

**Демонстрационный вариант практической части
предпрофессионального экзамена
2018-2019 учебный год**

Технологическое направление

При литье может возникать ситуация, при которой 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.

Вопросы:

- 1) Определите опасное количество воды в глубокой литейной форме, в которую быстро выливают 15 литров расплавленного алюминия. Опасным считается количество воды, способное запасти в газообразной форме достаточно энергии для выброса половины алюминия со скоростью 5 м/с.
- 2) Определите, насколько необходимо перегреть алюминий для компенсации данных потерь тепла.

Решение:

- 1) Найдем массу выбрасываемого алюминия

Зная заданный объем 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:

$$M_A = \frac{M}{2} = \frac{40,5}{2} = 20,25 \text{ кг}$$

Определяем кинетическую энергию выбрасываемого алюминия:

$$E_A = \frac{M_A \cdot v_A^2}{2} = \frac{20,25 \cdot 5^2}{2} = 253 \text{ Дж}$$

Энергию алюминию для движения передаёт горячий водяной пар.

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

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

Энергия, которая была сообщена воде для её нагрева до температуры кипения:

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

где: c_B – теплоёмкость воды;

M_B – масса воды;

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

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

Энергия для испарения воды

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

где r_B – теплота испарения воды.

Энергия нагрева водяных паров до температуры плавления алюминия

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

где: $c_{\text{п}}$ – теплоёмкость водяного пара

T_A – температура расплавленного алюминия

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

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

Из вышесказанного очевидно, что:

$$E_A = E_{\text{п}}$$

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

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

Из последней формулы выразим массу воды:

$$M_B = \frac{E_A}{c_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + r_B + c_{\text{п}} \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})}$$
$$M_B = \frac{253}{4200 \cdot (100 - 20) + 2260 \cdot 10^3 + 2.04 \cdot (660 - 100)}$$
$$M_B = 9.74 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$
$$M_B \approx 0.1 \text{ г}$$

Тепловую энергию вода берёт из алюминия

2) Определим, на сколько должен быть перегрет алюминий, чтобы скомпенсировать тепло, отданное воде, без учёта повышения температуры алюминия выше температуры плавления:

Тепловые потери мы посчитали чуть ранее. Они равны $E_{\text{п}}$

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

$$E'_A = E_{\text{п}}$$

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

Отсюда перегрев алюминия:

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

Однако, раньше было замечено, что числитель равен E_A

Поэтому перегрев можно записать как:

$$\Delta T = \frac{E_A}{c_a \cdot M_A}$$
$$\Delta T = \frac{253}{1.09 \cdot 10^3 \cdot 20.25} = 0.01 \text{ градуса}$$

Основные критерии оценивания решения задач по направлениям: конструкторское, исследовательское, технологическое

- Выделение основных физических процессов, их последовательности и причинно-следственных связей.** Данный пункт подразумевает оценку текстового и графического описания физических процессов.
- Правильная формализация физических процессов, запись основных зависимостей (формул), описывающих физические процессы или состояния элементов системы.** В качестве исходных формул необходимо использовать законы и определения физических величин, общие известные уравнения процессов и состояний.
- Составление системы уравнений, алгоритма расчета, математической модели.** Здесь корректная запись системы является приоритетной относительно упрощения и приведения к удобному виду. Оценивается умение комбинировать и преобразовывать выражения, с целью получения нужных данных.
- Проведение расчетов, получение и представление результата.** Оценивание каждого вопроса задачи производится отдельно с весовым коэффициентом, равным $(1/[\text{количество вопросов}])$, а также добавляется бонусный балл за качество оформления или представления ответа.

Критерии оценивания решения задач

	Конструкторская	Технологическая	Исследовательская
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей			
Основные баллы	9	8	10
Графическое описание	+3	+3	+2
Структурирование	+2	+2	+2
Максимальное число баллов за этап	14	13	14
2. Формализация физических процессов			
Основные баллы	8	9	10
Максимальное число баллов за этап	8	9	10
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели			
Основные баллы	8	8	10
Преобразование системы уравнений	+2	+2	+3
Максимальное число баллов за этап	10	10	13

4. Проведение расчетов, получение и представление результата			
Расчеты и результат	9	8	5
Представление результата	+3	+4	+2
Максимальное число баллов за этап	12	12	7
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи			
Максимальное число баллов за этап	6	6	6
Общее количество баллов			
Максимальная сумма баллов за задачу	50	50	50