

## Вопрос 1, вариант 1

**1.10.1. Задача.** Вертолёт Ми-171 массой  $m = 7 \cdot 10^3$  кг неподвижно висит над поверхностью Земли.



Какую мощность  $N$  развивает при этом его двигатель, если диаметр винта вертолётa  $d = 20$  м. Считайте, что доля мощности двигателя, расходуемая на образование вертикальной струи воздуха, составляет  $\eta = 80\%$  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.** Сформулируйте второй и третий законы Ньютона.

**1.10.1. Решение.** Масса отбрасываемого за время  $\Delta t$  винтом вертолётa 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

время,  $\Delta p = \Delta m \cdot v = \frac{\rho v^2 \Delta t \cdot \pi d^2}{4}$ . 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  $v = \sqrt{\frac{4mg}{\rho \pi d^2}}$ . 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

двигателем вертолётa,  $N = \frac{\Delta E}{\eta \Delta t} = \frac{\pi \rho v^3 d^2}{8\eta} = \frac{mg}{d\eta} \sqrt{\frac{mg}{\pi \rho}}$ .

**Ответ:**  $N = \frac{100\%}{\eta} \cdot \frac{mg}{d} \sqrt{\frac{mg}{\pi \rho}} \approx 573$  кВт.

## 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**.