

**ОПД.Ф.02.03 ТЕОРИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**  
**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И АНАЛИЗ**  
**СЛОЖНЫХ ЗУБЧАТЫХ МЕХАНИЗМОВ**  
Методические указания с примерами решения и заданиями



$$i_{46}^H = \frac{\omega_4 - \omega_H}{\omega_6 - \omega_H} = -\frac{z_6}{z_4}; \quad i_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = -\frac{z_3}{z_1};$$

уравнения кинематических связей

$$\omega_A = \omega_1 = \omega_4; \quad \omega_3 = \omega_6; \quad \omega_H = \omega_B.$$

Учитывая эти равенства и то, что  $i_{AB} = \omega_A / \omega_B$ , можно записать

$$i_{46}^H = \frac{\omega_A - \omega_B}{\omega_A - \omega_B} = \frac{i_{AB} - 1}{i_{13} - 1};$$

отсюда получаем формулу передаточного отношения механизма

$$i_{AB} = \frac{1 - i_{46}^H}{1 - \frac{i_{46}^H}{i_{13}}} = \frac{1 + \frac{z_6}{z_4}}{1 - \frac{z_6}{z_4} \frac{z_1}{z_3}}.$$

Можно задать значение дроби  $\frac{z_6}{z_4}$  и рассчитать величину  $\frac{z_3}{z_1}$ , при которой будет обеспечено требуемое передаточное отношение  $i_{AB}$ :

$$\frac{z_3}{z_1} = \frac{\frac{z_6}{z_4}}{1 - \frac{z_6}{z_4} \frac{z_1}{z_3}}.$$

Пусть, например,  $\frac{z_6}{z_4} = \frac{50}{19}$ ; тогда для отношения  $\frac{z_3}{z_1}$  получим требуемое значение

$$\frac{z_3}{z_1} = \frac{\frac{z_6}{z_4}}{1 - \frac{z_6}{z_4} \frac{z_1}{z_3}} = \frac{\frac{50}{19}}{1 - \frac{50}{19} \frac{z_1}{z_3}} = 2.124,$$

которое можно довольно точно представить подходящей обыкновенной дробью

$$\frac{z_3}{z_1} = 2.124 \approx \frac{17}{8} = \frac{51}{24}.$$

Проверим точность подбора чисел зубьев по величине фактического передаточного отношения:

$$i_{AB}^{\phi} = \frac{1 + \frac{50}{19}}{1 - \frac{50}{19} \cdot \frac{24}{51}} = -15,2338;$$

отклонение полученной величины от заданной составляет

$$\delta i_{AB} = \left( \frac{15,2338}{15,2} - 1 \right) 100\% = 0,22\%,$$

что вполне допустимо.

Числа зубьев связанных колес  $z_2$  и сателлитов  $z_5$  найдем из условий соосности:

$$z_1 + z_2 \cong z_3 - z_2; \quad z_4 + z_5 \cong z_6 - z_5,$$

откуда

$$z_2 \cong 0,5(z_3 - z_1) = 0,5(51 - 24) = 13,5;$$

$$z_5 \cong 0,5(z_6 - z_4) = 0,5(50 - 19) = 15,5.$$

Примем  $z_2 = 14$  и  $z_5 = 15$ .

Из условий соседства найдем предельно допустимые значения числа связанных колес  $n_{w_2}$  и сателлитов  $n_{w_5}$ :

$$n_{w_2} < \frac{180^\circ}{\arcsin \frac{z_2 + 2}{z_1 + z_2}} = \frac{180^\circ}{\arcsin \frac{14 + 2}{24 + 14}} = 7,2;$$

$$n_{w_5} < \frac{180^\circ}{\arcsin \frac{z_5 + 2}{z_4 + z_5}} = \frac{180^\circ}{\arcsin \frac{15 + 2}{19 + 15}} = 6,0.$$

Из условия сборки для замыкающей кинематической цепи  $z_1 z_2 z_3$

$$\zeta_2 = \frac{z_1 + z_3}{n_{w_2}} = \frac{24 + 51}{n_{w_2}} = \frac{75}{n_{w_2}}$$

следует, что в качестве  $n_{w_2}$  пригодно значение любого делителя числа 75, не превышающее 7 (здесь  $\zeta_2$  - произвольное целое число); примем  $n_{w_2} = 5$ .

Аналогично, для дифференциальной ступени  $z_4 z_5 z_6$  должна быть целой величина

$$\zeta_5 = \frac{z_4 + z_6}{n_{w_5}} = \frac{19 + 50}{n_{w_5}} = \frac{69}{n_{w_5}}$$

и поэтому можно принять число сателлитов  $n_{w_5} = 3$  (это единственный делитель числа 69, отличный от 1 и меньший 6).

Таким образом, для колес редуктора подобраны следующие числа зубьев и потоков мощности:  $z_1=24$ ;  $z_2=14$ ;  $z_3=51$ ;  $n_{w_2}=5$ ;

$$z_4=19$$
;  $z_5=15$ ;  $z_6=50$ ;  $n_{w_5}=3$ .

Рассчитаем кинематику механизма при заданной угловой скорости входного вала  $\omega_A = 100 \text{ с}^{-1}$  и подобранных числах зубьев колес.

Угловые скорости колес  $z_1$  и  $z_4$ , расположенных на входном валу

$$\omega_1 = \omega_4 = \omega_A = 100 \text{ с}^{-1};$$

тогда угловая скорость связанных колес  $z_2$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{12}} = \frac{\omega_1}{-\frac{z_2}{z_1}} = \frac{100}{-\frac{14}{24}} = -171.4286 \text{ с}^{-1};$$

угловая скорость колес  $z_3$  и  $z_6$

$$\omega_3 = \omega_6 = \frac{\omega_1}{i_{13}} = \frac{\omega_1}{-\frac{z_3}{z_1}} = \frac{100}{-\frac{51}{24}} = -47.0588 \text{ с}^{-1};$$

Полагая  $i_{AB} = i_{AB}^\Phi = -15.2338$ , найдем угловую скорость выходного вала  $B$  и расположенного на нем водила  $H$ :

$$\omega_B = \omega_H = \frac{\omega_A}{i_{AB}^\Phi} = \frac{100}{-15.2338} = -6.5644 \text{ с}^{-1}$$

из соотношения

$$i_{45}^H = \frac{\omega_4 - \omega_H}{\omega_5 - \omega_H} = -\frac{z_5}{z_4} = -\frac{15}{19}$$

найдем угловую скорость сателлитов

$$\omega_5 = \omega_H + \frac{\omega_4 - \omega_H}{i_{45}^H} = -6.5644 + \frac{100 - (-6.5644)}{-\frac{15}{19}} = -141.5459 \text{ с}^{-1}.$$

Относительные угловые скорости во вращательных парах:

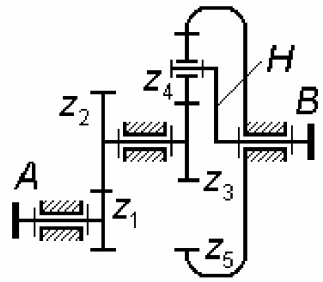
$$\omega_{13} = \omega_{46} = \omega_1 - \omega_3 = 100 - (-47.0588) = 147.0588 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{5H} = \omega_5 - \omega_H = -141.5459 - (-6.5644) = -134.9815 \text{ с}^{-1}.$$

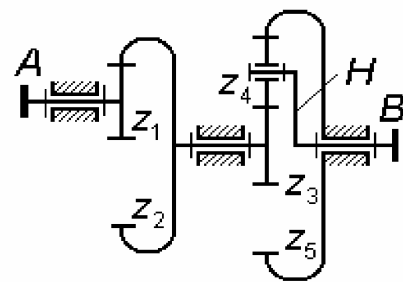
### Список литературы

1. Теория механизмов и машин / Под ред. К.В.Фролова. – М.: Высшая школа, 1987. – 485 с.
2. Стандарт предприятия. Графические и текстовые конструкторские документы. Требования к построению, изложению, оформлению. СТП УГАТУ 002-98. – Уфа: УГАТУ, 1998. - 82 с.
3. Кинематический анализ механизмов в компьютерной среде. Учеб. пособие / Б.И.Гурьев, Д.А.Ахмедзянов – Уфа: УГАТУ, 1995. – 36 с.
4. Планетарные механизмы. Учеб. пособие / И.А.Болотовский, О.Ф.Васильева, Б.И.Гурьев, Л.Л.Русак – Уфа: УГАТУ, 1997. – 94с.
5. Теория механизмов и машин (Кинематический и силовой анализ механизмов): Методические указания к решению задач / Сост.: И.А.Болотовский, О.Ф.Васильева, А.Б.Ефименко, И.Б.Дейчман – Уфа: УАИ, 1992. – 42 с.
6. Теория механизмов и машин (Геометрия зубчатых передач, динамика механизмов): Методические указания к решению задач / Сост.: О.Ф.Васильева, Б.И.Гурьев, А.Б.Ефименко, Л.Л.Русак – Уфа: УАИ, 1992. – 49 с.

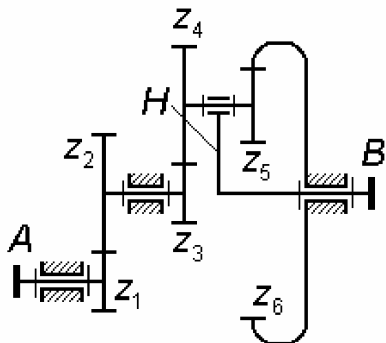
## Схемы механизмов



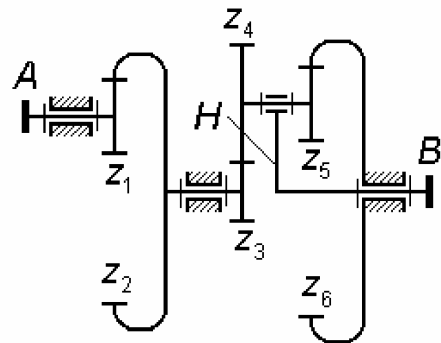
**Вариант 01**



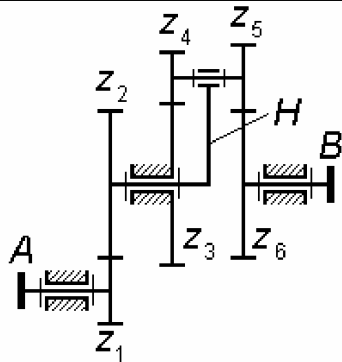
**Вариант 02**



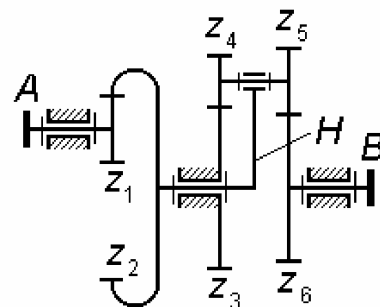
**Вариант 03**



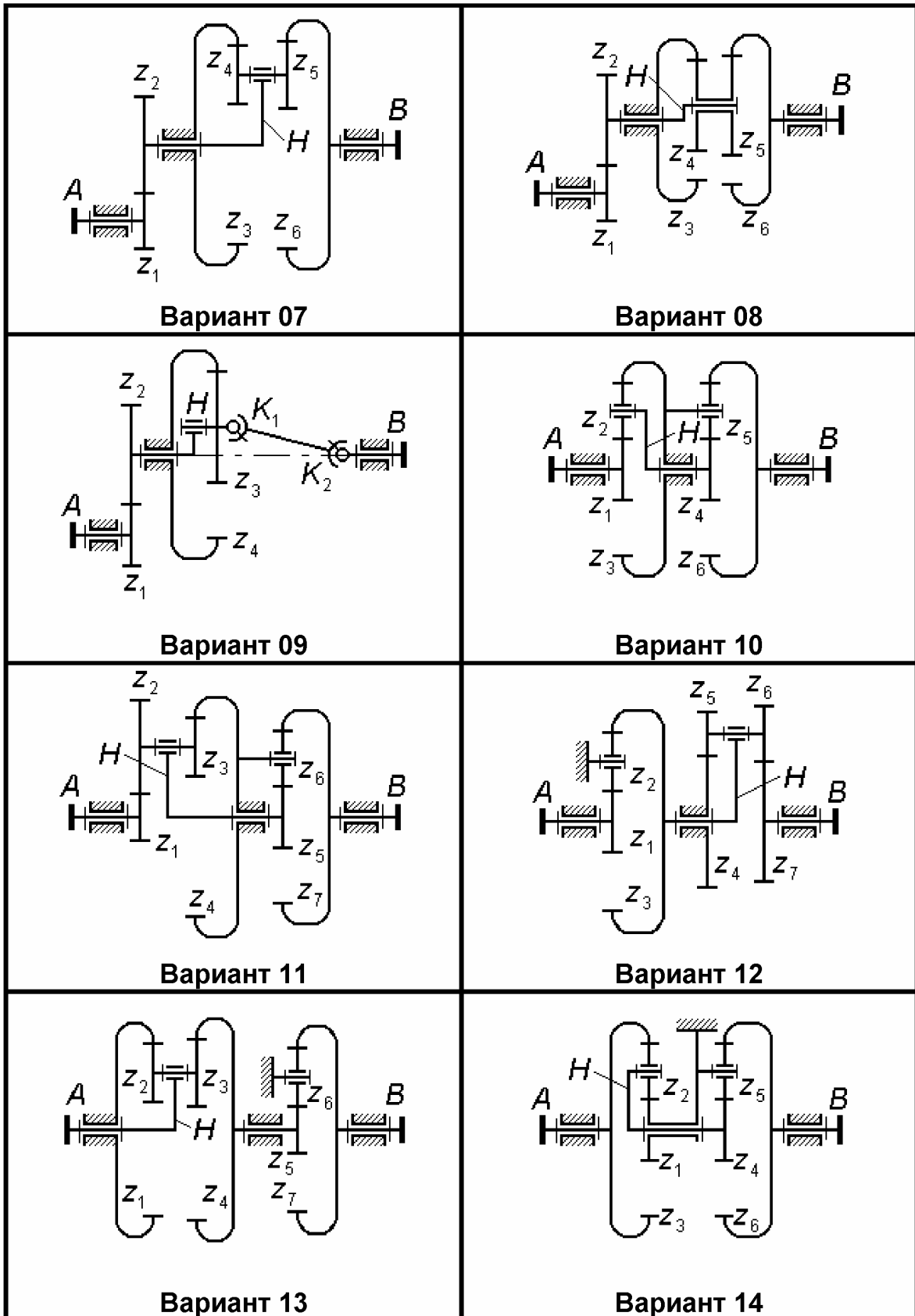
**Вариант 04**



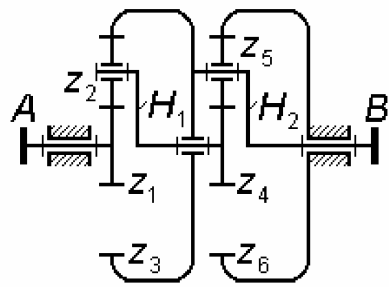
**Вариант 05**



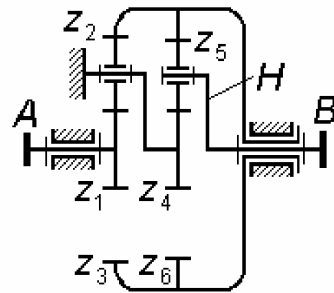
**Вариант 06**



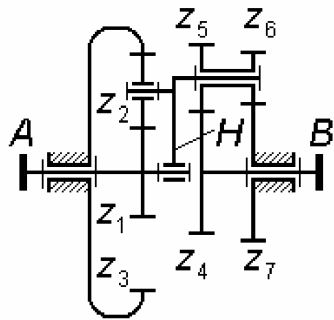




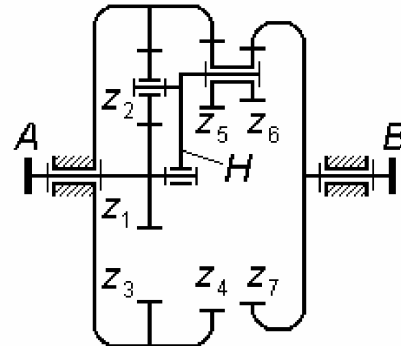
**Вариант 15**



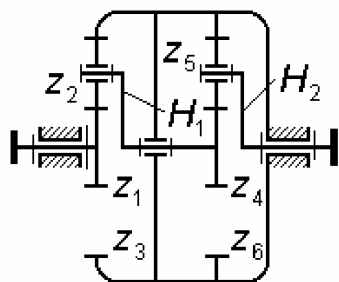
**Вариант 16**



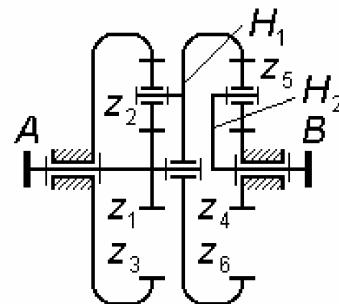
**Вариант 17**



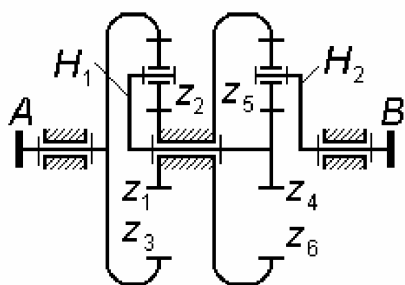
**Вариант 18**



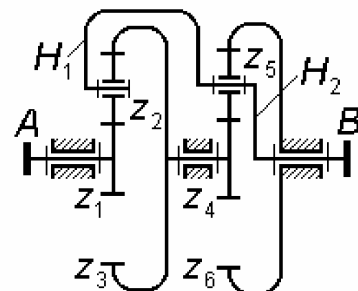
**Вариант 19**



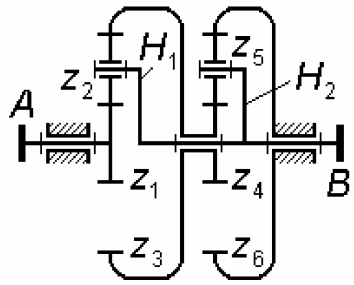
**Вариант 20**



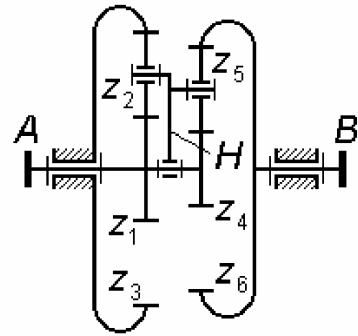
**Вариант 21**



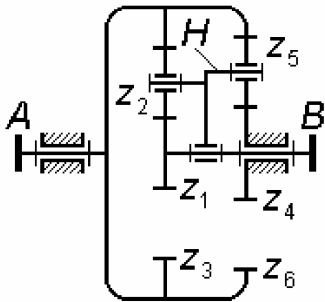
**Вариант 22**



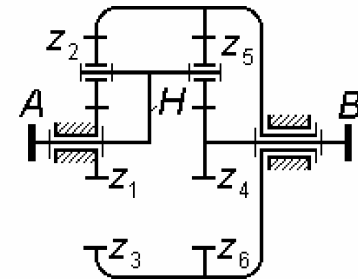
Вариант 23



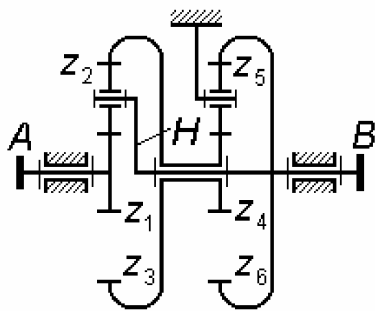
Вариант 24



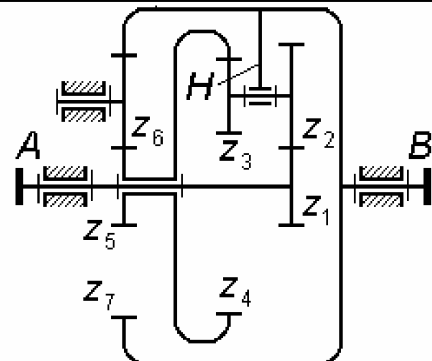
Вариант 25



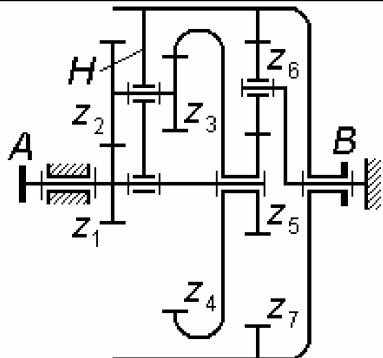
Вариант 26



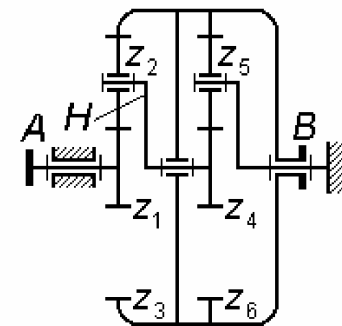
Вариант 27



Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30

