

**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,

$\Delta T$  – 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**

- 1. Выделение основных физических процессов, их последовательности и причинно-следственных связей.** Данный пункт подразумевает оценку текстового и графического описания физических процессов.
- 2. 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.
- 3. 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.
- 4. 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**

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

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