

# МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО»

## Профиль «Авиатехнологии»

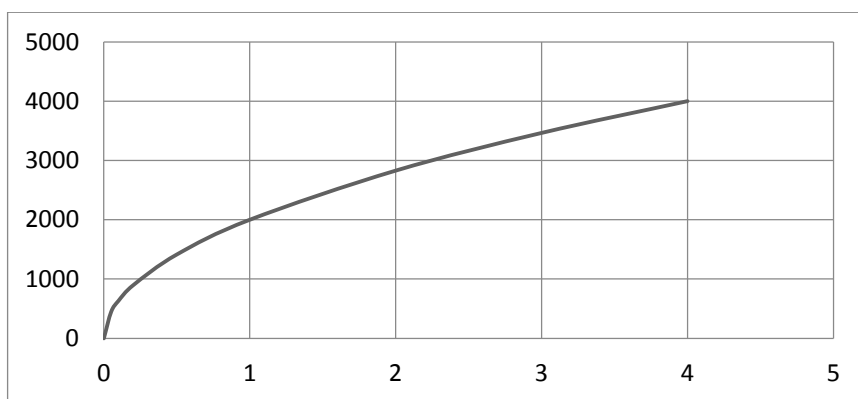
### Очный этап

#### Задания для 10-11 класса

#### 1. Решить задачу (Максимум 16 баллов)

Гипотетический четырёхдвигательный самолёт при одном работающем двигателе из четырёх способен выполнить полёт на дальность 2000 км. При двух работающих двигателях дальность полёта может составлять 2828 км; а при трёх работающих двигателях дальность полёта увеличивается до 3464 км. Определить, на какую дальность возможен полёт при всех работающих двигателях, если запас топлива составляет 30т, а расход топлива каждым из двигателей не может превышать 3 кг/км.

**Решение:** Для решения задачи необходимо построить график зависимости количества дальности полёта от количества работающих двигателей.



По рисунку видно, что график представляет собой ветвь параболы вида  $y = \sqrt{x}$ .

При анализе графика, можно определить его функцию:

$$y = \sqrt{(x \cdot 4 \cdot 10^6)},$$

где  $x$  – количество работающих двигателей;

$y$  – дальность полёта самолёта.

Таким образом, дальность полёта при всех работающих двигателях составит 4000км.

Необходимое условие, что расход каждого двигателя не может превышать 3кг/км выдерживается автоматически, но его также можно проверить.

Расход каждого двигателя определяется как:

$$q_k = \frac{30000}{4 \cdot 4000} = 1,875 \text{ кг/км},$$

что удовлетворяет условию задачи.

**Ответ:** дальность полёта составит 4000км.

## 2. Решить задачу (Максимум 16 баллов)

Масса пустого самолёта составляет 100 т., а масса перевозимого груза – 20 т. Перед взлётом с максимальной взлётной массой обжатие каждой из амортизационных стоек шасси составляло 0,26 м., а после посадки составляло 0,23 м. Определить, сколько топлива было на борту самолёта перед взлетом, если известно, что полёт продолжался 3 часа, и после посадки в баках ещё оставалось топлива на 3 часа полёта.

**Решение:** По условию задачи, после посадки масса самолёта складывалась из трёх составляющих:

$$m_{\text{пос}} = m_{\text{пуст}} + m_{\text{груза}} + m_{\text{ост}},$$

где  $m_{\text{пуст}}$  – масса пустого самолёта;

$m_{\text{груза}}$  – массы груза;

$m_{\text{ост}}$ , – массы невыработанного остатка топлива в баках.

Так как полёт продолжался 3 часа, а после посадки изменение обжатия амортизационной стойки составило:

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta_{\text{взл}} - \Delta_{\text{пос}}; \\ \Delta &= 0,26 - 0,23 = 0,03\text{м}, \end{aligned}$$

то получаем, что каждый час полёта уменьшает величину обжатия амортизационной стойки на 0,01м.

Таким образом, можно утверждать, что расход оставшегося на 3 часа полёта топлива приведёт к уменьшению обжатия амортизационной стойки ещё на 0,03м.

Таким образом, имеем:

Масса  $m_{\text{пуст}} + m_{\text{груза}}$  обеспечит обжатие

$$\Delta_{\text{без топлива}} = 0,23 - 0,03 = 0,2\text{м}.$$

Таким образом, можно записать соотношение:

$$\frac{m_{\text{пуст}} + m_{\text{груза}}}{\Delta_{\text{без топлива}}} = \frac{(100 + 20)}{0,2} = 600 = \frac{m_{\text{взл}}}{0,26}.$$

Отсюда следует, что  $m_{\text{взл}} = 600 \times 0,26 = 156\text{т}$ .

Т.к.

$$m_{\text{взл}} = m_{\text{пуст}} + m_{\text{груза}} + m_{\text{топл}},$$

то

$$\begin{aligned} m_{\text{топл}} &= m_{\text{взл}} - m_{\text{пуст}} - m_{\text{груза}}, \\ m_{\text{топл}} &= 156 - 100 - 20 = 36\text{т}. \end{aligned}$$

**Ответ:** На борту перед взлётом было 36т. топлива.

### 3. Решить задачу (Максимум 20 баллов)

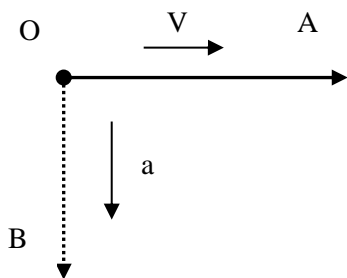
За самолетом, летящим со скоростью выше скорости звука, образуется волна в виде конуса. Она называется конусом Маха. Очень просто оценить, с какой скоростью летит самолет, с дозвуковой или сверхзвуковой: если в момент появления звука самолет находится прямо над головой, то скорость самолета равна скорости звука.

Пусть самолет летит горизонтально со скоростью  $v = 680$  м/с. Человек услышал звук от самолета через  $t = 12$  с после того, как самолет пролетел над ним. На какой высоте летит самолет?

Принять, что скорость звука не зависит от высоты над уровнем земли и составляет 340 м/с.

#### Решение:

Из рисунка следует, что свой путь самолет проделал за время, которое понадобилось звуковой волне, чтобы пройти расстояние до человека:  $|OA| = v \cdot t$ ,  $|OB| = a \cdot t$ .



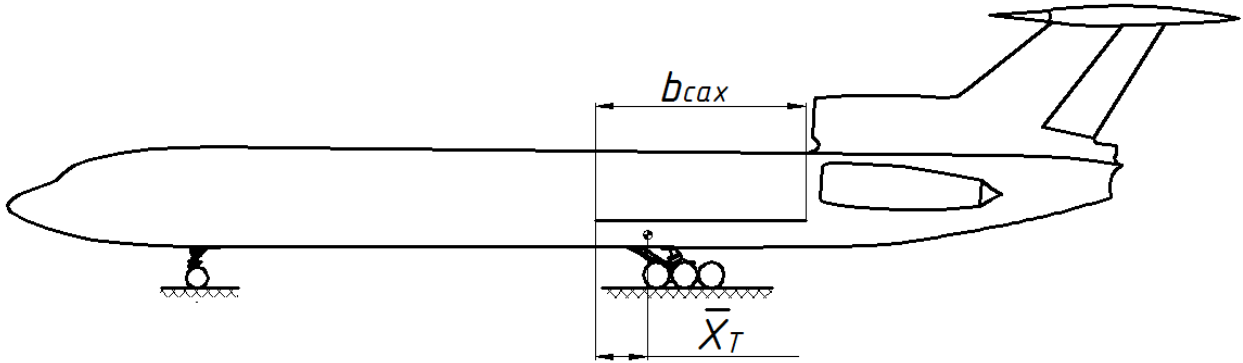
**Правильный ответ:** Самолет летел на высоте 4080 м.

Критерии оценки	Баллы
Получен правильный ответ, приведены все необходимые для решения задачи доводы	25
Правильно показано, что время, затраченное на полет самолета равно времени движения звуковой волны до человека, но в процессе вычислений произошла ошибка	20

Использован тот факт, что звуковые волны образуют конус	15
Определен путь, пройденный самолетом	8
Нет решения	0

**4. Решить задачу (Максимум 16 баллов)**

Определить центровку самолета после добавления в хвост самолета груза массой 2 т. на расстоянии 4 м от центра тяжести, если при первоначальной массе самолета 80 т. он имел центровку  $\bar{x}_T = 25\%$  от САХ?  $b_{САХ} = 5,3$  м.



**Указания:**

САХ – средняя аэродинамическая хорда (показана на чертеже в виде отрезка с размером  $b_{САХ}$ ).

Центровка – расстояние от начала САХ до центра тяжести, выраженное в процентах от длины САХ.

**Решение:**

Найдем смещение центра тяжести при добавлении груза

$$\Delta x_T = \frac{2T \cdot 4\text{м}}{80T + 2T} = 0,098 \text{ м}$$

Выразим смещение центра тяжести в процентах от САХ

$$\Delta \bar{x}_T = \frac{\Delta x_T}{b_{САХ}} = \frac{0,098 \text{ м}}{5,3 \text{ м}} \cdot 100\% = 1,8 \%$$

Новая центровка составит

$$\bar{x}_{T \text{ нов}} = \bar{x}_T + \Delta \bar{x}_T = 25\% + 1,8\% = 26,8\%$$

**Ответ:** центровка составит 26,8%.

**5. Решить задачу (Максимум 16 баллов)**

Летающая тарелка в виде пластины площадью  $S = 10\text{ м}^2$  «висит» в воздухе. Нижняя поверхность тарелки имеет температуру  $t_1 = 1000\text{ С}$ , верхняя – температуру  $t_2 = 0^\circ\text{ С}$ . Температура воздуха  $t_0 = 20^\circ\text{ С}$ . Атмосферное давление  $p_0 = 1,0 \cdot 10^5\text{ Па}$ . Оцените по этим данным массу тарелки.

**Решение:**

Будем считать, что молекулы, ударяющиеся о поверхность тарелки, отражаются от нее со скоростью, соответствующей температуре поверхности. Поэтому для оценки давления газа температуры  $T_0$  на поверхность, температура которой  $T$ , можно воспользоваться соотношением:

$$p = p_0 \frac{T + T_0}{2T_0}$$

Эта формула может быть получена из следующих простых соображений: сила давления пропорциональна импульсу, передаваемому молекулами газа стенке в процессе удара, который в свою очередь пропорционален температуре газа. Если молекулы ударяются о поверхность той же температуры, что и газа, то в среднем изменение импульса молекулы равно удвоенному первоначальному импульсу, в нашем же случае отраженные молекулы имеют скорость, соответствующую температуре стенки, и их импульс по модулю возрастает после удара. Поэтому для оценки давления можно принять, что давление газа соответствует температуре, равной среднему значению между температурами газа и стенки.

Отметим, что данные рассуждения приводят к приближенному значению давления. Более корректный расчет несколько сложнее, но приводит к результату, незначительно отличающемуся от полученного. Следовательно, разность давлений:

$$\Delta p = p_0 \frac{\Delta T}{2T_0}, \Delta T = T_2 - T_1$$

Сила тяжести тарелки уравнивается этой разностью давлений:

$$mg = \Delta p S$$

откуда получим:

$$m = \frac{p_0 \Delta T}{2T_0} S = 171\text{ кг.}$$

**Ответ:** Масса тарелки равна 171 кг.

**6. Решить задачу (Максимум 16 баллов)**

Некто сконструировал педальный вертолет с такими параметрами: масса очень мала, диаметр винта  $d = 8$  м. Сможет ли пилот массой  $M = 80$  кг взлететь на такой машине? Мощность, которую пилот может развить при длительной работе мышц, равна примерно 110 Вт. При нормальных условиях плотность воздуха равна  $1,3$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ обоснуйте.

**Решение:**

Будем считать, что вертолет отбрасывает вниз поток воздуха сечением  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  со скоростью  $v$ .

Тогда за время  $\Delta t$  винт придает воздуху массой  $\Delta m = \rho \frac{\pi d^2}{4} v \Delta t$  импульс  $\Delta p = \rho \frac{\pi d^2}{4} v^2 \Delta t$  и кинетическую энергию  $\Delta W = \rho \frac{\pi d^2}{8} v^3 \Delta t$ .

Ясно, что винт должен создавать силу тяги, равную весу вертолета с грузом:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = Mg.$$

$$\text{Т.о., } v = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{Mg}{\pi \rho}} \approx 3,5 \text{ м/с}.$$

Необходимая для этого мощность равна:  $N = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ .

Тогда требуемая для взлета мощность равна  $N = \rho \frac{\pi d^2}{8} v^3 \approx 1077 \text{ Вт}$ .

Требуемая мощность превосходит мощность, развиваемую при длительной работе мышц человека.

**Ответ:** нет.