



### Задания, ответы и критерии оценивания

#### Задача 1

Полностью груженный грузовой автомобиль массой 10000 кг движется по горизонтальной сухой грунтовой дороге, находящейся в хорошем состоянии, со скоростью 48 км/ч. Определите потери мощности двигателя машины, затрачиваемые на преодоление автомобилем силы сопротивления качения. (25 баллов)

#### Решение:

1. Определим вес автомобиля  $G_A$ :

$$G_A = M_A \cdot g = 10\,000 \cdot 9,8 = 98\,000 \text{ (Н)}, \quad (1)$$

где  $M_A$  – масса автомобиля,  $g$  – ускорение свободного падения.

2. Определим величину силы сопротивления качению. Из Пояснения к задаче 1 известно, что сила сопротивления качению ( $P_f$ ) определяется по формуле:

$$P_f = G_A \cdot f \cdot \cos\alpha = 98\,000 \cdot 0,023 \cdot 1 = 2254 \text{ (Н)}, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению для условий сухой грунтовой дороги в хорошем состоянии. Из таблицы 1 в Пояснениях к задаче 1  $f=0,23$ .

Поскольку грузовой автомобиль движется по горизонтальной дороге,  $\alpha=0$ , тогда  $\cos\alpha=1$

3. Определим мощность, затрачиваемую на преодоление силы сопротивления качению. Из курса элементарной физики известно, что в общем случае:

$$\text{Мощность} = \text{Сила} \times \text{Скорость},$$

Для данного случая мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления качению, определяется из выражения:

$$N_f = P_f \cdot V_A, \quad (3)$$

где  $V_A$  – скорость грузового автомобиля в системе СИ,  $V_A = 48\,000 / 3600 = 15 \text{ м/с}$ .

После подстановки в (3) числовых значений получаем:

$$N_f = 2254 \cdot 15 = 33\,810 \text{ (В)} = 33,8 \text{ (кВт)}.$$

**Ответ: мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления качению, составляет 33,8 кВт.**

### Комментарий

В условиях задачи намерено взято нереально низкое значение к.п.д. трансмиссии (0,85%), чтобы проверить внимательность участников. Если участники, все-таки, обратят на это обстоятельство внимание, то можно предложить им решить задачу как с предложенным значением к.п.д, так и с значением к.п.д. 0,85. Предлагаем два варианта решения, каждый из которых будет оцениваться положительно.

### Задача 2 (1 вариант)

Потери мощности в трансмиссии автомобиля составляют 11 кВт. Известно, что КПД трансмиссии равен 0,85%. Определите:

- 1) мощность двигателя автомобиля; (10 баллов)
- 2) мощность, передаваемую на колеса автомобиля. (15 баллов)

### Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_d = N_{тр} + N_k; \quad (1)$$

где:  $N_d$  – мощность двигателя;  $N_{тр}$  – мощность потерь в трансмиссии;  $N_k$  – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины  $N_{тр}$  это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{тр} = N_d - N_k = N_d - N_d \eta_{тр} = N_d (1 - \eta_{тр}); \quad (2)$$

где:  $\eta_{тр}$  – к.п.д. трансмиссии (из условий задачи известно, что его величина равна 0,85% или 0,085). В данном случае значение к.п.д. намерено взято нереально низкое, которое .

2. Выражение (2) можно преобразовать относительно искомой величины  $N$  :

$$N_d = \frac{N_{тр}}{1 - \eta_{тр}}; \quad (3)$$

3. Подставим в выражение (3) числовые значения известных величин:

$$N_d = \frac{11}{1 - 0,085} = 12,0 \text{ (кВт)} \quad (4)$$

4. Для нахождения  $N_k$  преобразуем выражение (1) в следующий вид:

$$N_k = N_d - N_{тр} \quad (5)$$

5. Подставим в выражение (5) числовые значения известных величин:

$$N_k = 12,0 - 11,0 = 1,0 \text{ (кВт)}.$$

Ответ: - мощность двигателя автомобиля – 12,0 кВт;

- мощность, передаваемая на колеса автомобиля – 1,0 кВт.

### Задача 2 (2вариант)

Потери мощности в трансмиссии автомобиля составляют 11 кВт. Известно, что КПД трансмиссии равен 0,85. Определите:

- 1) мощность двигателя автомобиля; (10 баллов)
- 2) мощность, передаваемую на колеса автомобиля. (15 баллов)

### Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_d = N_{тр} + N_k; \quad (1)$$

где:  $N_d$  – мощность двигателя;  $N_{тр}$  – мощность потерь в трансмиссии;  $N_k$  – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины  $N_{тр}$  это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{д}} - N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{д}} \eta_{\text{тр}} = N_{\text{д}} (1 - \eta_{\text{тр}}); \quad (2)$$

где:  $\eta_{\text{тр}}$  – к.п.д. трансмиссии (из условий задачи известно, что его величина равна 0,85).

2. Выражение (2) можно преобразовать относительно искомой величины  $N$  :

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{тр}}}{1 - \eta_{\text{тр}}}; \quad (3)$$

3. Подставим в выражение (3) числовые значения известных величин:

$$N_{\text{д}} = \frac{11}{1 - 0,85} = 73,3 \text{ (кВт)} \quad (4)$$

4. Для нахождения  $N$  преобразуем выражение (1) в следующий вид:

$$N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{тр}} \quad (5)$$

5. Подставим в выражение (5) числовые значения известных величин:

$$N_{\text{к}} = 73,3 - 11,0 = 62,3 \text{ (кВт)}.$$

**Ответ: - мощность двигателя автомобиля – 73,3 кВт;**

**- мощность, передаваемая на колеса автомобиля – 62,3 кВт.**

### Задача 3

При движении автомобиля потери в трансмиссии составляют 15 кВт. Определите:

- 1) КПД трансмиссии, если известно, что на автомобиле установлен двигатель мощностью 120 кВт (20 баллов);
- 2) величину мощности, передаваемую на колеса автомобиля (5 баллов).

### Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{к}}; \quad (1)$$

где  $N_{\text{д}}$  – мощность двигателя;  $N_{\text{тр}}$  – мощность потерь в трансмиссии;  $N_{\text{к}}$  – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины  $N_{\text{тр}}$  это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{д}} - N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{д}} \eta_{\text{тр}} = N_{\text{д}} (1 - \eta_{\text{тр}}), \quad (2)$$

где  $\eta_{\text{тр}}$  – к.п.д. трансмиссии.

2. Выражение (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$\eta_{\text{тр}} = 1 - \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{д}}} = 1 - \frac{15}{120} = 0,875 \quad (3)$$

3. Преобразуем выражение (1) с учетом выражения (2) относительно искомой величины  $N_{\text{к}}$ :

$$N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{тр}} \quad (4)$$

4. Подставим в выражение (5) числовые значения из условий задачи:

$$N_{\text{к}} = 120 - 15 = 105 \text{ (кВт)}.$$

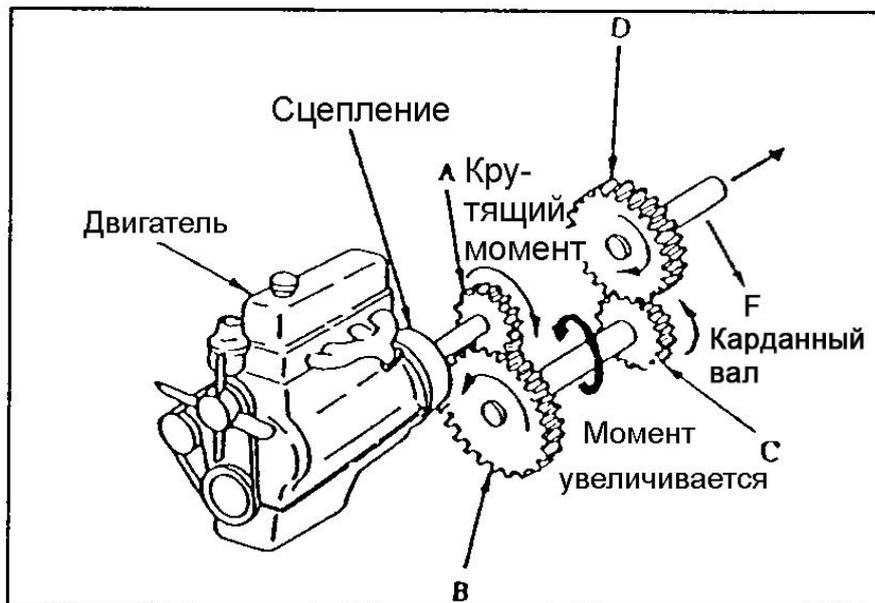
**Ответ:  $\eta_{\text{тр}} = 0,875$ ;**

**мощность, передаваемая на колеса автомобиля 105 кВт.**

#### Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен и карданного вала. Известно, что частота вращения коленчатого вала двигателя равна 4000 об/мин. Шестерня А имеет 20 зубьев, шестерня В – 40 зубьев, шестерня С – 20 зубьев, шестерня D – 40 зубьев.

Определите, какая передача (понижающая или повышающая) включена в данном случае в трансмиссии автомобиля (25 баллов)



1. Из Пояснения к задаче 4 понятно, что для ответа на поставленный вопрос необходимо знать частоту вращения ведущего и ведомого элементов привода автомобиля. В данном случае, известна частота вращения ведущего элемента привода – коленчатого вала двигателя – 4000 об/мин. Необходимо найти частоту вращения ведомого элемента привода – карданного вала (F).

2. Величину частоты вращения карданного вала F можно найти из выражения:

$$n_F = n_{КВ} / i_{ПР}, \quad (1)$$

где  $n_F$  – частота вращения карданного вала F;  $n_{КВ}$  – частота вращения коленчатого вала двигателя;  $i_{ПР}$  – общее передаточное число привода.

3. Используя информацию из Пояснения к задачам 4, 5, определим общее передаточное число привода по выражению:

$$i_{ПР} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C}, \quad (2)$$

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 (2) известные значения:

$$i_{ПР} = 40 / 20 \cdot 40 / 20 = 4.$$

5. Подставляем полученное значение  $i_{ПР}$  в выражение (1):

$$n_F = 4000 / 4 = 1000 \text{ об/мин}$$

6. Частота вращения ведомого элемента привода (карданного вала F) оказалась меньше частоты вращения ведущего элемента привода (коленчатого вала двигателя). Из Пояснений к задачам 4,5 видно, что в данном случае в трансмиссии автомобиль включена понижающая передача.

**Ответ: в автомобиле включена понижающая передача.**



### Задания, ответы и критерии оценивания

#### Задача 1

Груженный грузовой автомобиль полной массой 13 500 кг движется по горизонтальной дороге. Известно, что сила сопротивления, которую при движении преодолевает автомобиль, составляет 4000 Н. Определите, по какой дороге движется автомобиль (30 баллов).

#### Решение:

1. Определим вес автомобиля  $G_A$ :

$$G_A = M_A \cdot g = 13\,500 \cdot 9,8 = 132\,300 \text{ (Н)},$$

где  $M_A$  – масса автомобиля,  $g$  – ускорение свободного падения.

2. Определим коэффициент сопротивления качению. Используем выражение для силы сопротивления качению ( $P_f$ ), приведенное в пояснении к задачам 1, 2:

$$P_f = G_A \cdot f \cdot \cos\alpha.$$

Отсюда:

$$f = \frac{P_f}{G_A \cdot \cos\alpha}$$

Поскольку грузовой автомобиль движется по горизонтальной дороге, то угол подъема дороги  $\alpha = 0$ , а  $\cos\alpha = 1$ . В этом случае имеем значение коэффициента сопротивления качению:

$$f = \frac{4000}{132\,300} = 0,03$$

3. Определяем тип дорожного покрытия дороги, по которой движется автомобиль. Для этого используем данные таблицы 1, приведенной в Пояснениях к задачам 1, 2.

$f = 0,03$  соответствует мокрой грунтовой дороге.

**Ответ: грузовой автомобиль движется по мокрой грунтовой дороге.**

#### Задача 2

Грузовой пикап массой 1050 кг преодолевает подъем, угол которого составляет  $12^\circ$  со скоростью 72 км/ч. Определите мощность, затрачиваемую автомобилем на преодоление силы сопротивления подъему (20 баллов).

#### Решение:

1. Определим вес пикапа  $G_{II}$ :

$$G_{II} = M_{II} \cdot g = 1050 \cdot 9,8 = 10\,290 \text{ (Н)};$$

где:  $M_{II}$  – масса пикапа;  $g$  – ускорение свободного падения.

2. Определим силу сопротивления подъему пикапа. Используем выражение для силы сопротивления подъему автомобиля, приведенное в Пояснении к задачам 1, 2:

$$P_{\alpha} = G_{\Pi} \cdot \sin \alpha = 10\,290 \cdot 0,208 = 2140 \text{ (Н)},$$

где  $\sin 12^{\circ} = 0,208$ .

3. Определяем мощность, затрачиваемую автомобилем на преодоление силы сопротивления подъему. Из курса элементарной физики известно, что в общем случае:

$$\text{Мощность} = \text{Сила} \cdot \text{Скорость}.$$

Для случая пикапа, мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления подъему  $N_{\alpha}$ :

$$N_{\alpha} = P_{\alpha} \cdot V,$$

где  $V$  – скорость пикапа в системе СИ,  $72\,000 / 3600 = 20$  м/с.

После подстановки получаем:

$$N_{\alpha} = 2140 \cdot 20 = 42\,800 \text{ Вт} = 42,8 \text{ кВт}.$$

**Ответ: мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления подъему, составляет 42,8 кВт.**

### **Задача 3**

Какое значение скорости покажет спидометр автомобиля, движущегося по сухой ровной дороге, если известно, что частота вращения его колес составляет  $400 \text{ мин}^{-1}$ , а радиус качения колеса равен  $0,48 \text{ м}$  (20 баллов).

#### **Решение:**

Определим путь, который проходит колесо за один оборот:

$$S_0 = 2 \cdot \pi \cdot R_K \text{ (м)},$$

где  $S_0$  – путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот; число  $\pi = 3,14$ ;

$R_K$  – радиус качения колеса автомобиля, равен  $0,48 \text{ м}$ .

После подстановки получаем:

$$S_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,48 = 3,01 \text{ м}$$

Определим скорость автомобиля в системе СИ. Для данного случае это будет:

$$V_A = 3,01 \cdot 400 / 60 = 20,0 \text{ м/с},$$

где  $V_A$  – скорость движения автомобиля в системе СИ;  $400 / 60$  – частота вращения колеса автомобиля в секунду.

Учитывая, что спидометры автомобилей, эксплуатируемых в России, показывают скорость в км/ч, осуществляем перевод:

$$20,0 \cdot 3,6 = 72 \text{ км/ч}.$$

**Ответ: спидометр автомобиля покажет скорость 72 км/ч.**

#### Задача 4

Автомобиль движется по сухой ровной дороге. Стрелка спидометра на панели приборов показывает 100 км/ч, а расположенный рядом тахометр – 4000 мин. Известно, что колеса, установленные на автомобиле, имеют радиус вращения 0,38 м. Определите передаточное число трансмиссии автомобиля (20 баллов).

#### Решение:

1. Из Пояснения к задачам 4, 5 очевидно, что для определения передаточного числа трансмиссии автомобиля может быть использовано выражение:

$$i_A = w_1/w_2; \quad (1)$$

где  $i_A$  – передаточное число трансмиссии автомобиля;  $w_1$  – угловая скорость на входе в трансмиссию (ведущий элемент),  $w_2$  – угловая скорость на выходе из трансмиссии.

В данном случае в качестве ведущего элемента выступает двигатель автомобиля и его угловая скорость (частота вращения коленчатого вала) известна – ее показывает тахометр автомобиля – 4000 мин<sup>-1</sup> (4000 об/мин).

В качестве ведомого элемента в данном случае выступают колеса автомобиля. Необходимо определить их частоту вращения.

2. Определим путь, который проходит колесо автомобиля при совершении одного оборота:

$$S_0 = 2 \cdot \pi \cdot R_K \text{ (м)},$$

где:  $S_0$  – путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот; число  $\pi = 3,14$ ;  
 $R_K$  – радиус качения колеса автомобиля, равен 0,38 м.

После подстановки получаем:

$$S_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,38 = 2,4 \text{ м.}$$

3. Учитывая, что при скорости 100 км/ч автомобиль проезжает за час 100 км, определим частоту вращения колеса автомобиля за один час:

$$n_{\text{ч}}^{-1} = 100\,000 / 2,4 = 41\,667 \text{ об.},$$

где  $n_{\text{ч}}^{-1}$  – частота вращения колеса автомобиля (об/ч).

4. Определим частоту вращения колеса автомобиля за одну минуту:

$$n_{\text{мин}}^{-1} = n_{\text{ч}}^{-1} / 60 = 41\,667 / 60 = 695 \text{ мин}^{-1},$$

где  $n_{\text{мин}}^{-1}$  – частота вращения колеса автомобиля (об/мин).

5. Используя выражение (1), определим передаточное число трансмиссии автомобиля:

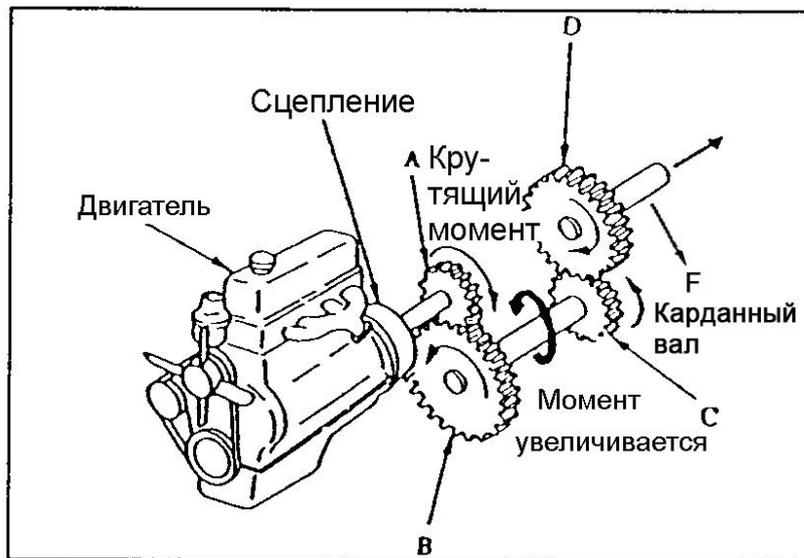
$$i_A = 4000 \text{ мин} / 695 \text{ мин} = 5,76$$

Ответ: передаточное число автомобиля 5,76.

#### Задача 5

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 двигателя равна 4000 об/мин. Шестерня А имеет 20 зубьев, шестерня В – 40 зубьев, шестерня С – 20 зубьев, шестерня D – 40 зубьев.

Определите, какая передача (понижающая или повышающая) включена в данном случае в трансмиссии автомобиля (10 баллов).



### Решение

1. Из Пояснения к задачам 4,5 понятно, что для ответа на поставленный вопрос необходимо знать частоту вращения ведущего и ведомого элементов привода автомобиля. В данном случае известна частота вращения ведущего элемента привода – коленчатого вала двигателя – 4000 об/мин. Необходимо найти частоту вращения ведомого элемента привода – карданного вала (F).

2. Величину частоты вращения карданного вала F можно найти из выражения:

$$n_F = n_{КВ} / i_{пр}, \quad (1)$$

где  $n_F$  – частота вращения карданного вала F;  $n_{КВ}$  – частота вращения коленчатого вала двигателя;  $i_{пр}$  – общее передаточное число привода.

3. Используя информацию из Пояснения к задачам 4, 5, определим общее передаточное число привода по выражению:

$$i_{пр} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C}, \quad (2)$$

где  $i_1$  – передаточное отношение 1-й передачи (шестерни A и B);  $i_2$  – передаточное отношение 2-й передачи (шестерни D и C);  $z_A$  – число зубьев шестерни A;  $z_B$  – число зубьев шестерни B;  $z_C$  – число зубьев шестерни C;  $z_D$  – число зубьев шестерни D.

4. Подставим в выражение (2) известные значения:

$$i_{пр} = 40 / 20 \cdot 40 / 20 = 4.$$

5. Подставляем полученное значение  $i_{пр}$  в выражение (1):

$$n_F = 4000 / 4 = 1000 \text{ об/мин}$$

6. Частота вращения ведомого элемента привода (карданного вала F) оказалась меньше частоты вращения ведущего элемента привода (коленчатого вала двигателя). Из Пояснений к задачам 4,5 видно, что в данном случае в трансмиссии автомобиль включена понижающая передача.

**Ответ: в автомобиле включена понижающая передача.**