

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Расчет температуры потухания.

Цель работы: проверить необходимые навыки для выполнения данных практических занятий.

Результат выполнения практической работы № 11 - проверка умений оценивать прекращение горения по критической температуре (температуре потухания).

Содержание работы:

1. Расчет температуры потухания.

ОПИСАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Потушить пожар, с физической точки зрения означает, прежде всего, прекратить процесс горения во всех видах, т.е. создать в зоне горения условия, исключающие возможность продолжения процесса горения в любой форме.

Качественно эти условия можно представить в виде мнемонической схемы «классического треугольника пожара»: горючее-окислитель-источник зажигания



При такой схеме достаточно оборвать одну из связей и горение станет невозможным, а тем более, если отсечь один из углов треугольника. Согласно тепловой теории потухания, прекращение пламенного горения наступает в результате понижения температуры пламени до некоторого критического значения, называемого *температурой потухания* $T_{\text{пот}}$. При тушении пожаров, как правило, это достигается применением различных огнетушащих веществ.

При этом одни вещества оказывают косвенное воздействие на процессы, протекающие в газовой фазе. С их помощью уменьшают выход горючих газов путем охлаждения поверхности горючего или ее изолирования от зоны горения (пены, порошки). Другие огнетушащие вещества воздействуют главным образом на процессы, протекающие непосредственно в объеме зоны горения, и практически не затрагивают поверхность конденсированного горючего. Это вещества, применяемые в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии: нейтральные газы, химически активные ингибиторы, аэрозоли и т. д.

При объемном тушении горение прекращается, когда концентрация подаваемого вещества становится равной огнетушащей и температура пламени снижается до температуры потухания.

При тушении по поверхности температура пламени достигает температуры потухания и горение прекращается, когда массовая скорость выгорания падает ниже предельного значения, при котором концентрация горючих газов или паров над поверхностью становится меньше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР).

Для прекращения горения газов необходимо и достаточно отобрать непосредственно от зоны горения такое количество теплоты, чтобы температура факела понизилась до температуры потухания. Охлаждать исходное горючее или

окислитель в данном случае бесполезно, так как газы воспламеняются и горят при любой реально достижимой температуре. При этом механизмы отбора тепла в объеме пламени зависят от применяемого огнетушащего вещества.

Необходимым условием для тушения жидкости также является прекращение горения в газовой фазе. Если удастся создать условия, требуемые для потухания пламени во всем объеме зоны горения одновременно, то (при отсутствии внешних источников зажигания и температуре окружающей среды ниже температуры самовоспламенения) этого будет также и достаточно для тушения пожара.

Для ТГМ снижение температуры горения до температуры потухания без охлаждения прогретого слоя является условием тушения необходимым, но недостаточным, поскольку прогретый слой конденсированной фазы (твердого вещества или расплава) способен в течение некоторого времени поставлять нагретые продукты разложения и испарения в зону горения и являться источником их воспламенения. Поэтому при их тушении рассматривают еще одно достаточное условие – снижение температуры прогретого слоя до температуры начала пиролиза или плавления.

Наиболее эффективным способом тушения ТГМ любого типа является принудительное охлаждение непосредственно поверхности горения.

Время прекращения горения определяется интенсивностью теплоотвода от поверхности и термическим сопротивлением прогретого слоя.

Условие тушения ТГМ выполняется, если огнетушащее вещество подается на поверхность горения с такой интенсивностью, что за время тушения отбирает тепло, поступающее к поверхности, а также тепло, запасенное в прогретом слое за время горения.

За температуру потухания принимается адиабатическая температура горения предельно обедненной горючей смеси – смеси на НКПР.

Оценим её значение для нижнего предела. На НКПР концентрация горючего вещества меньше стехиометрической, следовательно, будет иметься избыток воздуха:

$$\alpha_n = \frac{100 - \varphi_n}{\varphi_n V_B^0}$$

α_n – коэффициент избытка воздуха на нижнем пределе;

φ_n – нижний концентрационный предел, %;

V_B^0 – теоретический объем расхода воздуха.

Объем избытка воздуха определяется по формуле:

$$\Delta V_B = V_B^0 (\alpha - 1)$$

При расчете температуры горения избыток воздуха учитывается в продуктах горения:

$$T_r = T_o + \frac{Q_n}{\sum c_{pi} V_{n.r}^0 + c_{pB} \Delta V_B^0}$$

где Q_n — низшая теплота сгорания, кДж/кг; кДж/м³;

$V_{n,i}$ — объем i -го компонента горючей смеси, м³;

C_{pi} — удельная теплоемкость i -го компонента горючей смеси;

T_r — температура горения, К;

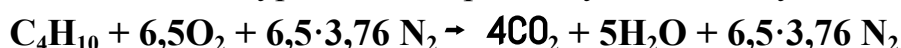
T_o — начальная температура горючего и окислителя, К.

Пример расчета.

Рассчитать оценочное значение температуры горения на нижнем концентрационном пределе распространения пламени для бутано-воздушной смеси.

Решение.

1. Записываем уравнение горения бутана в воздухе.



2. Рассчитываем значение НКПР по аппроксимационной формуле, значения a и b берем из таблицы:

$$\varphi^o = \frac{100}{a\beta + b}, \%$$
$$a = 8,684 \quad b = 4,679 \quad \beta = 6,5$$

$$\varphi^o = \frac{100}{a\beta + b} = \frac{100}{8,684 \cdot 6,5 + 4,679} = 1,64 \%$$

3. Рассчитываем теоретический объем расхода воздуха. Бутан - газообразное вещество, поэтому можно воспользоваться формулой:

$$V_v^0 = \frac{n_{\text{возд}}}{n_{\text{гор}}} = \frac{6,5 + 6,5 \cdot 3,76}{1} = 30,94 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

4. Так как на НКПР будет избыток воздуха, рассчитываем коэффициент избытка воздуха α :

$$\alpha_n = \frac{100 - \varphi_n}{\varphi_n V_v^0} = \frac{100 - 1,64}{1,64 \cdot 30,94} = 1,93$$

5. Рассчитываем избыток воздуха, который будет в продуктах горения:

$$\Delta V_v = V_v^0 (\alpha - 1) = 30,94 (1,93 - 1) = 28,77 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

6. Рассчитываем низшую теплоту горения для бутана. Значения теплот образования для CO₂, H₂O и C₄H₁₀ берем из таблицы. Теплота образования простых веществ равна нулю.

$$\Delta H^0(C_4H_{10}) = 132,4 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^0(CO_2) = 396,6 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^0(H_2O) = 242,2 \text{ кДж/моль}$$

Используем следствие из закона Гесса

$$Q_n = (\sum \Delta H_i^0 n_i)_{\text{прод}} - (\sum \Delta H_j^0 n_j)_{\text{исх}}$$

$$Q_H = (4 \cdot 396,9 + 5 \cdot 242,2 - 1 \cdot 132,4) = 2665,2 \text{ кДж/моль.}$$

1 моль любого газа занимает объем $22,4 \text{ л} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$$Q_H = \frac{2665,2}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 118982 \text{ кДж/м}^3$$

7. Находим объемы продуктов сгорания.

$$V_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}}{n_{гор}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{гор}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_{гор}} = \frac{3 \cdot 3,76}{1} = 9,4 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$\Delta V_B = 28,77 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Средние значения теплоемкости берем из таблицы

Таблица **Средняя теплоемкость (c_p) газов в диапазоне температур (1000÷3000)°C**

Газ	CO ₂	SO ₂	H ₂ O	H ₂	N ₂	CO	O ₂	воздух
кДж/(м ³ ·град)	2,13	2,13	2,09	1,4 2	1,4 2	1,4 2	1,4 2	1,44

8. Вычисляем оценочное значение температуры горения на НКПР:

$$T_r = T_o + \frac{Q_H}{\sum c_{pi} V_{п.г}^o + c_{pB} \Delta V_B^o}$$

$$T_r = 273 + \frac{118982}{2,13 \cdot 4 + 2,09 \cdot 5 + 1,42 \cdot 6,5 \cdot 3,76 + 1,44 \cdot 28,77} = 1524,1 \text{ K}$$

Ответ: температура потухания бутана 1524,1 K.