Ув. студенты! Ознакомиться с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **13.06** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

ЛЕКЦИЯ

Тема: Муфты и пружины

Цель: изучение муфт и пружин

План

1 Муфты. Назначение и классификация муфт

2 Устройство и принцип действия основных типов муфт

3 Выбор и расчет муфт

Список использованных источников:

1 Гузенков П.Г. Детали машин. - Г.: Высшая школа, 1986

2 Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: учебное пособие.-2-е изд., исправленное. и дополненное- М.: ФОРУМ, 2008.- 208с.

3 Фролов М.И. Техническая механика. Детали машин. - М: Высшая школа, 1986

1 Муфты. Назначение и классификация муфт

Устройства, предназначенные для соединения концов валов (рисунок 32.1, *а*), или для соединения валов с расположенными на них деталями (зубчатыми колесами, звездочками и др.), называют *муфтами.*

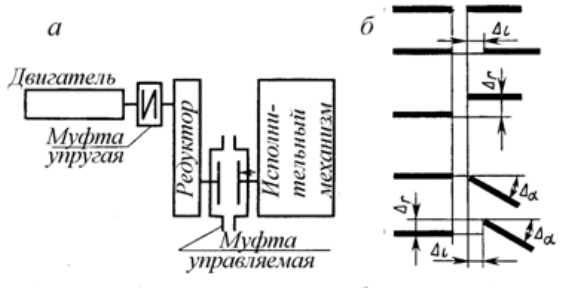

Рисунок 32.1 – Установка муфт в приводе и возможные несоосности соединяемых валов

Основное назначение муфт - передача вращающего момента без изменения его величины и направления. Наряду с передачей вращающего момента муфты выполняют ряд других функций:

- обеспечение взаимной неподвижности соединяемых деталей *(жесткие,* или глухие муфты);
- возможность работы при показанных на рисунке 32.1, *б* смещениях осей соединяемых валов *(компенсирующие* и *подвижные* муфты);
- улучшение динамических характеристик привода *(упругие* муфты);
- ограничение передаваемого момента *(предохранительные* муфты);
- возможность соединения или разъединения соединяемых валов и других деталей на ходу и неподвижном состоянии (*управляемые* муфты);
- регулирование передаваемого момента в зависимости от угловой скорости (муфты *центробежные, гидродинамические* и др.);
- передача момента только в одном направлении *(обгонные* муфты) *Классифицируют* муфты по принципу действия и управления, назначению и конструкции.

Имеется большое разнообразие конструкций муфт, которые различаются не только функциональным назначением, но и принципом действия: механические, гидравлические, электрические и др.

По характеру соединения валов муфты подразделяют на неуправляемые (постоянные), управляемые и самоуправляемые (автоматические).

Постоянные (нерасцепляемые) муфты (ведущая и ведомая полумуфты соединены между собой постоянно) в свою очередь делят на глухие и компенсирующие. Глухие муфты (втулочные, фланцевые и др.) жестко соединяют валы.

Компенсирующие муфты могут быть жесткими (зубчатые, цепные, кулачковые и др.) и упругими (втулочно-пальцевые, со змеевидными пружинами и др.). Первые компенсируют неточности изготовления и монтажа механизма, вторые смягчают толчки и удары при его работе.

Управляемые (сцепные) муфты (кулачковые или фрикционные) позволяют соединять и разъединять валы, как во время работы, так и во время остановки с помощью механизма управления.

Самоуправляемые муфты (со срезным штифтом, центробежные, обгонные и др.) предназначены для автоматического соединения и разъединения валов при изменении режима их работы, т. е. нагрузки, скорости или направления вращения.

2 Устройство и принцип действия основных типов муфт

Наиболее распространенные муфты стандартизованы. Среди их важнейших паспортных данных (габариты, размеры посадочных мест, масса, момент инерции и др.) указывают передаваемый крутящий момент $T_{табл}$. Подбор муфты ведут по таблицам соответствующего стандарта (ведомственной нормали): по условиям эксплуатации, по большему диаметру соединяемых валов, расчетному вращающему моменту и проверяется предельная скорость вращения. Расчетный момент

$$T_{расч} = k\, T_{дл} \leq T_{табл} \ , \qquad (1)$$

где $T_{дл}$ - наибольший длительно действующий момент;

k - коэффициент, учитывающий режим работы.

Коэффициент k рассчитывают на основании данных о спектре нагружения с учетом влияния различных уровней нагрузки на прочность и износостойкость деталей муфты. При отсутствии таких данных пользуются приближенными рекомендациями, отражающими в известной степени опыт эксплуатации.

Глухие муфты создают взаимную неподвижность соединяемых деталей. Их применение определяется в основном условиями монтажа и целесообразностью ограничения размеров. Длинные валы по условиям изготовления, сборки и транспортировки иногда изготавливают составными. В этом случае валы, соединенные глухой муфтой, работают как одно целое, поэтому наряду с крутящим муфта может воспринимать изгибающий момент, поперечные и осевые нагрузки. В некоторых случаях глухие муфты применяют и для соединения строго соосных валов агрегатов.

Из глухих муфт наибольшее распространение получили *фланцевые* (поперечно-свертные) муфты, состоящие из двух полумуфт, соединенных болтами, поставленными без зазора (рисунок 32.2).

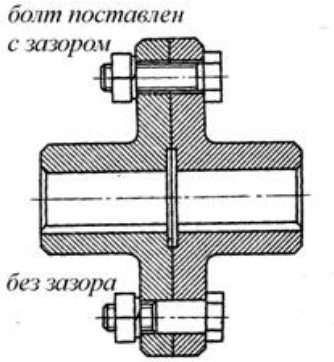

Рисунок 32.2 – Фланцевая муфта

При установке болтов с зазором масса муфты намного больше, чем в варианте без зазоров, а несущая способность при одинаковых размерах в пять-шесть раз меньше. В случае установки всех болтов с зазором

необходимо предусматривать центрирующие буртики, обеспечивающие соосность соединяемых валов.

На фланцевые муфты имеется ГОСТ 20761-96. Применяют их для соединения валов диаметрами 12… 220 мм и передачи крутящих моментов 8… 45000 Н·м.

Компенсирующие муфты

Вследствие погрешностей изготовления, упругих и температурных деформаций, радиальных зазоров в опорах, неточного монтажа и других причин возникают смещения осей соединяемых валов (см. рисунок 32.1, *б*). Для обеспечения в этих условиях надежной работы привода с минимальными дополнительными нагрузками на валы и опоры применяют жесткие компенсирующие муфты: зубчатые, цепные и др.

*Зубчатые муфты***.** Наиболее распространенной является зубчатая муфта, состоящая из двух втулок *1* и *2* с внешними зубьями эвольвентного профиля и скрепленных болтами двух обойм *3* и *4* с внутренними зубьями (рисунок 32.3). Втулки и обоймы изготавливают из стали 40, 45, 40Х или 45Л. Зубья муфты имеют бочкообразную форму.

Зубчатые муфты компенсируют осевое, радиальное и угловое смещение валов, за счет боковых зазоров в зацеплении.

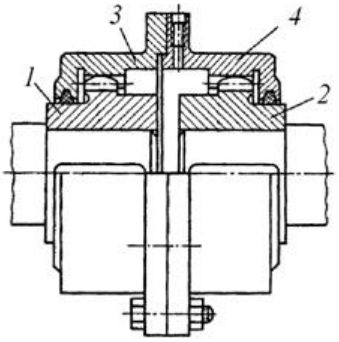

Рисунок 32.3 – Зубчатая муфта

Достоинства зубчатых муфт, обеспечивающие их большое распространение в транспортных и стационарных машинах, являются высокая нагрузочная способность и компактность, обусловленные передачей нагрузки большим числом одновременно работающих пар зубьев, технологичность и возможность использования в практически неограниченных диапазонах угловых скоростей и передаваемых моментов. Малые диаметральные габариты обеспечили успешное применение этих муфт и в планетарных передачах.

Упругие компенсирующие муфты

В упругих муфтах усилие между полумуфтами передается через упругие элементы, и это определяет их основные свойства. Такие муфты

применяются не только для компенсации смещения валов, но и для снижения динамичности нагрузок и амортизации колебаний, возникающих при работе передач машин. В зависимости от материала демпфирующих деталей упругие компенсирующие муфты подразделяют на муфты с неметаллическими и металлическими демпфирующими элементами.

Муфты с неметаллическими упругими элементами отличаются простотой конструкции, технологичностью и хорошими амортизирующими, демпфирующими и электроизолирующими свойствами. Благодаря этим показателям упругие муфты в основном выполняют с неметаллическими упругими элементами, но с ограничениями по величине передаваемого момента.

В качестве материала для неметаллических упругих элементов наибольшее распространение получили различные сорта резины, отличающиеся высокой эластичностью и большим внутренним трением. Однако резина подвержена старению (необратимым изменениям свойств под воздействием окружающей среды), приводящему к снижению прочности и эластичности. Долговечность упругих резиновых элементов в связи с этим значительно меньше, чем стальных.

Более долговечны и обладают повышенной нагрузочной способностью муфты с металлическими упругими элементами в виде пружин.

Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) состоит из двух полумуфт *1* и 2 , которые могут быть выполненны в двух вариантах (рисунок 32.4). Ссоединены полумуфты пальцами *3*, на которые для смягчения ударов надеты гофрированные резиновые втулки *4*.

Такие муфты в силу простоты конструкции получили широкое применение в приводах от электродвигателей. Их выбирают по ГОСТ 21424-93 для валов диаметром 9... 160 мм при вращающих моментах 6,3... 16000 Н·м.

Толщина резиновых втулок невелика, и поэтому амортизирующая способность муфты незначительна.

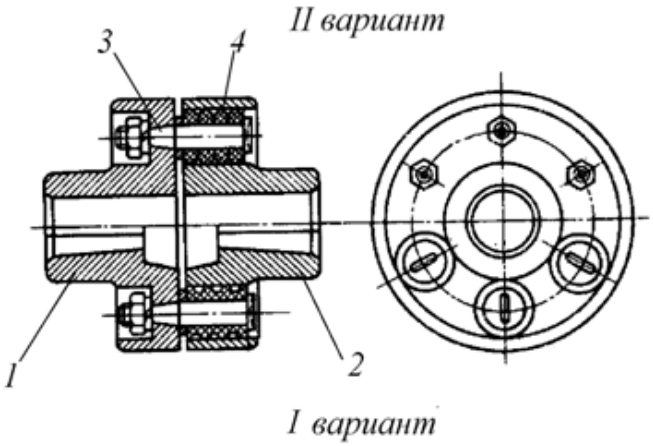

Рисунок 32.4 – Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП)

Полумуфты изготавливают из чугуна СЧ 20, для быстроходных муфт - из стали 30 или стального литья 35Л; материал пальцев - сталь 45, втулки - специальная резина.

Сцепные управляемые муфты

Сцепные управляемые муфты предназначены для соединения или разъединения валов, а также валов и установленных на них деталей, на ходу или в неподвижном состоянии с помощью специальных механизмов управления. Эти муфты широко используют при частых пусках и остановках, при необходимости изменения режима работы с минимальной затратой времени, что характерно для транспортных машин, металлорежущих станков и др.

Передача момента осуществляется зацеплением (сцепные кулачковые и зубчатые муфты) или силами трения (сцепные фрикционные муфты). Сцепные кулачковые и зубчатые муфты имеют значительно меньшие габариты и массу, чем фрикционные, и обеспечивают неизменное относительное положение соединяемых деталей. Однако плавное (без удара) включение на ходу при использовании этих муфт возможно только благодаря применению специальных синхронизаторов. Фрикционные муфты позволяют осуществить плавное включение без ограничений скорости и передаваемого момента.

Следует отметить, что отклонение от соосности ведет к снижению несущей способности сцепных управляемых муфт, поэтому высокая точность установки соединяемых деталей является необходимым условием нормальной работы этих муфт.

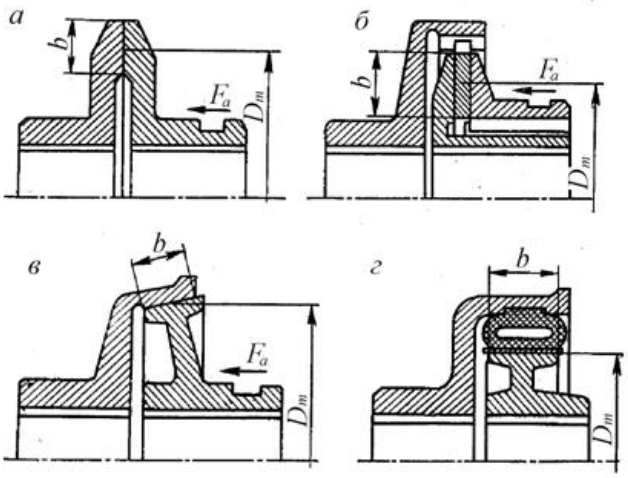

Рисунок 32.5 – Муфты фрикционные

Эти муфты передают крутящий момент за счет сил трения на рабочих поверхностях различной формы: дисковой (рисунок 32.5, *а*, *б*), конусной (рисунок 32.5, *в),* цилиндрической (рисунок 32.5, *г).* Муфты работают как со смазкой, так и всухую. Давление на трущихся деталях создается с помощью механизмов включения различного вида. Наибольшее распространение получили пружинно-рычажные механизмы; для дистанционного управления муфтой удобны гидравлические, пневматические или электромагнитные устройства.

Основными критериями работоспособности фрикционные муфт являются надежность сцепления, высокая износостойкость и теплостойкость трущихся деталей.

Самоуправляемые автоматические муфты. Такие муфты обеспечивают соединение и разъединение валов при изменении режима работы приводов. Различают следующие самоуправляемые муфты: предохранительные, ограничивающие передаваемую нагрузку; обгонные, или муфты свободного хода, допускающие передачу вращающего момента только одного направления; центробежные, соединяющие или разъединяющие ведомый вал при заданной частоте его вращения.

Муфты со срезным штифтом используют для предохранения механизма от маловероятных перегрузок. Полумуфты *4 и 5* (рисунок 32.6) соединены штифтом *3,* вставленным в закаленные втулки *1 , 2*.

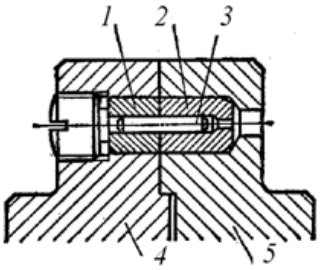

Рисунок 32.6 – Муфта со срезанным штифтом

При перегрузке штифты (один или два) срезаются и полумуфты разъединяются. Рассматриваемые муфты просты по конструкции, имеют малые габариты. Их недостаток - необходимость остановки машины для замены разрушенного штифта на новый. Штифты изготавливают из стали 45, втулки - из стали 40Х с закалкой.

3 Выбор и расчет муфт

Муфты, которые применяют на практике, главным образом стандартизированы и нормализованы. Каждый типоразмер муфт выполняют для некоторого диапазона диаметров валов. Основным критерием для выбора стандартных муфт является крутящий момент, который передается. Стандартизированные и нормализованные муфты не рассчитывают, а, как правило, подбирают, подобно к подшипникам качения, за таблицами справочников.

Основной характеристикой для подбора муфт является расчетный крутящий момент

$$T_p = K_p T, \qquad (2)$$

где K_p— коэффициент режима работы (табл. 32.1);

T — номинальный крутящий момент, который передается муфтой.

Таблица 32.1 Коэффициент режима работы K_p

Механизмы и машины	K_p
Конвейеры ленточные	1,25 … 1,5
Конвейеры цепные, скребковые и шнековые	1,5 … 2,0
Вентилятоы	1,25 … 1,5
Насосы центробежные	1,5 … 2,0
Насосы и компрессоры поршневые	2,0 … 3,0
Краны и подъемники	3,0 … 4,0

После определения расчетного крутящего момента T выбирают муфту по T и в зависимости от диаметра вала d с учетом максимальной частоты вращения, которая рекомендована для каждого типа муфт. Например, в табл. 32.2 приведены размеры *неуправляемой втулочной муфты*

Таблица 32. 2 Муфты неуправляемые втулочные (соединение шпонкой)

d, мм	D, мм	L, мм	Допустимий T_p, Н·м	d, мм	D, мм	L, мм	Допустимий T_p, Н·м
20	35	60	70	(45)	70	140	710
(22)	35	65	90	50	80	150	850
25	40	75	125	(55)	90	160	1060
(28)	45	80	170	60	100	180	1500
30	45	90	210	(70)	110	200	2240
(35)	50	105	350	80	120	220	3150
40	60	120	450	100	140	280	5600

Примечание. Диаметры *d*, указанные в скобках, по возможности не использовать.

Прочность втулки проверяют по условию прочности на кручение

$$\tau_{кр} = \frac{T_p}{W_0} = \frac{T_p D}{0{,}2\left(D^4 - d^4\right)} \le [\tau]_{кр}, \qquad (3)$$

где $[\tau]_{кр}$=22...25МПа—допустимое напряжение на кручение для стали 45; *d* и *D* — размеры выбранной муфты

Шпоночные или зубчатые (шлицевые) соединения валов проверяют на напряжение смятия по известным зависимостям.

Аналогично выбирают и другие муфты и выполняют проверочный расчет ответственных деталей на прочность.

Для *упругой втулочно-пальцевой муфты* определяют нагрузки на один палец

$$F_z = \frac{2T_p}{Dz}, \qquad (4)$$

где *D* — диаметр окружности, на которой размещены пальцы;

z — количество пальцев муфты.

После этого проверяют условие прочности пальцев на изгиб

$$\sigma = \frac{32F_z\left(0{,}5l_в + c\right)}{\pi d_п^3} \le [\sigma], \qquad (5)$$

где $l_в$ — длина упругой втулки;

c — зазор между полумуфтами

$d_п$ — диаметр пальца;

[σ] = 60...70 МПа — допустимое напряжение на изгиб для пальца.

Условие прочности эластичной втулки, которая надевается на палец муфты,

$$p = \frac{F_z}{d_n l_в} \le [p] \,, \tag{6}$$

где *[p]* — допустимое давление (приведено выше при рассмотрении муфты).

Для *кулачково-дисковой муфты* определяют максимальные напряжения смятия. Если они не будут превышать допустимых напряжений, то также будет обеспечена стойкость пазов и выступов полумуфт против срабатывания

$$\sigma_{см} = \frac{6T_p D}{h\left(D^3 - d^3\right)} \le [\sigma]_{см}, \tag{7}$$

где D — внешний диаметр муфты;

d — диаметр вала;

h — глубина паза;

$[\sigma]_{см}$ = 15...30МПа для термически обработанных поверхностей контакта полумуфт.

Для *дисковых фрикционных муфт* определяют силу F прижатия дисков

$$F_a = \frac{4T_p}{fi\left(D_1 + D_2\right)}, \tag{8}$$

где f — коэффициент трения между дисками; f= 0,06 — диски из закаленной стали при смазке; f = 0,08 — диски из чугуна при смазке, а без смазки / = 0,15; ; f = 0,4 — феродо или спеченные материалы и закаленная сталь без смазки; *и* — количество пар трения (два диска дают одну пару трения); D_1, D_2 — диаметры дисков .

После определения силы F_a определяют стойкость дисков против срабатывания по условию

$$p = \frac{4F_a}{\pi\left(D_1^2 - D_2^2\right)} \le [p], \tag{9}$$

где *[p]* — допустимое давление для дисков; *[p]* = 0,6...0,8 МПа для стальных и чугунных дисков (при смазке); *[p]* = 0,2...0,3 МПа для стальных и чугунных дисков, а также феродо и сталь (без смазки).

Рассмотрев выбор и расчет основных типов муфт, можно выполнить подобные расчеты с использованием справочной литературы для любой другой муфты.

Контрольные вопросы:

1 По каким признакам классифицируют механические муфты, применяемые в машиностроении?

2 Как подбирают муфты по ГОСТам?
3 Основные типы неуправляемых муфт и их назначение.
4 Основные типы управляемых муфт и их назначение.
5 Назначение самоуправляемых и комбинированных муфт.
6 В чем заключается выбор и расчет муфт?
7 Почему из муфт сцепления наиболее распространены фрикционные муфты?
8 В каких случаях применяют многодисковые фрикционные муфты?