



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

Раннее утро. По центральным улицам города движется легковой автомобиль. Светофоры переведены в режим «Внимание» (мигающий желтый цвет), постов ДПС нет. Известно, что частота вращения колес составляет 500 об/мин, а радиус вращения колес автомобиля равен 0,3 м. Определите:

1. С какой скоростью движется автомобиль? (20 баллов)
2. Нарушает ли водитель автомобиля правила дорожного движения? (10 баллов)

Решение

1. Скорость движения автомобиля можно найти по формуле:

$$V_a = \frac{2\pi R_{\text{вк}} \cdot n}{60}, \text{ м/с}; \quad (1)$$

где $R_{\text{вк}}$ – радиус вращения колеса (м), n – частота вращения (об/мин).

Из формулы (1) видно, что $2\pi R_{\text{вк}}$ – это путь, проходимый автомобилем за один оборот колеса, $n/60$ – частота вращения ведущих колес автомобиля в секунду.

2. Подставляем известные значения величин в формулу (1):

$$V_a = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 500}{60} = 15,7 \text{ м/с.}$$

3. Чтобы узнать, нарушает ли водитель Правила дорожного движения, необходимо перевести скорость движения автомобиля в км/ч.

$$V_a \cdot \frac{3600}{1000} = 15,7 \cdot 3,6 = 56,5 \text{ км/ч.}$$

Ответ 1: скорость автомобиля 15,7 м/с.

Ответ 2: Нарушения ПДД нет, автомобиль движется в городе со скоростью меньше 60 км/ч.

Пояснение к задаче 1

Правила дорожного движения РФ (ПДД РФ):

Пункт 10.2. В населенных пунктах разрешается движение транспортных средств со скоростью не более 60 км/ч, а в жилых зонах, велосипедных зонах и на дворовых территориях не более 20 км/ч.

Задача 2

Груженный, грузовой автомобиль массой 10 000 кг движется на испытаниях по горизонтальной сухой грунтовой дороге в хорошем состоянии со скоростью 15 м/с. Ваша задача состоит в том, чтобы без помощи приборов определить:

1. Силу сопротивления качению автомобиля; (15 баллов)
2. Потери мощности на качение автомобиля. (15 баллов)

Решение

1. Из пояснения к задаче имеем общее выражение для определения силы сопротивления качению автомобиля:

$$P_f = G_a \cdot f \cdot \cos\alpha, \text{ Н.} \quad (1)$$

2. Определим входящие в него параметры.

Вес автомобиля:

$$G_a = M_a \cdot g, \text{ Н;} \quad (2)$$

где M_a – масса автомобиля, g – ускорение свободного падения.

$$G_a = 10\,000 \cdot 9,8 = 98\,000 \text{ Н.} \quad (3)$$

Согласно условиям задачи, автомобиль движется по горизонтальной дороге, это означает, что $\alpha=0$, а $\cos\alpha=1$.

Определим значение коэффициента сопротивления качению. Для условий задачи (сухая грунтовая дорога в хорошем состоянии) из таблицы 1 (к Пояснениям к задаче 2) определяем, что

$$f = 0,023$$

3. Определим силу сопротивления качению автомобиля, для чего в формулу (1) подставим известные значения:

$$P_f = 98\,000 \cdot 0,023 \cdot 1 = 2254 \text{ Н} = 2,25 \text{ кН.}$$

4. Потери мощности на качение автомобиля определяются по формуле:

$$N_f = P_f \cdot V, \quad (4)$$

где P_f – сила сопротивления качению автомобиля, V – скорость автомобиля.

5. Определяем величину потерь мощности на качение автомобиля, для чего подставляем в формулу (4) величины входящих в нее значений:

$$N_f = 2254 \cdot 15 = 33\,810 \text{ Вт} = 33,81 \text{ кВт.}$$

Ответ 1: Сила сопротивления качению автомобиля 2,25 кН.

Ответ 2: Потери мощности на качение автомобиля 33,81 кВт.

Пояснение к задаче 2

Из теории автомобиля известно, что при движении автомобиль, в общем случае, преодолевает силы сопротивления качению и подъему.

Сила сопротивления качения определяется из выражения:

$$P_f = G_a \cdot f \cdot \cos\alpha, \text{ Н;} \quad (1)$$

где G_a – вес автомобиля (Н); f – коэффициент сопротивления качению (зависит от типа дороги и ее состояния, берется из таблицы 1); α – угол подъема дороги.

Сила сопротивления подъему определяется из выражения:

$$P_f = G_a \cdot \sin\alpha, \text{ Н;} \quad (2)$$

где G_a – вес автомобиля (Н); α – угол подъема дороги.

Среднее значение коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия и его состояния	Коэффициент сопротивления качению f
1	2	3
1	Цементобетон в отличном состоянии	0,015
2	То же самое в удовлетворительном состоянии	0,02
3	Асфальтобетон в отличном состоянии	0,015
4	То же самое в хорошем состоянии	0,02
5	Брусчатая мастерская	0,017
6	Грунтовая сухая дорога в хорошем состоянии	0,023
7	Грунтовая дорога мокрая	0,03
8	Грунтовая мокрая дорога в плохом состоянии	0,1
9	Влажный песок	0,08
10	Сыпучий песок	0,2
11	Хорошо укатанный снег	0,029
12	Ровный лед	0,025

Задача 3

Из показаний тахометра известно, что двигатель легкового автомобиля развивает обороты 3200 об/мин. При этом частота вращения ведущих колес машины – 8,5 об/с.

Определите передаточное число трансмиссии автомобиля. (15 баллов)

Решение

1. Из пояснения к задачам 3 и 4 имеем общую формулу для определения передаточного числа передачи:

$$i_{\text{тр}} = \frac{w_1}{w_2}, \quad (1)$$

где w_1 – угловая скорость ведущего элемента передачи; w_2 – угловая скорость ведомого элемента передачи.

Для условий задачи формула (1) будет иметь вид:

$$i_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вк}}}, \quad (2)$$

где $n_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя (ведущий элемент); $n_{\text{вк}}$ – частота вращения колес автомобиля (ведомый элемент).

2. Преобразуем частоту вращения ведущих колес автомобиля

$$n_{\text{вк}} = n_{\text{вк}} \cdot 60 = 8,5 \cdot 60 = 510 \text{ об/мин},$$

где $n_{\text{вк}}$ – частота вращения колес автомобиля в об/мин.

3. Определим передаточное число трансмиссии автомобиля, для чего в формулу (2) подставим значение $n_{\text{вк}}$ из формулы (3).

$$i_{\text{тр}} = \frac{3200}{510} = 6,2. \quad (4)$$

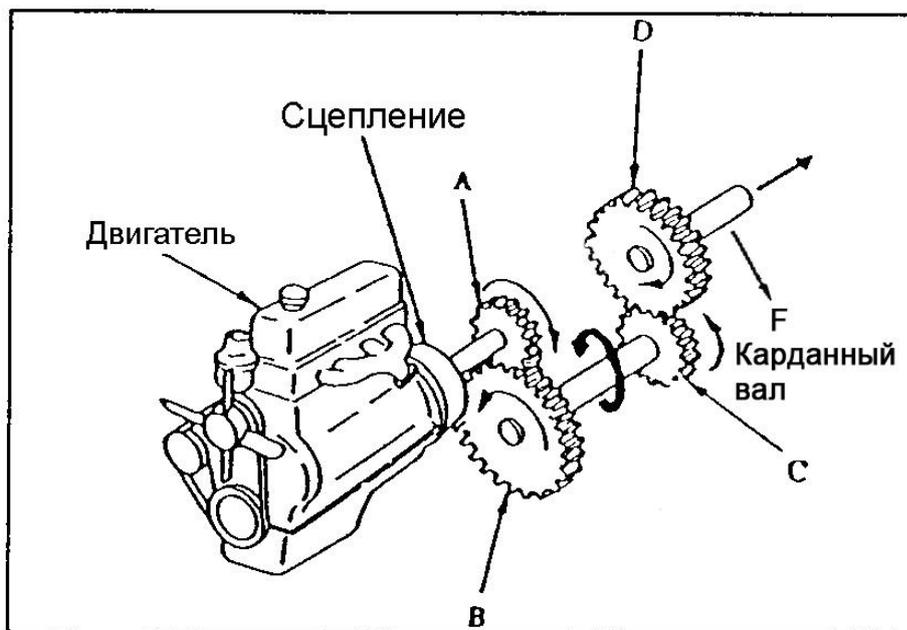
Ответ: передаточное число трансмиссии автомобиля 6,2.

Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен и карданным валом. Известно, что частота вращения коленчатого вала F равна 1000 об/мин. Шестерня А имеет 20 зубьев, шестерня В – 40 зубьев, шестерня С – 20 зубьев, шестерня D – 40 зубьев.

Определить:

1. Частоту вращения на коленчатом валу двигателя; (20 баллов)
2. Какая передача (понижающая или повышающая) включена в данном случае в трансмиссии автомобиля. (5 баллов)



Решение

1. Из Пояснения к задачам 3 и 4 видно, передаточное отношение привода автомобиля можно найти из формулы:

$$i_{\text{тр}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{кв}}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{кв}}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость коленчатого вала двигателя; $\omega_{\text{кв}}$ – угловая скорость карданного вала F; $n_{\text{дв}}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя; $n_{\text{кв}}$ – частота вращения карданного вала F.

2. Преобразовав выражение (1), можно найти частоту вращения коленчатого вала двигателя:

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{кв}} \cdot i_{\text{тр}}. \quad (2)$$

3. Общее передаточное число привода, представленного на рисунке, учитывая информацию Пояснения к задачам 3 и 4, определяется из выражения:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{Z_B}{Z_A} \cdot \frac{Z_D}{Z_C}, \quad (3)$$

где i_1 – передаточное отношение 1-й передачи (шестерни А и В); i_2 – передаточное отношение 2-й передачи (шестерни D и С); Z_A – число зубьев шестерни А; Z_B – число зубьев шестерни В; Z_C – число зубьев шестерни С; Z_D – число зубьев шестерни D.

4. Подставим в выражение (3) известные значения:

$$i_{\text{тр}} = \frac{40}{20} \cdot \frac{40}{20} = 4. \quad (4)$$

5. Подставляем полученное значение $i_{\text{тр}}$ в выражение (2):

$$n_{\text{дв}} = 1000 \cdot 4 = 4000 \text{ об/мин.} \quad (5)$$

6. Частота вращения карданного вала F (1000 об/мин) оказалась меньше частоты вращения коленчатого вала двигателя (4000 об/мин). Из Пояснений к задачам 3 и 4 видно, что в данном случае в трансмиссии автомобиля включена понижающая передача.

Ответ 1: Частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{\text{дв}} = 4000$ об/мин.

Ответ 2: В трансмиссии включена понижающая передача.

Пояснение к задачам 3 и 4

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

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.

На рис. 1 показан пример определения передаточного числа шестеренчатой передачи.

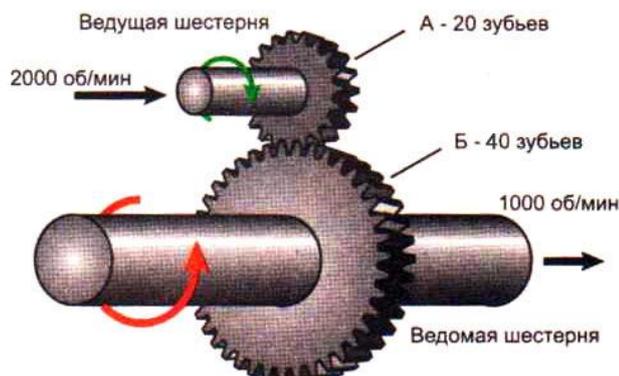


Рис.1

Трансмиссия автомобиля может состоять из нескольких передач, в этом случае под его передаточным числом понимается общее передаточное число, которое можно определить, как $i = w_1 / w_2$, где w_1 – угловая скорость ведущего элемента на входе в трансмиссию, которым является коленчатый вал двигателя, w_2 – угловая скорость ведомого элемента, которым, в данном случае, можно считать колеса автомобиля.

Если угловая скорость ведущего элемента на входе в трансмиссию автомобиля превышает угловую скорость ведомого элемента, то такая передача называется понижающей, а если угловая скорость ведущего элемента на входе в трансмиссию автомобиля меньше угловой скорости ведомого элемента, то такая передача называется повышающей.