

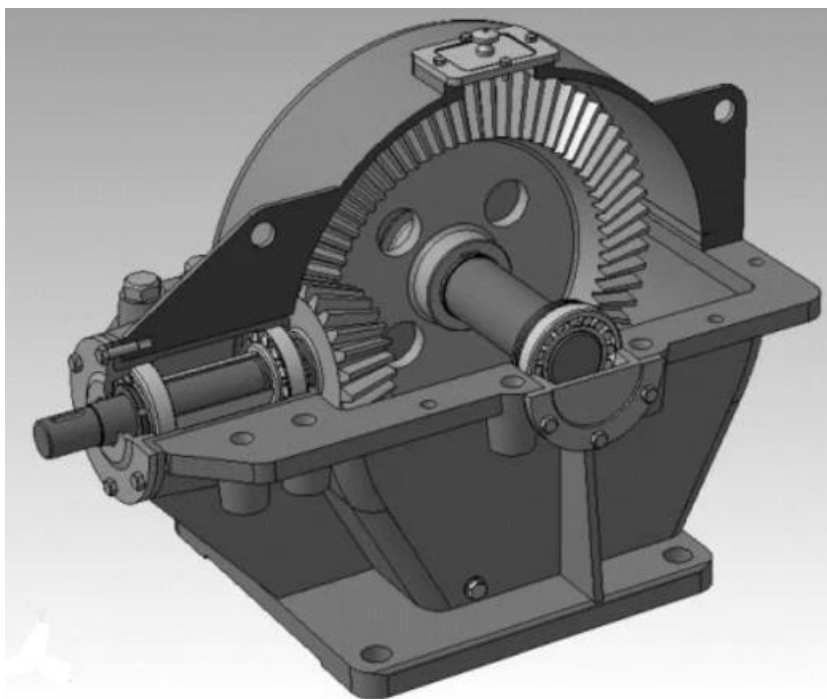
**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Казанский государственный аграрный университет»

**Институт механизации и технического сервиса**

**Кафедра общепрофессиональных дисциплин**

# **РЕДУКТОРЫ**

Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ  
по дисциплине  
«Детали машин и основы конструирования»



Казань, 2025

УДК 621.83.05  
ББК 34.44

Составители: Пикмуллин Г.В., Мудров А.П., Марданов Р.Х., Вагизов Т.Н.

Рецензенты:

Зиннатуллина А.Н. - к.т.н., доцент кафедры физики и математики  
ФГБОУ ВО Казанского ГАУ,

Галимова Н.Я. - к.т.н., доцент кафедры машиноведения и инженерной  
графики ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ  
утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры общинженерных  
дисциплин ФГБОУ ВО Казанского ГАУ «21» апреля 2025 года (протокол  
№10).

Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ  
обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической  
комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО  
Казанского ГАУ «24» апреля 2025 года (протокол № 8).

Пикмуллин, Г.В. Редукторы. Практикум для выполнения лабораторных  
и самостоятельных работ по дисциплине «Детали машин и основы  
конструирования» /Г.В. Пикмуллин, А.П. Мудров, Р.Х. Марданов, Т.Н.  
Вагизов// – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2025. – 28 с.

Практикум предназначен для выполнения лабораторных и  
самостоятельных работ по дисциплине «Детали машин и основы  
конструирования» студентами следующих направлений подготовки: 35.03.06  
«Агроинженерия», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические  
средства».

УДК 621.83.05  
ББК 34.44



## Лабораторная работа

### РЕДУКТОРЫ

**Цель работы:** ознакомление с конструкциями основных типов редукторов, их классификацией, характеристиками и условными обозначениями.

**Оборудование и инструменты:** редуктор, отвертка, штангенциркуль, кронциркуль, ключи гаечные.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Редуктор** – механизм для преобразования величины крутящего момента и угловой скорости.

Редукторы представляют собой механические устройства, предназначенные для преобразования параметров вращательного движения. Они являются неотъемлемой частью большинства промышленных механизмов и транспортных систем. Основная функция - уменьшение угловой скорости входного вала с одновременным увеличением крутящего момента на выходном валу, а также изменение соотношения между крутящим моментом и угловой скоростью. Эти механизмы находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, энергетику и транспортные системы. В рамках изучения данной темы студенты познакомятся с принципами работы, конструктивными особенностями и методиками расчета основных типов редукторов.

#### 2. НАЗНАЧЕНИЕ

Редукторы — это механизмы, состоящие из передач зацеплением с постоянным передаточным отношением, заключенные в корпус и предназначенные для понижения угловой скорости

Редукторы выполняют следующие основные функции:

- изменение частоты вращения (понижающие/повышающие);
- преобразование крутящего момента;
- изменение направления вращения;
- распределение мощности между несколькими потребителями;
- согласование параметров двигателя с рабочим органом машины.

Корпус редуктора содержит одну или несколько передач зацеплением с постоянным передаточным отношением (передаточным числом).

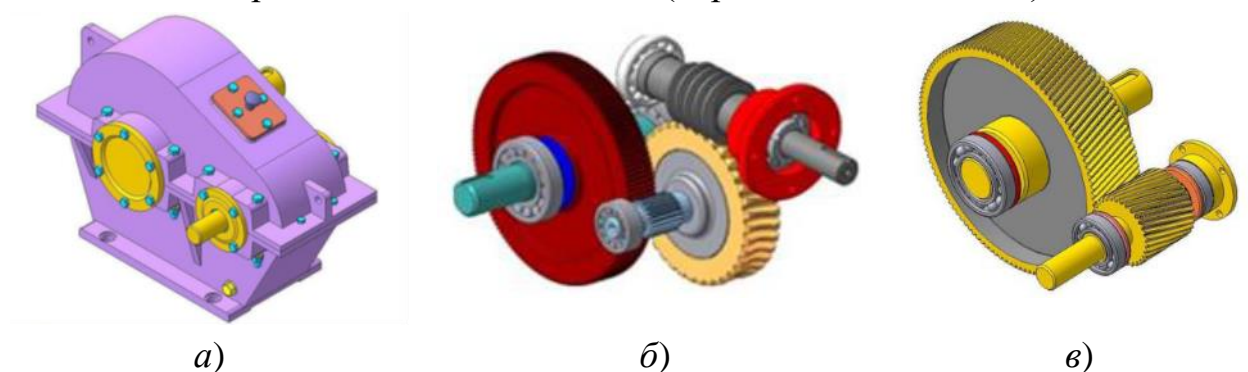


Рисунок 1.1 – а) - Цилиндрический зубчатый одноступенчатый редуктор; передачи зацеплением: б) цилиндрическая зубчатая и червячная, в) - цилиндрическая зубчатая

Мотор-редуктор (рисунок 1.2) представляет собой единый блок, состоящий из редуктора и электродвигателя (чаще всего применяют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором АИР) в чугунном или выполненные из качественных силуминовых сплавов корпусе) Электродвигатели выпускаются в широком диапазоне мощностей от 0,12 до 315 Квт и частотах вращения 750 об/мин, 1000 об/мин, 1500 об/мин и 3000 об/мин.).



Рисунок 1.2 - Мотор-редукторы

Редукторы и мотор-редукторы служат для привода различных машин и механизмов в действие.

### 3. КЛАССИФИКАЦИЯ РЕДУКТОРОВ

Классификация редукторов позволяет подобрать оптимальный тип для конкретной задачи с учётом требуемого передаточного числа, КПД, габаритов и условий эксплуатации. Современные тенденции включают

развитие компактных планетарных и волновых редукторов, а также внедрение smart-редукторов с датчиками контроля состояния.

Редукторы различаются по принципу действия и конструктивному исполнению передаточных механизмов. Рассмотрим основные виды.

### **3.1. По принципу действия**

#### **3.1.1. Зубчатые редукторы**

*а) Цилиндрические*

*Принцип работы:* передача вращения через зацепление цилиндрических шестерен.

*Конструктивные особенности:* параллельное расположение валов, прямозубые, косозубые или шевронные зубчатые колёса.

*Преимущества:* КПД до 98%, долговечность (ресурс до 50 000 часов), возможность реверсирования.

*Недостатки:* ограниченное передаточное число на ступень (до 6.3), повышенный шум при работе.

*б) Конические*

*Принцип работы:* Передача момента между пересекающимися валами (обычно  $90^\circ$ ).

*Конструктивные особенности:* конические зубчатые колёса с прямыми или круговыми зубьями, требуют точной регулировки зацепления.

*Преимущества:* компактность, возможность изменения направления вращения.

*Недостатки:* сложность изготовления и регулировки, ограниченное передаточное число (до 5).

#### **3.1.2. Червячные редукторы**

*Принцип работы:* Передача движения через червяка (винт) и червячное колесо.

*Конструктивные особенности:*

- Скрещивающиеся валы (обычно  $90^\circ$ ).
- Возможность глобоидного исполнения.

*Преимущества:*

- Большие передаточные числа (до 100).
- Плавность хода.
- Самоторможение при определенных условиях.

Недостатки:

- Низкий КПД (60-90%).
- Нагрев при работе.
- Необходимость частого обслуживания.

### **3.1.3. Планетарные редукторы**

*Принцип работы:* передача момента через систему сателлитов, вращающихся вокруг центральной шестерни.

*Конструктивные особенности:* соосное расположение валов, несколько сателлитов (обычно 3-5).

*Преимущества:* компактность при высокой нагрузочной способности, равномерное распределение нагрузки; хорошая уравновешенность механизма за счёт симметричного расположения на водиле нескольких сателлитов, большие передаточные числа (до 600 на ступень).

*Недостатки:* сложность конструкции, высокая стоимость, требовательность к точности изготовления.

### **3.1.4. Волновые редукторы**

*Принцип работы:* передача движения через деформацию гибкого элемента.

*Конструктивные особенности:* генератор волн, гибкое зубчатое колесо, жесткое зубчатое колесо.

*Преимущества:* высокая точность позиционирования, плавность хода, компактные размеры.

*Недостатки:* ограниченный ресурс гибкого элемента, высокая стоимость.

### **3.1.5. Комбинированные редукторы**

*Принцип работы:* сочетание различных типов передач в одном корпусе.

*Основные комбинации:* цилиндрическо-конические, червячно-цилиндрические, планетарно-цилиндрические.

*Преимущества:* возможность реализации сложных кинематических схем, оптимальное сочетание характеристик.

*Недостатки:* увеличенные габариты, повышенная сложность обслуживания.

### **3.1.6. Специальные типы редукторов**

*Гипоидные.* Улучшенный вариант конических с повышенной нагрузочной способностью.

*Героторные.* Скорее героторный мотор-редуктор, в котором гидравлический мотор встроен в редуктор, за счёт использования рабочей жидкости для передачи движения обеспечивает стабильную, плавную работу выходного вала, высокий стартовый и рабочий крутящий момент при небольших габаритах.

*Фрикционные.* Передача момента через трение (редко применяются).

### **3.1.7. Ременные и цепные редукторы:**

- клиноременные;
- поликлиновые;
- цепные (роликовые, зубчатые).

### **3.1.8. Гидравлические и пневматические редукторы:**

- гидромуфты и гидротрансформаторы;
- пневморедукторы (редукционные клапаны).

### **3.1.9. По передаточному числу различают:**

- понижающие (выходная скорость меньше входной);
- повышающие (редкие, в основном в турбинных установках).

## **3.2. По конструктивному исполнению передаточных механизмов**

Выбор типа передачи зависит от требуемого передаточного отношения, необходимого крутящего момента, условий эксплуатации, требований к точности, ограничений по габаритам, экономических факторов.



Каждый тип передачи имеет свои оптимальные области применения, что позволяет подобрать наиболее эффективное решение для конкретных технических задач.

Редукторы классифицируют по основным признакам, определяющим их конструкцию, назначение и область применения.

**3.2.1. По типу передач и механизму работы** представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Классификация редукторов по типу передач и механизму работы

Тип редуктора	Характеристика	Примеры применения
<b>Цилиндрические</b>	- Параллельные валы - Высокий КПД (до 98%) - Передаточное число: 1.5–6.3 на ступень	Конвейеры, станки, промышленные приводы
<b>Конические</b>	- Пересекающиеся валы (обычно 90°) - КПД 95–97% - Сложнее в изготовлении	Приводы ведущих мостов, поворотные механизмы
<b>Червячные</b>	- Скрещивающиеся валы (обычно 90°) - Большое передаточное число (до 80) - Самоторможение	Подъемники, смесители, ворота
<b>Планетарные</b>	- Компактные - Равномерное распределение нагрузки - Сложная конструкция	Робототехника, авиация, прецизионные системы
<b>Волновые</b>	- Высокая точность позиционирования - Малый люфт - Дорогостоящие	Космическая техника, медицинское оборудование
<b>Комбинированные</b>	Сочетание разных типов передач (например, цилиндрическо-червячные)	Специальные промышленные установки

**3.2.2. По числу ступеней** представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Классификация редукторов по числу ступеней

Тип	Передаточное число	Особенности
<b>Одноступенчатые</b>	До 6.3	Простая конструкция, компактность
<b>Двухступенчатые</b>	6.3–40	Баланс между габаритами и нагрузочной способностью

<b>Многоступенчатые</b>	Свыше 40	Для больших передаточных отношений, но с повышенными потерями на трение
-------------------------	----------	---

### 3.2.3. По расположению валов представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Классификация редукторов по расположению валов

Тип	Схема	Применение
<b>Горизонтальные</b>	Валы в горизонтальной плоскости	Станки, промышленные линии
<b>Вертикальные</b>	Валы расположены вертикально	Насосы, мешалки, буровое оборудование
<b>Угловые</b>	Валы под углом (обычно 90°)	Приводы сложной конфигурации

**3.2.4. По конструктивному исполнению** (взаимному расположению осей входного и выходного (рисунок 1.3) и числу входных и выходных валов) представлены в таблице 1.4.

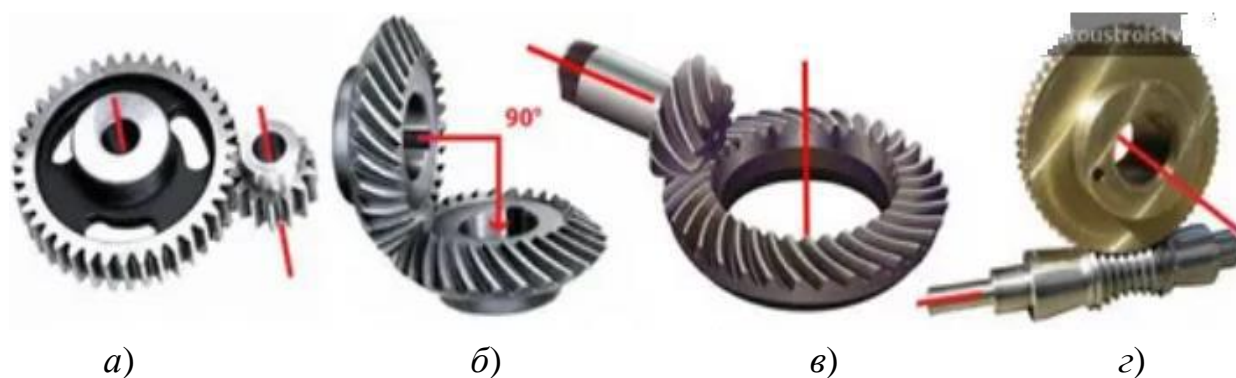


Рисунок 1.3 - Взаимное расположение осей входного и выходного валов относительно плоскости основания и друг друга: а) – цилиндрическая (параллельное расположение осей), б) – коническая (оси валов пересекаются под углом, чаще всего 90°), в) – гипоидная (оси валов перекрещиваются), г) – червячная (оси валов перекрещиваются обычно под углом 90°)

Таблица 1.4 - Классификация редукторов по конструктивному исполнению

Тип	Описание	Примеры
<b>Развернутые</b>	Входной и выходной валы смещены друг относительно друга	Конвейерные системы

	друга	
<b>Соосные</b>	Входной и выходной валы расположены на одной оси	Насосы, вентиляторы
<b>С параллельными валами</b>	Валы параллельны, но не соосны	Редукторы общего назначения

### **3.2.5. По способу монтажа:**

- на лапах (фланцевые) – для жесткого крепления к основанию;
- насадные – монтируются непосредственно на вал двигателя;
- подвесные – для мобильных установок.

### **3.2.6. По назначению:**

- общего назначения (стандартные промышленные редукторы);
- специальные (взрывозащищенные, коррозионностойкие, пищевые).

Классификация редукторов позволяет выбрать оптимальный тип для конкретных условий работы, учитывая: требуемое передаточное число, расположение валов, условия эксплуатации (нагрузки, температура, влажность), экономическую эффективность.

Для правильного подбора редуктора необходимо анализировать все перечисленные параметры в комплексе.

## **4. УСЛОВНОЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕДУКТОРОВ**

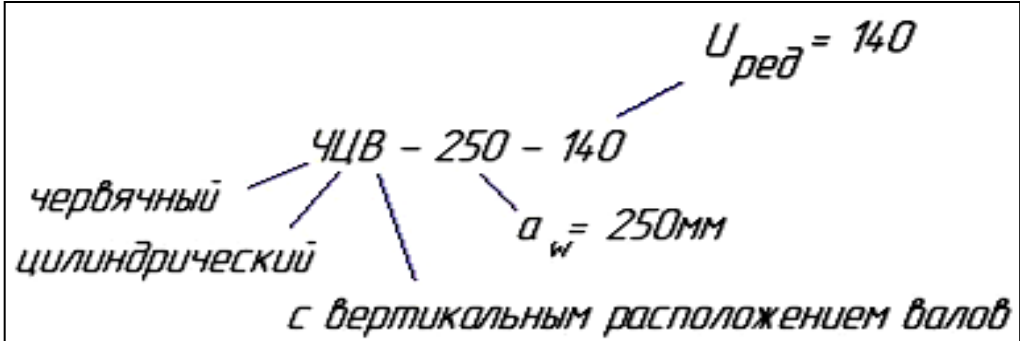
Условное обозначение редуктора состоит из обозначения передач, значения главного параметра, номинального передаточного числа (отношения), обозначения варианта сборки редуктора по ГОСТ 20373-74, стандарта или ТУ, регламентирующих тип, основные параметры и размеры редуктора (Таблица 1.5).

Буква «Ц» обозначает передачу цилиндрическую, буква «К» – коническую, «Ч» – червячную, «П» – планетарную, «В» – волновую, «Г» – глобоидную; буквы «КЦ» означают, что редуктор включает в свой состав передачи коническую и цилиндрическую, буквы «ЧЦ» – червячную и цилиндрическую. Широкие редукторы обозначаются буквой «Ш», узкие – «У», соосные – «С», редукторы с зубчатыми передачами, имеющими зацепление Новикова, – «Н».

При расположении валов в одной горизонтальной плоскости в обозначении это никак указывается (т.е. расположение валов в одной горизонтальной плоскости подразумевается по умолчанию), при

расположении всех валов в вертикальной плоскости в обозначении указывают букву «В», если ось выходного вала вертикальна, в обозначении это учитывается буквой «Т», если ось быстроходного вала вертикальна добавляют букву «Б».

Таблица 1.5 - Признаки классификации редукторов

Тип редуктора	Типоразмер редуктора	Исполнение редуктора
Ц - цилиндрический, К - конический, Ч - червячный, П - планетарный, Г – глобоидный Ш -, широкий У - узкий С - соосный М - мотор-редуктор	Типоразмер редуктора определяют типом и главными параметрами тихоходной ступени ( $a_w, d_{ae2}$ )	определяют передаточным числом, вариантом сборки и формой концевых участков валов
<b>Обозначение редуктора</b>		
		

Стандартное обозначение включает:

1. Тип редуктора (Ц - цилиндрический, К - конический, Ч - червячный).
2. Число ступеней.
3. Исполнение по расположению валов.
4. Габаритный размер (межосевое расстояние).
5. Передаточное число.
6. Климатическое исполнение.

#### Пример: Ц2У-250-31,5-1-УХЛ

Обозначение цилиндрического двухступенчатого редуктора с межосевым расстоянием тихоходной ступени 355 мм, с передачами

Новикова, номинальным передаточным числом 40, вариантом сборки 12, категории точности 1, климатического исполнения У и категории размещения 2 по ГОСТ 15150 -69 (статус на 2020 г.):

Редуктор Ц2У-355Н-40-12-1-У2.

## 5. ТИПЫ РЕДУКТОРОВ. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

### 5.1. Цилиндрические

Характеризуются зубчатой передачей между параллельными валами. Особенности: Высокий КПД (до 98%), широкий диапазон передаточных чисел (1.5-6.3 на ступень), применение в металлорежущих станках, промышленных вентиляторах, оси валов параллельны и наибольшее распространение.

Наиболее распространенные конструкции зубчатых редукторов приведены на рисунках 1.4 - 1.15.

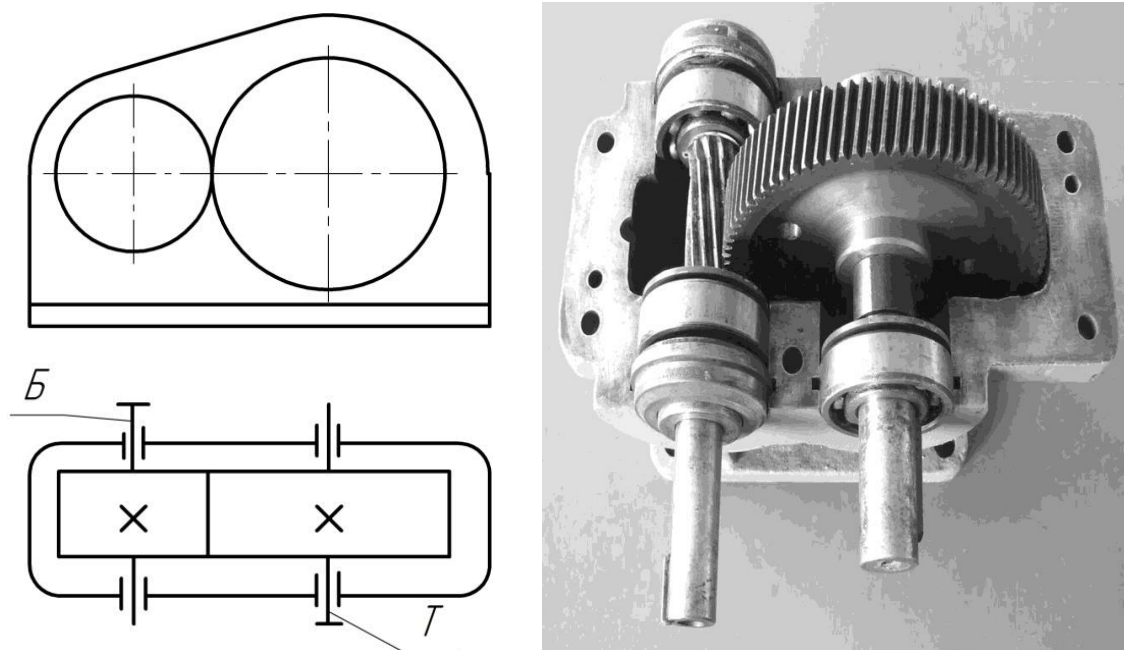


Рисунок 1.4 - Одноступенчатый горизонтальный редуктор

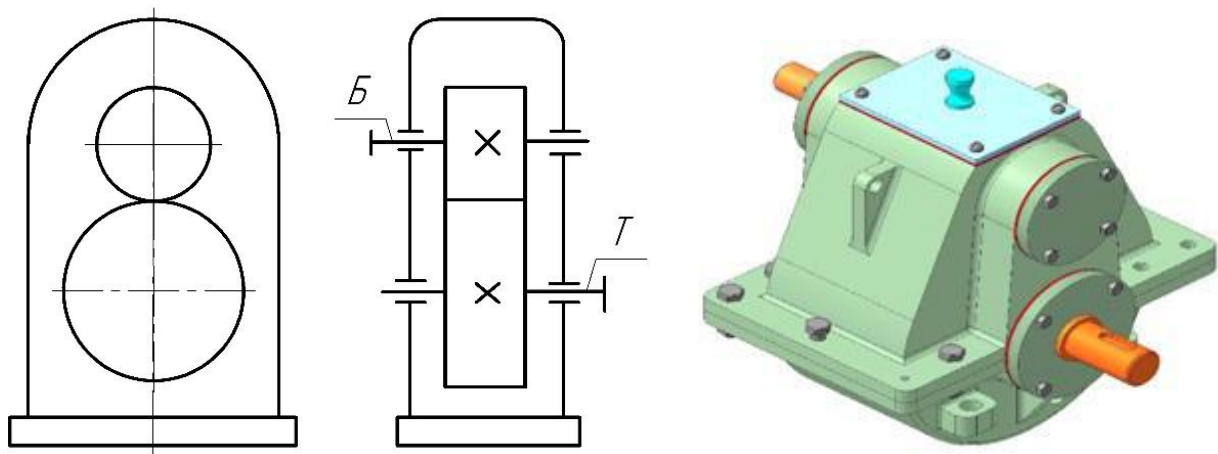


Рисунок 1.5 - Одноступенчатый вертикальный редуктор

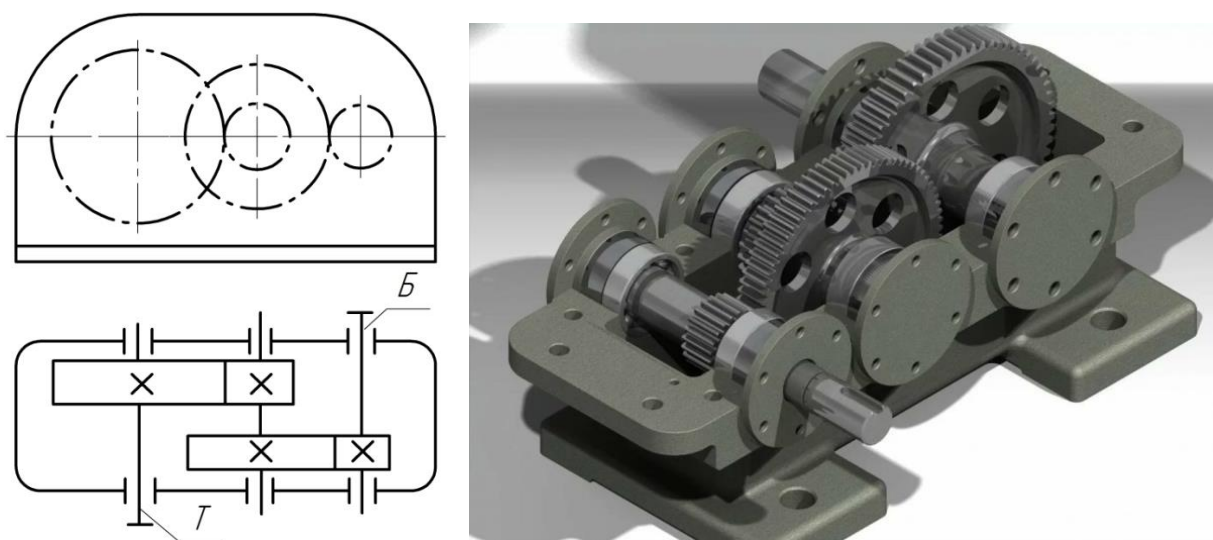
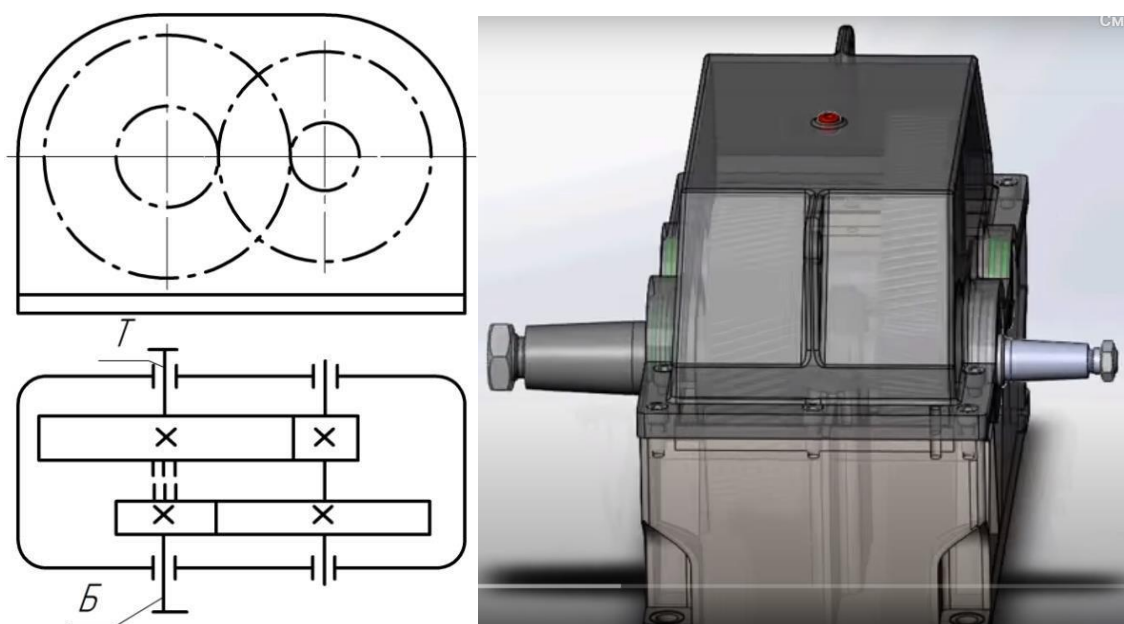


Рисунок 1.6 - Двухступенчатый горизонтальный редуктор





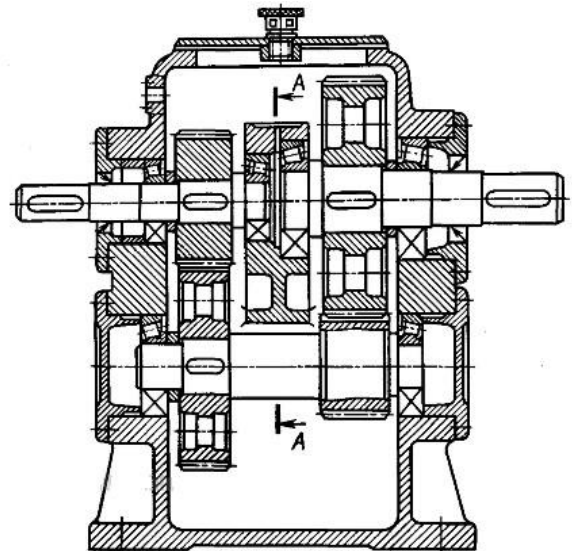
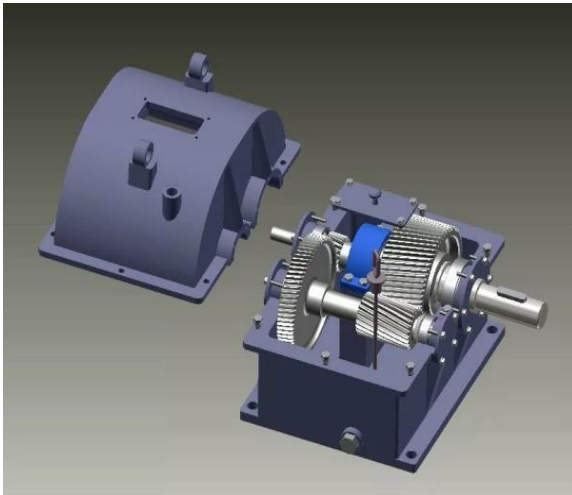


Рисунок 1.7 - Двухступенчатый горизонтальный соосный редуктор

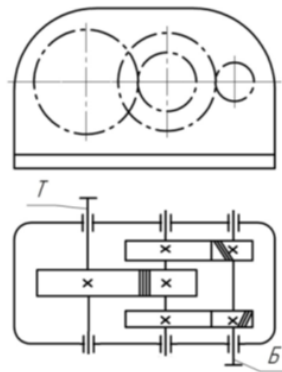


Рисунок 1.8 - Двухступенчатый горизонтальный редуктор с раздвоенной быстроходной ступенью

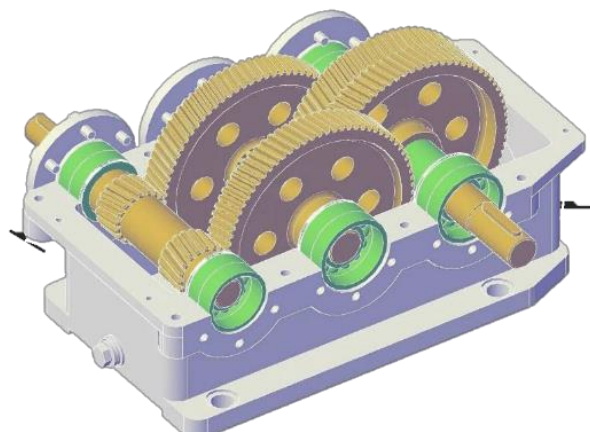
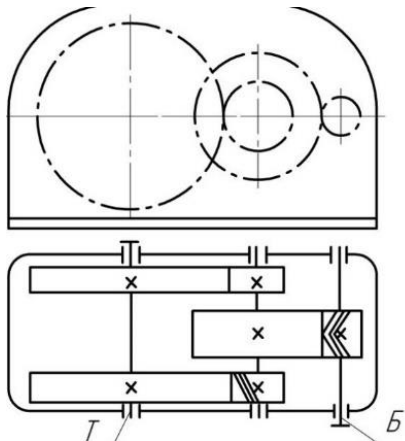


Рисунок 1.9 - Двухступенчатый горизонтальный редуктор с раздвоенной тихоходной ступенью

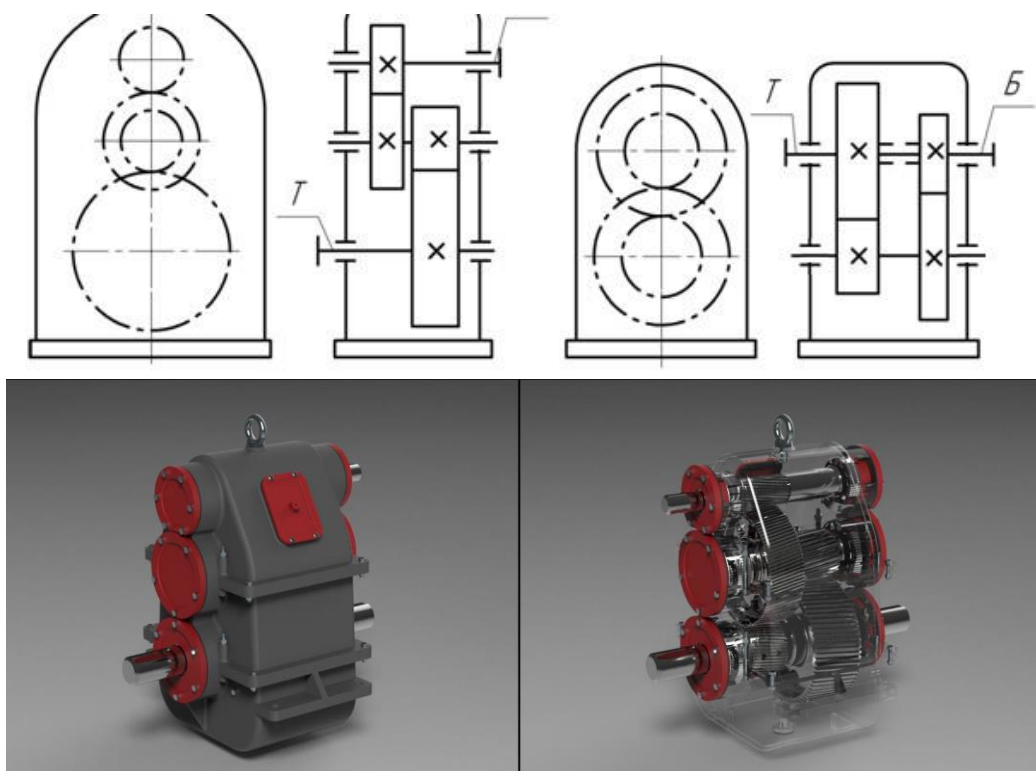


Рисунок 1.10 - Двухступенчатые цилиндрические вертикальные редукторы

По сравнению с одноступенчатыми двухступенчатые цилиндрические зубчатые редукторы позволяют реализовать значительно большее передаточное число, а при одинаковом передаточном числе имеют меньшие габариты (рисунок 1.11).

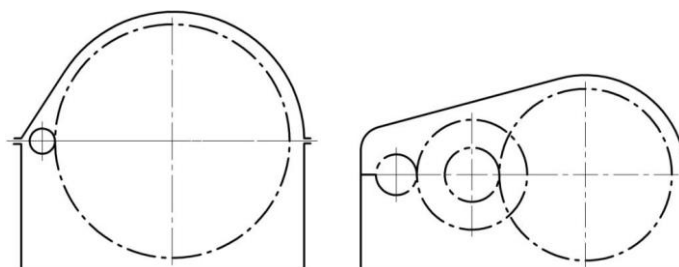


Рисунок 1.11 - Сравнение габаритов одноступенчатых и двухступенчатых цилиндрических зубчатых редукторов (передаточное число одинаковое)

## 5.2 Конические

Используются в случае ортогонального расположения входного и выходного валов, например, в механизмах поворота, в конвейерном оборудовании и для пересекающихся осей. Имеют КПД 95-97%, бесшумны в работе и долговечны, но более сложны в изготовлении. Бесшумны в работе и долговечны. Среди недостатков конических редукторов — повышенные осевые и радиальные нагрузки на валы, сложность изготовления и монтажа (требуют точной фиксации осевого положения зубчатых колес).



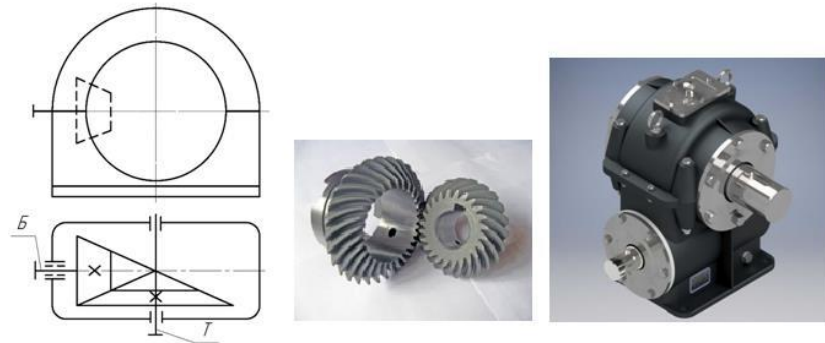


Рисунок 1.12 - Одноступенчатый редуктор с коническими зубчатыми колесами



Рисунок 1.13 - Одноступенчатый конический редуктор с вертикальным ведомым валом

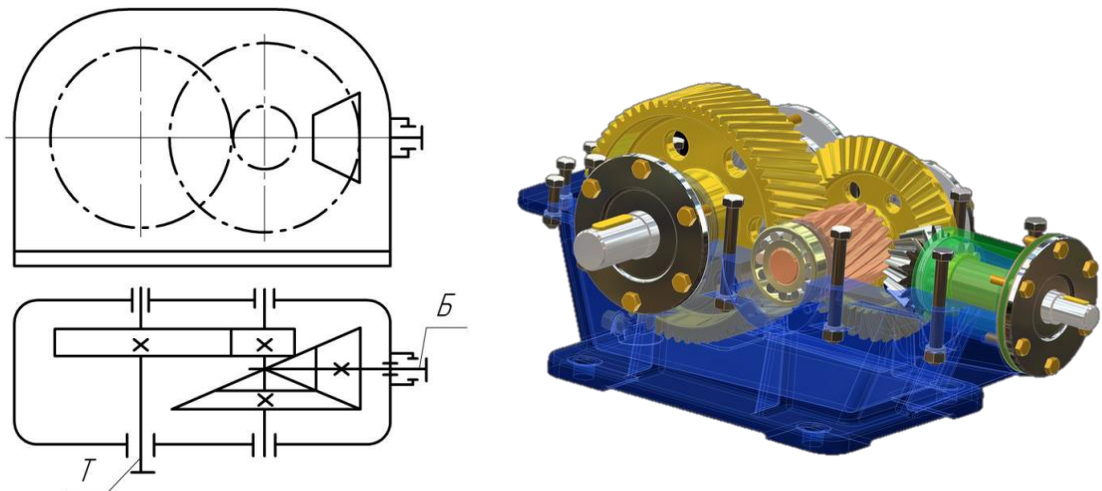


Рисунок 1.14 - Двухступенчатый горизонтальный коническо-цилиндрический редуктор

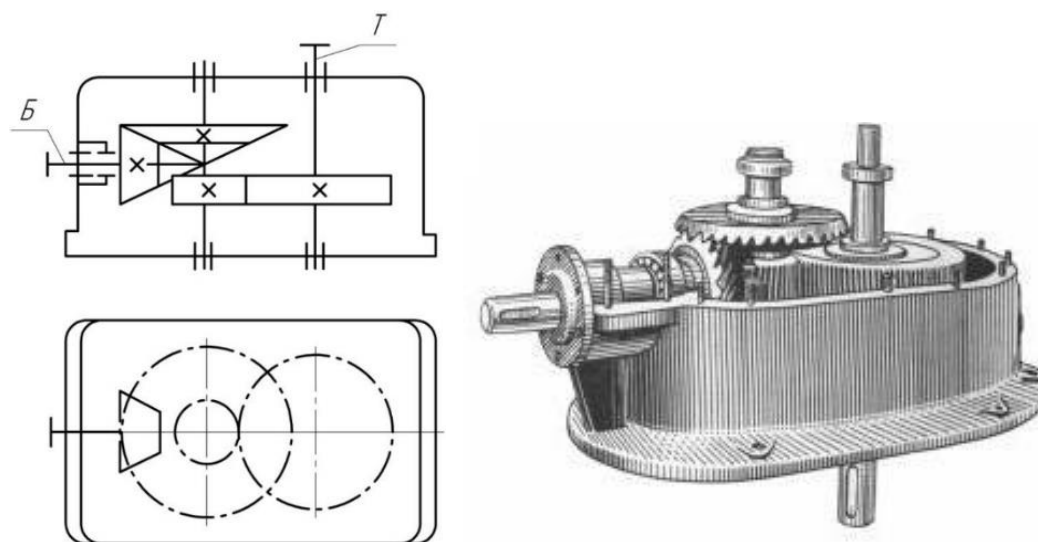


Рисунок 1.15 - Двухступенчатый коническо-цилиндрический

Редуктор с вертикальным тихоходным валом

### 5.2.1 Редукторы коническо-цилиндрические двухступенчатые типа КЦ1

Редукторы представлены типоразмерами КЦ1-200, КЦ1-250, КЦ1-300, КЦ1-400, КЦ1-500 (число после «-» обозначает межосевое расстояние). Передаточные числа для каждого из типоразмеров 28, 20, 14, 10, 6,3:

КЦ1-200 – вращающий момент на тихоходном валу 700 Нм, масса – 186 кг;  
КЦ1-250 – вращающий момент на тихоходном валу 1400 Нм, масса – 391 кг;

КЦ1-300 – вращающий момент на тихоходном валу 2400 Нм, масса – 474 кг;

КЦ1-400 – вращающий момент на тихоходном валу 5300 Нм, масса – 980 кг;

КЦ1-500 – вращающий момент на тихоходном валу 9000 Нм, масса – 1740 кг.

Пример обозначения коническо-цилиндрического двухступенчатого редуктора с межосевым расстоянием тихоходной ступени 200 мм, номинальным передаточным числом 10, вариантом сборки 42, категории точности 1:

Редуктор КЦ1-250-10-42-1.

### 5.2.2 Редукторы коническо-цилиндрические трехступенчатые типа КЦ2

Редукторы представлены типоразмерами КЦ2-500, КЦ2-750, КЦ2-1000, КЦ2-1300 (число после «-» обозначает межосевое расстояние). Передаточные числа для каждого из типоразмеров 180,0, 112,0, 71,0, 45,0, 28,0:

КЦ2-500 – вращающий момент на тихоходном валу 2300 Н·м, масса – 420 кг;

КЦ2-750 – вращающий момент на тихоходном валу 7000 Н·м, масса – 1240 кг;

КЦ2-1000 – вращающий момент на тихоходном валу 16500 Н·м, масса – 2650 кг;

КЦ2-1300 – вращающий момент на тихоходном валу 37500 Н·м, масса – 5110 кг.

Пример обозначения коническо-цилиндрического трехступенчатого редуктора с межосевым расстоянием промежуточной ступени 250 мм, номинальным передаточным числом 45, вариантом сборки 42, категории точности 1:

Редуктор КЦ2-250-45-42-1.

### 5.3. Червячные

Отличаются уникальной конструкцией, где преобразование движения осуществляется через червячную пару. Основные характеристики:

- Передаточное отношение: 5-100.
- КПД: 60-90%.
- Самоторможение при определенных условиях.
- Рекомендуемая область применения: подъемные механизмы, конвейерные системы.
- Компактные размеры.

В редукторах используется зубчато-винтовая передача, оси валов которой перекрещиваются в пространстве. Среди достоинств – получение большого передаточного отношения, плавность и бесшумность в работе, компактность, при необходимости возможность малых и точных перемещений, а также самоторможения; среди недостатков – небольшой к.п.д. (объясняется трением, возникающим при скольжении витков червяка по зубьям колеса), применение дорогих антифрикционных материалов, необходимость регулирования зацепления (ось червяка должна лежать в средней плоскости венца червячного колеса).

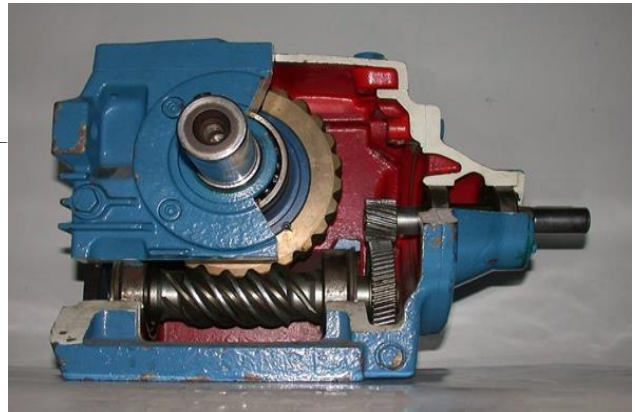
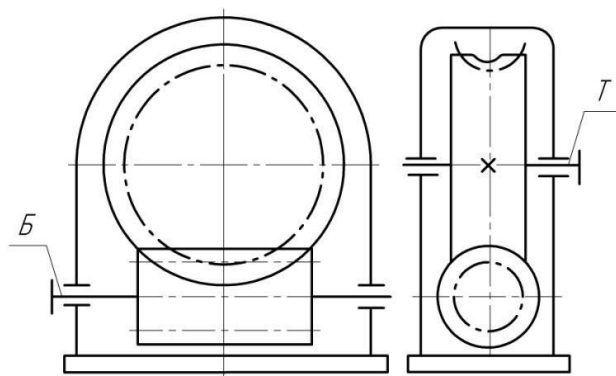


Рисунок 1.16 - Червячный редуктор с нижним расположением червяка

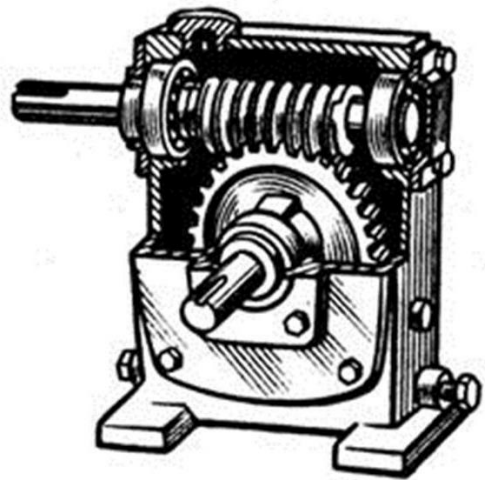
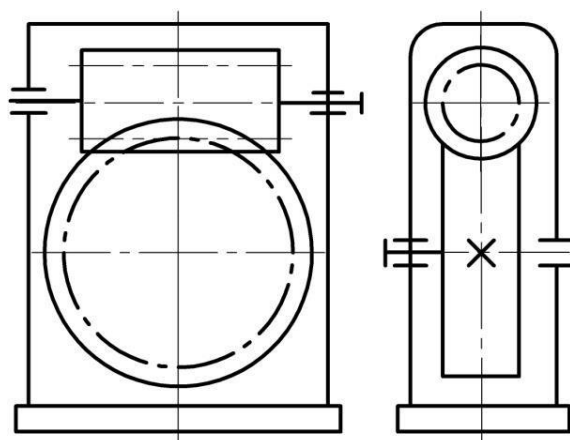


Рисунок 1.17 - Червячный редуктор с верхним расположением червяка

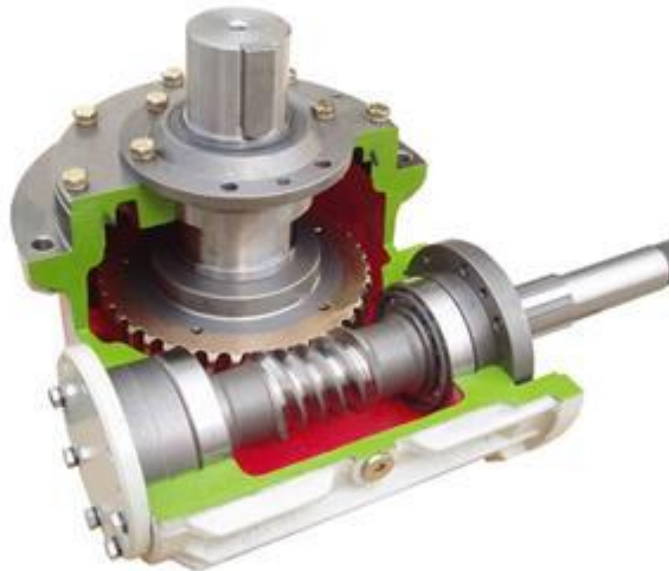


Рисунок 1.18 - Червячный редуктор с вертикальным валом червячного колеса

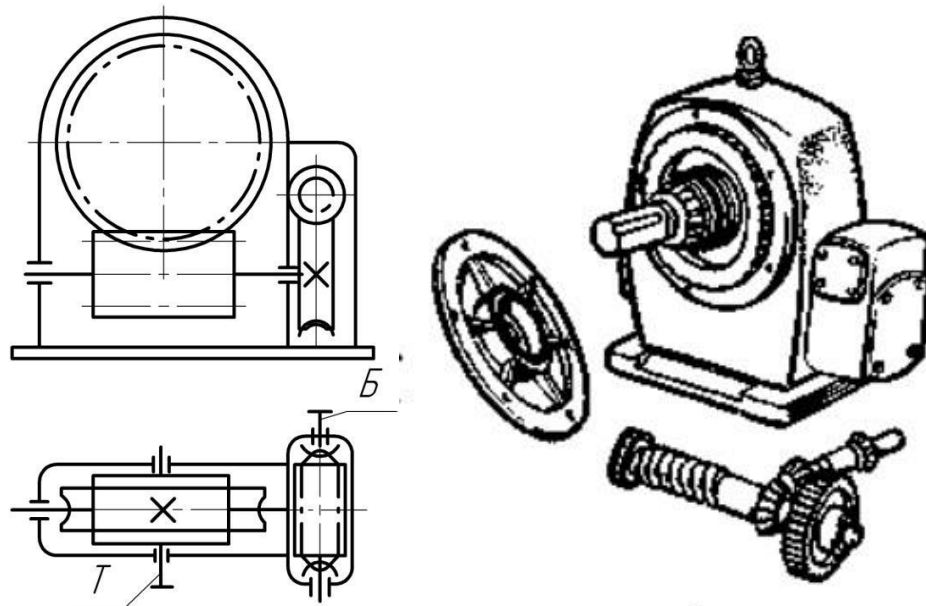


Рисунок 1.19 - Двухступенчатый червячный редуктор

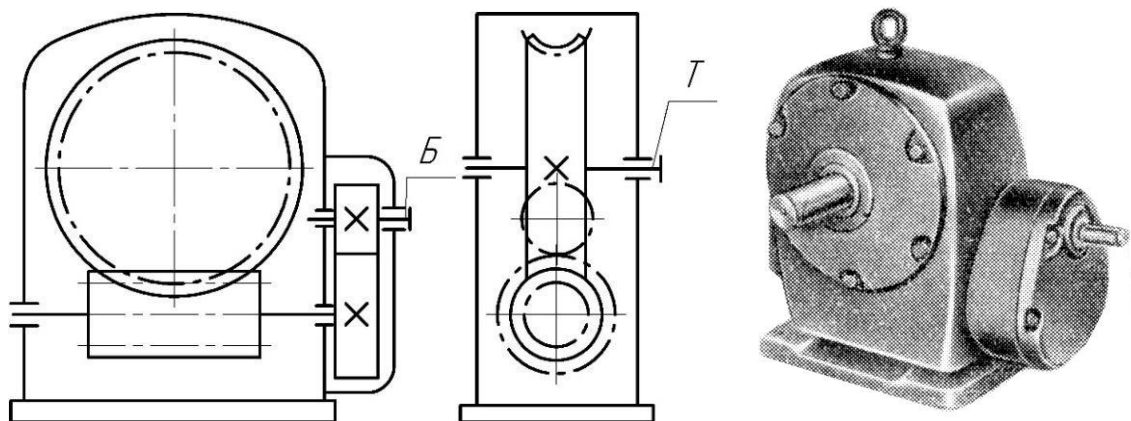


Рисунок 1.20 - Двухступенчатый зубчато-червячный редуктор

## 5.4 Планетарные

Имеют сложную кинематическую схему с центральным и сателлитными колесами. Преимущества:

- Компактные габариты.
- Равномерное распределение нагрузки.
- Высокие передаточные отношения (до 1:600 на ступень).
- Сложность конструкции.
- Высокая точность изготовления.

Планетарная передача состоит из зубчатых колес (сателлитов), которые вращаются вокруг одной центральной шестерни, называемой солнечной. Это напоминает движение планет, поэтому передачи были названы планетарными. В планетарном редукторе может быть и одна, и несколько таких передач. Планетарные передачи обладают широкими кинематическими

возможностями, благодаря чему они могут использоваться и в силовых передачах, и в приборах, большими передаточными отношениями (до нескольких десятков тысяч), повышенной нагрузочной способностью за счет многопарного зацепления, малой нагрузкой на опоры, компактностью, малой массой, пониженным шумом (по сравнению с обычными зубчатыми) при работе. К недостаткам планетарных передач относятся повышенные требования к точности изготовления и монтажа, большое число составляющих (в том числе подшипников качения). Для наиболее часто применяемых схем передач характерно наличие либо высокого к.п.д., либо большого передаточного отношения в одной передаче.

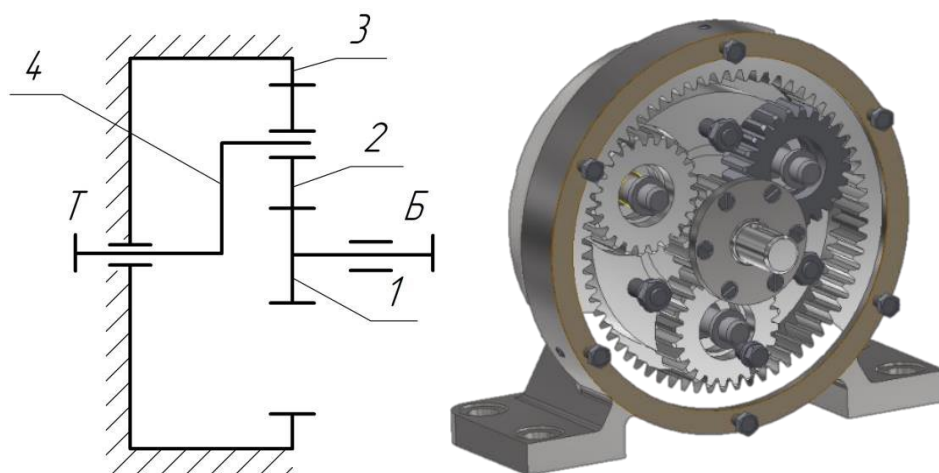


Рисунок 1.21 - Одноступенчатый планетарный редуктор

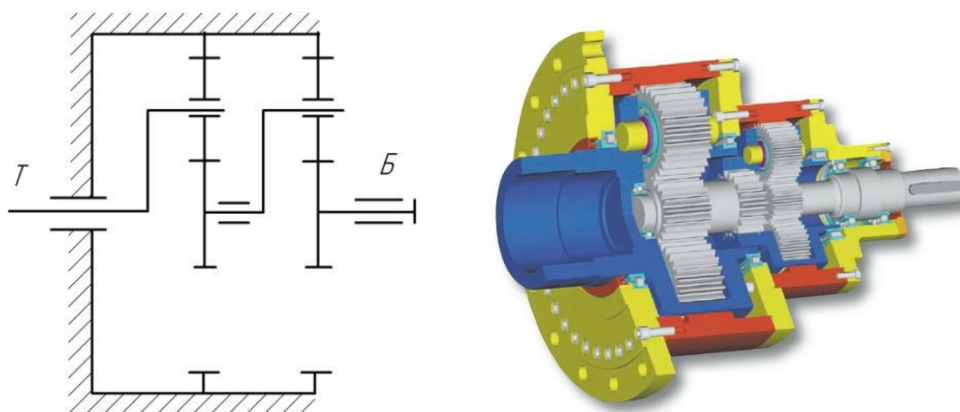


Рисунок 1.22 - Двухступенчатый планетарный редуктор

Основные параметры планетарных редукторов представлены в ГОСТ 25022-81. Он определяет параметры одно-, двух- и трехступенчатых планетарных редукторов общемашиностроительного применения. Редукторы планетарные зубчатые одноступенчатые представлены девятью



типоразмерами Пз-31,5, Пз-40, Пз-50, Пз-63, Пз-80, Пз-100, Пз-125, Пз-160, Пз-200 (число после "-" обозначает межосевое расстояние).

### **5.5 Волновые редукторы**

В редукторах используется волновая передача, которая определяет следующие их возможности:

- способность передавать большие нагрузки при малых габаритах и массе за счет того, что в зацеплении одновременно находится до трети всех зубьев;
- возможность передавать движение в герметизированное пространство без применения дополнительных уплотнений;
- возможность получения большого передаточного числа;
- высокий к.п.д.;
- большую кинематическую точность за счет двухзонности и многопарности зацепления;
- создание небольших нагрузок на валы и опоры вследствие симметричности конструкции;
- относительно небольшой уровень шума;
- компактность и малогабаритность за счет нескольких зон зацепления и большого количества зубьев.

Недостатками являются волновых редукторов являются:

- сложность изготовления гибкого колеса и мелкие модули зацепления;
- ограничение частоты вращения вала генератора при больших диаметрах колес (во избежание больших окружных скоростей в ободу генератора волн и возникновения вибраций).

Волновые передачи широко применяются в атомной, авиационной и космической и подводной технике, в приводах грузоподъемных машин, конвейеров, в следящих системах и системах автоматического управления высокой точности, робототехнике.

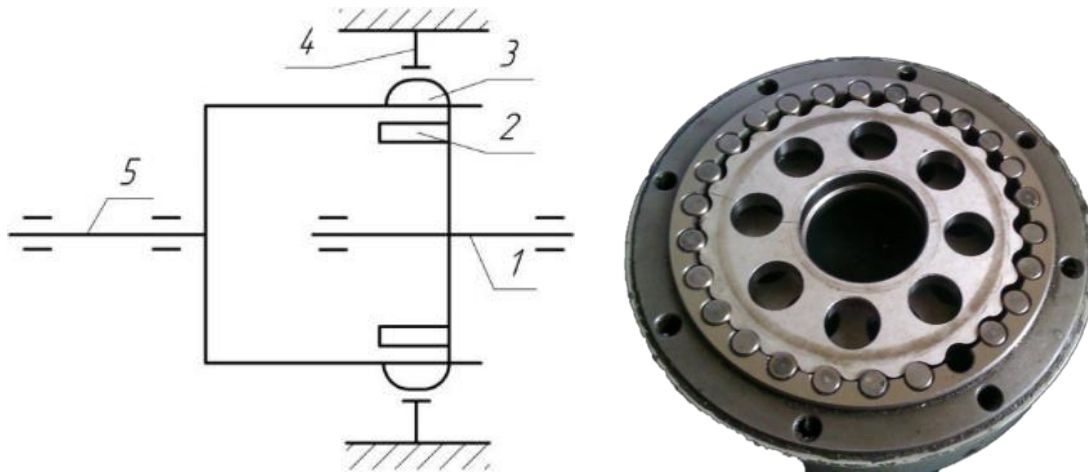


Рисунок 1.23 - Волновой зубчатый одноступенчатый редуктор

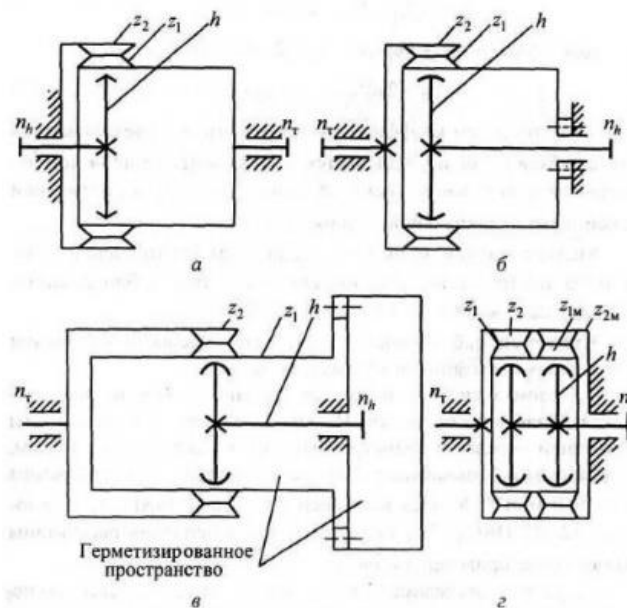


Рисунок 1.24 - Кинематические схемы волновых зубчатых передач

Основные параметры волновых зубчатых редукторов общемашиностроительного применения с вращающимися моментами от 25 Н·м до 4400 Н·м и передаточными отношениями от 48 до 275 представлены в ГОСТ 26218-94. Редукторы представлены девятью типоразмерами ЗВ-60, ЗВ-63, ЗВ-80, ЗВ-100, ЗВ-125, ЗВ-160, ЗВ-200, ЗВ-250. Пример обозначения волнового зубчатого редуктора типа ЗВ с внутренним диаметром гибкого колеса 100 мм, передаточным отношением 204, конструктивного исполнения по способу монтажа 110, климатического исполнения у, категории размещения 3 по ГОСТ 26218-94:

Редуктор ЗВ-100-204-110-У3 ГОСТ26218-94.

## 6. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ РЕДУКТОРОВ



Значения коэффициента полезного действия зубчатых редукторов приведены на таблице 1.6, волновых, червячных и глобоидных – на табл. 1.7.

Таблица 1.6 - Значения коэффициента полезного действия зубчатых редукторов

Название зубчатого редуктора	КПД
Цилиндрический и конический одноступенчатый	0,98
Цилиндрический и конический двухступенчатый	0,97
Цилиндрический и коническо-цилиндрический трехступенчатый	0,96
Цилиндрический и коническо-цилиндрический четырехступенчатый	0,95
Планетарный одноступенчатый	0,97
Планетарный двухступенчатый	0,95

Таблица 1.7 - Значения коэффициента полезного действия волновых, червячных и глобоидных редукторов

Название редуктора	$a_w$ , мм	$i$	КПД
Волновой		63-315	0,83-0,65
Червячный и глобоидные одноступенчатые	40	8-63	0,88-0,56
	50	8-63	0,89-0,60
	63	8-63	0,90-0,64
	80	8-63	0,91-0,67
	100	8-63	0,92-0,70
	125	8-63	0,93-0,72
	160	8-63	0,94-0,73
	200	8-63	0,95-0,75
	250	8-63	0,96-0,77

## 7. ГЛАВНЫЙ ПАРАМЕТР РЕДУКТОРА

Характеристикой редукторов, которая во многом определяет их нагрузочную способность, габариты и массу, является **главный параметр редуктора**.

Главный параметр для различных типов редукторов указан на рисунке 1.25.

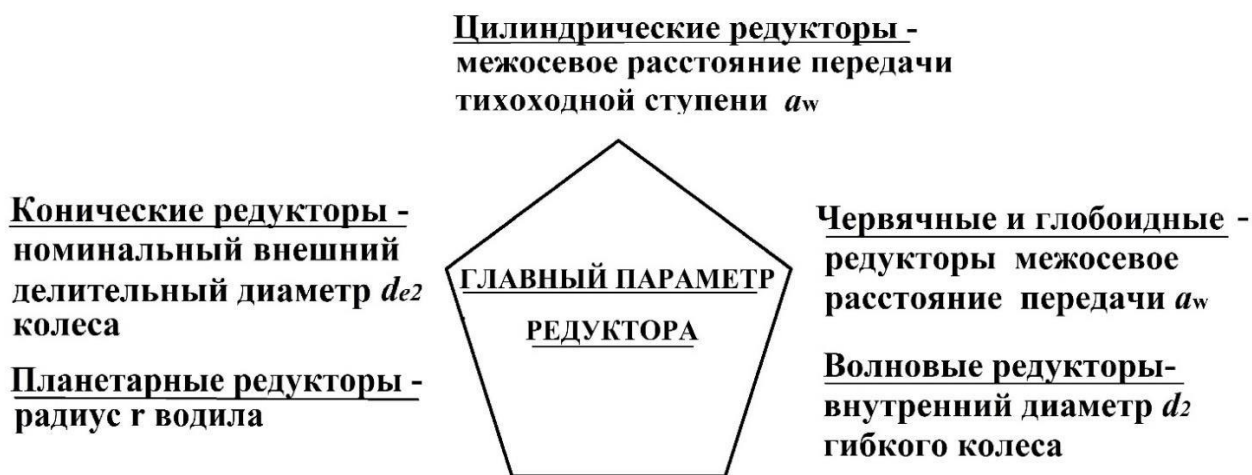


Рисунок 1.25 - Главный параметр различных типов редукторов

## 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДУКТОРОВ

Технические характеристики, определяющие возможности редукторов, указываются в его паспорте. Они перечислены ниже.

1. Главный параметр редуктора (обязательно указывается его наименование, например, межосевое расстояние передачи  $a_w$  тихоходной ступени), мм;
2. Номинальный крутящий момент на тихоходном валу  $T$ , Н;
3. Номинальная радиальная консольная нагрузка, приложенная к середине посадочной поверхности выходного конца быстроходного вала  $F_1$ , Н.  $F_1$  должна быть не менее  $50\sqrt{T} + 125\sqrt{T}$  для всех типов редукторов;
4. Номинальная радиальная консольная нагрузка, приложенная к середине посадочной поверхности выходного конца тихоходного вала  $F_2$ , Н.  $F_2$  должна быть не менее  $125\sqrt{T}$  для одноступенчатых цилиндрических, конических, планетарных редукторов,  $250\sqrt{T}$  – для остальных редукторов.
5. Номинальное передаточное отношение редуктора и допускаемое его отклонение, %;
6. Номинальная частота вращения быстроходного вала  $n_1$ , об/мин;
7. Расчетный ресурс  $t_\Sigma$ , час;
8. Коэффициент полезного действия,  $\eta$ ;
9. Шумовые характеристики;
10. Габаритные и присоединительные размеры;
11. Масса, кг;
12. Потребный объем смазочного материала.

На табличке, устанавливаемой на конкретном редукторе, приводятся следующие данные:

- товарный знак изготовителя;
- условное обозначение редуктора, включающее типоразмер номинальное передаточное отношение, вариант сборки (варианты отличаются по количеству, взаимному расположению, форме и размерам выходных концов валов) согласно ГОСТ-20373-94, исполнение выходных концов валов (при необходимости), категорию точности редуктора, климатическое исполнение и категорию по ГОСТ 15150-69;
- номинальный крутящий момент на тихоходном валу  $T$ , Нм;
- масса, кг;
- порядковый номер редуктора по системе нумерации изготовителя;
- год выпуска.

## **9. ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ РЕДУКТОРОВ**

Причинами отказов редукторов являются:

- выкрашивание рабочих поверхностей зубьев в цилиндрических и конических колесах;
- образование трещины у основания зуба или его поломка в цилиндрических и конических колесах;
- утончение зуба за счет износа толщины в опасном сечении или поломка зуба в червячных колесах;
- образование трещины в гибком колесе у волновых редукторов;
- выкрашивание рабочих поверхностей тел качения и колец в подшипниках качения.

## **10. КРИТЕРИИ ВЫБОРА РЕДУКТОРОВ**

При подборе оптимальной конструкции следует учитывать:

- требуемое передаточное отношение;
- величину крутящего момента;
- условия эксплуатации (температура, запыленность);
- режим работы (постоянный, переменный);
- требования к уровню шума.

## **11. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

Современные тенденции в проектировании редукторов включают:

- применение композитных материалов;
- использование прецизионных подшипников;
- внедрение систем мониторинга состояния;
- разработка модульных конструкций.

## **12. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Для обеспечения длительной и надежной работы необходимо:

- соблюдать регламент технического обслуживания;
- контролировать уровень смазки;
- мониторить температурный режим;
- своевременно выполнять регулировку зацеплений.

### **Заключение**

Современные редукторные системы представляют собой сложные механические устройства, выбор которых требует комплексного подхода. Понимание конструктивных особенностей различных их типов позволяет оптимально подобрать оборудование для конкретных условий эксплуатации, обеспечивая надежность и эффективность работы приводных систем.

### **Содержание отчета**

Отчет по лабораторной работе должен включать:

1. Цель работы
2. Краткую теорию
3. Результаты измерений
4. Расчеты основных параметров
5. Выводы и рекомендации
6. Ответы на контрольные вопросы

## **Лабораторная работа «РЕДУКТОРЫ»**

**Цель работы:** изучить классификацию редукторов, а также конструкцию редуктора (по заданию преподавателя) и назначение отдельных его узлов и деталей. Путем разборки редуктора определить размеры входящих в состав редуктора деталей, определить параметры зацепления, определить передаточное отношение редуктора.

**Оборудование, приборы и инструменты:** редуктор цилиндрический зубчатый, штангенциркуль, угломер, ключи гаечные.

1. Описать общие сведения о \_\_\_\_\_ редукторе.
2. Начертить кинематическую схему \_\_\_\_\_ редуктора.
3. Эскизы редукторов с основными габаритными размерами.
4. Расшифровка цифровых и буквенных обозначений.
5. Характеристика редукторов по назначению и применению.
6. Таблица замеров (таблица 1).

Таблица 1 - Измерение параметров зацеплений цилиндрической зубчатой передачи

Параметры	Обозначение	Значение	
		1 ступень	2 ступень
Число зубьев шестерни	$Z_1$		
Число зубьев колеса	$Z_2$		
Угол наклона зубьев, град.	$\beta$		
Направление зубьев шестерни колеса	$b_1$ $b_2$		
Диаметр вершин зубьев, мм шестерни колеса	$d_{a1}$ $d_{a2}$		
Начальное межосевое расстояние, мм	$a_w$		

7. Таблица рассчитанных параметров (таблица 2).

Таблица 2 - Расчет параметров зацеплений

Параметр	Расчетная зависимость	Результат расчета	
		1 ступень	2 ступень
Передаточное число	$u = Z_2 / Z_1$		
Нормальный (расчетный) модуль, мм	$m = 2a_w \cos\beta / (Z_2 + Z_1)$		
Угол наклона зубьев, град.	$\beta = \arccos[m(Z_2 + Z_1)/2a_w]$		
Окружной модуль, мм	$m_t = m / \cos \beta$		
Делительный диаметр шестерни, мм колеса, мм	$d_1 = mZ_1 / \cos\beta$ $d_2 = mZ_2 / \cos\beta$		
Делительное межосевое расстояние, мм	$a = m(Z_2 + Z_1) / 2\cos\beta$		
Диаметр вершин зубьев шестерни, мм колеса, мм	$d_{a1} = d_1 + 2m$ $d_{a2} = d_2 + 2m$		

8. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Укажите цель лабораторной работы.
2. Какие приборы и инструменты используются при выполнении работы?
3. Назовите назначение редуктора.
4. Как различают зубчатые редукторы в зависимости от типа используемых в них зубчатых колес, от числа ступеней?
5. Какие основные параметры характеризуют редуктор?
6. Чем отличается кинематическая схема планетарного редуктора от обычного?
7. Как определить передаточное отношение многоступенчатого редуктора?
8. Какие факторы влияют на КПД червячного редуктора?
9. В чем преимущества комбинированных редукторов?

### **Самостоятельная работа студентов**

1. Расчетная часть:
  - Расчет геометрических параметров зубчатой передачи.
  - Определение передаточного отношения.
  - Расчет КПД редуктора.
2. Графическая часть:
  - Вычерчивание кинематической схемы.
  - Выполнение эскиза редуктора.
  - Построение диаграмм нагрузок.
3. Аналитическая часть:
  - Сравнительный анализ различных типов редукторов.
  - Подбор редуктора по заданным параметрам.
  - Оценка экономической эффективности.

### **Рекомендуемая литература**

Основная литература:

1. Иванов М.Н. Детали машин. - М.: Высшая школа, 2020.
2. Решетов Д.Н. Детали машин. - М.: Машиностроение, 2019.

Дополнительная литература:

1. ГОСТ 16162-78. Редукторы общие технические условия.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.
3. Каталоги ведущих производителей редукторов.

4. Пикмуллин, Г.В. Испытания подшипника скольжения: Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» / Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, А.П. Мудров, Т.Н. Вагизов. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 16 с.

5. 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.

6. Пикмуллин, Г.В. Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования» / С.М. Яхин, Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, А.П. Мудров. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 44 с.