Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

Экспериментальный грузовой автомобиль проходит дорожный тест. Проверяется эффективность действия тормозов. Регламент теста следующий. Машина движется равномерно со скоростью 25 м/с. Затем происходит ее интенсивное торможение по сухому асфальтобетонному покрытию в удовлетворительном состоянии на мерном участке протяженностью 20 м. После мерного участка дальнейшее торможение осуществляется уже на мокрой гравийной дороге в хорошем состоянии до скорости 30 км/ч. Коэффициент эксплуатационного состояния тормозов 1,4.

Необходимо определить общий тормозной путь автомобиля (25 баллов).

Решение

1. Определим снижение скорости автомобиля на мерном участке торможения протяженностью 20 м (S_{T1}). С этой целью используем формулу (2), приведенную в Пояснениях к задачам 1, 2 и 3.

$$S_{T1} = \frac{K_э(V_н^2 - V_{к1}^2)}{2g(\varphi + f)}, \quad (1)$$

где $K_э$ – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов; $V_н$ – начальная скорость движения автомобиля; $V_{к1}$ – скорость автомобиля в конце мерного участка торможения, протяженность 20 м; g – ускорение свободного падения; φ – коэффициент сцепления шин с дорогой; f – коэффициент дорожного сопротивления. Значения φ и f берутся из таблицы 1 Пояснений к задачам 1,2 и 3.

2. Преобразуем выражение (1) относительно величины $V_{к1}$:

$$V_{k1} = \sqrt{V_н^2 - \frac{2gS_{T1}(\varphi + f)}{K_э}}. \quad (2)$$

3. Подставляем в формулу (2) численные значения, входящих в него параметров:

$$V_{k1} = \sqrt{25^2 - \frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 20(0{,}7 + 0{,}02)}{1{,}4}} = \sqrt{625 - 201{,}6} = \sqrt{423{,}4} = 20{,}5 \text{ м/с}. \quad (3)$$

4. Найдем тормозной путь при снижении скорости автомобиля до 30 км/ч.

$$S_{T2} = \frac{K_э(V_{к1}^2 - V_к^2)}{2g(\varphi_2 + f_2)}, \quad (4)$$

где $V_к$=30 км/ч; φ_2 – коэффициент сцепления шин на гравийной дороге; f_2 – коэффициент дорожного сопротивления на гравийной дороге.

5. Подставляем в формулу (4) численные значения, входящих в него параметров.

Vк=30 км/ч=8,3 м/с;

$$S_{T2} = \frac{1{,}4(20{,}5^2 - 8{,}3^2)}{2 \cdot 9{,}8(0{,}4 + 0{,}022)} = 59{,}5 \text{ м.} \quad (5)$$

6. Определим общий тормозной путь автомобиля по формуле (6):

$$S_о = S_{т1} + S_{т2} = 20 = 59{,}5 = 79{,}5 \text{ м.} \quad (6)$$

Ответ: тормозной путь автомобиля 79,5 м.

Задача 2

Легковой автомобиль движется по горизонтальному хорошо укатанному участку снежной дороги. Затем интенсивно тормозит до полной остановки. Время торможения составило 4,5 с. Значение коэффициента эксплуатационного состояния тормозов для данного случая можно принять равным 1,0.

Определите начальную скорость движения автомобиля до торможения (20 баллов).

Решение

1. Определим время торможения автомобиля с помощью формулы (1) из Пояснений к задачам 1, 2 и 3.

$$t_{тор} = \frac{(V_н - V_к)К_э}{g(\varphi + f)}, \quad (1)$$

где $V_н$ – начальная скорость автомобиля; $V_к$ – конечная скорость автомобиля; $К_э$ – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов; g – ускорение свободного падения; φ – коэффициент сцепления шин на снежной, хорошо укатанной дороге; f – коэффициент дорожного сопротивления.

2. Так как в данном случае $V_к$=0, то формулу (1) можно упростить:

$$t_{тор} = \frac{V_н \cdot К_э}{g(\varphi + f)}. \quad (2)$$

3. Преобразуем выражение (2) относительно величины $V_н$:

$$V_н = \frac{t_{тор} \cdot g(\varphi + f)}{К_э}. \quad (3)$$

4. Подставим в выражение (3) численные значения входящих в него параметров

$$V_н = \frac{4{,}5 \cdot 9{,}8 \cdot (0{,}3 + 0{,}029)}{1{,}4} = 10{,}36 \text{ м/с.}$$

Ответ: начальная скорость автомобиля до торможения 10,36 м/с.

Задача 3

Перед испытателями была поставлена задача определить, сможет ли груженный грузовой автомобиль массой 15 025 кг двигаться равномерно по горизонтальному участку асфальтобетонного шоссе в хорошем состоянии. Полностью дорожные испытания провести не удалось, но во время дорожного теста удалось определить, что сила тяги на ведущих колесах машины равна 2900 Н. Силой сопротивления воздуха в данном случае можно пренебречь.

Решите задачу, поставленную перед испытателями (25 баллов)

Решение

1. Силу сопротивления движению автомобиля по асфальтобетонному шоссе определяем из формулы (1):

$$P_f=G_a \cdot f \cdot \cos\alpha, \quad (1)$$

где P_f – сила сопротивления движению; G_a – вес автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению (берется из табл. в Пояснениях к задачам 1, 2 и 3); α – угол подъема дороги. Поскольку автомобиль движется по горизонтальному участку , тогда:

$$\alpha=0;\ \cos\alpha=1.$$

2. Определим вес автомобиля

$$G_a=mg=15\ 025 \cdot 9{,}8=147\ 245\ \text{Н}. \quad (2)$$

3. Определим силу сопротивления движению автомобиля, для чего подставляем в выражение (1) численные значения входящих в него параметров.

$$P_f=147\ 245 \cdot 0{,}02 \cdot 1=2944{,}9\ \text{Н}. \quad (3)$$

4. Сравним величины силы тяги на ведущих колесах автомобиля ($P_к$=2900 Н) и силу сопротивления движению автомобиля (P_f=2944,9 Н).

Получаем, что сила сопротивления движению автомобиля P_f больше, чем $P_к$ – сила тяги на его ведущих колесах. Это означает, что автомобиль будет двигаться с замедлением.

Ответ: в данных условиях автомобиль не может двигаться равномерно, он движется с замедлением.

Пояснение к задаче 1, 2 и 3

Из теории автомобиля известно, что время его торможения $t_{тор}$ определяется по формуле:

$$t_{тор} = \frac{(V_н - V_к)К_э}{g(\varphi + f)}, \text{ с}; \quad (1)$$

где $V_н$ – начальная скорость автомобиля; $V_к$ – конечная скорость автомобиля; $К_э$ – коэффициент, учитывающий эксплуатационное состояние тормозов; g – ускорение свободного падения; φ – коэффициент сцепления шин на снежной, хорошо укатанной дороге; f – коэффициент дорожного сопротивления.

Минимальный тормозной путь, проходимый автомобилем при интенсивном торможении от скорости $V_н$ до скорости $V_к$:

$$S_т = \frac{К_э(V_н^2 - V_к^2)}{2g(\varphi + f)}, \text{ м}. \quad (2)$$

Минимальный тормозной путь до полной остановки:

$$S_т = \frac{К_э V_н^2}{2g(\varphi + f)}, \text{ м}. \quad (3)$$

Таблица 1

Среднее значение коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия и его состояния	Коэффициент сопротивления качению f	Коэффициент сцепления φ	
			Сухое покрытие	Мокрое покрытие
1	2	3	4	5
1	Цементобетон в отличном состоянии	0,015	0,8	0,5
2	То же самое в удовлетворительном состоянии	0,02	0,8	0,5
3	Асфальтобетон в отличном состоянии	0,015	0,7	0,4
4	То же самое в удовлетворительном состоянии	0,02	0,7	0,4
5	Гравийное, в хорошем состоянии	0,022	0,7	0,4
6	Грунтовая сухая дорога в хорошем состоянии	0,023	0,6	–
7	Грунтовая дорога мокрая	0,03	–	0,3
8	Грунтовая мокрая дорога в плохом состоянии	0,1	–	0,3
9	Влажный песок	0,08	–	0,5
10	Сыпучий песок	0,2	0,6	–
11	Хорошо укатанный снег	0,029	0,3	0,2
12	Ровный лед	0,025	0,1	0,08

Из теории автомобиля известна зависимость между силой тяги автомобиля и силой сопротивления качения, то есть:

если $P_к=P_f$, то автомобиль движется равномерно;

если $P_к<P_f$, то автомобиль движется с замедлением;

если $P_к> P_f$, то автомобиль ускоряется.

Задача 4

Потери мощности в трансмиссии автомобиля 11 кВт, при КПД трансмиссии 0,85 (85 %).

Определить:

– мощность двигателя автомобиля; (15 баллов)

– мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля. (5 баллов)

Решение

1. Уравнение мощностного баланса автомобиля будет иметь вид:

$$N_{дв}=N_{тр}+N_{вк}, \quad (1)$$

где $N_{дв}$ – мощность двигателя автомобиля; $N_{тр}$ – потери мощности в трансмиссии автомобиля; $N_{вк}$ – мощность, передаваемая на ведущие колеса автомобиля

2. Учитывая исходные данные, потери мощность в трансмиссии можно представить в виде:

$$N_{тр}=N_{дв}–N_{дв}\eta_{тр}, \quad (2)$$

где $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии.

3. Выражение (2) преобразуем относительно величины $N_{дв}$:

$$N_{дв} = \frac{N_{тр}}{(1-\eta_{тр})}. \quad (3)$$

4. Подставляем в выражение (3) численные значения, входящих в него параметров.

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

Мощность на ведущих колесах автомобиля определим, преобразуя выражение (1):

$N_{вк}=N_{дв}–N_{тр}=73{,}3–11=62{,}3$ кВт.

Ответ: мощность двигателя – 73,3 кВт; мощность, передаваемая на ведущие колеса, – 62,3 кВт.

Задача 5

Легковой автомобиль массой 1000 кг преодолевает подъем в 15 градусов со скоростью 10 м/с.

Определите мощность сопротивления подъему. (10 баллов)

Решение

1. Сила сопротивления подъему автомобиля определяется из выражения (1):

$$P_\alpha = G_A \cdot \sin\alpha, \quad (1)$$

где G_A – вес автомобиля; α – угол подъема.

2. Определим величину веса автомобиля

$$G_A = M_A \cdot g = 1000 \cdot 9{,}8 = 9800 \text{ Н}. \quad (2)$$

3. Определяем величину силы сопротивления подъему автомобиля, подставив в формулу (1) численные значения входящих в него параметров.

$$\sin 15^0 = 0{,}259;$$

$$P_\alpha = 9800 \cdot 0{,}259 = 2538{,}2 \text{ Н}. \quad (3)$$

4. Мощность сопротивления подъему автомобиля определяется по формуле

$$N_\alpha = P_\alpha \cdot V, \quad (4)$$

где N_α – мощность сопротивления подъему автомобиля; P_α – сила сопротивления подъему автомобиля; V – скорость движения автомобиля.

5. Определим мощность сопротивления подъему автомобиля, для чего в выражение (4) подставим численные значения входящих в него параметров:

$N_\alpha = 2538{,}2 \cdot 10 = 25382$ Вт $= 25{,}38$ кВт.

Ответ: мощность сопротивления подъему автомобиля 25,38 кВт.