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.

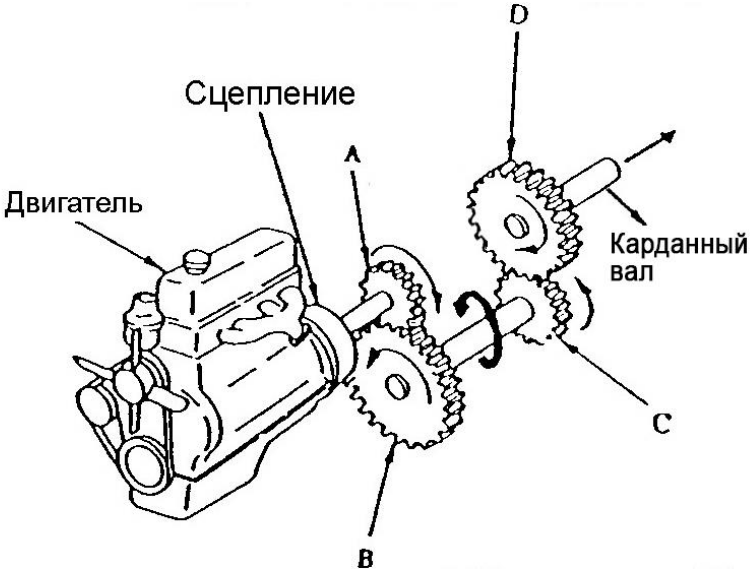
Таким образом, получаем соотношение:

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

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 карданным валом. Вращение от карданного вала передается непосредственно на ведущие колеса.

Известно:

– частота вращения коленчатого вала двигателя – 800 об/мин;

– радиус качения ведущего колеса транспортного средства – 0,38 м.

Задача 1 (25 баллов)

Определите скорость движения транспортного средства (в км/ч) для случая прямой передачи в его трансмиссии.

Решение:
1. Из пояснения к задаче известно, что в случае прямой передачи в трансмиссии транспортного средства, угловые скорости ведущего и ведомого элемента трансмиссии совпадают. Таким образом, частота вращения коленчатого вала двигателя транспортного средства ($n_{кв}$) равна частоте вращения карданного вала транспортного средства ($n_{крв}$) и равна 800 об/мин.

2. Скорость движения транспортного средства можно определить из формулы:

$$V_{тс} = 2\pi R_к \cdot n_{крв}, \quad (1)$$

где $V_{тс}$ – скорость движения транспортного средства, м/мин; $\pi = 3{,}14$; $R_к$ – радиус качения ведущего колеса транспортного средства, м; $n_{крв}$ – частота вращения карданного вала двигателя, об/мин.

3. Подставим в выражение (1) известные из условий задачи числовые значения:

$$V_{тс} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}38 \cdot 800 = 1904 \text{ м/мин} \quad (2)$$

4. Переводим полученный в выражении (2) результат в требуемую размерность (км/ч):

$$1904 \cdot \frac{60}{1000} = 114{,}2 \text{ км/ч} \quad (3)$$

Ответ: скорость транспортного средства 114,2 км/ч.

Задача 2 (75 баллов);
Ваша задача завершить проектирование трансмиссии транспортного средства для трех случаев:
1) чтобы на выходе (на карданном валу была обеспечена замедляющая передача с максимально возможным передаточным числом (25 баллов);
2) чтобы на выходе (на карданном вале) была обеспечена ускоряющая передача с минимально возможным передаточным числом (25 баллов);
3) чтобы на выходе (на карданном вале) была обеспечена прямая передача (25 баллов).
Для этого необходимо провести подбор шестерен А; В; С и Д для коробки передач. В распоряжении разработчиков имеются только шестерни и числом зубьев – 20, 30 и 40, из числа которых и требуется сделать выбор.

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

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

где $i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии транспортного средства; i_1 – передаточное число первой зубчатой передачи; i_2 – передаточное число второй зубчатой передачи; z_B – число зубьев шестерни B; z_A – число зубьев шестерни A; z_D – число зубьев шестерни D; z_C – число зубьев шестерни C.

2. Для обеспечения в трансмиссии понижающей передачи с максимально возможным передаточным числом необходимо обеспечить следующее условие:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 \to max,$$

$$i_1 = \frac{z_B}{z_A} \to max, \qquad (2)$$

$$i_2 = \frac{z_D}{z_C} \to max$$

3. Учитывая набор имеющихся шестерен, условие (2) может быть выполнено в случае:

$$z_B = 40;\ z_A = 20;\ z_D = 40; z_C = 20 \qquad (3)$$

4. Для обеспечения в трансмиссии ускоряющей передачи с минимальное возможным передаточным числом необходимо обеспечить следующее условие:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 \to min,$$

$$i_1 = \frac{z_B}{z_A} \to min, \qquad (4)$$

$$i_2 = \frac{z_D}{z_C} \to min$$

5. Учитывая набор имеющихся шестерен, условие (4) может быть выполнено в случае:

$$z_B = 20;\ z_A = 40;\ z_D = 20; z_C = 40 \qquad (5)$$

6. Для обеспечения в трансмиссии прямой передачи необходимо обеспечить следующее условие:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 = 1, \qquad (6)$$

$$i_{\text{тр}} = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 1$$

7. Учитывая набор имеющихся шестерен, условие (6) может быть выполнено при различных сочетаниях чисел зубьев шестерен, например:

а) $$z_B = 40;\ z_A = 20;\ z_D = 20; z_C = 40 \qquad (7)$$

$$i_{\text{тр}} = \frac{40}{20} \cdot \frac{20}{40} = 1$$

б) $$z_B = 30;\ z_A = 40;\ z_D = 40; z_C = 30 \qquad (8)$$

$$i_{\text{тр}} = \frac{30}{40} \cdot \frac{40}{30} = 1$$

в) $$z_B = 20;\ z_A = 30;\ z_D = 30; z_C = 20 \qquad (9)$$

$$i_{\text{тр}} = \frac{20}{30} \cdot \frac{30}{20} = 1$$

В данном случае имеем пример классической конструкторской задачи, когда существует несколько вариантов решений, удовлетворяющих ее условиям. Конечный выбор производится с учетом множества других факторов – технологических, экономических и т.д.

Ответы: 1. $z_A = 20;\ z_B = 40;\ z_C = 20;\ z_D = 40$

2. $z_A = 40;\ z_B = 20;\ z_C = 40;\ z_D = 20$

3 а) $z_A = 20;\ z_B = 40;\ z_C = 40;\ z_D = 20$
б) $z_A = 40;\ z_B = 30;\ z_C = 30;\ z_D = 40$
в) $z_A = 30;\ z_B = 20;\ z_C = 20;\ z_D = 30$

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.

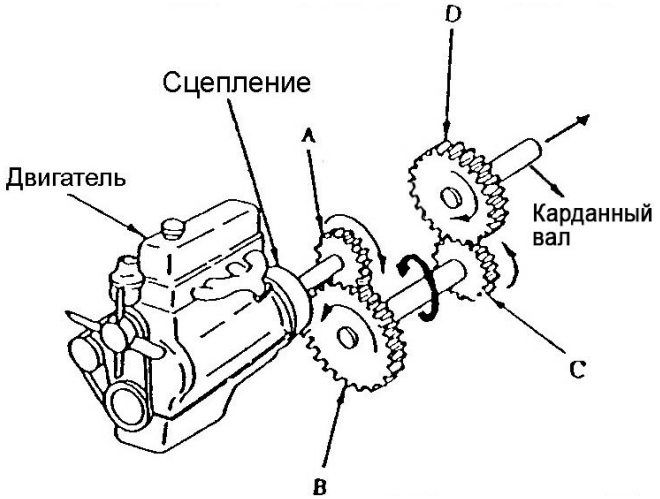
Таким образом, получаем соотношение:

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

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:

$$V_{\text{тс}} = 60 \text{ км/ч} = 1000 \text{ м/мин}$$

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

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 A, B, C 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:

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

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:

$$i_{\text{тр}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 6, \tag{5}$$

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 B; z_A – число зубьев шестерни A; z_D – число зубьев шестерни D; z_c – число зубьев шестерни C.

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

$$\begin{aligned} &1)\ i_{\text{тр1}} = 3 \cdot 2 = 6, \\ &2)\ i_{\text{тр2}} = 2 \cdot 3 = 6, \\ &3)\ i_{\text{тр3}} = 4 \cdot 1{,}5 = 6, \\ &4)\ i_{\text{тр4}} = 1{,}5 \cdot 4 = 6, \end{aligned} \tag{6}$$

Любое из данных сочетаний передаточных чисел удовлетворяет условиям задачи.

6. Определим числа зубьев шестерен для случая 1.

$$i_{\text{тр1}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 3 \cdot 2 = 6, \tag{7}$$

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

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.

$$i_{\text{тр2}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 2 \cdot 3 = 6, \tag{8}$$

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

Тогда:

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

8. Определим числа зубьев шестерен для случая 3.

$$i_{\text{тр3}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 4 \cdot 1{,}5 = 6, \tag{9}$$

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

Тогда:

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

9. Определим числа зубьев шестерен для случая 4.

$$i_{\text{тр4}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_c} = 1{,}5 \cdot 4 = 6, \tag{10}$$

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

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

Пояснения к задачам

Из теории автомобиля известно:

1. Сила дорожного сопротивления, которую преодолевает автомобиль при движении, определяется по формуле:

$$P_\varphi = P_f + P_\alpha, \quad (1)$$

где P_φ – сила дорожного сопротивления, Н; P_f – сила сопротивления качению, Н;
P_α – сила сопротивления подъему, Н.

При этом:

$$P_f = G_\text{А} f \cos\alpha, \quad (2)$$

где $G_\text{А}$ – 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); α – угол подъема дороги.

$$P_\alpha = \pm G_\text{А} \sin\alpha, \quad (3)$$

Знак «+» берется в том случае, когда автомобиль движется на подъем, знак «–» – при движении автомобиля на спуске.

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_\text{А} \cdot {V_\text{А}}^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха, Н; k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{Н \cdot с^2}{м^4}$, берется из специальных таблиц; $F_\text{А}$ – площадь поперечного сечения автомобиля, м^2;
$V_\text{А}$ – скорость движения автомобиля, м/с.

3. Условия движения автомобиля:
– равномерное движение $P_\text{А} = P_\varphi + P_w$;
– движение с ускорением $P_\text{А} > P_\varphi + P_w$;
– движение с замедлением (без буксования) $P_\text{А} < P_\varphi + P_w$,
где $P_\text{А}$ – сила тяги на колесах автомобиля, Н.

4. Удельное давление автомобиля на грунт рассчитывается по формуле: масса машины, деленная на контактную площадь грунта. Измеряется в кг/см^2.
Оно означает то, с какой силой давит автомобиль на 1 квадратный сантиметр дорожного полотна. Из формулы следует, что давление на грунт зависит не только от массы автомобиля, но и от общей площади соприкосновения колес автомобиля с дорогой, или, как говорят, – общей площади «пятен контакта» колес.
Для справки: удельное давление пешехода – 0,6 кг/см^2; лыжника – 0,04 кг/см^2.

5. Предельная несущая способность грунта – это максимальное давление, которое он может выдерживать без разрушения.
Для справки: предельная несущая способность снежного наста – 0,3 кг/см^2.

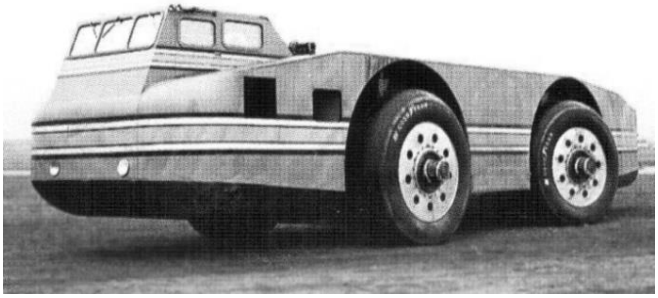
Таблица 1

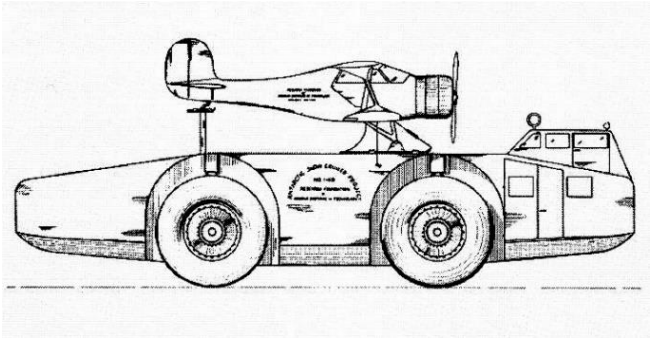
Средние значения коэффициента сопротивления качению

№	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальтовая дорога в отличном состоянии	0,015
2	Гравийная дорога в хорошем состоянии	0,022
3	Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0,023

4	Ровный лед	0,025
5	Сыпучий песок	0,2
6	Снежный надув (слабо укатанный снег)	0,08

Описание проблемы





На иллюстрациях представлены чертеж и фотография Snow Cruiser («Снежный крейсер») – автомобиля, разработанного и построенного в США в конце 30-х годов прошлого века специально для покорения Антарктиды. Предполагалось, что, пройдя во время экспедиции 8000 километров, «Снежный крейсер» крест-накрест пересечет Ледовый континент, проедет всю его береговую линию и дважды побывает на Южном полюсе.

Для своего времени конструкция Snow Cruiser была верхом инженерной мысли. Основой огромной машины была пространственная трубчатая рама, обшитая металлическими листами с двухслойным утеплением. По периметру кузова проходили трубы системы охлаждения двигателей, одновременно игравшие роль своеобразного «центрального отопления» салона, а горячий воздух от работающих моторов отводился в колесные арки и обдувал шины, предотвращая тем самым их обледенение. Система отопления вездехода была настолько эффективной, что внутри машины, даже при самых сильных морозах, экипажу требовалась только легкая одежда и тонкие одеяла для сна.

Автомобиль имел длину 17 метров, ширину – 6 метров и высоту – почти 5 метров. Такие гигантские размеры стали следствием того, что машина использовалась в качестве передвижной исследовательской станции. Внутри ее кузова размещались и двигательный отсек, и 3-местная рубка управления, вынесенная наверх, и каюты экипажа со спальными местами, и кают-компания с мягкими креслами, и кухня с мойкой и плитой, и мастерская со сварочным аппаратом и токарным станком, и фотолаборатория. Кроме этого, в кузове еще были склад провизии и бак, вмещавший почти девять с половиной тысяч литров дизельного топлива.

Экипаж машины состоял из пяти человек, в том числе и пилота самолета. На крыше «Снежного крейсера» размещался 5-местный биплан Beechcraft Model 17, который предназначался для ведения воздушной разведки и аэрофотосъемки, а в случае возникновения какой-то критической ситуации все члены экипажа должны были сесть в него и улететь. И автомобиль, и самолет были выкрашены в ярко-красный цвет, чтобы их было легко обнаружить в ледяной пустыне Антарктиды.

У «Снежного крейсера» был колесный движитель. Огромные, гладкие (без протектора) покрышки диаметром 120 дюймов (больше 3 м) и шириной 33 дюйма (0,86 метра) были изготовлены из морозостойкой резины. Автомобиль имел гибридный привод. Перед передней осью стояли два 11-литровых 6-цилиндровых дизельных двигателя мощностью по 150 л.с., которые раскручивали два генератора, запитывавших четыре электромотора мощностью по 50 л.с. каждый, располагавшиеся в ступицах колес. Все колеса были не только ведущими, но и управляемыми. «Снежный крейсер» на шоссе мог разогнаться до вполне приличных 48 км/ч — неплохой показатель для машины полной массой в 38 тонн (без самолета).

Однако после прибытия в начале 1940 года «Снежного крейсера» в Антарктиду выяснилась грубейшая ошибка его разработчиков – оказалось, что ходовая часть машины могла работать только на твердой и ровной поверхности. В реальности же, из-за высокого удельного давления, колеса разрушали снежный наст, и автомобиль проваливался в снег, после чего машина

буксовала, зарываясь в снег и не могла сдвинуться с места. К тому же, у нее была отвратительная геометрическая проходимость: из-за своих огромных свесов она просто не могла преодолеть ледяные торосы и снежные надувы даже метровой высоты, которые для Антарктиды были стандартными «дорожными условиями».

В итоге, за две недели «Снежный крейсер» проехал в Антарктиде всего 148 километров по ровному льду. Дальше плато закончилось, и машина встала. Было решено движение остановить и превратить автомобиль в стационарную научно-исследовательскую станцию. В таком виде он проработал до 1941 года, когда экипаж был вынужден законсервировать Snow Cruiser и покинуть его.

В конце 1946 года во время очередной американской антарктической экспедиции брошенный вездеход был обнаружен. Выяснилось, что транспортное средство хорошо сохранилось и нуждается только в техническом обслуживании. Во второй раз снегоход нашли в 1958 году. На сей раз для того, чтобы откопать машину из-под снега, использовали бульдозер. В более поздних экспедициях найти автомобиль уже не смогли.

Задача 1 (15 баллов)

Определите, какая сила тяги должна быть на колесах «Снежного крейсера», чтобы обеспечить его движение в Антарктике. Учитывая низкую скорость машины, сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Решение:

1. Из пояснений к задаче, очевидно, что для движения «Снежного крейсера» в Антарктиде должно выполняться условие:

$$P_{\text{А}} \geq P_{\varphi} + P_{w}, \tag{1}$$

где $P_{\text{А}}$ – сила тяги, необходимая для обеспечения движения машины в Антарктиде, Н; P_{φ} – сила дорожного сопротивления, Н; P_{w} – сила сопротивления воздуха, Н.

Учитывая, что по условиям задачи, сопротивлением воздуха можно пренебречь (т.е. $P_{w} = 0$), условие (1) можно записать в виде:

$$P_{\text{А}} \geq P_{\varphi} \tag{2}$$

При этом

$$P_{\varphi} = P_{f} + P_{\alpha}, \tag{3}$$

где P_{f} – сила сопротивления качению, Н; P_{α} – сила сопротивления подъему, Н.

Учитывая, что движение машины осуществляется по горизонтальной поверхности ($P_{\alpha} = 0$), выражение (2) можно записать:

$$P_{\text{А}} \geq P_{f} \tag{4}$$

2. Сила дорожного сопротивления, как следует из пояснений к задаче, определяется из выражения:

$$P_{f} = G_{\text{А}} f \cos\alpha, \tag{5}$$

где P_{f} – сила дорожного сопротивления, Н; $G_{\text{А}}$ – вес машины, Н; f – коэффициент сопротивления качению, зависит от типа и состояния дороги, выбирается из специальных таблиц (фрагмент представлен в таблице в пояснениях к задаче); α – угол подъема дороги, в данном случае $\alpha = 0$.

3. Определяем вес автомобиля из выражения:

$$G_{\text{А}} = m_{\text{А}} \cdot g, \tag{6}$$

где $m_{\text{А}}$ – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения, м/сек^2.

4. Подставляем в выражение (6) численные значения входящих в него параметров:

$$G_{\text{А}} = 38000 \cdot 9.8 = 372400\ H, \tag{7}$$

5. Подставляем в выражение (5) численные значения входящих в него параметров. Учтем, что параметр f по данным таблицы 1 имеет величину 0,08:

$$P_f = 372400 \cdot 0{,}08 = 29792\ H \tag{8}$$

Таким образом, для обеспечения движения «Снежного крейсера» в Антарктиде на колесах машины должна быть сила тяги не менее 29792 Н.

Ответ: сила тяги не менее 29792 Н.

Задача 2 (10 баллов)
Определите примерное удельное давление на грунт «Снежного крейсера». Учтем, что ориентировочная длина пятна контакта колеса автомобиля при его движении по снежному надуву составляет 0,25 м. Сделайте заключение о возможности движения Snow Cruiser по снежному надуву.

Решение:
1. Как видно из пояснений к задаче, в общем случае, удельное давление автомобиля на грунт можно определить из выражения:

$$F_{\text{А}} = \frac{G_{\text{А}}}{S_{\text{А}}}, \tag{1}$$

где $F_{\text{А}}$ – удельное давление автомобиля на грунт, кг/см^2; $G_{\text{А}}$ – вес автомобиля, кг;
$S_{\text{А}}$ – общая площадь контакта колес автомобиля с грунтом, см^2.
В данном случае используем размерность величины удельного давления кг/см^2.

2. Величина $S_{\text{А}}$ определяется из выражения:

$$S_{\text{А}} = n \cdot S_{\text{пк}}, \tag{2}$$

где n – число колес автомобиля; $S_{\text{пк}}$ – площадь пятна контакта колеса автомобиля, см^2.
В данном случае:

$$S_{\text{пк}} = l_{\text{пк}} \cdot B, \tag{3}$$

где $l_{\text{пк}}$ – длина пятна контакта, см; B – ширина покрышки автомобиля, см.

3. Подставим выражения 2 и 3 в выражение 1:

$$F_{\text{А}} = \frac{G_{\text{А}}}{n \cdot l_{\text{пк}} \cdot B} \tag{4}$$

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

$$F_{\text{А}} = \frac{38000}{4 \cdot 25 \cdot 86} = 4{,}41\ \text{кг/см}^2 \qquad (5)$$

5. Из пояснений к задаче известно, что предельная величина несущей способности снежного наста составляет 0,3 кг/см^2.

Учитывая, что

$$F_{\text{А}} = 4{,}41\ \text{кг/см}^2 > 0{,}3\ \text{кг/см}^2,$$

можно сделать вывод, что «Снежный крейсер» не мог передвигаться по снежному надуву, поскольку его колеса разрушали снежный наст, и автомобиль проваливался в снег. Обратим внимание на такой факт. Даже снижение давления в шинах автомобиля не решало проблему. Например, в случае увеличения длины пятна контакта даже до 1 метра (что происходит в случае снижения давления воздуха в шинах) величина удельного давления составляло 1,1 кг/см^2, что также намного больше величины несущей способности снежного наста.

Ответ: автомобиль не мог передвигаться по снежному надуву.

Задача 3 (75 баллов)

Представьте, что вы являетесь членом международной антарктической экспедиции, которая разыскала Snow Cruiser, извлекла его из-под снега и провела необходимое техническое обслуживание. Нужно провести эвакуацию машины в порт, откуда на корабле она будет доставлена на Большую землю в музей.

Вашей задачей является сделать так, чтобы «Снежный крейсер» смог самостоятельно преодолеть этот маршрут. Обоснуйте, какие изменения в его конструкции необходимо для этого провести. Сделайте эскиз предлагаемых вами конструктивных изменений и опишите их. Пользуясь имеющимися данными, подтвердите расчетами реальность ваших предложений.

Решение:

Задание является проектной задачей и имеет множество вариантов решения. Каждый из участников предлагает свой вариант решения с использованием эскизов, описаний и расчетов.