

**Второй (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное
дело» специализации «Профессор Жуковский», весна 2019 г.
8 класс**

Ситуационная задача

Вариант – 1

При литье может возникать ситуация, когда в литейной форме окажется вода. При соприкосновении с жидким металлом, масса которого намного больше массы воды, последняя исключительно быстро разогревается и испаряется, разбрасывая жидкий металл в стороны.

Определите опасное количество воды в глубокой литейной форме, в которую быстро выливают 1,5 литра расплавленного алюминия. Опасным считается количество воды, способное запасти в газообразной форме достаточно энергии для выброса половины алюминия со скоростью 5 м/с.

Решение:

1. Массы выбрасываемого алюминия

Зная заданный объём и плотность алюминия находим массу:

$$\rho_A = 2.7 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$$
$$V_A = 15 \text{ л}$$

$$M = V_A \cdot \rho_A = 2.7 \cdot 15 = 40.5 \text{ кг}$$

Поскольку по условию выбрасывается половина алюминия, то интересующая нас масса равна:

$$M_A = \frac{M}{2} = \frac{40.5}{2} = 20.25 \text{ кг}$$

2. Определяем кинетическую энергию выбрасываемого алюминия:

$$E_A = \frac{M_A \cdot V_A^2}{2} = \frac{20.25 \cdot 15^2}{2} = 2278 \text{ Дж}$$

Энергию алюминию для движения передаёт горячий водяной пар.

Энергия пара, это та энергия, которая была сообщена воде для её нагрева до температуры кипения, теплота испарения, а также энергия, необходимая для нагрева водяных паров до температуры расплавленного алюминия. В общем виде энергию паров можно записать следующим образом:

$$E_{\text{П}} = Q_{\text{нагр.воды}} + Q_{\text{испарения}} + Q_{\text{нагр.паров}}$$

$$Q_{\text{нагр.воды}} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}})$$

Где: c_B – теплоёмкость воды

M_B – масса воды

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$T_{\text{комн.}}$ – комнатная температура (начальная температура воды)

$$Q_{\text{испарения}} = M_B \cdot r_B$$

r_B – теплота испарения воды

$$Q_{\text{нагр.паров}} = c_n \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Где: c_n – теплоёмкость водяного пара

T_A – температура расплавленного алюминия

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$$E_{II} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_n \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Из вышесказанного очевидно, что:

$$E_A = E_{II}$$

$$E_A = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_n \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

$$E_A = M_B \cdot [c_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + r_B + c_n \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})]$$

Из последней формулы выразим массу воды:

$$M_B = \frac{E_A}{c_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + r_B + c_n \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})}$$

$$M_B = \frac{2278}{4200 \cdot (100 - 20) + 2260 \cdot 10^3 + 2.04 \cdot (660 - 100)}$$

$$M_B = 8.773 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$M_B \approx 0.9 \text{ г}$$