



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

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

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 (20 баллов).

Сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (10 баллов).

Пояснения

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 (S). Когда поршень находится в НМТ над его поверхностью, называемой «днищем поршня» находится полный объем цилиндра ($V_{\text{пл}}$), включающий рабочий объем ($V_{\text{рц}}$) и объем камеры сгорания ($V_{\text{кс}}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является днище поршня в НМТ, а верхней – днище поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» ($V_{\text{рц}}$). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это степень сжатия двигателя (E).

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.

Решение:

I. Определим объем камеры сгорания $V_{\text{кс}}$

1. Как следует из пояснения, величина степени сжатия определяется по формуле:

$$E = V_{\text{пл}} / V_{\text{кс}} = (V_{\text{рц}} + V_{\text{кс}}) / V_{\text{кс}}; \quad (1)$$

где: $V_{\text{пл}}$ – полный объем цилиндра двигателя; $V_{\text{кс}}$ – объем камеры сгорания цилиндра двигателя; $V_{\text{рц}}$ – рабочий объем цилиндра двигателя.

2. Проведем необходимые преобразования:

$$E \cdot V_{\text{кс}} = V_{\text{рц}} + V_{\text{кс}};$$

$$E \cdot V_{\text{кс}} - V_{\text{кс}} = V_{\text{рц}};$$

$$V_{\text{кс}} \cdot (E - 1) = V_{\text{рц}};$$

3. В результате получаем выражение для нахождения объема камеры сгорания:

$$V_{\text{кс}} = \frac{V_{\text{рц}}}{E-1}; \quad (2)$$

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

$$V_{\text{рц}} = V_p / 4; \quad (3)$$

где: V_p – рабочий объем двигателя.

После подстановки $V_{\text{рц}}$ из выражения (3) в формулу (2) получаем конечное выражение:

$$V_{\text{кс}} = \frac{V_p}{4(E-1)}; \quad (4)$$

Для решения задачи подставим в (4) исходные данные:

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

Ответ: 22,7 см³.

II. Определим рабочий ход поршня

1. Из пояснений следует, что рабочий объем поршня можно определить из выражения:

$$V_p = \pi \cdot d_{\text{ц}}^2 \cdot S_{\text{п}} / 4 = 1000 / 4; \quad (1)$$

где: $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра; $S_{\text{п}}$ – рабочий ход поршня.

2. Проводим необходимые преобразования и получаем выражения для $S_{\text{п}}$:

$$S_{\text{п}} = \frac{4V_p}{\pi d_{\text{ц}}^2}; \quad (2)$$

3. Подставляем числовые значения и получаем:

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

III. Общая характеристика двигателя

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

Таким образом, имеем: $d_{\text{ц}} > S_{\text{п}}$, то есть наш двигатель короткоходовый. Как следует из пояснения, такие двигатели отличаются большими оборотами коленчатого вала и большими мощностями.

Задача 2

Грузовой автомобиль массой 10000 кг движется по сухой грунтовой дороге на подъем. Известно, что сила сопротивления качению автомобиля составляет 2250 Н. Определите угол подъема дороги. (20 баллов)

Пояснения

Значение коэффициента сопротивления качению (f) для различных дорожных условий:

1. Асфальтобетон в отличном состоянии	0,015
2. Сухая грунтовая дорога	0,023
3. Мокрая грунтовая дорога	0,1
4. Сыпучий песок	0,2
5. Слабо укатанный снег	0,08.

Решение

1. Сила сопротивления качению по отношению к автомобилю определяется по формуле:

$$P_k = G_a \cdot f \cdot \cos \alpha; \quad (1)$$

где: G_a – вес автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению для заданных дорожных условий; α – угол подъема дороги.

2. Определяем вес автомобиля из выражения:

$$G_a = M_a \cdot g; \quad (2)$$

где: M_a – масса автомобиля; g – ускорение свободного падения.

3. Из выражения (1), подставляя значение G_a из выражения (2), находим величину угла подъема дороги

$$\cos \alpha = P_k / M_a \cdot f \cdot g; \quad (3)$$

4. Подставляем численные значения, учитывая, что коэффициент f для данных условий равен 0,023 (Пояснения)

$$\cos \alpha = 2250 / 10000 \cdot 9,8 \cdot 0,023 = 0,998.$$

$$\cos \alpha = 0,99.$$

$$\text{Отсюда } \alpha = 3^\circ.$$

Ответ: угол подъема дороги равен 3° .

Задача 3

Известно, с коленчатого вала автомобиля на его ведущие колеса передается 90% мощности двигателя (N_d). Потери мощности в трансмиссии ($N_{тр}$) автомобиля составляют 20 л.с.

Определите:

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

Решение:

I. Определим мощность двигателя

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:

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

где: η – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 90%).

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

$$N_d = N_{тр} / (1 - \eta); \quad (3)$$

3. Подставляем числовые значения, учитывая, что $\eta = 0,9$.

$$N_d = 20 \text{ л.с.} / (1 - 0,9) = 200 \text{ л.с.} \quad (4)$$

Для перевода полученного результата в систему СИ учитываем, что 1 л.с. = 0,736 кВт. В результате получаем, $N_d = 147,2$ кВт.

Ответ: $N_d = 147,2$ кВт.

II. Определим мощность на ведущих колесах

1. Преобразуем выражение (1) в следующий вид:

$$N_k = N_d - N_{тр} \quad (1)$$

2. Подставим численные значения:

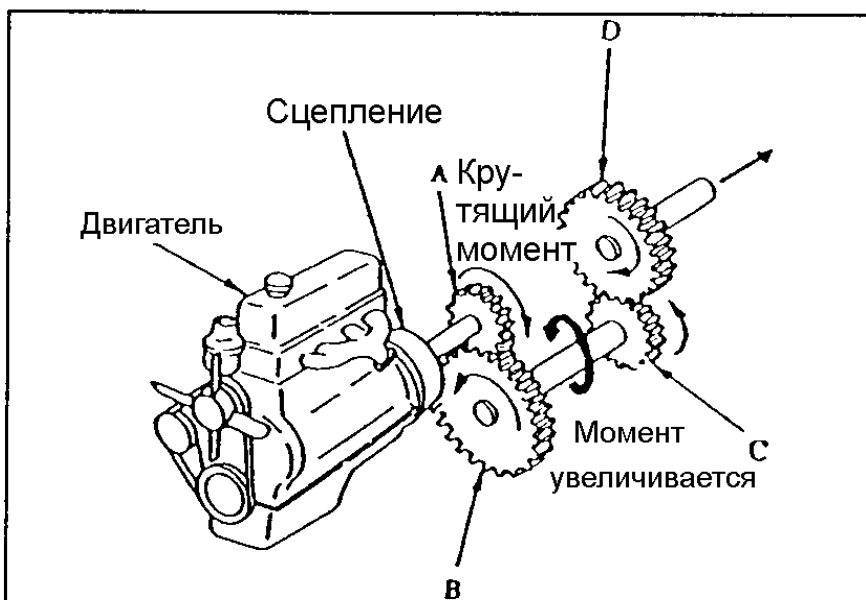
$$N_k = 200 \text{ л.с.} - 20 \text{ л.с.} = 180 \text{ л.с.}$$

Для перевода полученного результата в систему СИ учитываем, что 1 л.с. = 0,736 кВт. В результате получаем, $N_d = 132,4$ кВт.

Ответ: $N_d = 132,4$ кВт.

Задача 4

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, а частота вращения карданного вала – 1000 об/мин. Шестерня В имеет 40 зубьев, шестерня С имеет 20 зубьев, шестерня D имеет 40 зубьев. Сколько зубьев имеет шестерня А? (10 баллов)

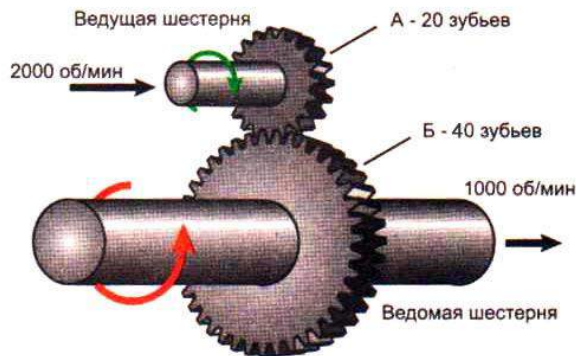


Пояснения

Любое привод, передающий усилие и меняющий направление движения, имеет свои технические характеристики. Основным критерием, определяющим изменение угловой скорости и направления движения, является передаточное число. С ним неразрывно связано изменение силы – передаточное отношение. Оно вычисляется для каждой передачи при проектировании привода машины, в данном случае, автомобиля. Перед тем как узнать передаточное число, надо посчитать количество зубьев на шестернях. Затем разделить их количество на ведомой шестерне (см. рис.) на аналогичный показатель ведущей шестерни.

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.



Если привод состоит из нескольких передач, то общее передаточное число определяется, как:
 $i_{пр} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$;

где: $i_{пр}$ – общее передаточное число привода; i_1 – передаточное число 1-й передачи; i_2 – передаточное число 2-й передачи; i_n – передаточное число n-й передачи.

Решение:

1. Найдем общее передаточное отношение привода:

$$i_{пр} = w_{дв} / w_{кв} = 4000 \text{ об/мин} / 1000 \text{ об/мин} = 4; \quad (1)$$

где: $w_{дв}$ – частота вращения двигателя; $w_{кв}$ – частота вращения карданного вала.

2. 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 C); z_A – число зубьев шестерни А; z_B – число зубьев шестерни В; z_C – число зубьев шестерни С; z_D – число зубьев шестерни D.

3. Преобразуем выражение (2) относительно неизвестной величины z_A :

$$z_A = z_B \cdot z_D / i_{пр} \cdot z_C = 40 \cdot 40 / 4 \cdot 20 = 20 \text{ (зубьев)}$$

Ответ: 20 зубьев.