

**ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН  
РЕДУКТОРЫ**

Методические указания для выполнения  
лабораторной работы

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов инженерного факультета имеют цель оказать помощь в изучении дисциплины «Детали машин и основы конструирования»

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## РЕДУКТОРЫ

### 1. Цель работы:

- ознакомиться с компоновочной схемой основных типов редукторов с неподвижными опорами валов, их достоинствами и недостатками;
- изучить конструкцию составляющих их деталей;
- установить марку стали (чугуна) и других материалов, из которых изготовлены детали;
- ознакомиться с технологией сборки, разборки редуктора и условиями эксплуатации;
- подобрать редуктор для привода машины.

### 2. Объем и последовательность выполнения работы:

- объяснить назначение редуктора в приводе, способ соединения его с машиной, электродвигателем (муфта, передача ременная, цепная);
- перечислить детали, составляющие редуктор, их назначение, конструкцию, типы соединения деталей (колесо-вал; муфта-вал);
- используя условные обозначения ЕСКД табл. 3, составить кинематическую схему привода (соединение редуктора с машиной, электродвигателем);
- определить основные параметры редуктора, используя зависимости [1];
- определить коэффициент полезного действия редуктора по значениям, приведенным в таблице 1;
- сделать эскиз одной из деталей редуктора (по указанию преподавателя) с нанесением основных размеров; произвести измерения посадочных мест подшипников на валу и в корпусе с точностью мерительного инструмента (штангенциркуль, микрометр и др.), и определить посадку соединения (с зазором, переходная, с натягом);
- произвести разборку редуктора на отдельные части и описание демонтажа подшипниковых и других узлов, используя соответствующий инструмент;
- произвести сборку редуктора и описание последовательности сборки подшипниковых и других узлов, сделать регулировку колес, определить контактное пятно в зубчатом зацеплении, используя при этом необходимые материалы, инструмент;
- выбрать марку масла для редуктора по приведенным номограммам; обосновать способ смазки подшипниковых узлов;
- подобрать редуктор к машине, используя исходные данные по указанию преподавателя (производительность машины, режим и условия работы).

Работа выполняется с применением натуральных образцов редукторов, атласов и другой справочной литературы.

Приборы для измерения: линейка, штангенциркуль, динамометр, тахометр, щуп, инструмент для разборки, сборки редукторов.

При выполнении лабораторной работы необходимо дать краткое описание всех вопросов, выданных преподавателем, с представлением схем, эскизов и полученных результатов измерений, вычислений.

### 3. Общие сведения

Редуктор – это механизм, служащий для понижения угловой скорости и увеличения крутящего момента. Это широко распространенный вид механических передач, редукторы могут надежно передавать мощности от нескольких долей киловатт до десятков тысяч. Широкое применение редукторы получили в приводах к машинам (транспортёр, подвесной конвейер и др.).

Основные достоинства: высокая надежность; постоянство передаточного числа; малые габариты; простота обслуживания. Недостатки: высокие требования к точности изготовления и монтажу деталей редуктора.

Редуктор состоит из корпуса в котором размещаются элементы передач (зубчатые колеса, валы, подшипники и др.) [1]. Редукторы бывают с цилиндрическими, коническими зубчатыми колесами, а так же с червячными парами колес. Зубья на колесах могут быть: прямые, косые, шевронные, круговые и др. Форма профиля зуба: прямобоочная, эвольвентная; циклоидальная и с зацеплением Новикова. В современном машиностроении широкое применение имеет эвольвентное зацепление.

Классификация редукторов проводится по следующим основным признакам: тип передачи, форма зубчатых колес, число ступеней, относительному расположению валов редуктора в пространстве. Специальным типом весьма компактной приводной установки являются мотор – редукторы [2], они более экономичны и имеют повышенный КПД.

По форме и типу зубчатых колес, редукторы бывают: цилиндрические (рис.1 а,б,в,г,д); конические (рис.1,е); червячные (рис.1 и,к,л,м); комбинированные (коническо-цилиндрические; червячно-цилиндрические) (рис.1 ж,з).

По числу ступеней передач: одноступенчатые; двухступенчатые; трехступенчатые (рис. а, б, в, ж).

По расположению валов в пространстве: горизонтальные – валы в редукторе расположены в горизонтальной плоскости (рис. 1 ж); вертикальные – валы расположены в вертикальной плоскости (рис. 1 в).

Основные параметры, характеризующие редуктор: мощность, крутящий момент и угловая скорость на выходном валу; межосевое расстояние; передаточное отношение; габаритные размеры; масса.

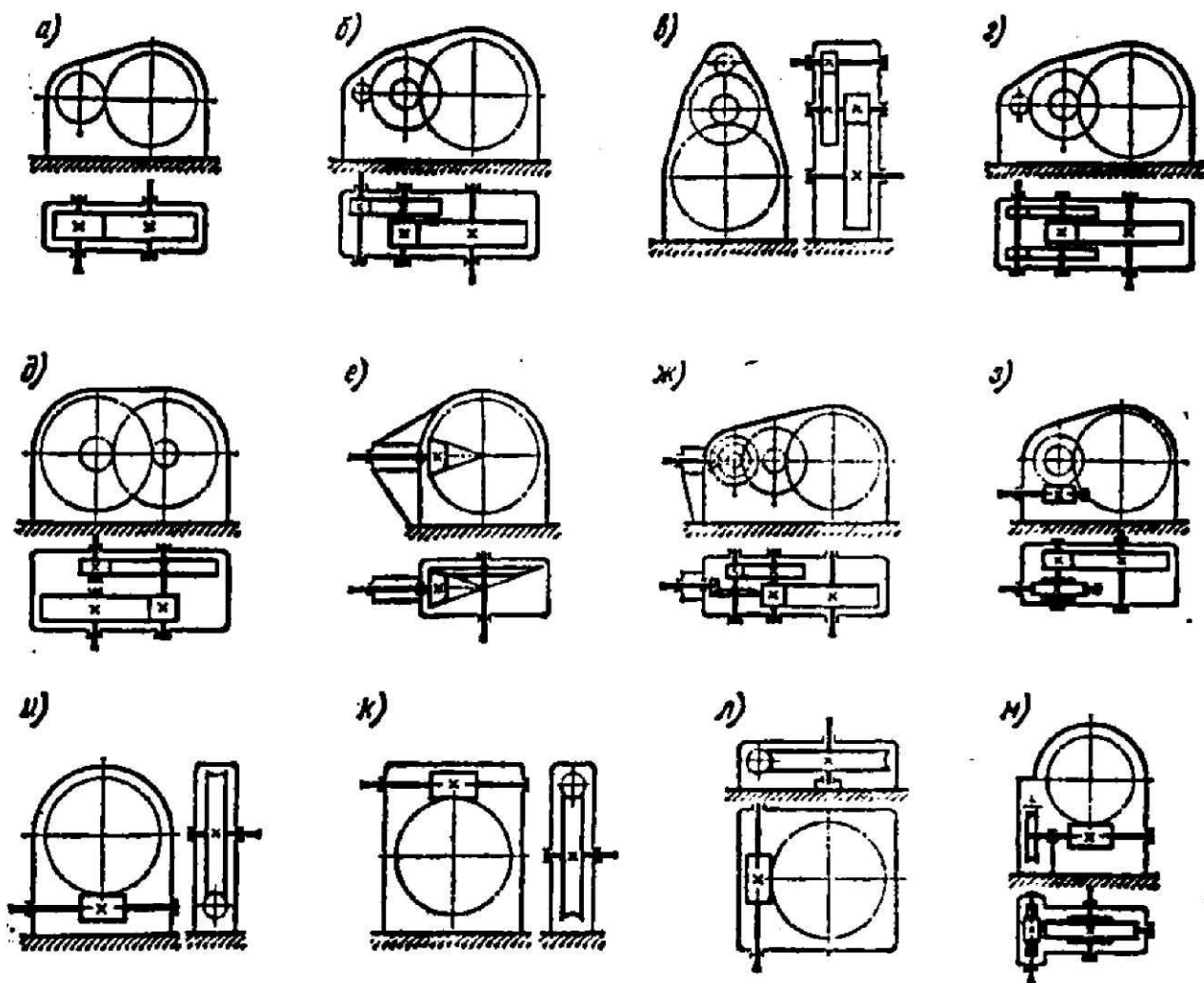


Рисунок 1 – Кинематические схемы редукторов

Таблица № 1 – Значения коэффициентов полезного действия узлов механического привода

Наименование передач и других элементов привода	$\eta$
1	2
<b>Цилиндрическая зубчатая передача</b>	
Открытая, зубья литые, приработавшиеся.....	0,9...0,93
Открытая, зубья фрезерованные.....	0,95
Одноступенчатый цилиндрический редуктор.....	0,97...0,98
Двухступенчатый цилиндрический редуктор.....	0,95...0,96
<b>Коническая зубчатая передача</b>	
Открытая, зубья литые, приработавшиеся.....	0,88...0,92
Открытая, зубья фрезерованные.....	0,94
Одноступенчатый конический редуктор.....	0,95...0,96
Двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор.....	0,94...0,96

1	2
<b>Передачи с архимедовым и глобоидным червяком ременные и фрикционные</b>	
Самотормозящая .....	0,4...0,45
Однозаходный червяк .....	0,7...0,75
Двухзаходный червяк .....	0,75...0,82
Трех – и четырехзаходные червяки.....	0,80...0,92
Червячная передача с глобоидным червяком .....	0,85...0,95
Плоско- и клиноременная передача.....	0,95...0,96
Фрикционные передачи.....	0,85...0,95
<b>Цепная передача</b>	
Открытая .....	0,92...0,94
В масляной ванне .....	0,95...0,97
Ременная передача .....	0,95...0,96
<b>Подшипники (одна пара)</b>	
Качения .....	0,99...0,995
Скольжения .....	0,98...0,995
<b>Муфты</b>	
С промежуточным и подвижным элементом и шарнирная (Гука). .....	0,97...0,99
Зубчатая .....	0,99
МУЗП.....	0,99...0,995
Вариатор .....	0,92...0,95

#### 4. Выбор смазки редуктора

Выбор масла для цилиндрических и конических редукторов можно произвести с использованием номограмм (рис. 2) в зависимости от окружной скорости колес зубчатых  $v_{окр}$  и температуры окружающего воздуха  $t$ . В качестве примера на графике штриховыми линиями показан порядок определения марки масла при  $v_{окр} = 7 \text{ м/с}$  и  $t = +20^{\circ} \text{С}$ . Для принятого случая можно принять масло индустриальное 30 или индустриальное 45.

При выборе марки масла для червячного редуктора с цилиндрическим валом-червяком исходят из температуры масла в картере редуктора  $t_M$  и температуры окружающего воздуха  $t$ , которые связаны между собой зависимостью

$$t_M = t + 55^{\circ} \text{С} \quad (1)$$

Нормальная рабочая температура масла в картере червячного редуктора с цилиндрическим валом-червяком не должна превышать  $80^{\circ} \text{С}$ .

Кинематическая вязкость  $\nu$  масла для смазки червячного редуктора с цилиндрическим червяком, работающего непрерывно, должна быть около 55 сст.

Марку масла для червячного редуктора с цилиндрическим червяком можно выбрать по номограмме (рис. 2б). Например, для редуктора, работающего непрерывно при температуре окружающего воздуха  $t = 25^{\circ} \text{С}$ , температура масла в картере будет составлять  $t_M = 25 + 55 = 80^{\circ} \text{С}$ . По графику (рис.2б) ус-

танавливаем, что при  $t_M = 80^\circ \text{C}$  ближайшим по вязкости к 55 сст является масло трансмиссионное  $L$ , имеющее при  $100^\circ \text{C}$  вязкость 40 сст.

Выбор марки масла для червячного редуктора с глобоидным валом-червяком можно произвести по номограмме (рис. 2б, с) в зависимости от температуры масла в картере редуктора. Обозначения кривых те же, что и для редуктора с цилиндрическим червяком. Нормальная рабочая температура масла в картере червячного редуктора с глобоидным червяком не должна превышать  $95^\circ \text{C}$ . Червячные редукторы с глобоидным валом-червяком имеют наиболее высокую термическую напряженность. Это объясняется меньшей поверхностью охлаждения, чем в редукторах с цилиндрическим червяком. Учитывая падение вязкости масла с ростом температуры, следует применять масло более вязкое. Кинематическая вязкость масла для смазки червячных редукторов с глобоидным червяком должна быть около 65 сст. Рекомендуемые марки смазочных масел для редукторов с глобоидным червяком: трансмиссионные авто-тракторное; масло для гипоидных передач.

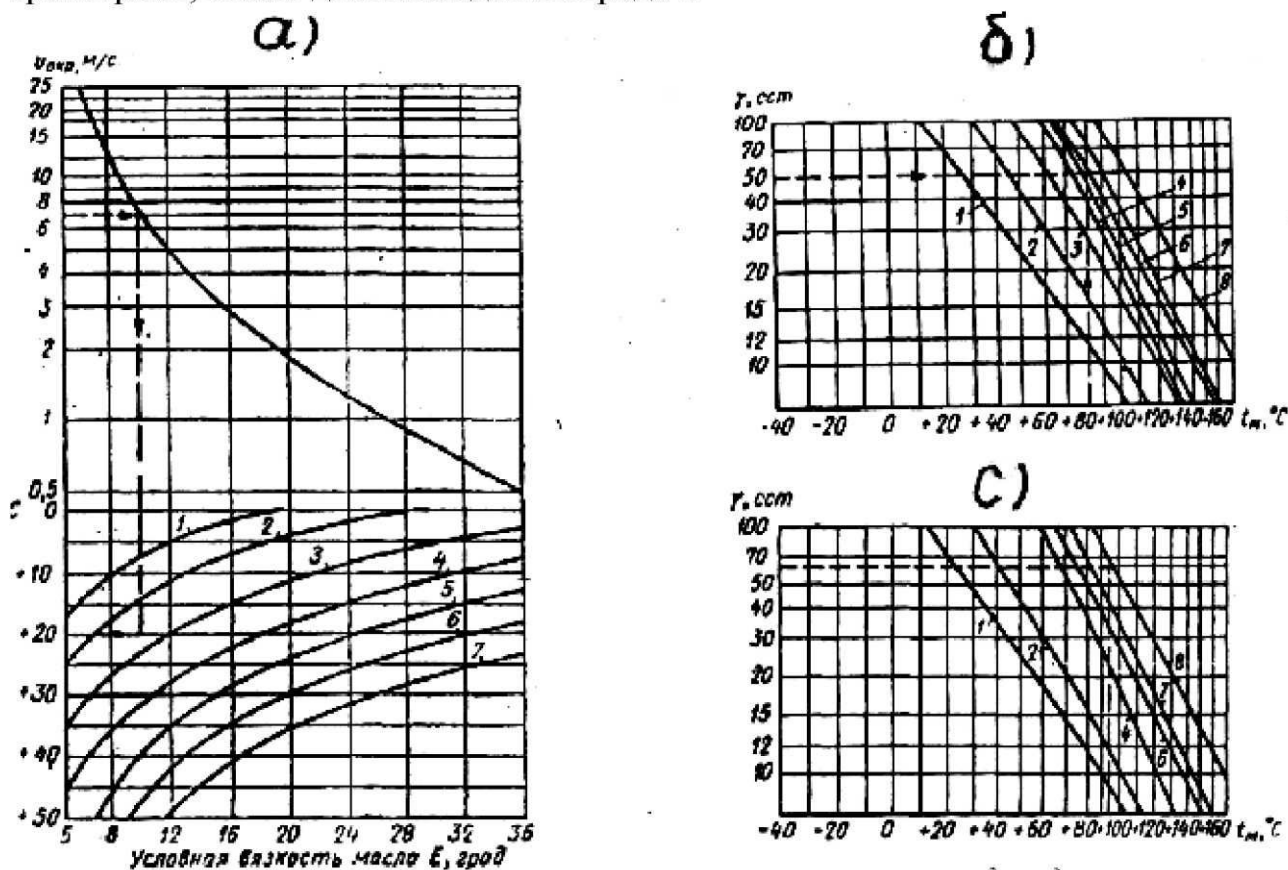


Рисунок 2 – Номограмма для выбора марки масла в редуктор: а) коническо-цилиндрический в зависимости от окружной скорости  $v_{окр}$  зубчатых колес и температуры окружающего воздуха  $t$ ; 1 – индустриальное – 20; 2 – индустриальное 30, 3 – индустриальное 45, 4 – АКЗП – 6; ЛКП – 10; 5 – АКЗП – 10; 6 – АК – 15; 7; 8 – масло трансмиссионное; б; с) червячного редуктора с цилиндрическим и с глобоидным валом – червяком (с) в зависимости от вязкости масла  $\gamma$  и температуры в картере редуктора  $t_M$ .

## 5. Регулировка зубчатых колес при сборке редуктора

При сборке редуктора в зубчатых передачах контролируют величину бокового и радиального зазора, а также положение и размеры пятен контакта между боковыми поверхностями зубьев. Величину зазора контролирует с помощью щупов, индикаторов или свинцовой пластины (проволоки). Свинцовую пластину помещают между зубьями. Зубчатые колеса поворачивают на холостом ходу, после чего толщина сплюсненной части пластины покажет фактическую величину площади контакта или бокового зазора. Зазор регулируют, изменяя межосевое расстояние зубчатой передачи с помощью прокладок в крышках подшипников.

Размеры и фактическое расположение пятен контакта на поверхности зубьев так же можно получить при помощи краски нанесенной на боковую поверхность зуба. После проворачивания колес в местах контакта останутся отпечатки (рис.3).

Пятно контакта – часть боковой поверхности зуба колеса (шестерни), на которой располагаются следы прилегания пары зубьев. Контактное пятно определяется по металлическому блеску на приработанных колесах и характеризуется относительными размерами (в процентах) по длине и высоте зуба.

Пятно контакта в зависимости от степени точности передачи должно быть в пределах, указанных в таблице 2 в соответствии с ГОСТом. При правильном взаимном положении зубчатых колес минимальные размеры пятен контакта не должны быть менее приведенных в таблице.

Таблица 2 – Относительные размеры пятна контакта зубьев, %

Наименование измерения	Степень точности передач									
	цилиндрическая			коническая с прямым зубом				червячная цилиндрическая		
	7	8	9	7	8	9	10	7	8	9
По высоте зуба	45	40	30	60	50	40	30	60	50	30
По длине зуба	60	50	40	60	50	40	30	65	50	35

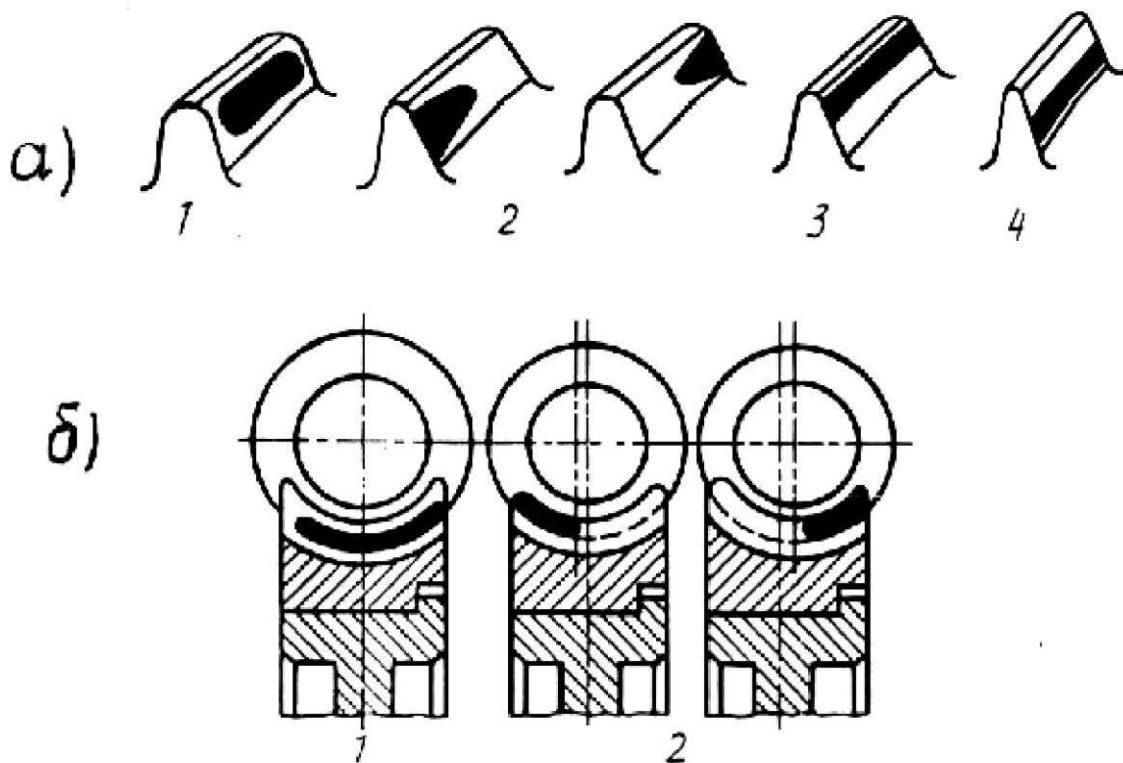


Рисунок 3 – Форма и расположение пятен контакта на поверхности зубьев колес:

а – цилиндрического, б – червячного, 1 – при нормальном зацеплении, 2 – при перекосе валов, 3 – при увеличенном межцентровом расстоянии, 4 – при уменьшенном межцентровом расстоянии

## 6. Выбор редуктора

Выбор редуктора для привода машины производим исходя из условий работы и производительности машины. Мощность редуктора не должна быть меньше мощности на приводном валу машины.

Мощность на приводном валу машины (ленточный транспортер-загрузчик) [1], кВт

$$N_{ам} = \frac{ПL \cdot (1 + \sin \alpha)}{367 \cdot \eta_T} \cdot K, \quad (2)$$

где  $П$  – производительность загрузчика, т/ч;

$L$  – длина транспортера, м;

$\alpha$  – угол подъема перемещаемого груза, град;

$\eta_T$  – коэффициент полезного действия (вал ведущий, ведомый, опорные ролики),  $\eta_T = 0,95 \dots 0,92$ .

Мощность на тихоходном валу редуктора, кВт

$$N_{вр} = \frac{N_{ам}}{\eta_{ц}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (3)$$

где  $\eta_{ц}$  – коэффициент полезного действия передачи, необходимой для соединения редуктора с машиной (цепная, ременная, муфта);

$K_1; K_2$  – соответственно коэффициент характера нагрузки, режима работы;








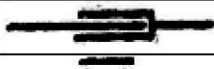

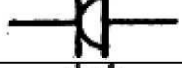

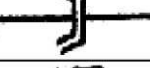





$K_1 = 1,0 \dots 1,25$  для нагрузки с умеренными толчками [2],

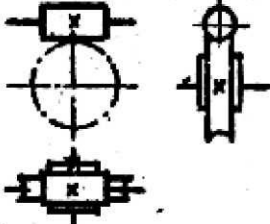
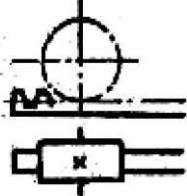
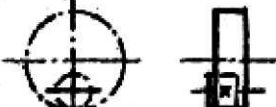
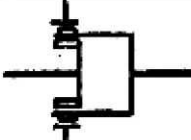

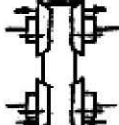

$K_2 = 1,0$  для режима работы при ПВ = 100% [2].

По исходным данным: производительность транспортера-загрузчика 50 т/ч; длина  $L = 15$  м; наибольший угол подъема перемещения груза  $30^\circ$ , при непрерывном режиме ПВ = 100 % в течении 8 часов в сутки, мощность на приводном валу машины  $N_{\text{вм}} = 3,5$  кВт (2) мощность редуктора на тихоходном валу  $N_{\text{вм}} = 4,6$  кВт (3).

По расчетной мощности  $N_{\text{вм}} = 4,6$  кВт проектируем редуктор или выбираем его по каталогу [2] методика проектирования механических передач приводится в [1; 3].

Таблица 3 – Условные обозначения элементов машин в кинематических схемах

Наименование элемента	Условное обозначение	КПД
1	2	3
Вал		
Муфта фракционная		0,85 – 0,95
Муфта глухая предохранительная		
Муфта с упругим элементом		0,99 – 0,995
Муфта кулачково-дисковая		0,97 – 0,99
Телескопическое соединение		0,97 – 0,99
Муфта зубчатая		0,99
Муфта шарнирная		0,97 – 0,99
Муфта глухая		
Муфта фрикционная, коническая		0,85 – 0,95
Муфта кулачковая		0,99
Тормоз колодочный		
Тормоз ленточный		
Коническая зубчатая передача		0,88 – 0,92
Винтовая передача		0,4 – 0,8

1	2	3
Червячная передача		0,4 – 0,8
Передача реечная		0,93 – 0,98
Передача с внутренним зацеплением		0,93 – 0,98
Волновая передача		0,8 – 0,9
Планетарная передача		0,7 – 0,98
Вариаторы		0,92 – 0,95
Электродвигатель		

### Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяют редукторы: цилиндрические, конические, червячные, глобоидные?
2. Назначение редуктора в приводе?
3. Коэффициент полезного действия редуктора?
4. Из каких материалов изготавливают детали редуктора?
5. Основные параметры, характеризующие редуктор?
6. По каким параметрам выбирают марку и объем масла в редукторе?
7. Способы смазки подшипниковых узлов?
8. Цель регулировки зубчатых колес в редукторе?
9. По каким параметрам выбирают редуктор к машине?

### Литература

1. Юшин В.А. Методические указания по расчету и конструированию механического привода к транспортеру загрузчику. Мичуринск, 2005 г.
2. Редукторы. Справочное пособие. М.: НИИ информтяжмаш, 1967 г.
3. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. М.: Машиностроение, 1967 г.