



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии наземного транспорта»

7-8 класс

Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Пояснение к задаче 1

Из теории автомобиля известно, что автомобиль, во время движения, преодолевает силы сопротивления качению, воздуху и подъему. Сила сопротивления качению определяется из выражения:

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

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

Сила сопротивления подъему определяется из выражения:

$$P_\alpha = G_A \sin \alpha, \quad (2)$$

где P_α – сила сопротивления подъему (Н); G_A – вес автомобиля (Н); α – угол подъема дороги.

Силой сопротивления воздуха в общем случае (если речь не идет об автомобилях, движущихся с высокими скоростями) можно пренебречь.

Таблица 1. Среднее значение коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия и его состояния	Коэффициент сопротивления качению f
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 удовлетворительном состоянии	0,02
5	Брусчатая мастерская	0,017
6	Грунтовая сухая дорога в хорошем состоянии	0,023
7	Грунтовая дорога мокрая (влажная) в хорошем состоянии	0,03
8	Грунтовая мокрая (влажная) 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 1 (25 баллов)

Полностью груженный грузовой автомобиль массой 12000 кг движется по влажной горизонтальной грунтовой дороге, находящейся в плохом состоянии, со скоростью 30 км/ч. Определите потери мощности двигателя машины, затрачиваемые на преодоление автомобилем силы сопротивления качению. (25 баллов)

Решение:

1. Определим мощность, затрачиваемую на преодоление силы сопротивления качению.

Из курса элементарной физики известно, что в общем случае:

$$\text{Мощность} = \text{Сила} \times \text{Скорость}. \quad (1)$$

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

$$N_f = P_f \cdot V_A \quad (2)$$

где N_f – мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления качению; P_f – сила сопротивления качению; V_A – скорость грузового автомобиля.

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

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (3)$$

где P_f – сила сопротивления качению (Н); G_A – вес автомобиля (Н); f – коэффициент сопротивления для условий влажной грунтовой дороги, находящейся в плохом состоянии. Из таблицы 1 в Пояснениях к задаче 1 определим, что $f = 0,1$. Поскольку грузовой автомобиль движется по горизонтальной дороге, то $\alpha = 0$, тогда и $\cos \alpha = 1$.

3. Определим вес автомобиля G_A :

$$G_A = m_A \cdot g = 12\,000 \cdot 9,8 = 117\,600 \text{ (Н)}, \quad (4)$$

где m_A – масса автомобиля (кг), g – ускорение свободного падения, принимаем $9,8 \text{ м/с}^2$.

4. Из выражения (3), определим величину силы сопротивления качению:

$$P_f = G_A f \cos \alpha = 117\,600 \cdot 0,1 \cdot 1 = 11\,760 \text{ (Н)}. \quad (5)$$

5. Из выражения (2) определим мощность, затрачиваемую на преодоление силы сопротивления качению, для чего подставим в него полученные числовые значения входящих в него величин. При этом учтем, что в системе СИ $V_A = 30\,000 / 3600 = 8,3 \text{ м/с}$.

$$N_f = 11\,760 \cdot 8,3 = 97\,608 \text{ (В)} = 97,6 \text{ (кВт)}. \quad (6)$$

Ответ: мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления качению, составляет 97,6 кВт.

Пояснения к задаче 2

Из курса физики известно, что коэффициент полезного действия (КПД) — это величина, определяющая эффективность устройства или процесса, выраженная в процентах или в долях. Формула для расчета КПД:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где η — коэффициент полезного действия (%); $A_{\text{пол}}$ – полезная работа (Дж); $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа (Дж).

В транспортной отрасли КПД используется для оценки эффективности двигателей и механизмов транспортных средств. Отношение мощности на ведомом валу передачи к мощности на ведущем валу называется механическим коэффициентом полезного действия (КПД) и определяется:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}, \quad (2)$$

где η — коэффициент полезного действия (%); N_2 – мощность на выходном валу передачи (кВт); N_1 – мощность на входном валу передачи (кВт).

Механический КПД характеризует механические потери в передачах. Для различных типов передач КПД находится в пределах от 0,25 до 0,98.

В многоступенчатых передачах (при последовательном соединении ступеней) общий КПД определяется как произведение КПД каждой ступени в отдельности.

Задача 2

На автомобиле установлен двигатель мощностью 100 кВт. Известно, что при движении автомобиля потери мощности в трансмиссии составляют 11,5 кВт.

Определите:

- 1) КПД трансмиссии (20 баллов);
- 2) величину мощности, передаваемую на колеса автомобиля (5 баллов).

Решение:

1. Запишем уравнение общего мощностного баланса для автомобиля:

$$N_d = N_{\text{тр}} + N_k, \quad (1)$$

где N_d – мощность двигателя (Вт); $N_{\text{тр}}$ – мощность потерь в трансмиссии (Вт); N_k – мощность на ведущих колесах автомобиля (Вт).

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

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

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии.

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

$$\eta_{\text{тр}} = 1 - \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{д}}} = 1 - \frac{11,5}{100} = 0,885. \quad (3)$$

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

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

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

$$N_{\text{к}} = 100 - 11,5 = 88,5 \text{ (кВт)}. \quad (5)$$

Ответ: 1) $\eta_{\text{тр}} = 0,885 = 88,5 \%$; 2) мощность, передаваемая на колеса автомобиля, равна 88,5 кВт.

Пояснения к задаче 3

Известно, что автомобиль связан с дорогой только шинами. Даже не шиной целиком, а небольшой ее частью. Эта часть шины, которая соприкасается с дорожным полотном, называется пятном контакта. Таким образом, пятно контакта – это небольшая часть шины, которая касается дорожного покрытия.

Снаряженная масса автомобиля – это масса автомобиля, когда он пуст, то есть в нем нет водителя, пассажиров и груза, но при этом залиты все эксплуатационные жидкости, необходимые для нормальной работы.

Снежная целина представляет большие трудности для движения автомобилей. Возможность движения по снегу определяется его несущей способностью. Основными характеристиками несущей способности снега являются плотность и твердость.

Из практики известно, что снег выдерживает удельное давление 0,35–0,45 кГ/см² (34,5–41,1 кПа). Практикой эксплуатации установлено, что устоявшийся снежный наст толщиной 70–100 мм, уплотненный колесами автомобилей, создает на автомобильной дороге ровное плотное покрытие, обеспечивающее устойчивое движение машин.

Задача 3 (25 баллов)

Легковой автомобиль, снаряженная масса которого составляет 1280 кг, с водителем и тремя взрослыми пассажирами движется по дороге. Чтобы попасть к месту назначения, ему нужно съехать на проселок, занесенный свежеснежившим снегом. Известно, что площадь пятна контакта шины, которыми оснащен автомобиль, равна 125 см².

Выясните, сможет ли данный автомобиль продолжить поездку по проселочной дороге.

Решение:

1. Используя пояснения к задаче выражение для определения удельного давления автомобиля по заснеженной проселочной дороге:

$$p = \frac{G_{\text{А}}}{4S_{\text{ПК}}}, \quad (1)$$

где p – величина удельного давления автомобиля на поверхность заснеженной проселочной дороги (Па); $G_{\text{А}}$ – полный вес автомобиля (Н); $S_{\text{ПК}}$ – площадь пятна контакта автомобильной шины (м²); 4 – количество автомобильных шин.

2. Полный вес автомобиля, в данном случае, определяется из выражения:

$$G_{\text{А}} = (m_{\text{сн}} + 4m_{\text{п}}) \cdot g, \quad (2)$$

где $m_{\text{сн}}$ – снаряженная масса автомобиля; $m_{\text{п}}$ – масса человека (водителя или пассажира) (кг); g – ускорение свободного падения, принимаем равным 9,8 м/с².

3. Подставим в выражение (1) выражение (2):

$$p = \frac{(m_{\text{сн}} + 4m_{\text{п}}) \cdot g}{4S_{\text{ПК}}}, \quad (3)$$

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

$$p = \frac{(1280 + 4 \cdot 75) \cdot 9,8}{4 \cdot 0,0125} = 309680 \text{ (Па)} = 309,68 \text{ (кПа)}. \quad (4)$$

5. Используя пояснения к задаче, запишем условие проходимости автомобиля при движении по снегу:

$$p < P_{\text{сн}},$$

где p – удельное давление, создаваемое автомобилем при движении; $P_{\text{сн}}$ – предельно допустимое удельное давление, которое выдерживает без разрушения снежный наст, образованный свежеснегоснегом.

Из пояснений к задаче известно, что снег выдерживает давление ($P_{\text{сн}}$) от 34,5 до 41,1 кПа.

Поскольку в данном случае имеем $p = 309,68$ кПа, то имеем $p > P_{\text{сн}}$, значит автомобиль не сможет проехать по заснеженной проселочной дороге.

Ответ: автомобиль не сможет проехать по заснеженной проселочной дороге.

Задача 4 (25 баллов)

Грузовой автомобиль полной массой 9800 кг движется по горизонтальному участку дороги. Известно, что на преодоление силы сопротивления качению затрачивается 33,8 кВт. Скорость автомобиля составляет 54 км/ч.

Определите, по дороге с каким покрытием движется автомобиль.

Решение

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

$$\text{Мощность} = \text{Сила} \times \text{Скорость}. \quad (1)$$

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

$$N_f = P_f \cdot V_A \quad (2)$$

где N_f – мощность, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления качению (Вт); P_f – сила сопротивления качению (Н); V_A – скорость грузового автомобиля (м/с).

3. Используя пояснение к задаче 1, запишем выражение силы сопротивления качению автомобиля:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (3)$$

где P_f – сила сопротивления качению (Н); G_A – вес автомобиля (Н); f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, в общем случае берется из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице 1 из пояснений к задаче 1); α – угол подъема.

4. Определим вес автомобиля по формуле:

$$G_A = m_A \cdot g, \quad (4)$$

где G_A – вес автомобиля (Н); m_A – масса автомобиля (кг); g – ускорение свободного падения, принимаем равным $9,8 \text{ м/с}^2$.

5. Подставим выражения (3) и (4) в выражение (2):

$$N_f = m_A \cdot g \cdot f \cdot \cos \alpha \cdot V_A, \quad (5)$$

6. Перестроим выражение (5) относительно величины f :

$$f = \frac{N_f}{m_A \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot V_A}. \quad (6)$$

7. Подставим в выражение (6) числовые значения входящих в него параметров. При этом учтем, что $V_A = 54 \text{ км/ч} = 15,0 \text{ м/с}$. Из условий задачи известно, что автомобиль движется по горизонтальной дороге, то есть $\alpha = 0$ град, значит, $\cos \alpha = 1$.

$$f = \frac{33\,800}{9800 \cdot 9,8 \cdot 15,0} = 0,023. \quad (7)$$

Согласно данным таблицы 1 из пояснений к задаче 1, $f = 0,023$ означает, что автомобиль движется по сухой грунтовой дороге, находящейся в хорошем состоянии.

Ответ: автомобиль движется по сухой грунтовой дороге, находящейся в хорошем состоянии.