

### Вопрос 1, вариант 3

**1.10.3. Задача.** Вертолёт Ми-171, двигатель которого развивает мощность  $N = 570$  кВт,



неподвижно висит над поверхностью Земли. Какова масса вертолёта  $m$ , если диаметр винта вертолёта  $d = 20$  м. Считайте, что доля мощности двигателя, расходуемая на образование вертикальной струи воздуха, составляет  $\eta = 0,8$  от его полной мощности, а скорость воздуха в этой струе примерно одинакова по всему ее сечению. Плотность воздуха  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения примите равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

**Вопросы.** Что такое кинетическая энергия материальной точки? Как связано приращение кинетической энергии материальной точки и работа приложенных к точке сил?

**1.10.3. Решение.** Масса отбрасываемого за время  $\Delta t$  винтом вертолёта воздуха равна

$$\Delta m = \frac{\rho v \Delta t \cdot \pi d^2}{4},$$
 где  $v$  – скорость струи воздуха от винта. Импульс, переданный воздуху за это

$$\text{время, } \Delta p = \Delta m \cdot v = \frac{\rho v^2 \Delta t \cdot \pi d^2}{4}. \text{ Подъёмная сила, действующая на вертолёт, } F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\rho v^2 \pi d^2}{4}.$$

Поскольку вертолёт неподвижен,  $F = mg$ , откуда получаем, что  $v = \sqrt{\frac{4mg}{\pi \rho d^2}}$ . Энергия,

передаваемая воздуху за время  $\Delta t$ , равна  $\Delta E = \frac{\Delta m v^2}{2} = \frac{\pi \rho v^3 d^2 \Delta t}{8}$ . Мощность, развиваемая

$$\text{двигателем вертолёта, } N = \frac{\Delta E}{\eta \Delta t} = \frac{\pi \rho v^3 d^2}{8 \eta} = \frac{mg}{d \eta} \sqrt{\frac{mg}{\pi \rho}}. \text{ Отсюда } m = \frac{\sqrt[3]{(N \eta d)^2 \pi \rho}}{g}.$$

$$\text{Ответ: } m = \frac{\sqrt[3]{(N \eta d)^2 \pi \rho}}{g} \approx 7 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

### Критерии оценки

**Задачи (каждая задача оценивается максимально в 15 баллов)**

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **1 – 5 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **6 – 11 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **12-14 баллов**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **15 баллов**.

**Теоретические вопросы (каждый вопрос оценивается максимально в 10 баллов)**

1. Ответ по существу обеих частей вопроса полностью отсутствует – **0 баллов**.
2. Ответ является неполным (даны формальные ответы, но отсутствуют или не полностью приведены необходимые пояснения) - ответы по каждой из частей вопроса оцениваются независимо от **1 до 5 баллов**, далее баллы суммируются **1-9 баллов**.
3. Ответ является полным (содержит по обеим частям вопроса необходимые физические понятия и величины с пояснением их смысла) – **10 баллов**.