



Пояснения к задаче 1

Во время работы двигателя внутреннего сгорания его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого нижней мертвой точкой (НМТ) до самого верхнего – верхней мертвой точки (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется рабочим ходом поршня (h_p). Когда поршень находится в НМТ над его поверхностью, называемой днищем поршня, находится полный объем цилиндра ($V_{пц}$), включающий рабочий объем цилиндра ($V_{рц}$) и объем камеры сгорания ($V_{кс}$).

Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является днище поршня в НМТ, а верхней – днище поршня в ВМТ называется **рабочим объемом цилиндра** ($V_{рц}$). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это **степень сжатия двигателя** (ε).

Рабочий объем двигателя внутреннего сгорания равен сумме рабочих объемов всех его цилиндров.

Двигатели, в которых диаметр цилиндра больше рабочего хода поршня, называют **короткоходовыми**. Такие двигатели развивают большие обороты коленчатого вала, что дает возможность получения высокой мощности.

Двигатели, в которых рабочий ход поршня превышает диаметр цилиндра, называют **длинноходовыми**. Такие двигатели, как правило, отличаются экономичностью и характеризуются большими значениями крутящего момента.

Задача 1 (40 баллов)

Двигатель внутреннего сгорания имеет четыре цилиндра диаметром 80 мм. Рабочий объем двигателя составляет 1000 см^3 , а его степень сжатия 12.

Определите:

- 1) Объем камеры сгорания цилиндра двигателя (20 баллов);
- 2) Рабочий ход поршня двигателя (15 баллов).
- 3) Сделайте заключение о том, к какому типу двигателей (коротко- или длинноходовым) относится данный силовой агрегат (5 баллов).

Решение:

1) Определим объем камеры сгорания $V_{кс}$

1. Как следует из пояснения к задаче 1, величина степени сжатия (ε) определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{V_{пц}}{V_{кс}} = \frac{V_{рц} + V_{кс}}{V_{кс}}, \quad (1)$$

где $V_{пц}$ – полный объем цилиндра двигателя (см^3); $V_{кс}$ – объем камеры сгорания цилиндра двигателя (см^3); $V_{рц}$ – рабочий объем цилиндра двигателя (см^3).

2. Проведем преобразования выражения (1):

$$\begin{aligned} \varepsilon \cdot V_{кс} &= V_{рц} + V_{кс}; \\ \varepsilon \cdot V_{кс} - V_{кс} &= V_{рц}; \\ V_{кс} \cdot (\varepsilon - 1) &= V_{рц}. \end{aligned} \quad (2)$$

3. Проведем преобразование выражения (2) относительно величины объема камеры сгорания:

$$V_{кс} = \frac{V_{рц}}{\varepsilon - 1}. \quad (3)$$

4. Учтем, что рабочий объем цилиндра четырехцилиндрового двигателя можно определить как:

$$V_{рц} = \frac{V_p}{4}, \quad (4)$$

где V_p – рабочий объем двигателя.

5. После подстановки $V_{рц}$ из выражения (4) в формулу (3) получаем выражение для нахождения объема камеры сгорания:

$$V_{кс} = \frac{V_p}{4(\varepsilon - 1)}. \quad (5)$$

6. Подставим в выражение (5) числовые значения входящих в него параметров:

$$V_{\text{кв}} = \frac{1000}{4(12 - 1)} = 22,7 \text{ (см}^3\text{)}. \quad (6)$$

Ответ 1: объем камеры сгорания цилиндра двигателя 22,7 см³.

2) Определим рабочий ход поршня

Из пояснений к задаче 1 следует, что рабочий объем цилиндра можно определить из выражения:

$$V_p = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2 \cdot h_{\text{п}}}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ (см}^3\text{)}, \quad (7)$$

где V_p – рабочий объем цилиндра (см³); $\pi = 3,14$; $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра (см); $h_{\text{п}}$ – рабочий ход поршня (см).

Проводим преобразования (7) относительно величины $h_{\text{п}}$, в результате получаем выражение:

$$h_{\text{п}} = \frac{4V_p}{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}. \quad (8)$$

Подставляем в выражение (8) числовые значения входящих в него параметров:

$$h_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 64} \approx 5,0 \text{ (см)} \approx 50 \text{ (мм)}. \quad (9)$$

Ответ 2: рабочий ход поршня равен 50 мм.

3) Общая характеристика двигателя

В данном двигателе, как явствует из условия задачи, диаметр цилиндра ($d_{\text{ц}}$) равен 80 мм, а рабочий ход поршня ($h_{\text{п}}$), как было определено в ходе решения задачи, составляет 50 мм.

Таким образом, имеем: $d_{\text{ц}} > h_{\text{п}}$, то есть наш двигатель короткоходовой.

Ответ 3: двигатель короткоходовой.

Задача 2 (20 баллов).

Автомобиль движется по сухой, ровной, горизонтальной дороге. Известно, что частота вращения колес автомобиля составляет 400 об/мин, а радиус качения колеса равен 0,48 м.

Определите, какую скорость покажет спидометр автомобиля.

Решение:

1. Из курса элементарной физики известно, что в общем случае:

$$\text{Скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}} = \frac{S}{t}. \quad (1)$$

2. В данном случае путь, который проходит автомобиль в единицу времени, можно определить из выражения:

$$S = S_0 \cdot n_{\text{к}}. \quad (2)$$

где S_0 – путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот (м); $n_{\text{к}}$ – частота вращения автомобильного колеса (об/мин).

3. Определим путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот:

$$S_0 = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{к}}, \quad (3)$$

где S_0 – путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот (м); $\pi=3,14$; $R_{\text{к}}$ – радиус качения колеса автомобиля (м).

4. Учитывая, что из условий задачи $R_{\text{к}} = 0,48$ м, подставим в выражение (3) числовые значения. Получаем:

$$S_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,48 = 3,01 \text{ (м)}. \quad (4)$$

5. Используя выражение (2) и полученный из выражения (4) результат, определим путь, который проходит автомобиль за одну минуту, учитывая, что из условий задачи $n_{\text{к}}$ равно 400 об/мин.

$$S = 3,01 \cdot 400 = 1200 \text{ (м)}. \quad (5)$$

6. Из выражения (1), используя результат (5), определим скорость автомобиля ($V_{\text{а}}$). Для данного случая это будет:

$$V_{\text{а}} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ (м/с)}. \quad (6)$$

7. Учитывая, что спидометры автомобилей, эксплуатируемые в России, показывают скорость в км/ч, осуществляем перевод:

$$V_{\text{а}} = 20 \cdot 3,6 = 72 \text{ (км/ч)}, \quad (7)$$

где $3,6 = 3600 / 1000$ – переводной коэффициент.

Ответ: спидометр автомобиля покажет скорость 72 км/ч.

Пояснения к задаче 3

Трансмиссия автомобиля может состоять из нескольких передач. В этом случае под её передаточным числом понимается общее передаточное число, которое можно определить как $i = w_1 / w_2$, где w_1 – угловая скорость ведущего элемента (т.е. коленчатого вала двигателя) на входе в трансмиссию; w_2 – угловая скорость ведомого элемента, которым в данном случае можно считать ведущее колесо 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.

Задача 3 (20 баллов)

Автомобиль движется по сухой, ровной, горизонтальной дороге. Стрелка спидометра на панели приборов показывает 100 км/ч, а расположенный рядом с ним тахометр – 4000 об/мин. Известно, что колеса, установленные на автомобиле, имеют радиус вращения 0,38 м.

Определите передаточное число трансмиссии автомобиля.

Решение:

1. Используя пояснения к задаче, передаточное число трансмиссии автомобиля можно найти из выражения:

$$i_a = \frac{w_1}{w_2}; \quad (1)$$

где i_a – передаточное число трансмиссии автомобиля; w_1 – частота вращения коленчатого вала двигателя, которую показывает тахометр; w_2 – частота вращения ведущих колес автомобиля.

2. Частоту вращения колес автомобиля в данном случае можно определить из выражения:

$$w_2 = \frac{n_k}{60}, \quad (2)$$

где w_2 – частота вращения ведущих колес автомобиля (об/мин); n_k – количество оборотов автомобильного колеса за один час (об); 60 – количество минут.

3. Количество оборотов автомобильного колеса за один час в данном случае можно определить из выражения:

$$n_k = \frac{S_a}{S_o}, \quad (3)$$

где S_a – путь, проходимый автомобилем за один час (м); S_o – путь, проходимый колесом автомобиля за один оборот (м);

4. При скорости 100 км/ч автомобиль проезжает за час 100 км, поэтому $S_a = 100000$ м.

5. Путь, который проходит колесо автомобиля при совершении одного оборота, определяется из выражения:

$$S_o = 2 \cdot \pi \cdot R_k, \quad (4)$$

где S_o – путь, который проходит колесо автомобиля за один оборот (м); $\pi=3,14$; R_k – радиус качения колеса автомобиля (м).

6 Подставим в выражение (4) числовые значения. При этом учтем, что из условий задачи $R_k = 0,38$ м, а число $\pi = 3,14$. После подстановки получаем:

$$S_o = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,38 = 2,4 \text{ (м)}. \quad (5)$$

7. Определим количество оборотов автомобильного колеса за один час (n_k), учитывая, что при скорости 100 км/ч автомобиль проезжает за час 100 км:

$$n_k = \frac{100000}{2,4} = 41667 \text{ (об/час)}. \quad (6)$$

8. Подставим выражение (6) в выражение (2). Определим частоту вращения колеса автомобиля за одну минуту:

$$w_2 = \frac{41667}{60} = 695 \text{ (об/мин)}. \quad (7)$$

9. Подставляем выражение (7) в выражение (1), определим передаточное число трансмиссии автомобиля:

$$i_a = \frac{4000}{695} = 5,76. \quad (8)$$

Ответ: передаточное число трансмиссии автомобиля 5,76.

Пояснения к задаче 4

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:

$$P_f = G_A f \cos \alpha, \quad (2)$$

где 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); α – угол подъема дороги.

$$P_{\alpha} = \pm G_A \sin \alpha, \quad (3)$$

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

2. Сила сопротивления воздуха определяется из выражения:

$$P_w = k \cdot F_A \cdot V_A^2, \quad (4)$$

где P_w – сила сопротивления воздуха (Н); k – коэффициент обтекаемости автомобиля ($\frac{H \cdot c^2}{m^4}$), берется из специальных таблиц; F_A – площадь поперечного сечения автомобиля (m^2); V_A – скорость движения автомобиля (м/с).

3. Условия движения автомобиля:

- равномерное движение $P_A = P_{\varphi} + P_w$;
 - движение с ускорением $P_A > P_{\varphi} + P_w$;
 - движение с замедлением (без буксования) $P_A < P_{\varphi} + P_w$,
- где P_A – сила тяги на колесах автомобиля (Н).

Таблица 1. Средние значения коэффициента сопротивления качению

№ п/п	Виды покрытия дороги	Коэффициент, f
1	Асфальт	0,015
2	Мокрая грунтовая дорога	0,1
3	Сыпучий песок	0,2
4	Хорошо укатанный снег	0,029
5	Лед ровный	0,025

Задача 4 (20 баллов)

Груженный грузовой автомобиль массой 15 000 кг движется равномерно по горизонтальному участку мокрой грунтовой дороги. Затем, не меняя режима работы двигателя, он выезжает на горизонтальный участок асфальтовой дороги.

Как будет двигаться автомобиль (равномерно, ускоренно или замедленно) на участке асфальтовой дороги? Силой сопротивления воздуха можно пренебречь.

Решение:

1. Из пояснений к задаче видно, что условие равномерного движения автомобиля по мокрой грунтовой дороге в данном случае (горизонтальный участок дороги, силой сопротивления воздуха можно пренебречь) будет определяться из выражения:

$$P_{A1} = P_{\varphi 1} = P_{f1}, \quad (1)$$

где P_{A1} – сила тяги на колесах автомобиля при движении по мокрой грунтовой дороге (Н); $P_{\varphi 1}$ – сила дорожного сопротивления на мокрой грунтовой дороге (Н); P_{f1} – сила сопротивления качению на мокрой грунтовой дороге (Н).

2. Сила сопротивления качению при движении по грунтовой дороге определяется из выражения:

$$P_{f1} = G_A f_1 \cos \alpha, \quad (2)$$

где P_{f1} – сила сопротивления качению при движении по мокрой грунтовой дороге (Н); G_A – вес автомобиля (Н); f_1 – коэффициент сопротивления качению мокрой грунтовой дороги (определяем из таблицы 1); α – угол подъема дороги, при этом учтем, что автомобиль движется по горизонтальному участку дороги, то есть $\alpha=0$.

3. Определим вес автомобиля:

$$G_A = m_A \cdot g, \quad (3)$$

где m_A – масса автомобиля (кг); g – ускорение свободного падения, (м/с^2).

4. Подставим выражения (2) и (3) в выражение (1) и найдем силу тяги на колесах автомобиля при его движении по мокрой грунтовой дороге.

$$P_{A1} = G_A f_1 \cos \alpha = m_A \cdot g \cdot f_1 \quad (4)$$

5. Подставим в выражение (4) числовые значения входящих в него величин. Учтем, что $f_1 = 0,1$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

$$P_{A1} = 15\,000 \cdot 9,8 \cdot 0,1 = 14700 \text{ (Н)}. \quad (5)$$

6. Найдем силу дорожного сопротивления при движении автомобиля по асфальтированному участку дороги:

$$P_{\phi 2} = P_{f2} = G_A f_2 \cos \alpha, \quad (6)$$

где $P_{\phi 2}$ – сила дорожного сопротивления при движении автомобиля по асфальтированному участку дороги (Н); P_{f2} – сила сопротивления качению при движении автомобиля по асфальтированному участку дороги (Н); G_A – вес автомобиля (Н); f_2 – коэффициент сопротивления качению асфальтовой дороги (определяем из таблицы 1); α – угол подъема дороги, при этом учтем, что автомобиль движется по горизонтальному участку дороги, то есть $\alpha=0$.

7. Подставим в выражение (6) численные значения входящих в него параметров. Учтем, что $f_2 = 0,015$.

$$P_{\phi 2} = G_A f_2 = m_A \cdot g \cdot f_2 = 15\,000 \cdot 9,8 \cdot 0,015 = 2205 \text{ (Н)}. \quad (7)$$

8. Из условий задачи известно, что при переходе на асфальтированный участок дороги, режим работы двигателя не изменился, то есть сила тяги на колесах осталась равной P_{A1} . Таким образом, при движении автомобиля на асфальтированном участке дороги имеем:

$$P_{A1} > P_{\phi 2} \quad (8)$$

Значит, автомобиль на асфальтированном участке дороги будет двигаться с ускорением.

Ответ: автомобиль на асфальтированном участке дороги будет двигаться с ускорением