

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## ДЕТАЛИ МАШИН

### Задание

- Построить пространственную модель редуктора в системе Autodesk Inventor по чертежам общего вида, представленным на рис. 1 и 2.

Размеры валов, межосевые расстояния и делительные диаметры зубчатых колес представлены в отдельных файлах.

Недостающие размеры вычисляются через масштабный коэффициент. Линейкой измеряется не достающий размер и умножается на масштабный коэффициент. Единица измерения всех размеров — мм. При этом масштаб изображения на экране монитора не должен меняться.

Масштабный коэффициент равен отношению размера, указанного на чертеже, к тому же размеру в мм, измеренному линейкой.

Размеры крышек подшипников, подшипники, мазеудерживающие кольца, болтовые соединения, толщина стенок корпуса и т.д. принимаются согласно стандартам или из справочников.

- Определить число зубьев колес. Вычислить передаточное отношение редуктора и каждой его ступени.
- Построить зубчатое зацепление двухступенчатого цилиндрического редуктора. Провести расчет на прочность каждой ступени редуктора. Определить максимальные крутящие моменты на промежуточном и тихоходном валах редуктора, удовлетворяющих условиям прочности.

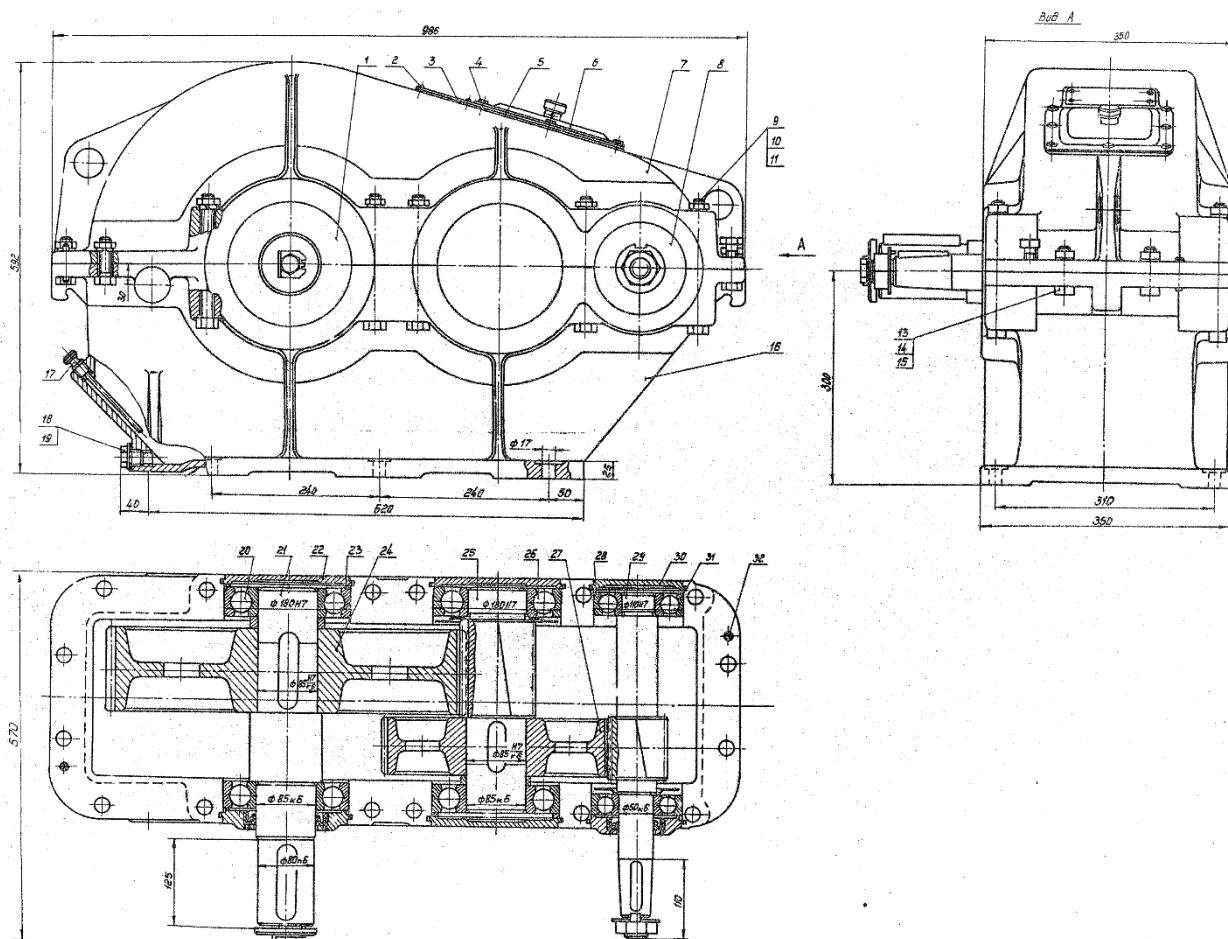


Рис. 1. Двухступенчатый цилиндрический редуктор

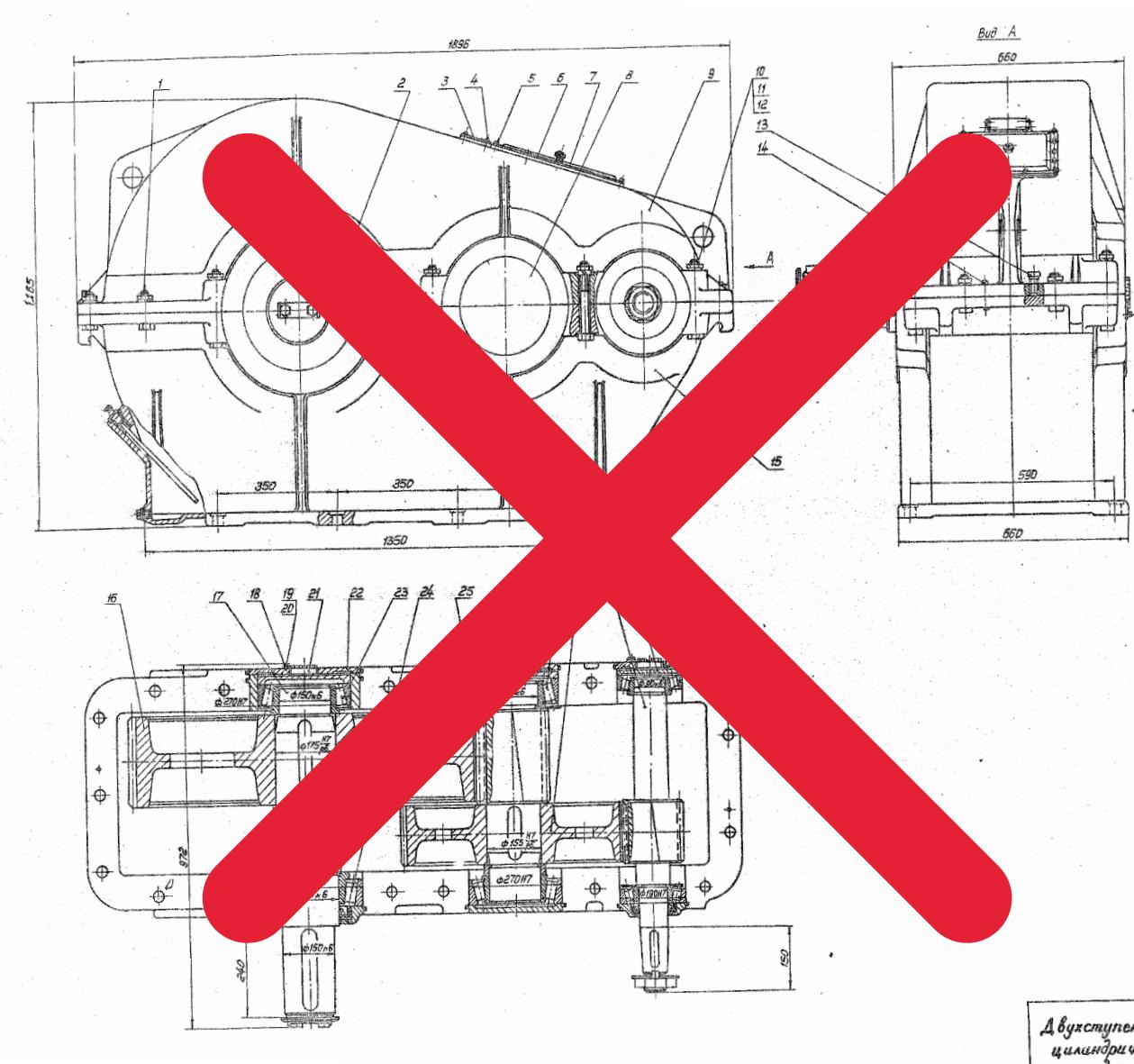


Рис. 2. Двухступенчатый цилиндрический редуктор

4. Для заданных крутящих моментов определить все силы, действующие в зацеплении каждой ступени редуктора. Провести проверочный расчет валов редуктора.
5. Установить подшипники и мазеудерживающие кольца на валах редуктора согласно представленным чертежам на рис. 1 и 2. Провести расчет подшипников.
6. Построить крышки подшипников.
7. Построить корпус двухступенчатого редуктора, состоящего из основания и верхней крышки.
8. Построить все детали, расположенные на корпусе редуктора.
9. Провести сборку двухступенчатого редуктора.
10. Провести проверочные расчеты болтовых соединений крышек подшипников и корпуса редуктора.

*Двухступенчатый  
цилиндрический  
редуктор*

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- ✓ 1. В системе Autodesk Inventor построить валы по размерам, указанным в специальных файлах. Диаметры шестерен принять чуть больше диаметров вершин зубьев шестерни.
- ✓ 2. Суммарное число зубьев зубчатой передачи при внешнем зацеплении равно:

$$z_{1\Sigma} = z_2 + z_1 = \frac{2a}{m_n} \cdot \cos \beta , \quad \begin{array}{l} \text{тихоходный}=231 \\ \text{быстроходный}=193 \end{array} \quad (1)$$

где  $z_1$  и  $z_2$  — число зубьев соответственно шестерни и зубчатого колеса,  $a$  — межосевое расстояние (мм),  $m_n$  — нормальный модуль,  $\beta$  — угол наклона зуба.

Принять угол наклона зуба  $\beta = 15^\circ$ . Минимальное значение числа зубьев шестерни принять равным:  $z_1 = 17$ . Модуль принимается согласно следующему ряду, указанному в таблице 1.

Таблица 1

Модули $m$ зубчатого колеса
<del>0.1, 0.12, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.15, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0,</del>
<del>10, 12.5, 16, 20, 25</del>

Делительный диаметр определяется по формуле:

$$d_i = \frac{z_i \times m_n}{\cos \beta} . \quad (2)$$

Согласно заданным исходным данным из выражения (2) можно определить число зубьев колеса:

$$z_i = \frac{d_i \times \cos \beta}{m_n} . \quad (3)$$

Значения модулей принять согласно таблице 2.

Таблица 2

Значения модулей (мм) к рис. 1						
Варианты	1	2	3	4	5	6
1 ступень	2	2.5	3.15	4	5	6.3
2 ступень	2.5	3.15	4	5	6.3	8
Значения модулей (мм) к рис. 2						
1 ступень	4	5	6.3	8	10	12.5
2 ступень	5	6.3	8	10	12.5	16

- ✓ 3. Вычислить передаточное отношения быстроходной и тихоходной ступеней редуктора по формулам:

$$u_B = z_2/z_1 , \quad 153/40 = 3,825 \quad (4)$$

$$u_T = z_4/z_3 , \quad 193/38 = 5,079 \quad (5)$$

- ✓ 4. Установить валы редуктора в одной горизонтальной плоскости и выровнять участки, на которых будут размещены зубчатые колеса. Построить зубчатое зацепление на всех валах редуктора,

используя исходные и расчетные данные: межосевые расстояния, число зубьев колес и передаточные функции каждой ступени.

**Замечание.** Межосевые расстояния в процессе проектирования не должны изменится, т.е. оставаться постоянными и равными исходным значениям.

- ✓ 5. Провести проверочный расчет зубчатого зацепления и установить максимальный крутящий момент на выходном валу ступени редуктора, который удовлетворяет условию прочности.

**Примечание 1.** Улучшенные зубчатые колеса изготавливают из качественных углеродистых сталей 35, 40, 45, 50, 50Г и легированных сталей 35Х, 40Х 40ХН и др.

**Примечание 2.** Для всех вариантов задания зубчатые колеса выполнены из стали 50.

**Примечание 3.** Валы изготавливают из углеродистых и легированных конструкционных сталей: Ст3, Ст4, Ст5, 25, 30, 35, 40 и 45. Валы, к которым предъявляют повышенные требования к несущей способности и долговечности, выполняют из среднеуглеродистых или легированных сталей с улучшением: 35, 40, 40Х, 40ХН и др.

$$T_1=14,324 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

**Примечание 4.** Для всех валов принять сталь 45.

$$T_2=265,865 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

**Примечание 5.** Вал-шестерня выполняется из стали 45.

**Примечание 6.** При проведении прочностного расчета зубчатого зацепления следует учитывать, что в зацеплении зубчатое колесо и шестерня выполнены из разных материалов.

- ✓ 6. Рассчитать силы, действующие в зацеплении каждой ступени редуктора.

На рис. 3 представлены векторы сил, действующих в зацеплении прямозубой зубчатой передачи (рис. 3, а), конической передачи (рис. 3, б) и косозубой цилиндрической передачи (рис. 3, в). Для косозубой цилиндрической передачи силы, действующие в зацеплении, определяются по формулам:

➤ Окружная сила —  $F_t$

$$F_t = 2T_1/d_{w1} , \quad (6)$$

где  $T_1$  — крутящий момент на входном вал,  $d_{w1}$  — делительный диаметр шестерни.

➤ Радиальная сила —  $F_r$

$$F_r = F_t \tan \alpha_{wt} , \quad (7)$$

где  $F_t$  — окружная сила,  $\alpha_{wt}$  — угол наклона линии зацепления, который приблизительно равен  $20^\circ$ .

➤ Осевая сила —  $F_a$

$$F_a = F_t \tan \beta , \quad (8)$$

где  $F_t$  — окружная сила,  $\beta$  — угол наклона зуба (по заданию  $\beta = 15^\circ$ ).

**Примечание 1.** На промежуточном валу будут действовать шесть сил по три силы в каждом зацеплении.

**Примечание 2.** Окружная сила, действующий на зубчатое колесо промежуточного вала, не равна окружной силе, действующей на шестерню, находящуюся в зацеплении с колесом тихоходного вала.

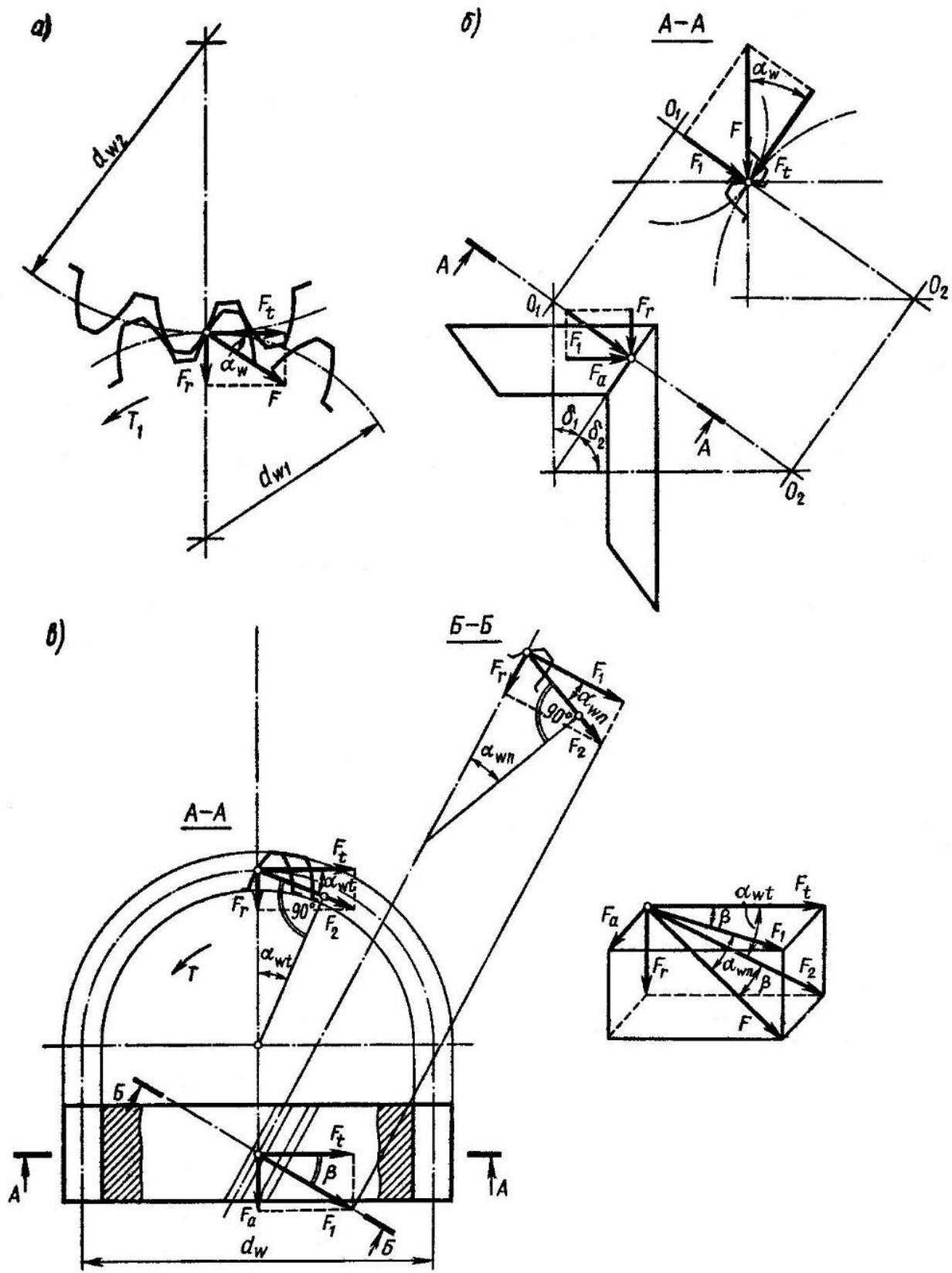


Рис. 3. Схемы сил, действующих в зацеплении зубчатых передач

- ✓ 7. Подобрать по ГОСТ и установить подшипники на валы. Провести проверочный расчет подшипников.
- 8. Откорректировать длины участков валов согласно установленным на них деталям.
- 9. Провести проверочный расчет всех валов редуктора.

10. Построить корпус и крышку редуктора.
11. Построить мезеудерживающие кольца подшипников.
12. Построить крышки подшипников.
13. Провести сборку редуктора.
14. Провести проектировочные расчеты болтовых соединений корпуса редуктора и крышек подшипников.
15. Построить чертежи общего вида редуктора, валов, крышек подшипников и зубчатых колес.