

Задание 3. Автомобиль и топливо

В данной задаче вам предлагается оценить расход топлива для различных видов движения автомобиля. Здесь мы будем рассматривать движение и потребление топлива автомобилем в рамках довольно упрощенной модели, описывающей, однако, основные связи между ключевыми величинами, определяющими данные процессы.



Будем изучать легковой автомобиль массы $m = 1,5$ т, потребляющий топливо плотностью $\rho = 710$ кг/м³ и удельной теплотой сгорания $q = 44$ МДж/кг.

В рамках рассматриваемой модели будем считать КПД постоянным и равным $\eta = 15\%$. Под КПД здесь понимаем долю от энергии, выделившейся при сгорании топлива, которая преобразована двигателем в механическую энергию, затраченную разгон автомобиля, преодоление сопротивления воздуха, обеспечение работы автомобиля, например, электроснабжение (считайте, что на все подобные цели расходуется постоянная мощность $P_1 = 1,0$ кВт)

Силу сопротивления воздуха в данной задаче предлагаем упрощенно считать прямо пропорциональной скорости транспорта $F_C = kv$, где k – размерный коэффициент, который следует принять равным $k = 15 \frac{H \cdot c}{m}$.

Основной изучаемой характеристикой в задаче является расход топлива, который будем обозначать символом χ . Под расходом понимается объем топлива, требуемый для преодоления некоторой единицы расстояния $\chi = \frac{V}{L}$, где V – объем использованного топлива, L – пройденный путь. Автомобилисты обычно измеряют расход в «литрах на сотню километров» ($\frac{л}{100 км}$) – все рассчитанные значения χ вам необходимо указать в данной единице измерения.

1. Простая поездка

Автомобиль движется по прямой горизонтальной дороге с постоянной скоростью.



- 1.1. Рассчитайте расход топлива, если скорость автомобиля $v = 80$ км/ч.
- 1.2. Оказывается, что при некотором значении скорости расход топлива оказывается минимально возможным. Найдите это значение скорости v_0 , а также минимальный расход χ_{\min} .

2. Разгон

Автомобиль, начав равноускоренно двигаться по горизонтальной дороге после остановки, набрал скорость $v_1 = 90$ км/ч за время $\Delta t = 2$ минуты.

2.1. Найдите зависимость расхода топлива от времени $\chi(t)$ во время разгона. В этом пункте будет также полезным посчитать количество топлива, расходуемое в единицу времени $\psi = \frac{\Delta V}{\Delta t}$. Назовём эту величину ψ «временным расходом топлива», и будем ее измерять в $\frac{л}{с}$ (литрах в секунду).

- 2.2. Найдите зависимость временного расхода топлива от времени $\psi(t)$.
- 2.3. Оцените средний временной расход топлива за весь промежуток времени Δt .
- 2.4. Оцените средний расход топлива на всем пройденном пути $\langle \chi \rangle$ (в $\frac{л}{100 км}$).

3. Подъём в гору

При подъёме в гору даже малого уклона, расход топлива значительно возрастает. Автомобиль поднимается в гору с постоянной скоростью по прямой дороге, образующей угол $\alpha = 3^\circ$ с горизонтом.



- 3.1. Рассчитайте расход топлива, если скорость автомобиля $v = 80$ км/ч.
- 3.2. При какой скорости v_0 расход топлива минимален и чему он равен ?

4. Постоянный расход

Автомобиль движется из пункта А в пункт В по дороге без поворотов, профиль которой (зависимость высоты от продольной горизонтальной координаты) представлен на рис. 1. Будем полагать, что автомобиль поддерживает скорость движения такой, чтобы расход топлива был всё время постоянным и оставался равным $\chi = 9,7 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}$. Известно, что скорость всегда была больше 30 км/ч. Также считайте, что скорость в процессе движения меняется очень медленно – так, что ускорением в любой момент времени можно пренебречь.

- 4.1. Оцените время, которое понадобится автомобилю, чтобы попасть из пункта А в пункт В.

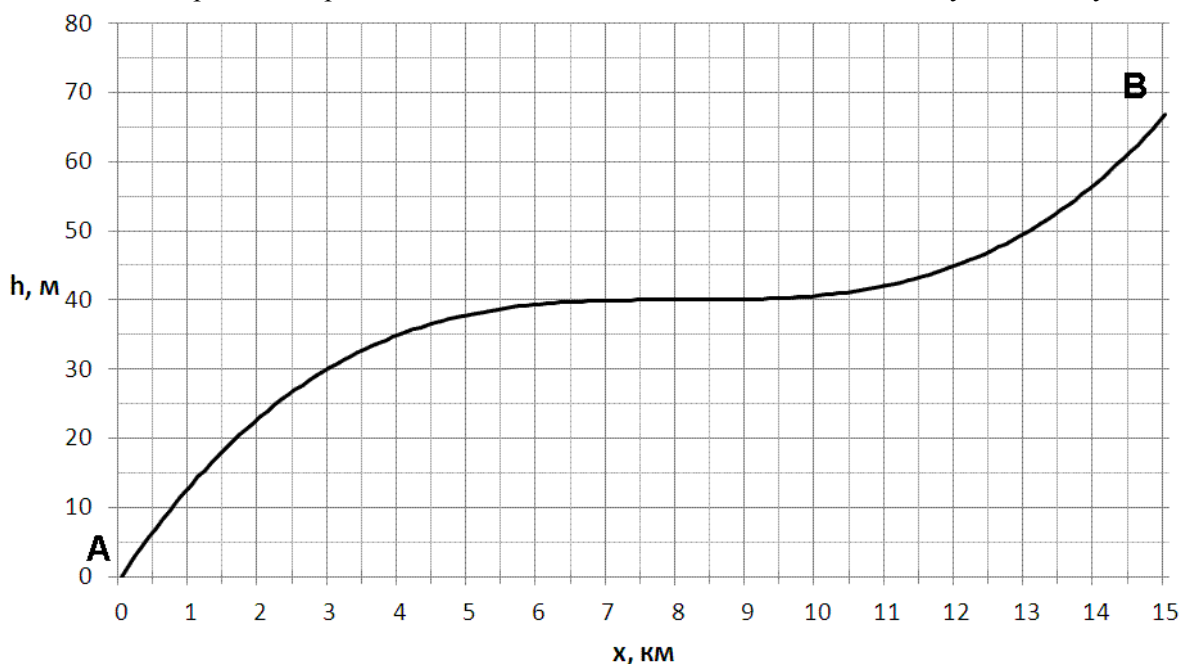


Рисунок 2 - График зависимости высоты уровня дороги от горизонтальной координаты (профиль дороги)

5. Интересно знать

Если выразить расход топлива в единицах СИ вместо предложенной единицы измерения $\frac{\text{л}}{100 \text{ км}}$, то можно заметить, что χ имеет размерность площади (м^2).

- 5.1 Покажите, какую именно площадь описывает величина расхода топлива, выраженная в единицах СИ (м^2).