



Задания, ответы и критерии оценивания

Пояснения к заданию

Трансмиссия автомобиля имеет свои характерные технические характеристики. Одно из них – передаточное отношение. Для определения передаточного числа шестеренчатого механизма нужно знать угловые скорости (числа оборотов) или количество зубьев на ведомой и ведущей шестернях.

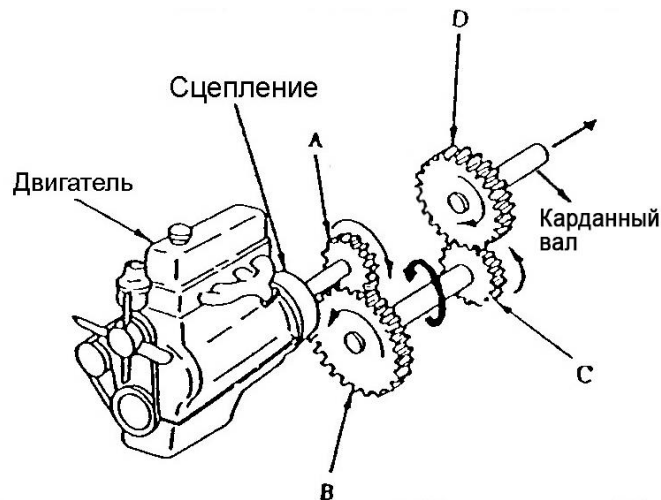
Таким образом, получаем соотношение:

$$i = \frac{w_1}{w_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

где i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущей шестерни, w_2 – угловая скорость ведомой шестерни, n_1 – число оборотов ведущей шестерни, n_2 – число оборотов ведомой шестерни, z_1 – число зубьев на ведущей шестерне, z_2 – число зубьев на ведомой шестерне.

Общее передаточное отношение (число) механизма (редуктора) равно произведению частных передаточных отношений.

Если угловая скорость (частота вращения) ведущего элемента на входе в трансмиссию автомобиля превышает угловую скорость ведомого элемента, то такая передача называется понижающей, если угловая скорость ведущего элемента на входе в трансмиссию автомобиля меньше угловой скорости ведомого элемента, то такая передача называется повышающей. Если угловая скорость ведущего и ведомого элементов совпадает, то такая передача называется прямой.



Условия задачи

На рисунке изображена схема привода какого-то транспортного средства, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен, и карданного вала. Вращение от карданного вала передается непосредственно на ведущие колеса.

Известно:

- частота вращения коленчатого вала двигателя – 2400 об/мин;
- требуемая скорость движения транспортного средства – 60 км/ч;
- радиус качения ведущего колеса транспортного средства – 0,4 м.

Задача 1 (15 баллов)

Определите необходимую для обеспечения требуемой скорости частоту вращения карданного вала транспортного средства.

Решение:

1. Скорость движения транспортного средства можно определить из формулы:

$$V_{\text{ТС}} = 2\pi R_{\text{к}} \cdot n_{\text{крв}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ТС}}$ – скорость движения транспортного средства, м/мин; $\pi = 3,14$; $R_{\text{к}}$ – радиус качения ведущего колеса транспортного средства, м; $n_{\text{крв}}$ – частота вращения карданного вала транспортного средства.

2. Преобразуем выражение (1) с целью определения значения неизвестной величины $n_{\text{крв}}$:

$$n_{\text{крв}} = \frac{V_{\text{ТС}}}{2\pi R_{\text{к}}}, \quad (2)$$

3. Подставим в выражение (2) известные из условий задачи числовые значения, учтем при этом, что:

$$\begin{aligned} V_{\text{ТС}} &= 60 \text{ км/ч} = 1000 \text{ м/мин} \\ n_{\text{крв}} &= \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4} = 398 \text{ об/мин} \end{aligned} \quad (3)$$

Ответ: требуемая частота вращения карданного вала транспортного средства 398 об/мин.

Задача 2 (85 баллов)

Требуется завершить проектирование трансмиссии транспортного средства, для чего нужно подобрать шестерни А, В, С и D, чтобы была обеспечена требуемая скорость при его движении. В распоряжении разработчиков имеются только шестерни с числом зубьев 10, 20, 30 и 40, из числа которых и предстоит выбрать необходимые.

Решение:

1. Определим частоту вращения карданного вала транспортного средства из формулы:

$$n_{\text{крв}} = \frac{V_{\text{ТС}}}{2\pi R_{\text{к}}}, \quad (1)$$

где $n_{\text{крв}}$ – частота вращения карданного вала транспортного средства, об/мин; $V_{\text{ТС}}$ – скорость движения транспортного средства, м/мин; $\pi = 3,14$; $R_{\text{к}}$ – радиус качения ведущего колеса транспортного средства, м;

2. Подставим в выражение (1) известные из условий задачи числовые значения входящих в него параметров:

$$n_{\text{крв}} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4} = 398 \approx 400 \text{ об/мин}, \quad (2)$$

3. Определим общее передаточное число трансмиссии транспортного средства, используя формулу, приведенную в пояснениях к задаче:

$$i_{\text{тр}} = \frac{n_1}{n_2}, \quad (3)$$

где $i_{\text{тр}}$ – передаточное число трансмиссии транспортного средства; n_1 – число оборотов ведущего элемента трансмиссии; n_2 – число элементов ведомого элемента трансмиссии.

Для нашего случая:

$$i_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{кв}}}{n_{\text{крв}}} = \frac{2400}{400} = 6, \quad (4)$$

где $n_{\text{кв}}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя транспортного средства, об/мин; $n_{\text{крв}}$ – частота вращения карданного вала транспортного средства, об/мин.

4. Из рисунка в условиях задачи видно, что в данном случае трансмиссия транспортного средства состоит из двух шестеренчатых передач, поэтому общее передаточное число трансмиссии равно произведению частных передаточных отношений и будет определяться по формуле:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C} = 6, \quad (5)$$

где $i_{\text{тр}}$ – передаточное число трансмиссии транспортного средства; i_1 – передаточное число первой передачи; i_2 – передаточное число второй передачи; z_B – число зубьев шестерни В; z_A – число зубьев шестерни А; z_D – число зубьев шестерни D; z_C – число зубьев шестерни С.

5. Учитывая номенклатуру шестерен, имеющих в распоряжении конструкторов, требуемое передаточное число трансмиссии транспортного средства может быть обеспечено следующими сочетаниями передаточных чисел первой и второй передач:

$$1) i_{\text{тр1}} = 3 \cdot 2 = 6, \quad (6)$$

$$2) i_{\text{тр2}} = 2 \cdot 3 = 6,$$

$$3) i_{\text{тр3}} = 4 \cdot 1,5 = 6,$$

$$4) i_{\text{тр4}} = 1,5 \cdot 4 = 6,$$

Любое из данных сочетаний передаточных чисел удовлетворяет условиям задачи.

6. Определим числа зубьев шестерен для случая 1.

$$i_{\text{тр1}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C} = 3 \cdot 2 = 6, \quad (7)$$

$$\frac{z_B}{z_A} = 3; \frac{z_D}{z_C} = 2$$

Учитывая шестерни, имеющиеся в распоряжении разработчиков, получаем:

$$z_B = 30; z_A = 10; z_D = 40; z_C = 20$$

7. Определим числа зубьев шестерен для случая 2.

$$i_{\text{тр2}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C} = 2 \cdot 3 = 6, \quad (8)$$

$$\frac{z_B}{z_A} = 2; \frac{z_D}{z_C} = 3$$

Тогда:

$$z_B = 40; z_A = 20; z_D = 30; z_C = 10$$

8. Определим числа зубьев шестерен для случая 3.

$$i_{\text{тр}3} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C} = 4 \cdot 1,5 = 6, \quad (9)$$

$$\frac{z_B}{z_A} = 4; \frac{z_D}{z_C} = 1,5$$

Тогда:

$$z_B = 40; z_A = 10; z_D = 30; z_C = 20$$

9. Определим числа зубьев шестерен для случая 4.

$$i_{\text{тр}4} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C} = 1,5 \cdot 4 = 6, \quad (10)$$

$$\frac{z_B}{z_A} = 1,5; \frac{z_D}{z_C} = 4$$

Тогда:

$$z_B = 30; z_A = 20; z_D = 40; z_C = 10$$

Имеем классический пример конструкторской задачи, когда разработчики имеют несколько вариантов решения, каждый из которых удовлетворяет условиям поставленной перед ними задачи, а окончательный выбор определяется, учитывая множество других факторов, например, стоимость шестерен, возможности компоновки механизма, простоту монтажа, надежность и т.д.

Ответы: 1) $z_A = 10; z_B = 30; z_D = 40; z_C = 20$
2) $z_A = 20; z_B = 40; z_D = 30; z_C = 10$
3) $z_A = 10; z_B = 40; z_D = 30; z_C = 20$
4) $z_A = 20; z_B = 30; z_D = 40; z_C = 10$