



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

Представьте, что Вы эксперт конструкторского бюро крупной автомобильной компании. Вам стало известно, что ваш конкурент разрабатывает перспективный легковой автомобиль. Из статей в специализированных автомобильных журналах Вам удастся узнать, что этот автомобиль предполагается оснастить двигателем внутреннего сгорания, цилиндры которого имеют диаметр 80 мм, высота шатунной шейки коленчатого вала (параметр R на рисунке) составляет 25 мм, а степень сжатия 12.

Используя эти отрывочные данные, определите:

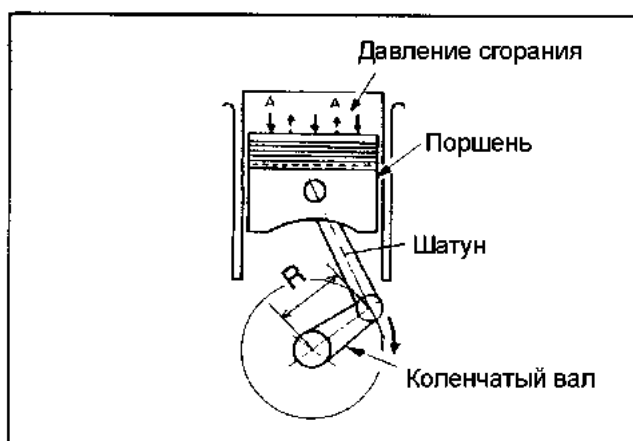
1. объем камеры сгорания. (30 баллов)
2. сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (20 баллов).

Пояснения

Во время работы двигателя внутреннего сгорания (см. рисунок) его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого «нижней мертвой точкой» (НМТ) до самого верхнего – «верхняя мертвая точка» (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется «рабочим ходом поршня» ($S_{рх}$). Когда поршень находится в НМТ его поверхностью, называемой «дном поршня» находится полный объем цилиндра ($V_{п}$), включающий рабочий объем ($V_{р}$) и объем камеры сгорания ($V_{кс}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является дно поршня в НМТ, а верхней – дно поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» ($V_{р}$). 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. Величина степени сжатия двигателя определяется по формуле:

$$E = V_{\text{П}} / V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} + V_{\text{КС}} / V_{\text{КС}}; \quad (1)$$

где: $V_{\text{П}}$ – полный объем цилиндра двигателя ; $V_{\text{КС}}$ – объем камеры сгорания двигателя; $V_{\text{р}}$ – рабочий объем цилиндра двигателя.

2. Проведем необходимые преобразования:

$$E \cdot V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} + V_{\text{КС}};$$

$$E \cdot V_{\text{КС}} - V_{\text{КС}} = V_{\text{р}};$$

$$V_{\text{КС}} (E - 1) = V_{\text{р}};$$

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

$$V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} / (E - 1). \quad (2)$$

Учтем, что рабочий объем цилиндра двигателя можно определить как:

$$V_{\text{р}} = \pi D^2 S_{\text{рх}} / 4; \quad (3)$$

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

$$V_{\text{КС}} = \frac{\pi D^2 S_{\text{рх}}}{4(E-1)}; \quad (4)$$

Для решения задачи подставим в (4) исходные данные, учитывая, что, как видно из рисунка, $S_{\text{рх}} = 2R$:

$$V_{\text{КС}} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 5}{4(12-1)} = 22,8 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Ответ: 22,8 см³.

II. Общая характеристика двигателя

Из рисунка видно, что $S_{\text{П}} = 2R = 2 \times 25 = 50$ мм. (1)

Таким образом, в данном двигателе, как явствует из условия задачи, диаметр цилиндра ($d_{\text{Ц}}$) равен 80 мм, а рабочий ход поршня ($S_{\text{П}}$), как видно из выражения (1) 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

Двигатель автомобиля развивает мощность 100 кВт. Величина КПД трансмиссии составляет 0,82.

Определите мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля. (20 баллов)

Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{к}}; \quad (1)$$

где: $N_{\text{д}}$ – мощность двигателя;

$N_{\text{тр}}$ – мощность потерь в трансмиссии;

$N_{\text{к}}$ – мощность на ведущих колесах автомобиля.

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

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{д}} - N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{д}} = N_{\text{д}} (1 - \eta_{\text{тр}}); \quad (2)$$

где: $\eta_{\text{тр}}$ – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 0,82).

2. Выражение (1), учитывая (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$N_d = N_d (1 - \eta_{тр}) + N_k; \quad (3)$$

3. Преобразуем выражение (2) относительно искомой величины N_k :

$$N_k = N_d - N_d (1 - \eta_{тр}); \quad (4)$$

4. Подставим в выражение (3) числовые значения известных величин:

$$N_k = 100 - 100 (1 - 0,82) = 72 \text{ (кВт)}.$$

Ответ 72 кВт.

Задача 3

Двигатель автомобиля развивает мощность 120 кВт. Известно, что на ведущие колеса передается 100 кВт. Определите КПД трансмиссии автомобиля. (15 баллов)

Решение:

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:

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

где: $\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 0,82).

2. Выражение (1), учитывая (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$N_d = N_d \eta_{тр} + N_k; \quad (3)$$

3. Преобразуем выражение (2) относительно искомой величины КПД:

$$N_d \eta_{тр} = N_d - N_k; \quad (4)$$

$$\text{Отсюда: } \eta_{тр} = (N_d - N_k) / N_d \quad (5)$$

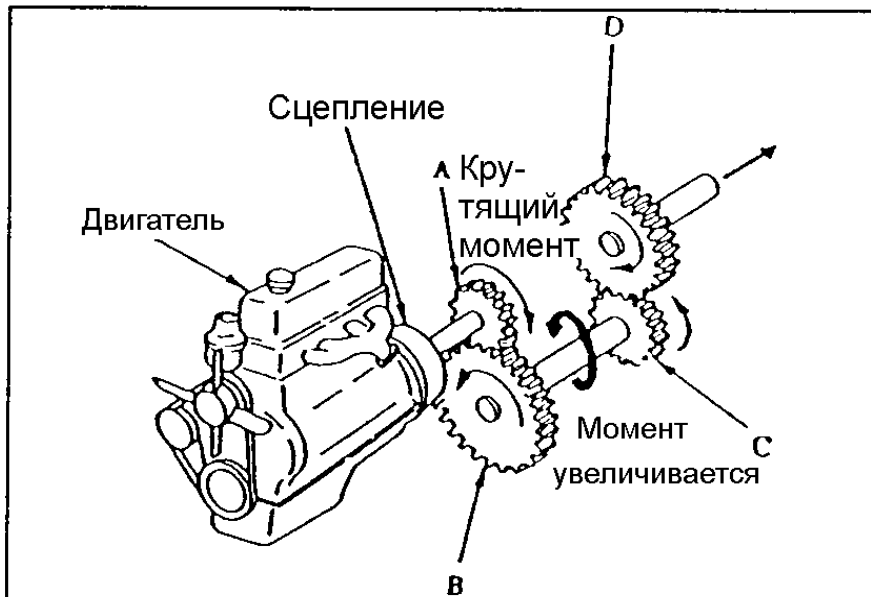
4. Подставим в выражение (5) числовые значения из условий задачи:

$$\eta_{тр} = (120 - 100) / 100 = 0,2.$$

Ответ: $\eta_{тр} = 0,2$ или 20%

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? (15 баллов)

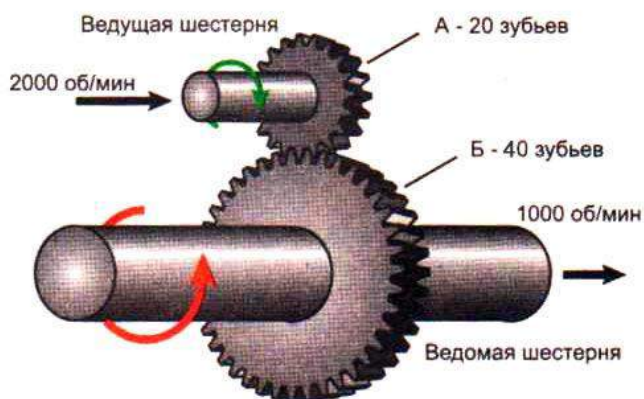


Пояснения

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: $i_{пр} = i_1 \cdot i_2 \dots i_n$;

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:

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

где: $\omega_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя; $\omega_{\text{кв}}$ – частота вращения карданного вала.

2. Определим общее передаточное число привода по выражению:

$$i_{\text{пр}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C}; \quad (2)$$

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 :

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

Ответ: 20 зубьев.