

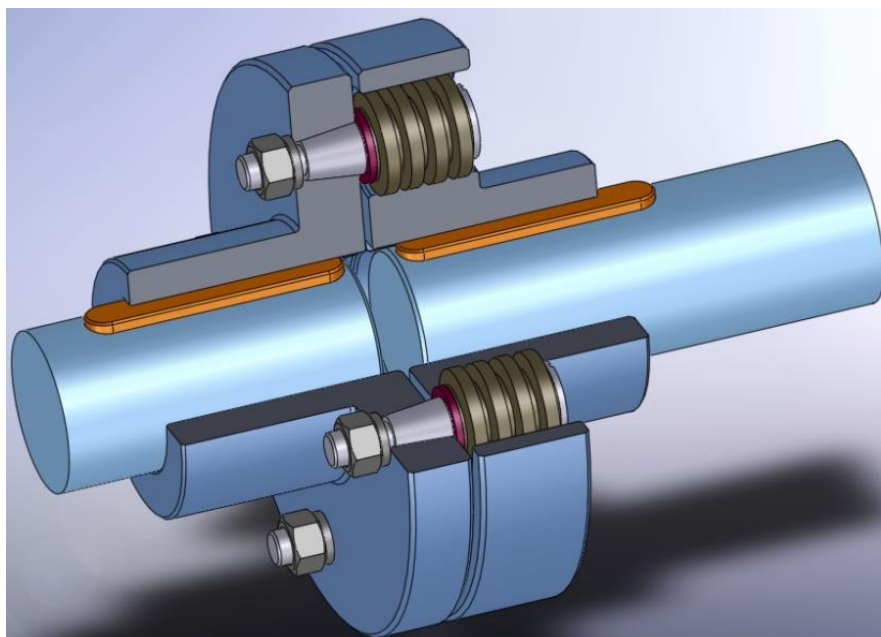
**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный аграрный университет»

**Институт механизации и технического сервиса**

**Кафедра общинженерных дисциплин**

# **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МУФТ**

Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ  
по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования»,  
«Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные  
машины» и «Прикладная механика»



Казань, 2022

УДК 621.822

ББК 34.445

Составители: Пикмуллин Г.В., Марданов Р.Х., Вагизов Т.Н., Салахов И.М.

Рецензенты:

Зиннатуллина А.Н. - к.т.н., доцент кафедры «Физика и математика» ФГБОУ ВО Казанский ГАУ,

Галимова Н.Я. - к.т.н., доцент кафедры «Машиноведение и инженерная графика» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Практикум утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины» ФГБОУ ВО Казанского ГАУ «29» декабря 2021 года (протокол № 6).

Практикум обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО Казанского ГАУ «27» января 2022 года (протокол № 6).

Пикмуллин, Г.В. Изучение конструкции муфт. Практикум для выполнения лаб. и самост. работ /Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н. Вагизов, И.М. Салахов. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2022. – 20с.

Практикум предназначен для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины» и «Прикладная механика» и адресован студентам, обучающимся по направлениям подготовки: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 35.03.06 «Агроинженерия», 44.03.04 - «Профессиональное обучение (по отраслям)», 20.03.01- «Техносферная безопасность» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

УДК 621.822

ББК 34.445

© Казанский государственный аграрный университет, 2022 г.

## **Введение**

Для соединения отдельных элементов устройства применяются специальные механизмы. В последнее время распространены именно соединительные муфты. Они могут обладать самыми различными свойствами, классификация проводится по области применения и другим критериям. Неправильный выбор муфты приводит к повышенному износу конструкции.

Муфты приводов механизмов и машин осуществляют соединение валов и являются ответственными узлами, определяющими во многих случаях надежность и долговечность всей машины. Основное назначение муфт – передача вращения и крутящего момента (без изменения их величины и направлений) с одного вала на другой. Соединение валов является общим, но не единственным назначением муфт. Нередко муфты используют для включения и выключения исполнительных узлов машин (управляемые муфты); для предохранения частей маши от поломок вследствие перегрузок (предохранительные муфты); для компенсации вредного влияния несоосности и перекоса валов (компенсирующие муфты); для уменьшения динамических нагрузок (упругие муфты) и т.д.

## **Лабораторная работа № 6**

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МУФТ**

**Цель работы:** ознакомление с конструкциями и расчетами наиболее часто используемых муфт.

**Оборудование:** образцы производственных муфт; лабораторные плакаты с конструктивными чертежами муфт.

#### **Пояснения к работе**

Устройства, служащие для соединения концов валов двигателя и агрегата или различных агрегатов между собой, называют **муфтами**.

Все муфты можно разделить на управляемые, предохранительные, компенсирующие, упругие и т. д.

По управляемости муфты делят на следующие виды:

- 1) не расцепляемые, осуществляющие постоянное соединение;
- 2) сцепные самодействующие;
- 3) сцепные управляемые.

#### **Схема классификации муфт, применяемых в машиностроении**

Применяемые в современном машиностроении муфты по конструкции, назначению и принципу действия разнообразны и многочисленны. Ниже приводится схема классификации муфт (рисунок 1). При этом в курсе деталей машин рассматривают только муфты механического действия.

Выделяют много различных подобных изделий, при помощи которых проводится передача вращения. Классификация по назначению выглядит следующим образом:

- 1) Постоянные или соединительные.
- 2) Сцепные и управляемые.

Приводные модели устанавливаются в самых различных конструкциях. Ни требуются для непосредственной передачи усилия.

Изделия соединительные для валов применяются для постоянной передачи вращения. Делятся они на несколько основных групп:

- 1) Жесткие.
- 2) Глухие.
- 3) Соединительные.
- 4) Подвижные или гибкие.

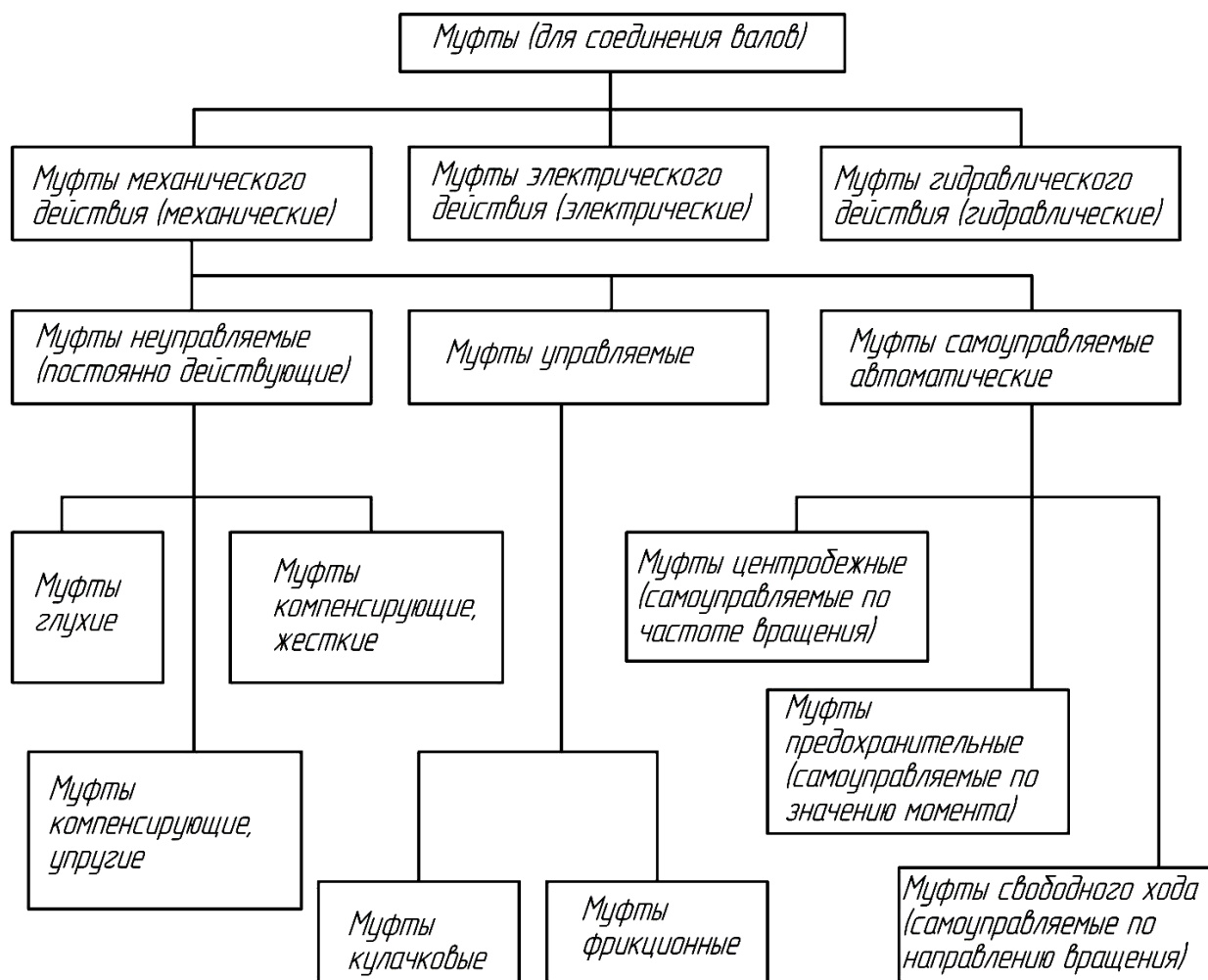


Рисунок 1 – Классификация муфт, применяемых в машиностроении

Многообразие существующих конструкций муфт затрудняет проведение точного рассмотрения всех их типов. В данной работе рассматривают наиболее распространенные в машиностроении муфты.

Основной характеристикой муфт является максимальный передаваемый момент  $T$ ,  $Hm$ . При подборе муфты учитывают также диаметры соединяемых валов, погрешности их изготовления и монтажа.

Различают три вида отклонений от нормального расположения валов (рисунок 2). На рисунке 2,а) показано - радиальное смещение  $\Delta$  (эксцентриситет); на рисунке 2,б) – осевое смещение  $\lambda$  (может быть вызвано и температурным удлинением валов); на рисунке 2,в) – угловое смещение  $\delta$  (перекос).

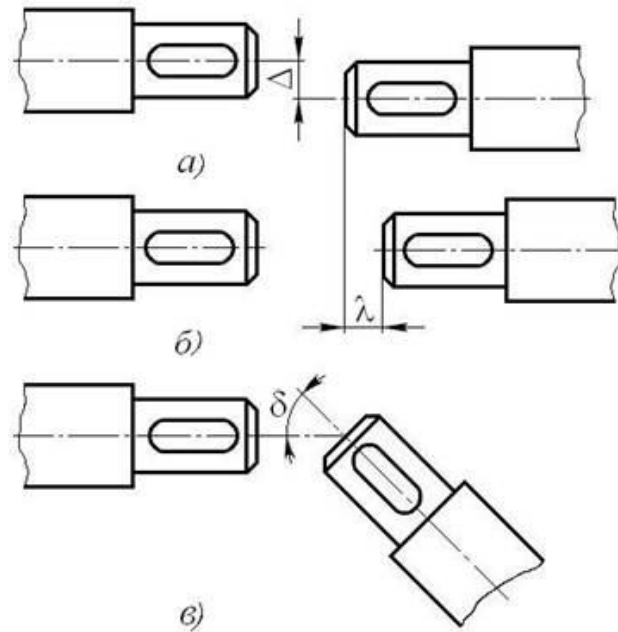


Рисунок 2 – Виды отклонения расположения валов

### Нерасцепляемые муфты

Нерасцепляемые муфты разделяют на глухие, компенсирующие жесткие и упругие.

Глухие муфты образуют жёсткие и неподвижные соединения двух валов. Они не компенсируют ошибки изготовления и монтажа, требуют точной центровки валов. К таким муфтам относятся втулочные (рисунок 4) и фланцевые (рисунок 5).

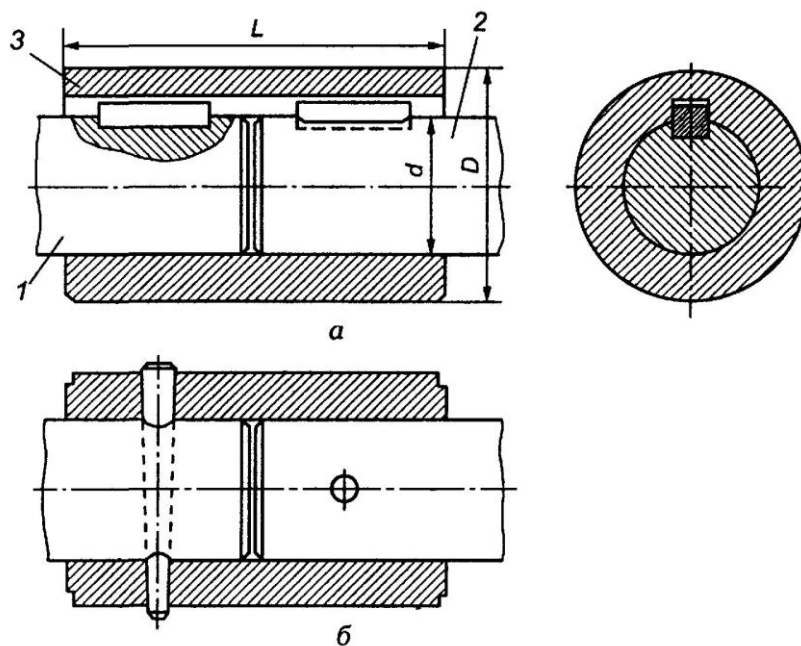


Рисунок 4 - Втулочная муфта: а — крепление на шпонке; б — крепление штифтом

Во втулочной муфте сцепление втулки с валами выполняется с помощью штифтов, шпонок или зубьев. Эти муфты применяют в тихоходных и неответственных конструкциях машин при диаметре валов 60 - 70 мм. На прочность считают штифты или шпонки.

Втулочная муфта является простейшей из жестких муфт. Она представляет собой втулку 3 (рисунок 4), посаженную с помощью шпонок, штифтов или шлицев на выходные концы валов 1 и 2.

Муфта фланцевая состоит из двух полумуфт 1 и 2, соединённых болтами 4 (рисунок 5). Расчет на прочность производят для шпоночных или шлицевых соединений и соединительных болтов.

Эти муфты называют иногда *поперечно-свертными*. Для лучшего центрования фланцев на одной полумуфте делают круговой выступ, на другой — выточку того же диаметра или предусматривают центрующее кольцо 3.

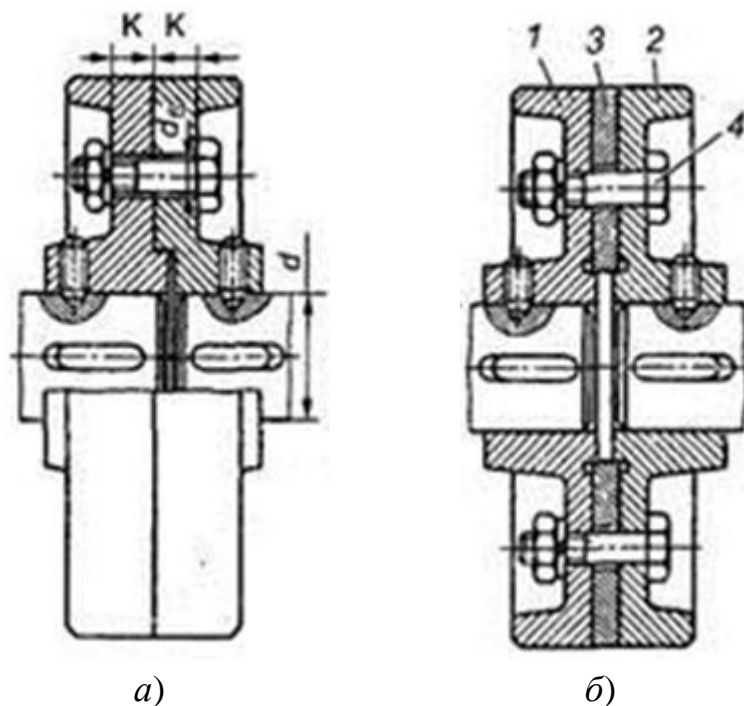


Рисунок 5 - Фланцевые муфты: а - центровка за счет выступа; б — центровка кольцом

Компенсирующие жесткие муфты могут компенсировать погрешности изготовления и монтажа валов. К таким муфтам относятся кулачково-дисковые, крестово-шарнирные, зубчатые.

Муфта кулачково-дисковая (рисунок 6) используется чаще других компенсирующих жестких муфт. Она состоит из двух полумуфт 1, 2 и промежуточного плавающего диска 3 с радиальными взаимно-

перпендикулярными выступами (кулачками) на торцах. Особенности конструкции муфты позволяют компенсировать продольное смещение и эксцентриситет, а также перекос валов.

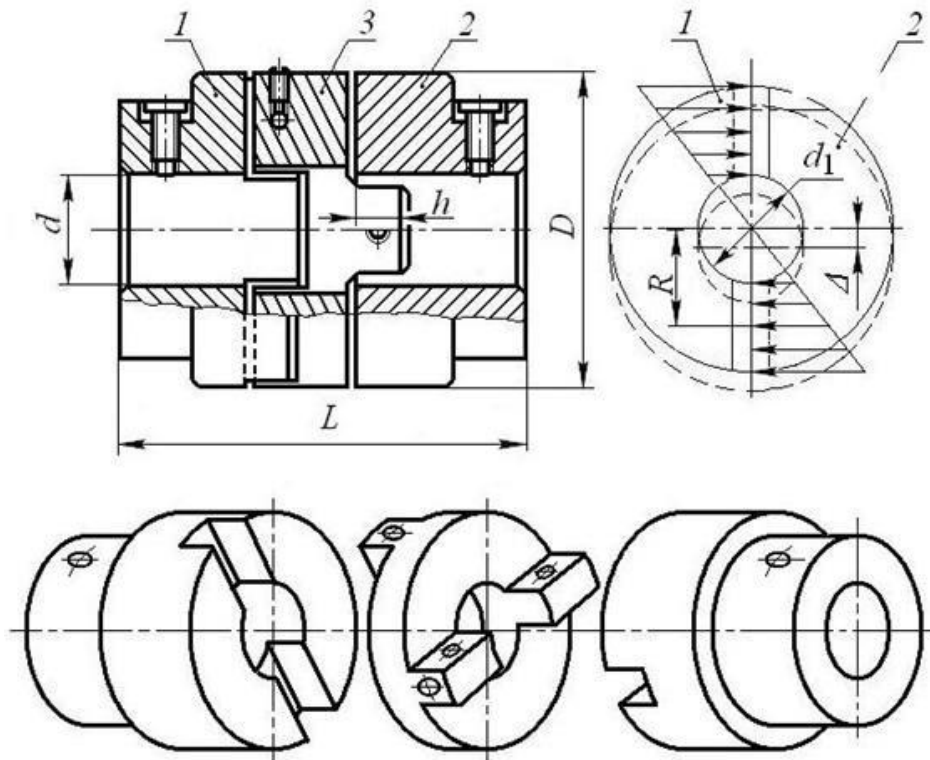
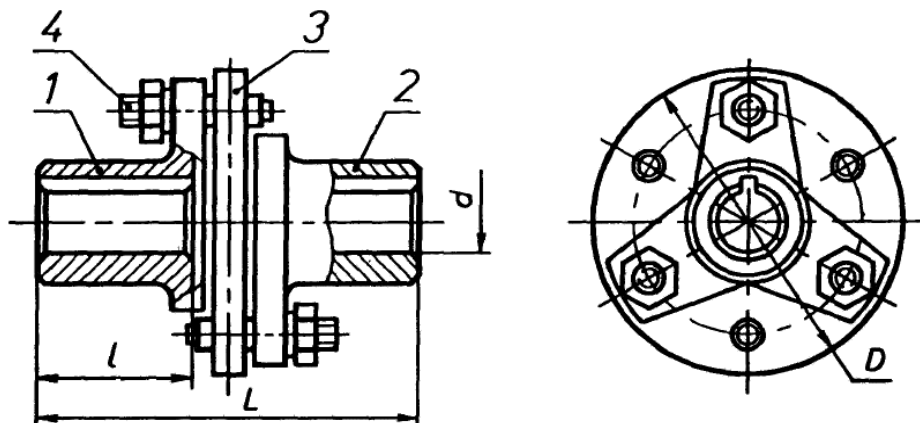


Рисунок 6 - Кулачково-дисковая компенсирующая муфта и эпюра давлений

Упругие муфты благодаря упругому элементу компенсируют несоосность валов, изменяя жесткость системы. К таким муфтам относятся: пальцевая муфта с упругим резиновым диском (рисунок 7), муфта с резиновой звездочкой (рисунок 8), муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) (рисунок 9), муфта со змеевидной пружиной и т. д.



1, 2 - полумуфты; 3 - диск; 4 - палец

Рисунок 7 - Пальцевая муфта с упругим резиновым диском



Пальцевая муфта с упругим резиновым диском (рисунок 7) состоит из двух полумуфт 1 и 2, одна из которых снабжена узкими торцевыми кулачками, другая имеет на фланце специальные радиальные пазы, в которые закладываются резиновые диски 3, работающие на изгиб, сдвиг и смятие.

Допустимые смещения валов: осевое – в пределах вылета кулачка за резиновый диск, радиальное – в пределах радиального зазора между кулачком и стенками упругой полумуфты; угловое – из тех же соображений, что и для радиального.

Муфта с резиновой звездочкой состоит из двух полумуфт 1 и 2 (рисунок 8) с торцевыми кулачками. Кулачки входят в соответствующие впадины промежуточного элемента – резиновой звездочки 3. Зубья звездочки работают на сжатие.

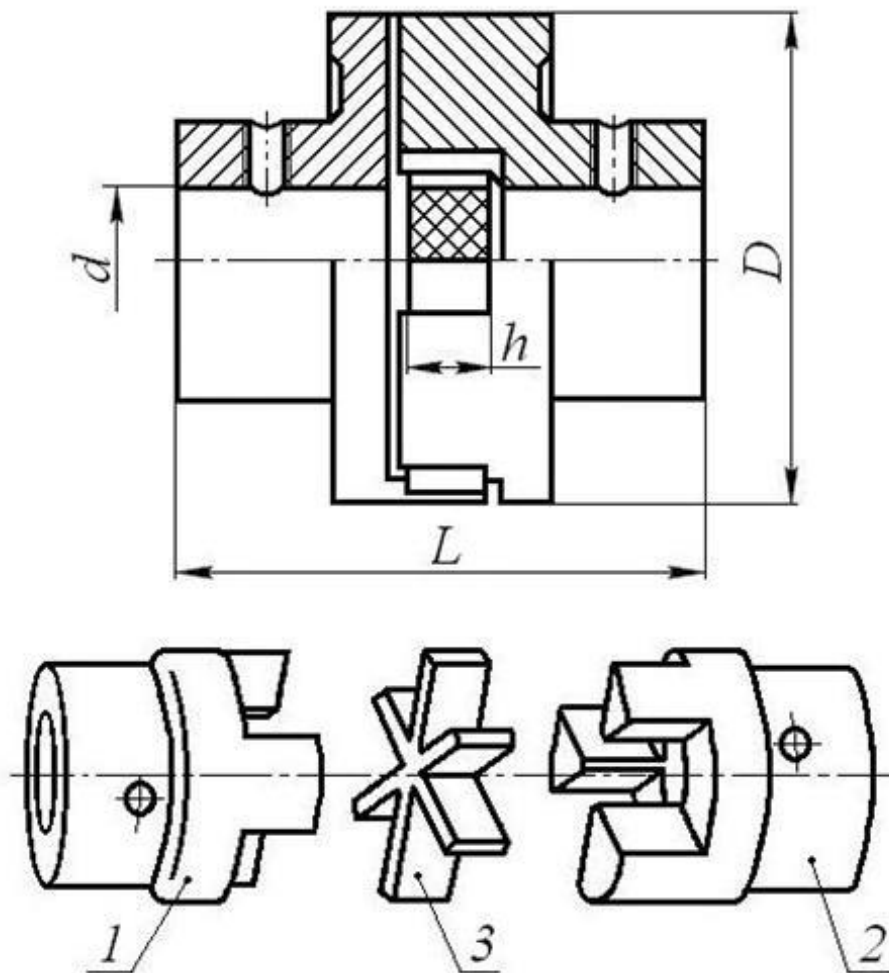


Рисунок 8 - Муфта с резиновой звездочкой

Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) состоит из двух полумуфт 1 и 2 (рисунок 9), насаженных на концы валов с натягом на призматических шпонках. В одной полумуфте на конических хвостовиках закрепляют пальцы 3 с надетыми на них резиновыми гофрированными втулками 4. Эти

резиновые втулки входят в цилиндрические отверстия полумуфты 2.

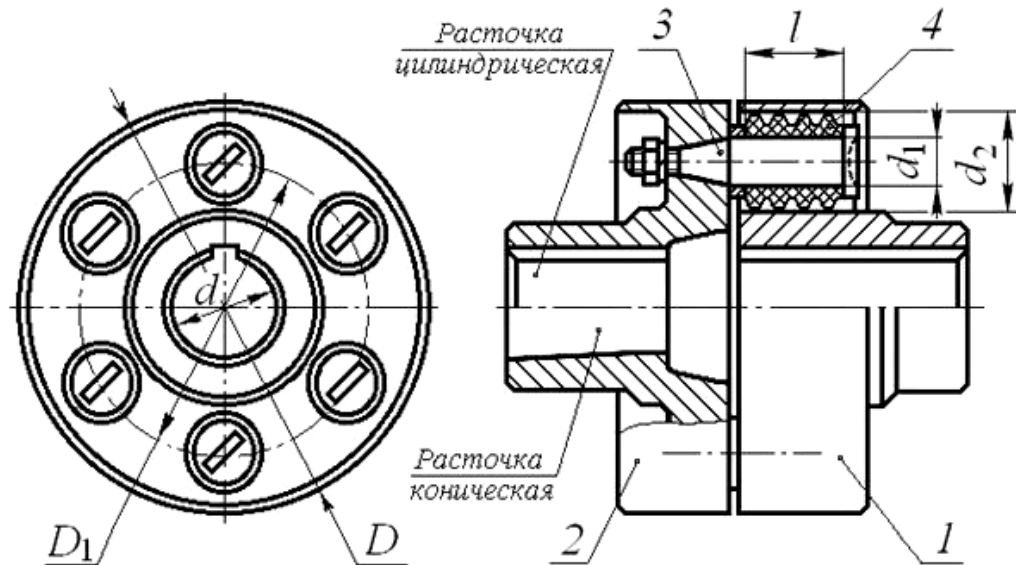


Рисунок 9 - Муфта упругая втулочно-пальцевая

Муфта упругая втулочно-пальцевая наиболее распространена, особенно в механических приводах от электродвигателей. На одной полумуфте закреплены пальцы своими коническими хвостами, на которых установлены гофрированные резиновые втулки. Вторая полумуфта имеет отверстия, в которые входят пальцы со втулками первой полумуфты. Материал полумуфт - чугун С420, материал пальцев - сталь не ниже марки Сталь 45, материал колец - резина.

### Муфты сцепные самодействующие

Самодействующие (самоуправляемые) муфты срабатывают автоматически при определенных условиях. К ним относятся: центробежные муфты, предохранительные (рисунок 10), обгонные (свободного хода).

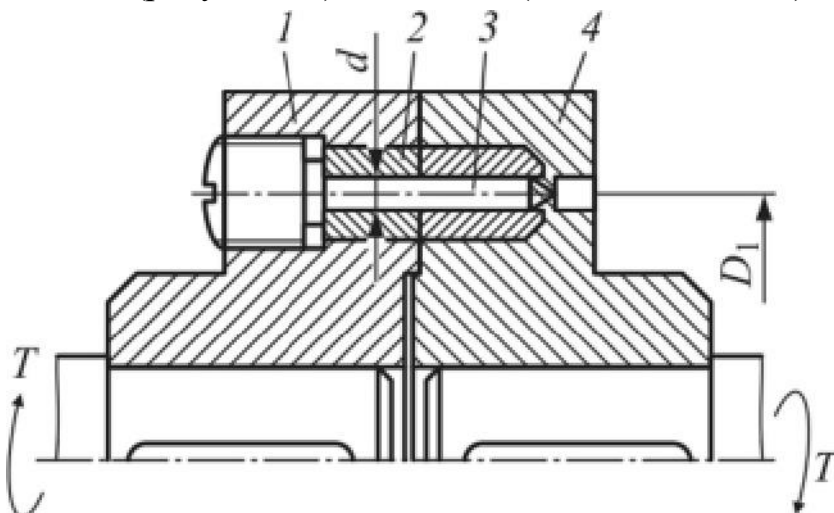


Рисунок 10 - Предохранительная муфта

Центробежные муфты автоматически соединяют валы в том случае, если угловая скорость превысит заданную величину (самоуправление по угловой скорости). Муфты свободного хода передают крутящий момент только в одном заданном направлении.

Предохранительные (перегрузочные) муфты служат для защиты от перегрузок. Образцом таких муфт является муфта со специальным разрушающимся элементом (рисунок 10). Крутящий момент между полумуфтами 1 и 4 передается через штифт 3 вставленным в термически обработанную втулку 2. Штифт 3 срезается при перегрузке и муфта разъединяет валы.

### Муфты сцепные управляемые

Управляемые муфты служат для соединения (или разъединения) валов. Они делятся на кулачковые или зубчатые и фрикционные.

Кулачковая муфта (рисунок 11), состоящая из двух полумуфт с торцевыми кулачками на одной и впадинами на другой, включается при осевом перемещении.

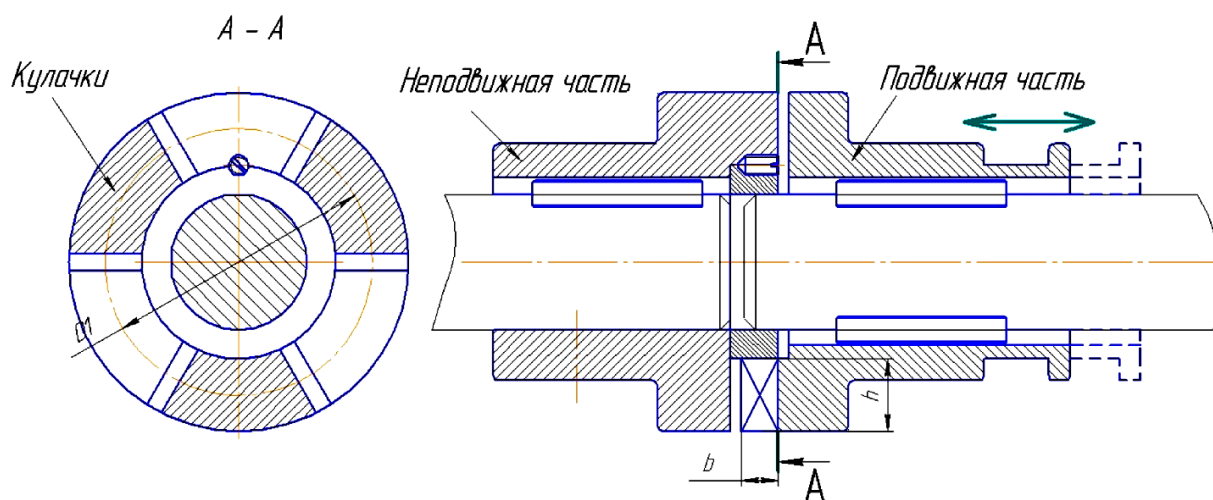


Рисунок 11 - Кулачковая муфта

Включение сопровождается ударами. Кулачковые муфты требуют точного центрирования.

У зубчатой муфты одна из полумуфт - это шестерня с внутренними зубьями, а вторая - с наружными. Зубчатая муфта (рисунок 12) состоит из двух полумуфт 1 и 2 с наружными зубьями и двух половин обоймы 3 и 4 с внутренними зубьями, сцепляющимися с зубьями полумуфт. Зубья полумуфт и полуобойм выполняют с эвольвентным профилем.

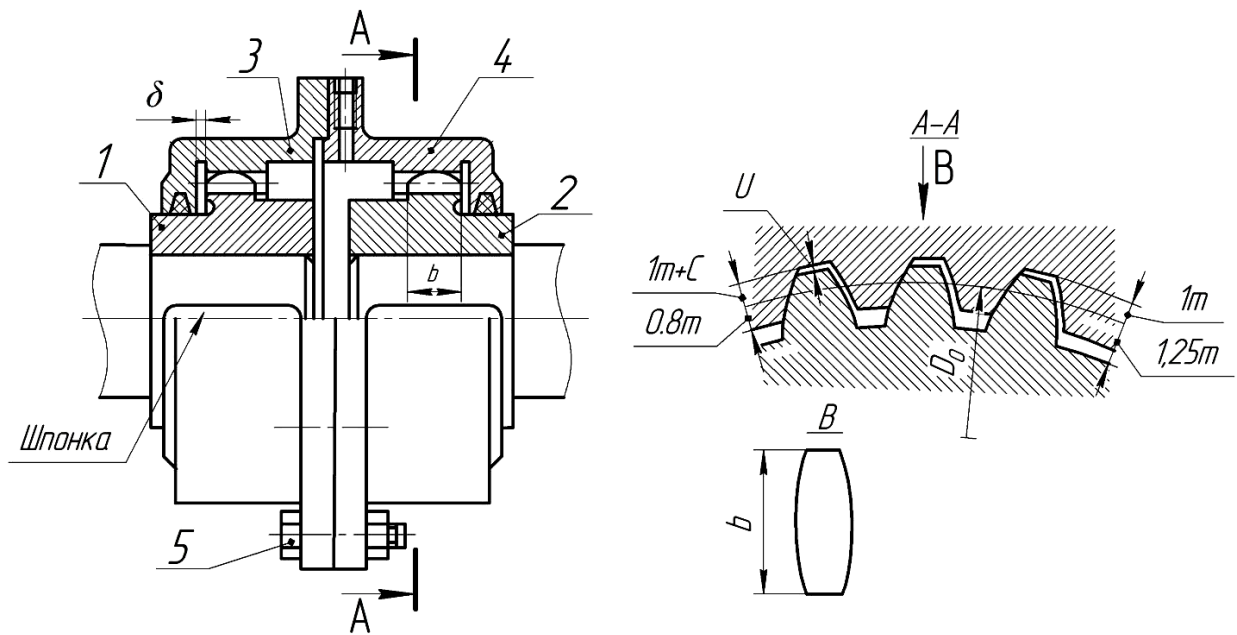


Рисунок 12 - Зубчатая муфта

Фрикционные муфты передают крутящий момент путем нажатия одной полумуфты на другую, причем по мере увеличения силы давления увеличивается передаваемый момент. Существует много видов фрикционных муфт с различными видами управления (рисунок 13): дисковые, конусные, ленточные, колодочные, цилиндрические, шинопневматические, с гидравлическим или пневматическим управлением, электромагнитно-порошковые и др.

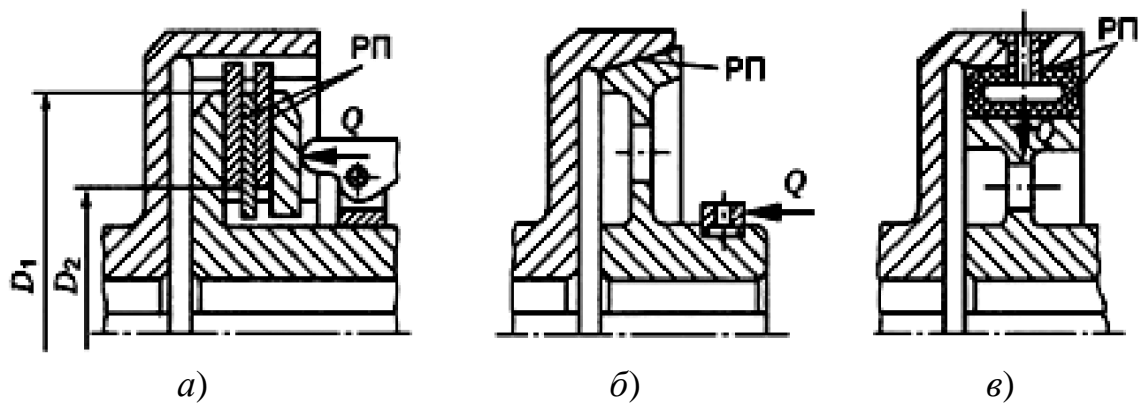


Рисунок 13 - Фрикционные муфты: а — дисковая; б — конусная; в — цилиндрическая.  $Q$  - управляющее усилие, РП – рабочие поверхности

Конические фрикционные муфты отличаются той особенностью, что при прочих равных условиях требуют меньших усилий прижатия, но требуют высокой точности соосности валов. От действия силы (рисунок 14) на коническую поверхность возникают силы трения,

которые обеспечивают передачу крутящего момента. От силы на конической поверхности создается удельное давление по длине конуса (рисунок 14).

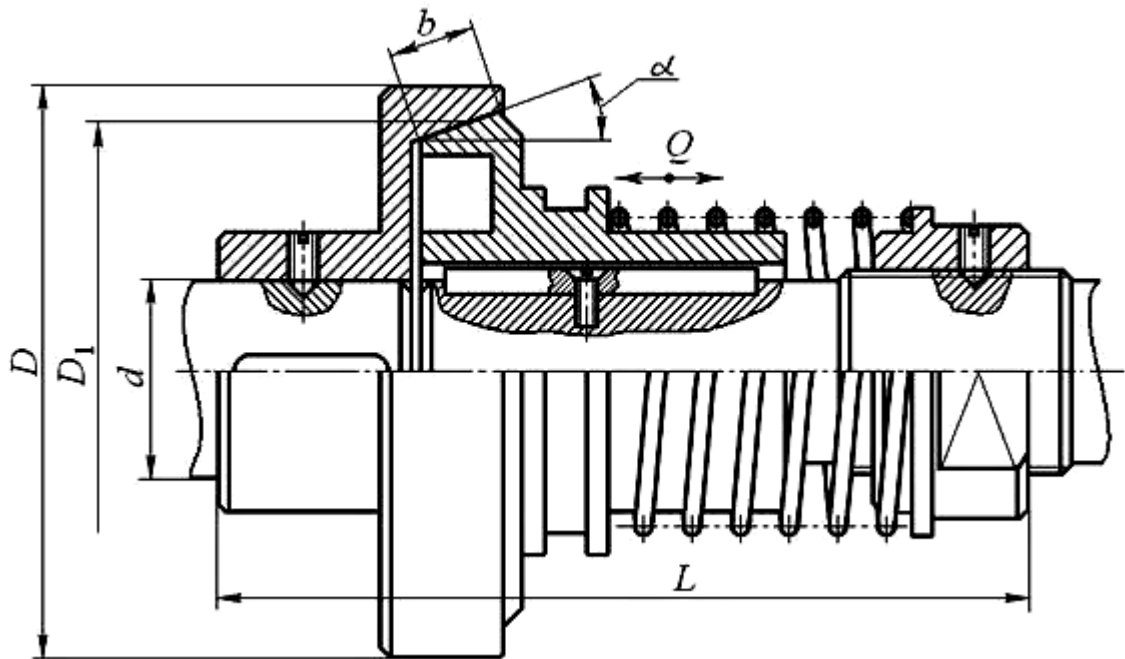


Рисунок 14 - Фрикционная конусная управляемая муфта

Конические муфты широко используются в синхронизаторах коробок передач.

Форма отчета приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Протокол анализа конструкции, назначения и характеристик муфты

Название муфты	
Назначение муфты	
Достоинства и недостатки муфты	
Основные элементы муфты	
Элементы муфты, подлежащие расчету	
Основные характеристики муфты: Передаваемый максимальный момент, $T = K_p \cdot T_{\text{ном}},$ $K_p$	
Диаметр соединяемых валов $d_{B1} / d_{B2}$	

### Контрольные вопросы

1. Назначение муфты и основные элементы их конструкций.
2. Виды смещений осей валов.
3. Классификация муфт.
4. Методика подбора соединительных муфт.
5. Предохранительные муфты: особенности конструкции и принцип действия.
6. Что такое автоматическая предохранительная муфта?
11. Предложите меры по повышению эффективности работы предохранительной муфты.
12. На эскизе муфты покажите, через какие детали передается силовой поток замыкания соединительных элементов.
13. Проанализируйте силы на рабочих поверхностях исследуемых муфт.
14. Какие конструктивные условия необходимо выполнять, чтобы кулачковая и шариковая муфты были автоматическими предохранительными?
16. Каким образом соединяются фракционные накладки из неметаллов с дисками муфты?

### Краткие сведения о выборе и расчете муфт

Применяемые в машиностроении муфты стандартизованы. Муфты каждого типоразмера выполняют для некоторого диапазона диаметров вала. Основным критерием при выборе стандартных муфт является передаваемый вращающий момент.

При проектировании новых муфт конструктивные размеры элементов муфты определяют расчетом. Стандартизованные или нормализованные муфты не рассчитывают. Их, как правило, выбирают, как и подшипник качения, по таблицам справочников.

Выбор стандартных муфт. Основной характеристикой при выборе муфт является передаваемый расчетный момент:

$$T_p = K_p \cdot T_{\text{ном}} \leq [T]_p, \quad (1)$$

где  $K_p$  — коэффициент режима работы (таблица 2);  $T_{\text{ном}}$  — номинальный вращающий момент при установившемся режиме работы.

Таблица 2 - Значение коэффициента режима работы  $K_p$ 

Механизм или машина	$K_p$
<b>Конвейеры:</b>	
ленточные	1,25-1,50
цепные, скребковые и винтовые (шнеки)	1,50-2,0
Воздуховки и вентиляторы центробежные	1,25-1,50
<b>Насосы:</b>	
центробежные	1,50-2,0
поршневые компрессоры	2,0-3,0
<b>Станки металлообрабатывающие:</b>	
с непрерывным движением	1,25-1,50
с возвратно-поступательным движением	1,50-2,50
Станки деревообделочные	1,50-2,0
Мельницы шаровые, дробилки, молоты, ножницы	2,0-3,0
Краны, подъемники, элеваторы	3,0-4,0

Муфты выбирают по соответствующим таблицам (таблица 3 и 4) по  $K_p$  в зависимости от диаметра вала  $d$  (учитывают также максимальную угловую скорость). Отдельные детали выбранной муфты проверяют на прочность.

Таблица 3 - Коэффициенты безопасности  $K_6$  и режима работы  $K_p$ 

Степень ответственности передачи	$K_6$
Поломка муфты вызывает остановку машины	1,0
Поломка муфты вызывает аварию машины	1,2
Поломка муфты вызывает аварию ряда машин	1,5
Поломка муфты может привести к человеческим жертвам	1,8
<b>Условия работы машины</b>	<b><math>K_p</math></b>
Работа спокойная	10

Таблица 4 - Коэффициент трения  $f$  и допускаемое давление  $[p]$  для фрикционных муфт

Трущиеся поверхности	$f$	[P], МПа	
		конусных	дисковых
Со смазкой			
Сталь по стали (закаленные)	0,08...0,10	—	0,3...0,6
Чугун по чугуну или стали	0,10...0,15	1,0...1,2	0,3...0,6
Металлокерамика по стали	0,05...0,08	0,8...1,0	0,5...0,8
Бронза по чугуну или закаленной стали	0,05...0,08	0,2...0,5	0,2...0,5
Сталь по текстолиту	0,13...0,15	—	0,2...0,5
Без смазки			
Чугун по чугуну или стали	0,13...0,15	0,3...0,4	0,2...0,3
Асбестовая обкладка по стали или чугуну	0,26...0,30	0,2...0,3	0,2...0,3
Ретинакс по стали или чугуну	0,30...1,30	—	0,2...0,5
Металлокерамическое покрытие по стали или чугуну	0,10...0,20	0,8...1,0	0,8...1,0

### Вопросы для самостоятельной работы

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. Как устроена зубчатая муфта? Какие смещения валов и за счет чего она компенсирует? Почему изнашиваются зубья?
5. 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?

6. Какую из сцепных муфт следует применить для соединения вращающегося с большой частотой вала с неподвижным валом?

7. Как устроены и работают обгонные муфты? В каком направлении должна вращаться обойма, чтобы произошло заклинивание ролика?

8. С какой целью в приводах применяют центробежные пусковые муфты?

9. Передают ли жесткие и упругие муфты вибрации, толчки и удары?

10. За счет чего можно увеличить расчетный момент многодисковой фрикционной муфты, не изменяя ее диаметра?

11. Что является основной характеристикой муфт?

12. На рисунке покажите центрующее кольцо. Каково назначение этой детали?

13. За счет чего происходит компенсация осевого, радиального и углового смещений в зубчатой муфте?

14. Дайте характеристику муфте, изображенной на рисунке.

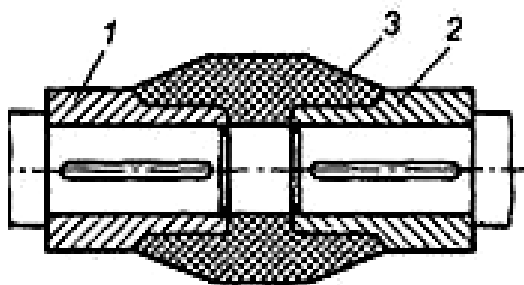


Рисунок 15 - муфта

15. Кратко опишите назначение и принцип работы кулачковой муфты.

16. Найдите рабочие поверхности фрикционных муфт, показанных на рис.13.

17. Опишите работу муфты свободного хода при остановке полумуфты 1.

18. Поясните необходимость установки грузов-колодок 3 в обеих полумуфтах?

19. Опишите устройство предохранительной муфты с разрушающимся элементом. Назовите недостаток этой муфты.

20. Для чего существуют муфты?

21. Каковы главные признаки классификации муфт?

22. Какая характеристика муфты считается главной?

23. Каковы принципы конструкции и работы жёстких муфт?

24. Каковы принципы конструкции и работы шарнирных муфт?

25. Каковы принципы конструкции и работы упругих муфт?
26. Как устроена и как работает упруго втулочно-пальцевая муфта (МУВП)?
27. За счет, каких сил работают фрикционные муфты?
28. Какие критерии прочности применяют для фрикционных муфт?

### **Тестовые вопросы**

1. Назовите материалы (без уточнения марки) для изготовления кулачково-дисковых муфт
- А) Чугун
  - Б) Сталь
  - В) Бронза
2. Изменяют ли с помощью муфты угловую скорость одного вала относительно другого?
- А) Изменяют
  - Б) Нет
3. Перечислите компенсирующие муфты
- А) Фланцевые
  - Б) Продольно - свертные
  - В) Зубчатые
  - Г) Кулачковые
  - Д) Фрикционные
4. Какие муфты можно включать на ходу при вращении ведущего вала с большой угловой скоростью?
- А) Кулачковые
  - Б) Фрикционные
5. Каково назначение самоуправляемых муфт?
- А) Для соединения и разъединения валов на ходу
  - Б) Для автоматического соединения и разъединения валов при заданной угловой скорости
  - В) Для передачи вращающего момента в одном направлении
  - Г) Для регулирования передаваемого вращающего момента

6. По каким параметрам производят подбор стандартных муфт

А) По режиму работы

Б)  $d_B$

В)  $T_v$

Г)  $\omega_{\max}$

Д)  $[\tau]_{\text{ср}}$

7. По какому моменту выбирают стандартные зубчатые муфты?

А)  $T_{\text{пред}} = T_p$

Б)  $T$

В)  $K_p T$

Г)  $K_o K_p T$

8. Какая фрикционная муфта требует большей прижимной силы  $F_r$ ?

А) Коническая

Б) Однодисковая

В) Многодисковая

9. Многодисковая фрикционная муфта получила преимущественное применение, это объясняется в первую очередь...

А) уменьшением силы нажатия и увеличением передаваемого вращающего момента

Б) устранением пробуксовки при установившемся режиме работы

В) предохранением машин от перегрузок обеспечением плавности сцепления валов под нагрузкой на ходу.

### Список литературы

1. Жуков, К.П. Проектирование деталей и узлов машин: учебник для ВУЗов / К.П. Жуков. - М.: Машиностроение, 2014. - 648 с.

2. Курмаз, Л.В. Детали машин. Проектирование: справочное учебно-методическое пособие / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. - М.: Высшая школа, 2015.-309 с.

4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, в 3 т., 2011.

6. Решетов, Д.И. Детали машин: учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов / Д.И. Решетов. – 9-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 496 стр.

7. Куклин, Н.Г. Детали машин: учебник/ Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К.

Житков, 9-е изд., перераб. и доп - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.

9. Олофинская, В.П. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.

10. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении: учебник / Ю.М. Зубарев. - СПб.: Лань, 2015. - 320 с.

11. Пикмуллин, Г.В. Испытание ременной передачи: практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ / Г.В. Пикмуллин, А.П. Мудров, Р.Х. Марданов [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 16 с.

12. Пикмуллин, Г.В. Методические указания и контрольные задания по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины» и «Прикладная механика» / Г.В. Пикмуллин, А.П. Мудров, Т.Н. Вагизов. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 36 с.

13. Яхин, С.М. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования» и «Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины» : для студентов очной и заочной формы обучения обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 - Агроинженерия, 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 44.03.04 - Профессиональное обучение и по специальности 23.05.01 - Наземные транспортно-технологические средства / С.М. Яхин, Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, А.П. Мудров. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 44 с.