

**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 – 2

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. Опасным считается количество воды, способное запасти в газообразной форме достаточно энергии для выброса половины алюминия со скоростью 5 м/с.

Определите, насколько необходимо перегреть алюминий для компенсации данных потерь тепла, если в глубокую литейную форму быстро выливают 1,5 литра расплавленного алюминия.

Решение:

Тепловую энергию вода берёт из алюминия. Определим, на сколько должен быть перегрет алюминий, чтобы скомпенсировать тепло, отданное воде, без учёта повышения температуры алюминия выше температуры плавления.

Тепловые потери в данном случае это и есть энергия пара, то есть 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:

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

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

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

$T_{кип.}$ – температура кипения воды

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

Энергия, которую отдаёт алюминий, можно оценить по формуле:

$$E'_A = c_a \cdot M_A \cdot \Delta T$$

Где: c_a – теплоёмкость жидкого алюминия,

ΔT – перегрев алюминия свыше температуры плавления

M_A – масса алюминия

$$E'_A = E_{II}$$
$$c_a \cdot M_A \cdot \Delta T = c_B \cdot M_B \cdot (T_{кип.} - T_{комн.}) + M_B \cdot r_B + c_n \cdot M_B \cdot (T_A - T_{кип.})$$

Откуда перегрев алюминия:

$$\Delta T = \frac{c_B \cdot M_B \cdot (T_{кип.} - T_{комн.}) + M_B \cdot r_B + c_n \cdot M_B \cdot (T_A - T_{кип.})}{c_a \cdot M_A}$$

Кроме того, можно заметить, что числитель равен кинетической энергии выбрасываемого алюминия E_A . Масса всего алюминия:

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

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:

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

Поэтому перегрев можно записать как:

$$\Delta T = \frac{E_A}{c_a \cdot M_A}$$

$$\Delta T = \frac{2278}{1.09 \cdot 10^3 \cdot 20.25} = 0.103 \text{ градуса}$$