми при расчете упругих муфт. В зависимости от данных показателей, материала и формы использованного демпфирующего элемента, выделяют несколько видов устройств.

Муфты с резиновыми упругими элементами относятся к наиболее востребованным видам устройств с полимерными элементами. Основными типами подобных устройств являются:

- пальцевые упругие муфты;
- муфты с резиновой конусной шайбой;
- муфты с резиновой звездочкой;
- муфты с торообразной выпуклой оболочкой.

Муфты упругие втулочно-пальцевые (МУВП по ГОСТ 21424–93) широко применяются в машиностроении для соединения валов диаметром от 10 до 160 мм.

Подобная муфта состоит из двух полумуфт 1 и 4, стальных пальцев 2, закреплённых в одной из полумуфт гайками с посадкой пальцев на конус, и упругих резиновых втулок 3 (рисунок 4), надетых на цилиндрическую часть пальца (рисунок 5). Вместо втулок могут быть наборы упругих колец из того же материала.

Материал полумуфт – серый чугун СЧ-20 по ГОСТ 1412–85 или сталь 30, сталь 30Л.

Материал пальцев – сталь 45 по ГОСТ 1050–88 с твердостью от 241 НВ до 285 НВ.

Материал втулок – резина с пределом выносливости не менее 8 МПа.

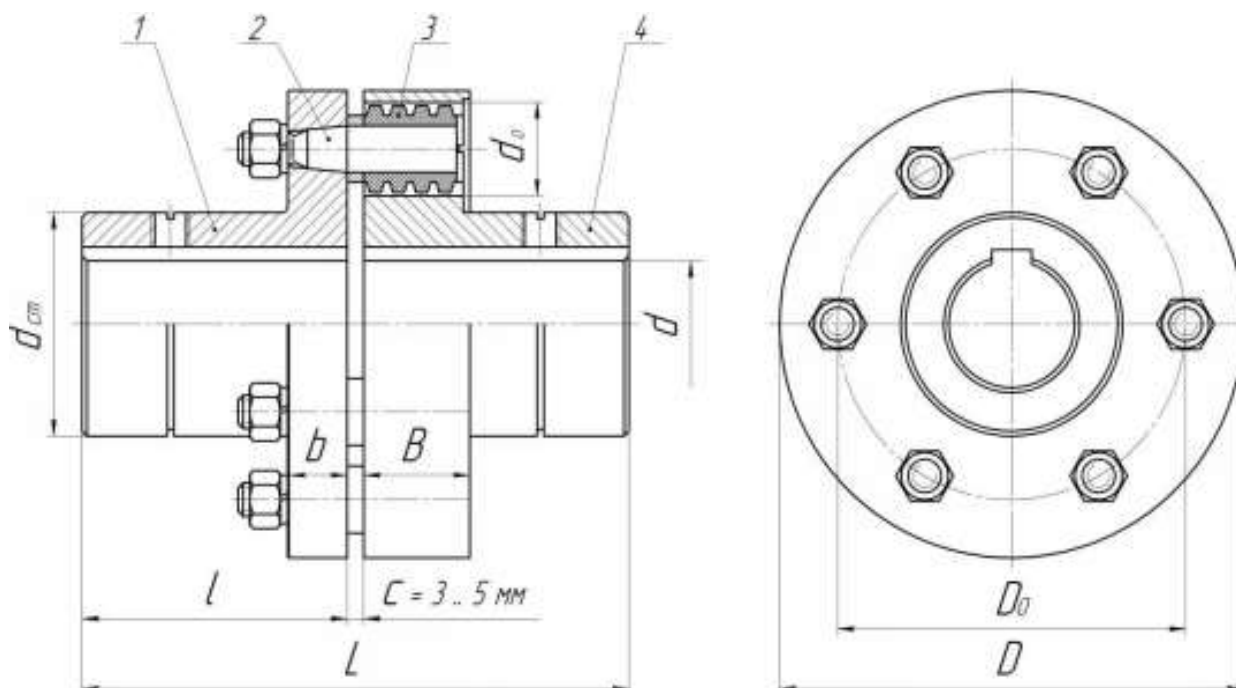


Рисунок 4 – Муфта упругая втулочно-пальцевая

Вследствие небольшой толщины резиновых втулок муфта обладает малой податливостью, компенсируя незначительные смещения валов. Муфта широко применяется для соединения машин с электродвигателями при передаче малых и средних вращающих моментов. Она проста в изготовлении. Наружная поверхность полумуфт может использоваться в качестве тормозного барабана.

Пример условного обозначения упругой втулочно-пальцевой муфты (по ГОСТ 21424-93) с номинальным крутящим моментом $T = 250$ Н·м, диаметром посадочного отверстия $d = 32$ мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта упругая втулочно-пальцевая 250-32-1 У3.

На практике муфты выбираются (из каталога) по величине передаваемого крутящего момента T_p , расчетная величина которого определяется, как:

$$T_p = k \cdot T_{ном},$$

где $T_{ном}$ – номинальный, длительно действующий момент;

k – коэффициент динамичности (коэффициент режима работы).

Коэффициент k рассчитывают на основании данных о спектре нагружения с учетом влияния различных уровней нагрузки на прочность и износостойкость деталей муфты (можно выбрать по таблице 1).

В соответствии с установленным значением передаваемого крутящего момента подбираются размеры и параметры упругой втулочно-пальцевой муфты по таблице 2, а размеры пальцев и втулок такой муфты подбираются по данным таблицы 3.

Муфту выбирают таким образом, чтобы момент муфты T был больше расчетного T_p ($T > T_p$), а диаметр отверстия в ступице полумуфты d был не меньше диаметра вала d_e , на который одевается муфта ($d \geq d_e$).

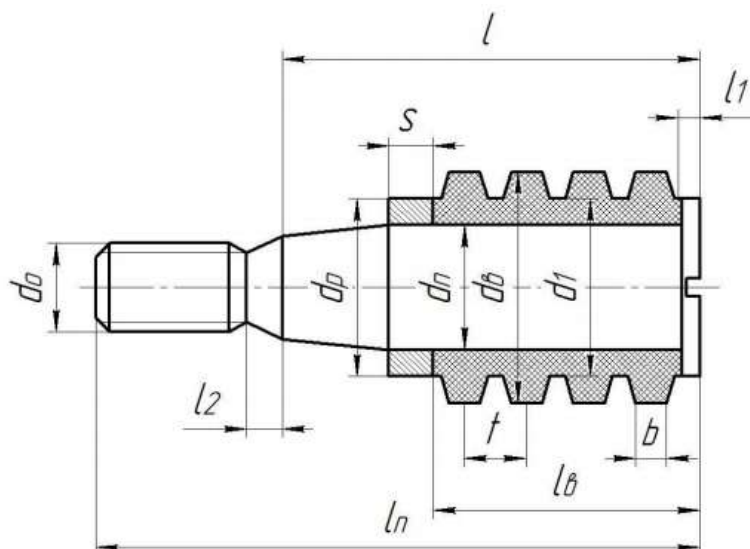


Рисунок 5 – Палец с втулками муфты МУВП

Работоспособность муфты определяется способностью пальцев и резиновых втулок. Проверочный расчет резиновых втулок выполняется по

условию их прочности на смятие, а самих пальцев – по условию прочности на изгиб.

Таблица 2 – Размеры и параметры муфты МУВП

T, Н·м	Отверстие		Габаритные размеры								Смещение осей валов, не более	
	d, мм	l, мм	L, мм	D, мм	D _о , мм	d _о , мм	b, мм	B, мм	d _{ст} , мм	Z, шт.	радиальное	угловое
31,5	16; 18; 19	28	60	90	62	20	12	20	32	4	0,2	1°30'
63	20; 22; 24	36	76	100	72	20	12	20	40	6		
125	25; 28	42	89	120	84	28	18	32	50	4	0,3	1°
	30	58	121						56			
250	32; 35; 36; 38	58	121	140	105	28	18	32	67	6	0,3	1°
	40; 42	82	169						72			
500	40; 42; 45	82	169	170	130	28	18	32	80	8	0,4	1°
710	45; 48; 50; 55; 56	82	170	190	140	36	24	40	95	8		
1000	50; 55; 56	82	170	220	170	36	24	40	100	10	0,4	1°
2000	60; 63; 65; 70	105	216						120			
		63; 65; 71; 75	105	218	250	190	46	30	48	130	10	0,4
	80; 85; 90	130	268	160								

Таблица 3 – Размеры пальцев и втулок муфты МУВП, мм

T, Н·м	Пальцы						Втулка упругая					Втулка распорная	
	d _n	d _о	l _n	l	l ₁	l ₂	d _e	l _e	d ₁	t	b	d _p	s
31,5	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
63	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
125	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
250	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
500	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
710	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6
1000	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6
2000	24	M16	102	75	3	3,5	45	44	32	11	6	32	8

Усилие, приходящееся на один палец:

$$F_n = \frac{2000 \cdot T_p}{D_0 \cdot z},$$

где T_p – расчетный крутящий момент муфты, Н·м;

D_0 – диаметр окружности расположения центров пальцев, мм;

z – количество пальцев, штук.

Условие прочности втулок муфты:

$$\sigma_{см} = \frac{F_n}{d_n \cdot l_B} \leq [\sigma]_{см},$$

где d_n – диаметр пальцев под резиновыми кольцами или втулкой, мм;

l_B – длина втулки, мм;

$\sigma_{см}$ – расчетное напряжение смятия между пальцами и втулкой, МПа;

$[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия для резины (от 2 до 4 МПа).

Условие прочности пальцев на изгиб:

$$\sigma_{и} = \frac{32 \cdot F_n \cdot (0,5 \cdot l_B + c)}{\pi \cdot d_n^3} \leq [\sigma]_{и},$$

где c – зазор между полумуфтами, мм;

$\sigma_{и}$ – расчетное напряжение на изгиб для пальцев, МПа;

$[\sigma_{и}]$ – допускаемое напряжение на изгиб для пальцев (от 60 до 80 МПа).

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет:

$$F_M = \frac{(500 \dots 600) \cdot T_p}{D_0}.$$

Упругая муфта со звездочкой (ГОСТ 14084–93, рисунки 6, 7) состоит из двух одинаковых полумуфт 1 и 2, имеющих на фланцах торцевые кулачки, и упругого элемента 3, выполненного в виде звездочки. Выступы звездочки располагаются между кулачками полумуфт и работают на сжатие через один при действии крутящего момента.

Материал полумуфт – сталь 35 (применяется для муфт с диаметром D от 25 до 40 мм) или чугун СЧ 21-40 (применяется для муфт с диаметром D от 50 до 160 мм).

Материал звездочки – резина бензостойкая марки А мягкая по ГОСТ 7338-65.

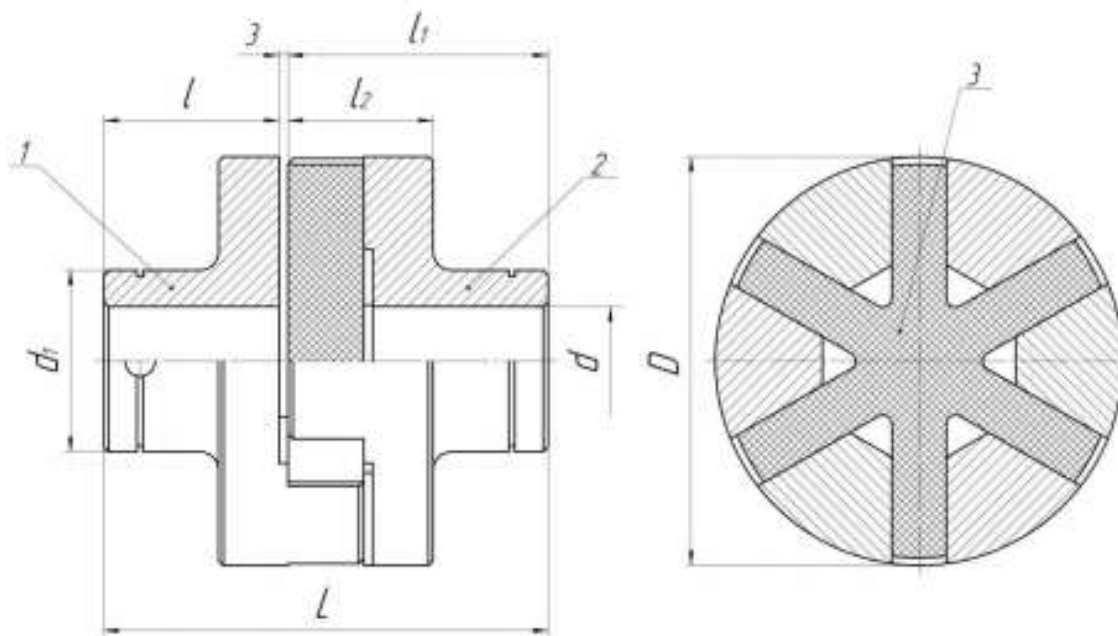


Рисунок 6 – Муфта упругая со звездочкой

Муфта компактна и надежна. Применяется для соединения быстроходных валов, способна передавать бóльшие крутящие моменты, чем упругая втулочно-пальцевая муфта (МУВП). При соединении несоосных валов муфта оказывает на них значительное силовое воздействие, хотя и меньшее, чем муфта МУВП. Она требует точного монтажа узлов. Эти муфты обладают большой радиальной, угловой и осевой жесткостью. Поэтому их применение так же, как и муфт МУВП, возможно при установке узлов на плитах (рамах) большой жесткости.

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

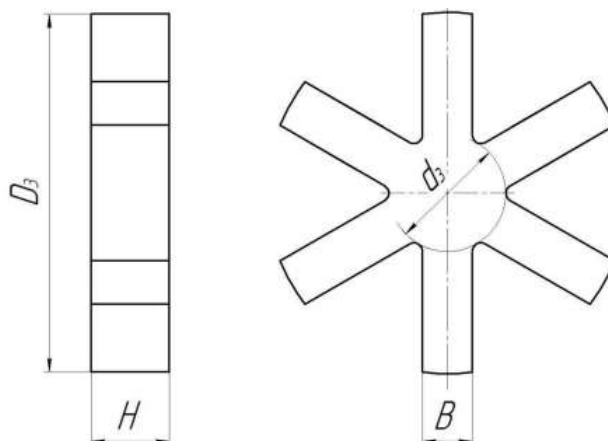


Рисунок 7 – Звездочка упругой муфты

Пример условного обозначения муфты упругой со звездочкой (по ГОСТ 14084-93) с номинальным крутящим моментом $T = 250$ Н·м, диаметром посадочного отверстия $d = 32$ мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта упругая со звездочкой 250-32-1 У3.

В соответствии с установленным значением передаваемого крутящего момента подбираются размеры и параметры муфты упругой со звездочкой по таблице 4, а размеры звездочки такой муфты подбираются по таблице 5.

Работоспособность резиновой звездочки определяется величиной напряжений смятия и может быть рассчитана по формуле:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{8000 \cdot T_p}{(D_3^2 - d_3^2) \cdot H \cdot z} \leq [\sigma]_{\text{см}},$$

где D_3, d_3, H – геометрические размеры звездочки, мм;

z – число кулачков в одной полумуфте;

$\sigma_{см}$ – допускаемые напряжения смятия, $[\sigma_{см}] = (3\div 5)$ МПа.

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет:

$$F_M = (0,1 \dots 0,3) \cdot F'_M$$

где F'_M – усилие на среднем диаметре упругой звездочки

$$F'_M = \frac{2000 \cdot T_p}{0,5 \cdot (D_3 + d_3)}$$

Таблица 4 – Размеры и параметры муфты упругой со звездочкой

T, Н·м	Отверстие, мм		Габаритные размеры, мм					Смещение осей валов, не более		
	d	l	L	D	d ₁	l ₁	l ₂	радиальное	угловое	
31,5	16; 18; 19	28	77	71	30	46	28	0,2	1°30'	
	20; 22	36	93		34	54				
63	20; 22; 24	36	100	85	36	61	40			
	25; 28	42	112		42	67				
125	25; 28	42	112	105	45	67	40			0,3
	30; 32	58	144		45; 48	83				
	35; 36				52; 55					
250	32	58	147	135	55	86	48	0,4	1°	
	35; 36; 38				66					
	40; 42; 45				82					195
400	38	58	152	166	63	91	56			
	40; 42	82	200		70	91				
	45; 48				75	115				

Таблица 5 – Размеры звездочки упругой муфты, мм

$T, \text{Н}\cdot\text{м}$	D_3	d_3	B	H
31,5	67	30	12,5	15
63	80	36	14,5	22
125	100	45	16,5	22
250	130	56	18,6	25
400	160	67	20,5	30

Муфта упругая с торообразной оболочкой (МУТО) (ГОСТ 20884–93, рисунок 8) состоит из упругого элемента 1 и полумуфт 2, к которым винтами 3 через центрирующие кольца 4 притягивают прижимные полукольца 5. При сборке муфты полукольца 5 соединяют кольцом 4 винтами 6, расположенными между винтами 3. Полумуфты устанавливают как на цилиндрические, так и на конические концы валов. Вращающий момент с полумуфт на оболочку передают силами трения, созданными при затяжке винтов 3.

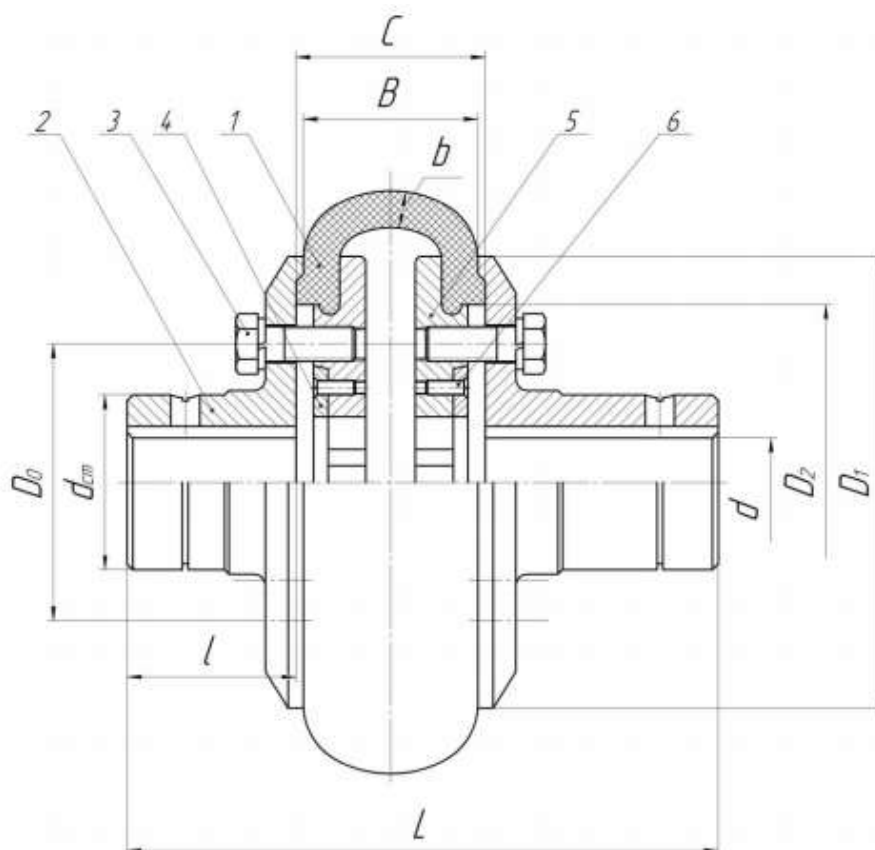


Рисунок 8 – Муфта с неразрезной торообразной оболочкой

Упругим элементом муфты является резиновая или резинордная оболочка. Резинордный элемент сложнее в изготовлении, чем резиновый, однако его срок службы в несколько раз больше резинового. Муфты с оболочкой выпуклого профиля применяют в двух исполнениях: разрезной и неразрезной оболочкой.

МУТО отличаются высокими компенсационными свойствами, способны уменьшать динамические нагрузки благодаря малой крутильной жесткости и высокой демпфирующей способности.

К недостаткам относят их большие размеры по диаметру и появление значительных осевых нагрузок на опоры валов, вызываемых центробежными силами, действующими на упругий элемент.

На работу муфты существенное влияние оказывают величина, интенсивность и характер динамических нагрузок (ударов, вибраций), обусловленных характером приводимой в движение машины. Поэтому выбор и расчеты муфты ведут не по номинальному значению вращающего момента $T_{ном}$, а по расчетному T_p (ранее уже была представлена зависимость между $T_{ном}$ и T_p).

Ориентировочные соотношения некоторых размеров муфты:

$$B = 0,25 \cdot D;$$

$$\delta = 0,05 \cdot D;$$

$$C = 1,06 \cdot B;$$

$$D_0 = (\text{от } 0,50 \text{ до } 0,52) \cdot D;$$

$$D_1 = 0,75 \cdot D;$$

$$D_2 = 0,6 \cdot D;$$

$$d_{cm} = 1,6 \cdot D.$$

В соответствии с установленным значением передаваемого крутящего момента подбираются размеры и параметры муфты с торообразной оболочкой по таблице 6.

Пример условного обозначения муфты упругой с торообразной оболочкой (по ГОСТ 20884-93) с номинальным крутящим моментом $T = 250$ Н·м, типа 1, диаметром посадочного отверстия $d = 32$ мм, исполнения 1, климатического исполнения У и категории размещения 3:

Муфта 250-1-32-1 УЗ.

Таблица 6 – Размеры и параметры муфты с торообразной оболочкой

T, Н·м	Отверстие, мм		Габаритные размеры, мм		Смещение осей валов, не более		
	d	l	L	D	Радиальное, мм	Угловое	Осевое, мм
40	18; 19	30	115	125	1	1°	1
	20; 22; 24	38	130				
	25	44	140				
80	22; 24	38	140	160	1,6	1°	2
	25; 28	44	150				
	30	60	185				
125	25; 28	44	155	180	2	1°30'	2,5
	30; 32; 35; 36	60	190				
200	30; 32; 35; 36;38	60	200	200	2,5	1°30'	3
	40	84	250				
250	32; 35; 36;38	60	205	220	3	1°30'	3,6
	40; 42; 45	84	255				
315	35; 36;38	60	215	250	3	1°30'	3,6
	40; 42; 45; 48	84	270				
500	40; 42; 45; 48	84	270	280	3	1°30'	3,6
	50; 53; 55; 56						
800	48;50; 53; 55; 56	84	280	320	3	1°30'	3,6
	60; 63	84	330				

При передаче крутящего момента в оболочке действуют касательные напряжения крутильного сдвига τ_k . Наиболее распространенным для муфты с торообразной оболочкой является отказ, связанный с разрушением оболочки в кольцевом сечении у зажима с диаметром D_1 .

Условие прочности оболочки на сдвиг:

$$\tau = \frac{2000 \cdot T_p}{\pi \cdot D_1^2 \cdot b} \leq [\tau],$$

где $[\tau]$ – допускаемые касательные напряжения крутильного сдвига в оболочке, МПа;

b – толщина торообразной оболочки, мм.

Допускаемые касательные напряжения крутильного сдвига в оболочке $[\tau]$ принимаются в интервале от 0,45 до 0,5 МПа.

При работе муфты в условиях радиального смещения валов возникает дополнительная радиальная нагрузка. Усредненное значение этой нагрузки составляет:

$$F_M = (0,1 \dots 0,3) \cdot F'_M,$$

где F'_M – окружное усилие на оболочке муфты, Н.

$$F'_M = \frac{2000 \cdot T_p}{D}.$$

Кулачково-дисковая муфта (ГОСТ 20720-93, рисунок 9) состоит из двух полумуфт 1, 2 и промежуточного диска 3, на внутреннем торце каждой полумуфты образовано по одному диаметрально расположенному пазу. На обоих торцах диска выполнено по одному выступу, которые расположены по взаимно-перпендикулярным диаметрам. У собранной муфты выступы диска располагаются в пазах полумуфт. Перпендикулярное расположение пазов позволяет муфте компенсировать эксцентриситет и перекося валов.

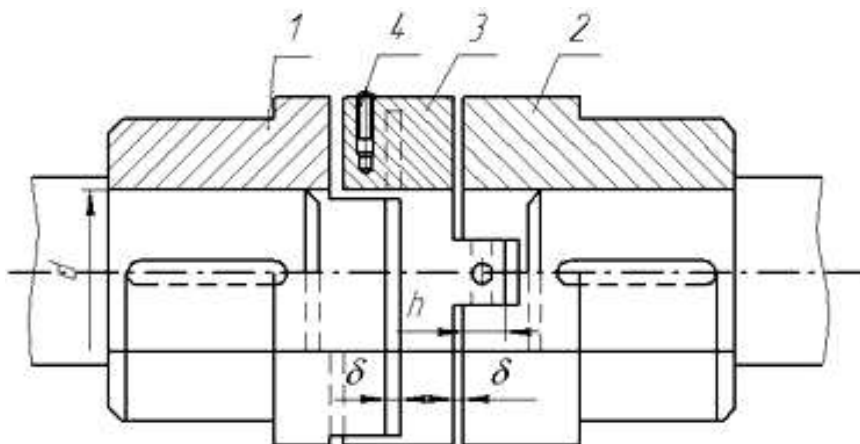


Рисунок 9 – Кулачково-дисковая муфта

Основным элементом муфт являются кулачки различных профилей (рисунок 10): прямоугольного (а), трапецеидального (б), треугольного (в) соответственно для больших, средних и малых нагрузок. Асимметричный профиль кулачков (г) применяют в нереверсивных механизмах для облегчения включения муфты. Число кулачков z принимают от 3 до 60 в зависимости от величины вращающего момента T_p и желаемого времени включения, с увеличением которых Z уменьшается.

Недостатком кулачковых муфт является невозможность включения на быстром ходу. Во избежание ударов и повреждения кулачков включение муфты производят без нагрузки при разности окружных скоростей на кулачках $v \leq 0,8$ м/сек.

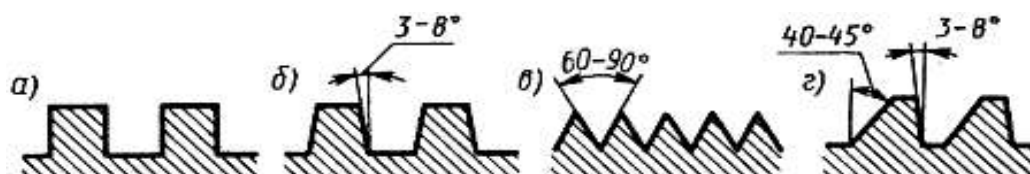


Рисунок 10 – Профили кулачков муфт

По сравнению с упругими муфтами кулачково-дисковая муфта обладает большей нагрузочной способностью и меньшими размерами; способна компенсировать большие радиальные несоосности.

Работоспособность муфты проверяют по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{6 \cdot D \cdot T_p}{z \cdot h \cdot (D^3 - d_0^3)} \leq [\sigma_{см}],$$

где d_0 – внутренний диаметр выступов на диске, мм;

h – длина линии контакта выступа диска с пазом полумуфты в осевом направлении, мм;

$[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия, МПа;

$Z = 4$.

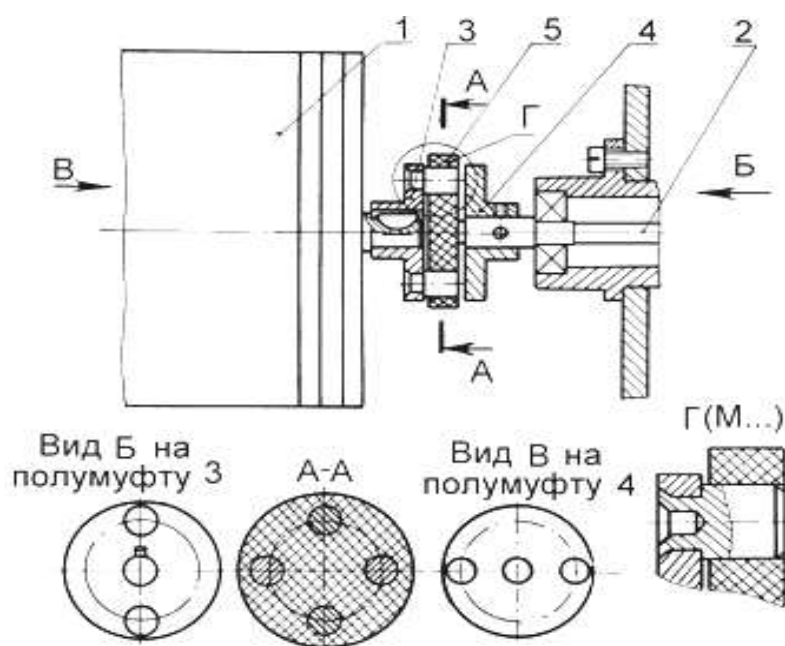
Значения допускаемого напряжения смятия $[\sigma_{см}]$ рекомендуется принимать из интервала от 20 до 35 МПа.

Эластично-поводковая муфта (ГОСТ 25021-81, рисунок 11)

используется чаще всего для соединения электродвигателя с передаточным механизмом. Применение поводковой муфты для передачи движения от электродвигателя 1 к входному валу механизма 2 обеспечивает удобство смены двигателя, а также позволяет снизить требования к точности сборки. При этом несоосность в большинстве случаев может быть допущена до 0,2 мм, а непараллельность соединяемых валов – до 30 градусов.

При использовании такой муфты из-за несоосности соединяемых валов возникает ошибка положения ведомого вала. Мертвый ход муфты зависит от зазора в сопряжении пальца с пазом. В результате износа поверхностей пальца и паза мертвый ход увеличивается.

В ответственных случаях в быстроходных механизмах (для устранения вибраций и увеличения срока службы подшипников) полумуфты должны быть подвергнуты статической балансировке.



- 1 – двигатель; 2 – вал; 3, 4 – полумуфты;
- 5 – эластичная промежуточная шайба.

Рисунок 11 – Эластично-поводковая муфта

Элементы выбранной муфты проверяют на прочность:

– упругий элемент по напряжениям смятия:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F}{A_{\text{см}}} = \frac{2 \cdot T_p}{D_0 \cdot z \cdot l_n \cdot d_n} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M}{W} = \frac{T_p \cdot l_n}{D_0 \cdot z \cdot 0,1 \cdot d_0^3} \leq [\sigma_{\text{и}}],$$

– пальцы по напряжению изгиба:

где T_p – расчетный крутящий момент, Н·мм;

D_0 – диаметр расположения пальцев на полумуфте, мм;

Z – число пальцев на одной полумуфте;

d_0 – диаметр пальца в месте заделки его в полумуфте, при расчетах принять $d_0 \cong 0,6d_n$, мм;

$[\sigma_{\text{см}}]$ и $[\sigma_{\text{и}}]$ – допускаемые напряжения на смятие и прочность (соответственно), значения которых рекомендуется принимать от 1,8 до 2,0 МПа для расчетов упругих элементов на смятие $[\sigma_{\text{см}}]$ и от 120 до 150 МПа для расчетов на прочность пальцев при изгибе $[\sigma_{\text{и}}]$.

3 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкциями муфт и отдельными ее элементами (по модели или чертежу). Определить к какому виду относятся данные муфты.
2. Выполнить эскизы двух муфт в разрезе, указать основные параметры.
3. Определить их название, назначение, применение.
4. Измерить параметры двух муфт, указанные в форме таблицы 7. Значения занести в соответствующие столбцы таблицы 7.
5. Используя данные таблицы 7, определить работоспособность муфт. Результаты представить в отчете.

Таблица 7

Параметры		Измеренные значения параметров муфт	
		Муфта 1	Муфта 2
Внутренний диаметр муфт	d , мм		
Наружный диаметр муфты	D , мм		
Диаметр ступицы	$d_{ст}$, мм		
Общая длина муфты	L , мм		
Диаметр окружности расположения центров пальцев	D_1 , мм		
Число пальцев (кулачков) в полумуфте	Z		
Диаметр пальцев под резиновыми кольцами или втулкой	d , мм		
Длина пальца	l_n , мм		
Длина втулки	$l_в$, мм		

4 Вопросы для самоконтроля

1. Каково назначение муфт приводов? Какие различают муфты по управляемости?
2. Каков физический смысл коэффициента режима работы муфты?
3. Как устроена фланцевая муфта? Где ее применяют? Почему для соединения валов фланцевой муфтой требуется их строгая соосность?
4. Каковы достоинства упругих компенсирующих муфт? Почему упругие муфты снижают динамические нагрузки в приводе? В каких случаях целесообразно применять резиновые, а в каких — металлические упругие элементы?
5. Какую из сцепных муфт следует применить для соединения вращающегося с большой частотой вала с неподвижным валом?
6. Передают ли жесткие и упругие муфты вибрации, толчки и удары?
7. Что является основной характеристикой муфт?
8. Кратко опишите назначение и принцип работы кулачковой муфты.
9. Для чего существуют муфты?
10. Каковы главные признаки классификации муфт?
11. Какая характеристика муфты считается главной?
12. Каковы принципы конструкции и работы жестких муфт?
13. Каковы принципы конструкции и работы эластичных муфт?
14. Каковы принципы конструкции и работы упругих муфт?
15. Как устроена и как работает упруго втулочно-пальцевая муфта (МУВП)?
16. Назовите материалы (без уточнения марки) для изготовления кулачково-дисковых муфт.

Список рекомендованных источников

1. Бережной, О.Л. Прикладная механика: учебное пособие / О.Л. Бережной, С.И. Гончаров. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 404 с.
2. Гузенков, П.Г. Детали машин: учебник для вузов / П.Г. Гузенков. – М.: АЛЬЯНС, 2012. – 480 с.
3. Иванов, М.Н. Детали машин: учебник для вузов. / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2008. – 408 с.
4. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов — М.: Высш. шк., 2002. – 408 с.
5. Иосилевич, Г.Б. Прикладная механика: учебник для вузов / Г.Б. Иосилевич, Г.Б. Строганов, Г.С. Маслов. – М.: Высшая школа, 1989. – 351 с.
6. Крайнев, А.Ф. Идеология конструирования / А.Ф. Крайнев. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 384 с.
7. Шейнблит, А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие / А.Е. Шейнблит. – Калининград: Янтар. Сказ, 2002. – 454 с.
8. ГОСТ 24246-96. Муфты втулочные. Параметры, конструкция и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 18 с.
9. ГОСТ 21424-93. Муфты упругие втулочно-пальцевые. Параметры и размеры. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 12 с.
10. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 5 с.
11. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия (ИУС 2-1989). – М.: Издательство стандартов, 1989. – 23 с.
12. ГОСТ 14084-76. Муфты упругие со звездочкой. Конструкция. Основные параметры и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 15 с.

13. ГОСТ 20884-82. Муфты упругие с торообразной оболочкой. Основные параметры. Габаритные и присоединительные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 17 с.

14. ГОСТ 20720-93. Муфты кулачково-дисковые. Параметры и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 10 с.

15. ГОСТ 25021-81. Муфты упругие с промежуточным диском. Основные параметры и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 6 с.