

ТЕМА 5. Аварии на пожароопасных объектах. Занятие 5.3. Прогнозирование обстановки при авариях на пожароопасных объектах

Учебные вопросы:

1. Задачи, решаемые при оценке пожароопасной обстановки.
2. Уравнение баланса лучистого теплообмена
3. Закон Стефана-Больцмана
4. Уравнение теплообмена бесконечной плоской стенки
5. Краевой эффект при конечных размерах стенки
6. Доля излучаемой энергии, достигающая облучаемую точку.
Расчётные варианты.
7. Определение размеров факела пламени
8. Зависимость критической плотности потока от времени
9. Примеры решения задач

Прогнозирование обстановки при авариях на ПОО:

- **Прогноз распространения пожара по массиву горящего вещества.**
- **Прогноз возможного возгорания объекта, не имеющего контакта с открытым пламенем.**

Задачи прогноза возможного возгорания решаются для случаев:

Воздействия на горючие материалы твердых нагретых предметов – технологических поверхностей агрегатов или трубопроводных систем транспортировки жидких и газообразных компонентов с повышенной температурой.

Воздействия на горючие материалы омывающих их нагретых жидкостей или газов. Такие случаи более характерны для аэродинамических и газодинамических систем, а на других производствах встречаются, как правило, при аварийных ситуациях.

Воздействия на горючие материалы потока электромагнитного излучения в диапазонах ультрафиолетового, инфракрасного или светового

Уравнение баланса лучистого теплообмена

Баланс лучистого теплообмена описывается следующим выражением:

$$Q = Q_R + Q_A + Q_D, \text{ где:}$$

Q - лучистая энергия, воздействующая на облучаемое тело;

Q_R , Q_A , Q_D – отраженная, поглощенная и проходящая сквозь тело лучистая энергия.

Разделив обе части этого выражения на Q получим:

$$\rho + \varepsilon + \delta = 1,$$

где: ρ , ε , δ - коэффициенты, характеризующие рефлективную (отражательную) (ρ), поглощательную (ε) и диатермальную (пропускательную) (δ) способность тела.

Закон Стефана-Больцмана

Закон Стефана-Больцмана (экспериментально открыт в 1879 году Стефаном, теоретически обоснован и выведен в 1884 году Больцманом) гласит:

Удельная мощность энергии полусферического излучения (плотность излучения) абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры, т.е.

$$E_o = s_o T^4,$$

где s_o - постоянная Стефана-Больцмана, T – температура тела в градусах Кельвина.

$$s_o = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт /м}^2 \cdot \text{К}^4$$

В целях удобства вычислений при проведении практических расчетов для написания закона используется величина

$$C_o = 5,67 \text{ Вт /м}^2 \cdot \text{К}^4$$

и закон принимает вид

$$E_o = C_o \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad \text{Вт /м}^2.$$

Доля излучаемой энергии, достигающая облучаемую точку. Расчетные варианты.

- **Вариант А. Общий.**

Все четыре прямоугольника, на которые делится факел, имеют разные размеры, т.е. $a_i \times b_i$, $i=1,2,3,4$. Тогда доля излучаемой энергии, достигающая облучаемую точку, рассчитывается по формуле

$$Y = Y'(b_1/a_1; r_1/a_1) + Y'(b_2/a_2; r_2/a_2) + Y'(b_3/a_3; r_3/a_3) + Y'(b_4/a_4; r_4/a_4)$$

- **Вариант Б. Максимум напротив центра факела.**

Вариант используется для случаев, когда на облучаемом объекте имеется точка, находящаяся напротив геометрического центра факела пламени, т.е. $a_i = a$, $b_i = b$ при всех $i=1,2,3,4$

$$Y = 4Y'(b/a; r/a)$$

- **Вариант В. Максимум напротив центра нижнего среза факела.**

Вариант используется для случаев, когда на облучаемом объекте исследуется точка, находящаяся напротив центра нижнего среза факела пламени, т.е. два соседних горизонтальных прямоугольника имеют нулевую высоту (случай б) на рис. 2):

$$Y = 2Y'(b/a; r/a) .$$

Формула лучистого теплообмена в плоской стенке с конечными размерами.

С учетом рассмотренных условий и методики их учета, полученная в п.п. 3, 4 формула приобретает вид:

$$q_{1-2} = C_o \varepsilon_{пр} \Psi \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ Вт/м}^2$$

Определение размеров факела пламени

Правила определения размеров прямоугольной площадки, условно заменяющей пламя, зависят от типа горящего объекта. Рассмотрим некоторые из них.

1. Горящие здания.

1а. Пожар в зданиях из несгораемых материалов.

Площадь пламени равна удвоенной площади оконных проемов, причем высота пламени соответствует удвоенной высоте окна, а размеры простенков между окнами не учитываются.

1б. Пожар в здании из несгораемых материалов с крышей из сгораемых материалов.

Площадь пламени равна удвоенной площади оконных проемов плюс площадь проекции ската крыши на вертикаль.

1в. Горит здание из сгораемых материалов.

Высота пламени принимается равной высоте здания до конька крыши. Длина пламени определяется как произведение скорости распространения пламени, равной 1 м./мин., на время до начала тушения. Это время условно принимается равным 15 мин. (Полученная в результате длина пламени не должна превышать длину

2. Резервуары с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Пламя в этом случае представляется в форме конуса с диаметром основания, равным диаметру резервуара, и высотой, равной

1,4 диаметра - для ЛВЖ и

1,2 диаметра - для ГЖ.

При условной замене конуса прямоугольником основание этого прямоугольника принимается равным диаметру резервуара, а высота

- 0,7 диаметра - для ЛВЖ и

- 0,6 диаметра - для ГЖ.

ГЖ – температура воспламенения выше или равна 560 К.

ЛВЖ – температура воспламенения ниже 560 К.

3. Пожар на производственной установке,

расположенной на открытом воздухе и огражденной обваловкой : длина пламени принимается равной диаметру обваловки, а высота - 10 м.

4. Горит штабель пиломатериалов.

Высота пламени принимается равной удвоенной высоте штабеля.

Длина пламени определяется как произведение скорости его распространения на время до начала тушения пожара. Это время принимается равным 10 мин. при наличии средств пожаротушения и 30 мин. при их отсутствии. Полученная в результате длина пламени не должна превышать длину штабеля.

При решении практических задач по оценке пожарной обстановки используются формулы:

$$q = C_o \varepsilon_{np} \Psi_{12} \left(\left(\frac{T_u}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right) , \text{Вт/м}^2$$

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_u} + \frac{1}{\varepsilon_m} - 1}$$