



**ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ**



Кафедра пожарно-технических экспертиз

Лабораторное занятие

**по дисциплине «Физико-химические основы развития
и тушения пожаров»**

по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность»

**Тема № 5.1 «Тепловой баланс газообмен внутреннего
пожара»**

Цель

Определить основные параметры
внутреннего пожара.

Учебные вопросы

1. Полученные текущие значения m_i и l_i в масштабе нанести на графики и провести сглаженные линии.
2. **Найти** значения массовой скорости выгорания, линейной скорости распространения пламени и площади пожара.
3. Результаты обработки данных занести в таблицу.
4. По данным таблицы построить графики зависимостей приведенных в ней параметров от времени. На каждом графике привести соответствующие зависимости для двух опытов.

Рекомендуемая литература

1. Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Миронов М.П., Паздникова С.Н. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие для курсантов, студентов и слушателей образовательных учреждений МЧС России/ под ред.В.Ф. Маркова. Екатеринбург: УрО РАН. 2009. 274 с.
2. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров/Пер. с англ. К.Г. Бомштейна; Под. Ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.: ил.
3. Молчадский И.С. Пожар в помещении. – М.ВНИИПО, 2005. – 456 с.
4. Кошмаров Ю.А., Рубцов В.В. Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара. - М.:МИПБ МВД России, 1990. - 89 с.

Площадь поверхности горения – **Spг**. Этот параметр характеризует реальную площадь горючего, которая участвует в горении, т.е. выделяет горючие газы при пиролизе или испарении, а также взаимодействует с окислителем в гетерогенном режиме. **Площадь поверхности горения определяет интенсивность выделения тепла на пожаре.**

Линейная скорость распространения пожара – **vл** (м/с, м/мин). Под этим параметром понимают путь, который на данном объекте проходит фронт пламени в единицу времени. Величина **vл** определяет площадь пожара на данный момент. Она зависит от вида горючего, характеристик пожарной нагрузки и ее размещения, вида пожара и др. факторов.

Массовая скорость выгорания - скорость газификации горючего. Он показывает, какая масса вещества при горении переходит в газообразное состояние в единицу времени.

Очевидно, что чем больше площадь поверхности, с которой происходит газовыделение, тем выше потеря массы. Поэтому различают массовую скорость выгорания:

абсолютную – v_m (кг/с, кг/мин);

приведенную –

$$v'_{np} = m / S_n \left[\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}, \frac{\text{кг}}{\text{мин} \cdot \text{м}^2} \right];$$

удельную –

$$\overline{v_{y\delta}} = v_m / S_{\text{плош.гор.}} \left[\frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}, \frac{\text{кг}}{\text{мин} \cdot \text{м}^2} \right]$$

Теплота пожара – $q_{\text{п}}$ (кВт) показывает какое количество тепла выделяется на пожаре в 1с и определяется выражением:

$$q_{\text{п}} = V v_m Q_{\text{н}} \text{ или } q_{\text{п}} = V v'_m Q_{\text{н}}$$

где: V – коэффициент полноты сгорания;

$Q_{\text{н}}$ - низшая теплота сгорания материала, кДж/кг.

Температура пожара – $T_{\text{п}}$. Температурой открытых пожаров считается температура пламени.

Интенсивность газообмена – J_{Γ} оценивается как отношение расхода воздуха, поступающего через проемы к площади пожара:

$$J_{\Gamma} = G_{\text{В}}/S_{\text{П}}, \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2),$$

где $G_{\text{В}}$ – масса воздуха, проходящего в помещение через проемы в единицу времени, кг/с.

Коэффициент избытка воздуха – α характеризует количество воздуха, которое при пожаре не участвует в горении. На внутренних пожарах, при наличии газообмена помещения с окружающей средой α находится как отношение расхода воздуха фактически поступающего через проемы ($G_{\text{В}}$) к теоретически необходимому для сгорания материала с массовой скоростью $v_{\text{м}}$ ($G_{\text{В}0}$):

$$\alpha = G_{\text{В}}/G_{\text{В}0}.$$

Следует иметь в виду, что коэффициент избытка воздуха относится к объему всего помещения. Непосредственно в зоне горения практически всегда недостаток воздуха. По величине α можно оценить концентрацию кислорода ($\varphi_{\text{к}}$) в продуктах горения из выражения:

$$\alpha \approx 21/(21 - \varphi_{\text{к}}) \quad (1.4)$$

При горении штабеля древесины режим пожара можно определить по параметру Φ :

$$\Phi = \frac{p_0 \sqrt{g} \cdot S_{\text{пр}} \cdot H}{\sqrt{S_{\text{пг}}}}$$

где: p_0 – плотность воздуха, кг/м³,

g – ускорение свободного падения, $g=9,8\text{м/с}^2$;

$S_{\text{пр}}$ – площадь проема, м²;

H – высота проема, м;

$S_{\text{пг}}$ – площадь поверхности горения, м².

Если $\Phi < 0,235$ – пожар регулируемый вентиляцией, $\Phi > 0,29$ – пожар регулируемый нагрузкой.

Площадь поверхности горения $S_{\text{пг}}$ в каждый момент времени связана с площадью пожара через коэффициент поверхности $K_{\text{п}}$:

$$S_{\text{пг}} = S_{\text{п}} K_{\text{п}}$$

С учетом того, поверхность брусков в местах их пересечений друг с другом гореть не будет, коэффициент поверхности горения штабеля, выложенного из брусков квадратного сечения ($a \cdot a$), рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{N(4ab + 2a^2) - 2a^2(n-1)(N/n)^2}{L \cdot b}$$

где: N – общее число брусков в штабеле; n - число рядов; b – длина бруска, L - длина штабеля.

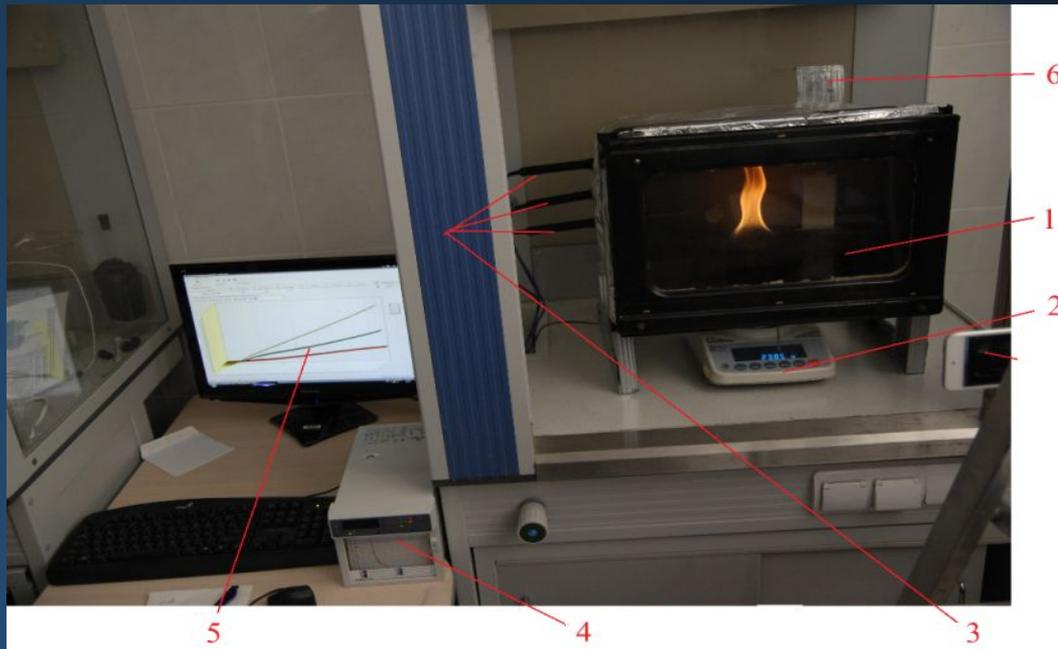
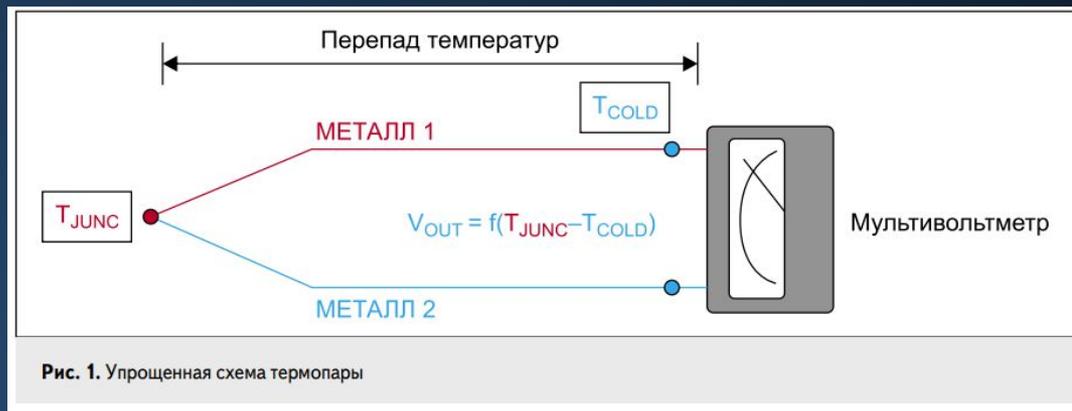


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

- корпус камеры;
- весы лабораторные AND DL-2000;
- термопары Type K -50 to 1000 (3 шт);
- регистратор бумажный на 6 каналов РМТ 39D;
- компьютер;



Томас Зеебек открыл принцип работы термопары в 1822 году. Термопара — это простое устройство для измерения температуры, которое состоит из двух металлических проводников, «Металл 1» и «Металл 2», соединенных между собой (рис. 1).

Зеебек обнаружил, что разные металлы создают разные электрические потенциалы, зависящие от приложенного к ним перепада температур. Если соединить одни концы проводников из разных металлов и расположить точку соединения в месте измерения температуры (T_{JUNC} , или горячий спай), то между оставшимися концами, которые находятся при постоянной температуре (T_{COLD} , постоянная опорная температура), появится напряжение V_{OUT} . Оно прямо пропорционально разности температур T_{JUNC} и T_{COLD} .

Таким образом, термопара — это устройство, генерирующее напряжение/заряд без внешнего источника возбуждения.

РМТ-39D/39DM РЕГИСТРАТОР БУМАЖНЫЙ ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ

Регистраторы бумажные РМТ-39D/39DM (6 каналов) предназначены для измерения, регулирования и регистрации температуры и других неэлектрических величин (частоты, давления, расхода, уровня и др.), преобразованных в электрические сигналы силы, напряжения постоянного тока и активное сопротивление постоянному току. Значения измеряемых величин отображаются на цифровом индикаторе прибора и на бумажной диаграммной ленте в виде графика.

- Древесные бруски размером 5x5x100 мм, с нанесенными на них отсечками (10 мм) для контроля пройденного огнем пути.



Рис. Образец деревянного бруска

Исходные данные

Таблица 1.1

| Общее число брусков N | Число рядов n | Начальная масса поддона и штабеля m_0 , кг | Проем | | Кп коэффициент поверхности и горения штабеля |
|----------------------------|--------------------|--|-------------------|-------------------|--|
| | | | ширина B , м | высота H , м | |
| | | | 0,1 м | | |

Результаты измерений

Таблица 1.2

| Время, сек | Масса поддона и штабеля, m_i , кг | Путь фронта пламени, l_i , м | Высота ПРД, h_0 , м | Температура, T_i , °C |
|------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 20 | | | | $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ |
| 40 | | | | $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ |

Примечание. $T_1, T_2, T_3, \dots T_n$ – показания 1-й, 2-й, 3-й ... n -й термопар в данный момент времени.

Обработка результатов

1. Полученные текущие значения m_i и l_i в масштабе наносятся на графики и проводятся сглаженные линии.
2. Значения массовой скорости выгорания, линейной скорости распространения пламени и площади пожара находятся по сглаженным кривым для каждого отрезка времени Δt .

Например. За первые 20 секунд масса поддона уменьшилась с m_0 до m_1 , за вторые – с m_1 до m_2 . Фронт пламени за первые 20 секунд переместился на расстояние l_1 от края штабеля, за вторые – на l_2 .

Массовая скорость выгорания равна:

- 1 отрезок времени $v_m^1 = \frac{m_0 - m_1}{20}, \text{кг/с}; \frac{\Delta m}{\Delta t}$

- 2 отрезок времени $v_m^2 = \frac{m_1 - m_2}{20}, \text{кг/с};$ и т.д. $\frac{\Delta m}{\Delta t}$

Линейная скорость:

- 1 отрезок времени $v_l^1 = \frac{l_1}{20}, \text{м/с}; \frac{\Delta l}{\Delta t}$

- 2 отрезок времени $v_l^2 = \frac{l_2 - l_1}{20}, \text{м/с}$ и т.д. $\frac{\Delta l}{\Delta t}$

Площадь пожара:

- 1 отрезок времени $S_n^1 = l_1 \cdot b, \text{м}^2;$

где b – ширина штабеля (длина бруска), м.

- 2 отрезок времени $S_n^2 = l_2 \cdot b, \text{м}^2$

и т.д.

$$K_n = \frac{N(4ab + 2a^2) - 2a^2(n-1)(N/n)^2}{L \cdot b}$$

Площадь поверхности горения находится по формуле ранее

Приведенную и удельную массовую скорость выгорания получают делением V_m на S_i и Sp_i соответственно.

Температура пожара в каждый момент времени рассчитывается как среднеарифметическое значение показаний термопар $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$. Теплоту пожара q_p рассчитывают по выражению:

$$\alpha \approx 21 / (21 - \varphi_k)$$

Фактический расход воздуха находится по формуле:

$$V = 4,2 \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$\rho_v = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$G_{\varepsilon} = \frac{2}{3} \mu B h_0 \sqrt{2 g h_0 \rho_{\varepsilon} (\rho_{\varepsilon} - \rho_{nз})}, \text{ кг} / \text{с} \quad (1.8)$$

где: μ – коэффициент аэродинамического сопротивления проема, $\mu = 0,65$;
 B – ширина проема, м; h_0 – высота плоскости равных давлений относительно нижней отметки проема, м; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$; ρ_{ε} – плотность воздуха, принимается $\rho_{\varepsilon} = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\rho_{nз}$ – плотность продуктов горения при температуре пожара $T_{п}$, находится по рис. 1.3.

Теоретически необходимый расход воздуха рассчитывается по формуле:

$$G^0_{\varepsilon} = v_m V^0_{\varepsilon} \rho_{\varepsilon} \quad (1.9)$$

где: V^0_{ε} – теоретический объем воздуха, $\text{м}^3/\text{кг}$; ρ_{ε} – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Интенсивность газообмена $\underline{J}_Г$ и коэффициент избытка воздуха α находятся по формулам (1.3) и (1.4).

$$\underline{J}_Г = G_B / S_{ц}, \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2),$$

$$\alpha = \underline{G}_B / G_{B0}.$$

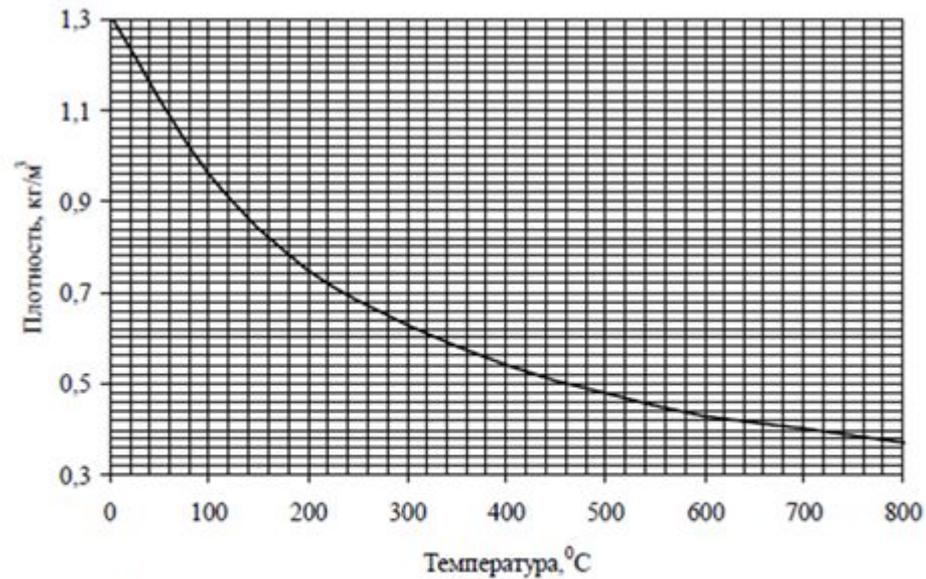


Рис. 1.4. Зависимость плотности продуктов горения от температуры.

Результаты обработки данных заносятся в табл. 1.3.

Результаты обработки данных

Таблица 1.3

| Время, \underline{c} | $\underline{v}_г,$ $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ $\frac{\Delta l}{\Delta t}$ | $S_{ц},$ м^2 | Скорость выгорания | | | $T_{ц},$ $^{\circ}\text{C}$ средняя | $Q_{ц},$ кВт | $\underline{J}_Г,$ $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ | α |
|---------------------------|--|--------------------------|---|------------------------|--------------------------|---|-----------------|---|----------|
| | | | $\underline{v}_г$ $, \text{кг}/\text{с}$ | $\underline{v}_г^{уд}$ | $\underline{v}_г^{прив}$ | | | | |
| | | | | | | | | | |

По данным табл. 1.3 строятся графики зависимостей приведенных в ней параметров от времени. На каждом графике приводятся соответствующие зависимости для двух опытов.

Контрольные вопросы

- Какая стадия (или стадии) пожара исследуются в данных опытах?
- Дать определение, объяснить физический смысл основных параметров внутреннего пожара.
- Как зависит скорость распространения пламени от концентрации кислорода в газовой среде?
- Что такое общая вспышка? При каких условиях она происходит?
- Что такое объемная вспышка? При каких условиях она происходит?
- Как зависит теплота пожара от массовой скорости выгорания?
- Как зависит продолжительность начальной стадии пожара от массовой скорости выгорания? Чем объясняется эта зависимость?
- Что такое плоскость равных давлений? Какие параметры влияют на ее положение относительно пола помещения?
- Что означает "пожар, регулируемый нагрузкой"?
- Что означает "пожар, регулируемый вентиляцией"?
- Определить режим пожара на момент времени, указанный преподавателем?
- Какие возможны последствия изменения условий газообмена?

Расчет температуры пожара

Задача 1:

Определить, как может измениться среднеобъёмная температура в помещении, если увеличить приток воздуха. Размеры помещения 10x20x3,5 м, число проёмов – 3, размеры одного проёма 2,1x1,6 м, горючий материал – мазут, масса горючего материала равна 40000 кг.

Решение:

1. Рассчитать пожарную нагрузку (P_k), приведённую к древесине для данного помещения:

$$P_k = \frac{\sum P_i Q_{ni}}{(6F_{\text{пола}} - \sum F_{\text{пр}}) \cdot Q_{н.др}};$$

$P_i =$ – общее количество горючего вещества;

$Q_{ni} =$

$F_{\text{пола}} =$

$$\sum F_{\text{пр}} = (h \cdot d) \cdot \text{кол-во}$$

$Q_{н.др} =$

$$P_k = \frac{\quad}{(6 \cdot \quad - \quad)} = \quad \text{кг/м}^2.$$

3. Рассчитать проёмность помещения, учитывая, что $V > 10 \text{ м}^3$:

$$\Pi = \sum F_{\text{инн}} \cdot h_i^{0,5} / F_{\text{пола}} = \quad = \quad \text{м}^{0,5}.$$

3. Рассчитать критическую пожарную нагрузку:

$$P_{к.кр} = \frac{4500\Pi^3}{1 + 500\Pi^3} + \frac{V^{0,333}}{V_e^0},$$

где $V_e^0 = 11,6 \text{ м}^3/\text{кг}$;

$$V = \quad = \quad \text{м}^3;$$

$$P_{к.кр} = \quad + \quad = \quad + \quad = \quad \text{кг/м}^2.$$

4. Сравнить P_k и $P_{к.кр}$:

Ответ:

Низшая теплота сгорания

| № | Горючее вещество, материал | Низшая теплота сгорания Q_H^p , кДж/кг |
|----|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Амилацетат | 33553,5 |
| 2 | Амиловый спирт | 39046,6 |
| 3 | Анилин | 34777 |
| 4 | Ацетилен | 56000 |
| 5 | Ацетон | 30939 |
| 6 | Бензин | 43576 |
| 7 | Бензол | 40807 |
| 8 | Битум | 40807 |
| 9 | Бумага, хлопок, хлопчатобумажные ткани | 13408 |
| 10 | Бутан | 118300 |
| 11 | Бутиловый спирт | 36144,9 |
| 12 | Древесина при влажности: 10% 20% 30% | 16500 14400 12200 |
| 13 | Капролактам | 29749 |
| 14 | Каучук натуральный | 44833 |
| 15 | Каучук синтетический | 45252 |
| 16 | Керосин | 43157 |
| 17 | Киноплёнка нитроцеллюлозная | 15084 |
| 18 | Киноплёнка триацетатная | 18779,6 |
| 19 | Мазут | 41900 |
| 20 | Метан | 35800 |
| 21 | Нефть | 46090 |
| 22 | Полистирол | 38967 |
| 23 | Полиэтилен | 47137,5 |
| 24 | Пенополиуретан | 24302 |
| 25 | Резина | 33520 |

Расчет температуры пожара

Задача 1:

Определить, как может измениться среднеобъемная температура в помещении, если увеличить приток воздуха. Размеры помещения 10x20x3,5 м, число проёмов – 3, размеры одного проёма 2,1x1,6 м, горючий материал – мазут, масса горючего материала равна 40000 кг.

Решение:

1. Рассчитать пожарную нагрузку (P_k), приведённую к древесине для данного помещения:

$$P_k = \frac{\sum P_i Q_{ин}}{(6F_{пола} - \sum F_{пр}) \cdot Q_{н,др}};$$

$P_i = 40000$ кг – общее количество горючего вещества;

$Q_{ин} = 41900$ кДж·кг⁻¹; *низкая температура сгорания мазут*

$F_{пола} = 10 \times 20 = 200$ м²;

$\sum F_{пр} = (2,1 \cdot 1,6) \cdot 3 = 10,08$ м²;

$Q_{н,др} = 16500$ кДж·кг⁻¹; *низкая температура сгорания древесины*

10% влажности

$$P_k = \frac{40000 \cdot 41900}{(6 \cdot 200 - 10,08) \cdot 16500} = 85,4 \text{ кг/м}^2.$$

3. Рассчитать проёмность помещения, учитывая, что $V > 10$ м³:

$$\Pi = \sum F_{ин} \cdot h_i^{0,5} / F_{пола} = \frac{10,08 \cdot 2,1^{0,5}}{200} = 0,07 \text{ м}^{0,5}.$$

3. Рассчитать критическую пожарную нагрузку:

$$P_{к,кр} = \frac{4500 \Pi^3}{1 + 500 \Pi^3} + \frac{V^{0,333}}{V_e^0},$$

где $V_e^0 = 11,6$ м³/кг;

$$V = 10 \cdot 20 \cdot 3,5 = 700 \text{ м}^3;$$

$$P_{к,кр} = \frac{4500 \cdot 0,07^3}{1 + 500 \cdot 0,07^3} + \frac{700^{0,333}}{11,60} = \frac{15435}{1+1.1715} + \frac{8,86}{11,60} = 0,57 + 0,76 = 1,33 \text{ кг/м}^2$$

4. Сравнить P_k и $P_{к,кр}$:

$P_k > P_{к,кр}$ т.к. $85,4 \text{ кг/м}^2 > 1,33 \text{ кг/м}^2$, следовательно, в помещении пожар, регулируемый вентиляцией, среднеобъемная температура в помещении будет возрастать.

Ответ:

Среднеобъемная температура в помещении будет возрастать.

Задача 2:

Рассчитать значение среднеобъёмной температуры в помещении на 25 минуте с начала пожара, если известно, что размер помещения 15x32x4 м, размеры проемов 1,6x2,0 м, число проёмов – 3, горючее вещество – бумага разрыхлённая в количестве 10000 кг, низшая теплота сгорания – 13400 кДж/кг, объём воздуха, необходимый для сгорания 1кг бумаги равен 3,95м³/кг, массовая скорость выгорания древесины равна 0,08 кг/м²·с.

Решение:

1. Определить режим пожара в помещении, для этого надо рассчитать:

а) Прѐмность помещения, т.к. $V = \dots = \dots \text{ м}^3$, что $\dots 10 \text{ м}^3$.

$$\Pi = \sum F_{i, np} \cdot h_i^{0,5} / F_{пола}$$

$$\sum F_{np} = \dots = \text{ м}^2,$$

$$F_{пола} = \dots = \text{ м}^2,$$

$$\Pi = \sum F_{i, np} \cdot h_i^{0,5} / F_{пола} \text{ м}^{0,5}.$$

б) Рассчитать критическую пожарную нагрузку:

$$P_{к,кр} = \frac{4500\Pi^3}{1 + 500\Pi^3} + \frac{V^{0,333}}{6V_g^0} = \dots = \text{ кг/м}^2.$$

в) Рассчитать пожарную нагрузку приведѐнную к древесине, отнесенную к площади тепловоспринимающих поверхностей:

$$P_k = \frac{\sum P_i Q_{Hi}}{(6F_{пола} - \sum F_{np}) \cdot Q_{H,др}} = \dots = \text{ кг/м}^2.$$

г) Сравнить P_k и $P_{к,кр}$:

$P_k < P_{к,кр}$, значит в помещении будет пожар регулируемый, тогда:

$$t_{max} = \dots = \dots = \text{ }^\circ\text{C}.$$

д) Рассчитать время достижения максимального значения температуры:

$$\tau = \dots = \dots = \text{ мин}.$$

Следовательно, среднеобъёмная температура к 25 минуте \dots

е) Рассчитать температуру в помещении на 25 минуте с начала развития пожара:

$$\frac{t_{25} - t_0}{t_{max} - t_0} = 115,6 \left(\frac{\tau}{\tau_{max}} \right)^{4,75} \cdot e^{-4,75(\tau / \tau_{max})},$$

$$t_{25} = 115,6 \left(\frac{\tau}{\tau_{max}} \right)^{4,75 - 4,75(\tau / \tau_{max})} \cdot e^{-4,75(\tau / \tau_{max})} \cdot (t_{max} - t_0) + t_0 = \dots = \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ответ:

Среднеобъёмная температура в помещении на 25 мин с начала пожара равна \dots °C.

Задача 2:

Рассчитать значение среднеобъёмной температуры в помещении на 25 минуте с начала пожара, если известно, что размер помещения 15x32x4 м, размеры проемов 1,6x2,0 м, число проёмов – 3, горючее вещество – бумага разрыхлённая в количестве 10000 кг, низшая теплота сгорания – 13400 кДж/кг, объём воздуха, необходимый для сгорания 1кг бумаги равен 3,95м³/кг, массовая скорость выгорания древесины равна 0,08 кг/м²·с.

Решение:

1. Определить режим пожара в помещении, для этого надо рассчитать:

а) Проремность помещения, т.к. $V=15 \cdot 32 \cdot 4=1920 \text{ м}^3$, что больше 10 м^3 .

$$П = \sum F_{i,пр} H_i^{0,5} / F_{пола},$$

$$\sum F_{пр} = (1,6 \cdot 2,0) \cdot 3 = 9,6 \text{ м}^2,$$

$$F_{пола} = 15 \cdot 32 = 480 \text{ м}^2,$$

$$П = 9,6 \cdot 2,0^{0,5} / 480 = 0,03 \text{ м}^{0,5}.$$

б) Рассчитать критическую пожарную нагрузку:

$$P_{к.кр} = \frac{4500 П^3}{1 + 500 П^3} + \frac{V^{0,333}}{6 V_г^0} = \frac{4500 \cdot 0,03^3}{1 + 500 \cdot 0,03^3} + \frac{1920^{0,333}}{6 \cdot 3,95} = 10,56 \text{ кг/м}^2.$$

в) Рассчитать пожарную нагрузку приведённую к древесине, отнесенную к площади тепловоспринимающих поверхностей:

$$P_k = \frac{\sum P_i Q_{Hi}}{(6 F_{пола} - \sum F_{пр}) \cdot Q_{H,др}} = \frac{10000 \cdot 13400}{(6 \cdot 480 - 9,6) \cdot 16500} = 2,82 \text{ кг/м}^2.$$

При пожарах, регулируемых пожарной нагрузкой (ПРН), максимальную среднеобъемную температуру определяют по формуле:

$$t_{\max} - t_0 = 224 P_{\kappa}^{0.528}.$$

Время достижения максимального значения среднеобъемной температуры для ПРН определяют из выражения:

$$\tau_{\max} = 32 - 8,1 \cdot P_{\kappa}^{3.2} \cdot e^{-0.92 P_{\kappa}},$$

г) Сравнить P_{κ} и $P_{\kappa, \text{кр}}$:

$P_{\kappa, \text{кр}} > P_{\kappa}$, т.е. $10,56 > 2,82$, значит в помещении будет пожар регулируемый пожарной нагрузкой (ПРН), тогда:

$$t_{\max} = 224 \cdot P_{\kappa}^{0.528} = 224 \cdot 2,82^{0.528} = 387 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

д) Рассчитать время достижения максимального значения температуры:

$$\tau = 32 - 8,1 P_{\kappa}^{3.2} \cdot e^{-0.92 P_{\kappa}} = 32 - 8,1 \cdot 2,82^{3.2} \cdot e^{-0.92 \cdot 2,82} = 15 \text{ мин.}$$

Следовательно, среднеобъемная температура к 25 минуте понизится.

е) Рассчитать температуру в помещении на 25 минуте с начала развития пожара:

$$\frac{t_{25} - t_0}{t_{\max} - t_0} = 115,6 \left(\frac{\tau}{\tau_{\max}} \right)^{4.75} \cdot e^{-4.75(\tau / \tau_{\max})},$$
$$t_{25} = 115,6 \left(\frac{\tau}{\tau_{\max}} \right)^{4.75 - 4.75(\tau / \tau_{\max})} \cdot e^{-4.75(\tau / \tau_{\max})} \cdot (t_{\max} - t_0) + t_0 = 115,6 \left(\frac{25}{15} \right)^{4.75} \cdot e^{-4.75 \left(\frac{25}{15} \right)} \cdot (387 - 25) + 25 = 204 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Ответ:

Среднеобъемная температура в помещении на 25 мин с начала пожара равна $204 \text{ }^{\circ}\text{C}$.