

Х.Ш. Гасанов, ад'юнкт, НУГЗУ

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ НА ПОКАЗАНИЯ ТЕПЛОВИЗОРА

(представлено д-ром техн. наук Ключкою Ю.П.)

Рассмотрены модели по распределению температуры в помещении при пожаре. Получена математическая модель воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации на величину температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении.

Ключевые слова: тепловизор, пожар, распределение температуры, время, температура.

Постановка проблемы. На сегодняшнем этапе при разведке чрезвычайных ситуаций в основном, используется визуальный метод. Однако, в некоторых случаях, например, на начальном этапе или в процессе развития пожара, источник можно определять исходя из длин волн, которые невидимы для человеческого глаза, с помощью тепловизора.

Учитывая все преимущества тепловизоров не сегодняшний день одной из проблем является отсутствие методик по применению данных устройств, рекомендаций к тактическим действиям, математического аппарата для анализа пожара на основе изображений в инфракрасном диапазоне и т.д.

Анализ последних исследований и публикаций. Применение тепловизоров при определении температуры наружных поверхностей, а именно стен зданий, жилых домов в случае пожара может усугубляться по ряду таких причин:

- неизвестные особенности конструкции стены (применение различных материалов для утепления);
- неравномерное распределение температуры по высоте помещения при пожаре в нем.

Существует ряд работ, посвященных изучению температурного режима пожара в помещении [2-5].

В [3] получена математическая модель для определения температуры в любой точке закрытого помещения при пожаре (рис. 1)

$$T_i = T_{tg} \frac{C_t \cdot G^{0,28} \cdot \tau_{sg}^{0,218} \cdot Z^{1,116+0,105 \ln(z)} \cdot S_n^{0,24}}{x^{0,479}}, \quad (1)$$

где T_{tg} – температура горения, °C; G – пожарная нагрузка в помещении, кг/м²; τ_{sg} – время свободного горения, мин.; Z – высота, на которой определяется температура, м; S_n – площадь пожара, м²; x – расстояние, на котором определяется температура, м; C_t – коэффициент пропорциональности, $C_t = 0,0172 \text{ мин}^{0,218} \cdot \text{кг}^{0,28} \cdot \text{м}^{-0,557}$.

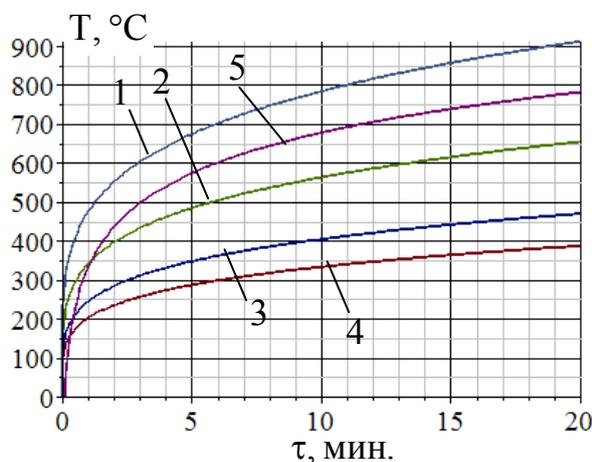


Рис. 1. Зависимость температуры в локальной точке помещения при $Z=2,5$ м.: 1 – $x=0,25$ м.; 2 – $x=0,5$ м.; 3 – $x=1$ м.; 4 – $x=1,5$ м.; 5 – «стандартная температурная кривая»

В [4] локальное значение температуры среды в помещении при пожаре для любого момента времени τ определялось в соответствии

$$T_{x,y,\tau} = T_{m,\tau} \left(0,8 + \frac{0,2y}{0,5H} \right) \cdot \left(1,33 - \frac{x}{2x + 0,5 \cdot \ell} \right), \quad (2)$$

где $T_{m,\tau}$ – среднеобъемная температура в помещении; H, L – высота и длина помещения; x, y – расстояние от границы горения и от пола.

При анализе пожаров, проведении исследований на огнестойкость и т.д. зачастую оперируют стандартным температурным режимом при пожаре. Тогда зависимость среднеобъемной температуры можно записать в виде [5]

$$T = 345 \cdot \lg(8 \cdot \tau + 1) + T_0, \quad (3)$$

где T_0 – начальная температура в помещении; τ – длительность пожара в мин.

В работах [2, 6] распределение температур предлагается в виде

$$T = \frac{T_{cp}}{1 + a(1 - 2z/H)}, \quad (4)$$

где $a = f(T_m)$ – экспериментальный безразмерный коэффициент.

В [7] представлені результати численного експерименту по розвитку пожеги в зрительному залі кінотеатра з використанням полевий (дифференціальної) математическої моделі розрахування тепломасообміну (рис. 2., рис. 3).

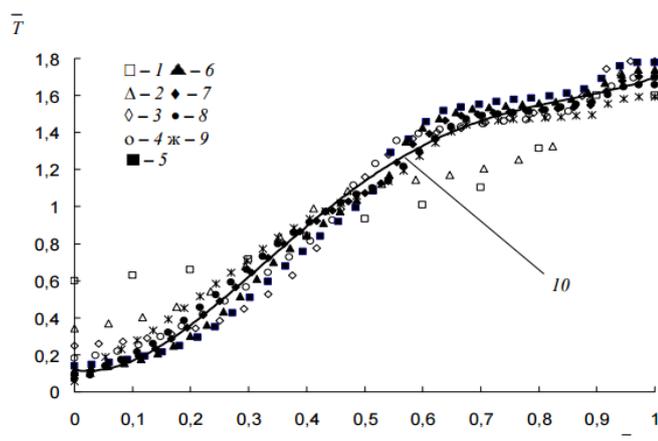


Рис. 2. Розподілення температур по товщині припотолочного слоя в різні моменти часу: 1 – 120 с.; 2 – 180 с.; 3 – 240 с.; 4 – 300 с.; 5 – 360 с.; 6 – 420 с.; 7 – 480 с.; 8 – 540 с.; 9 – 600 с.; 10 – апроксимуюча крива

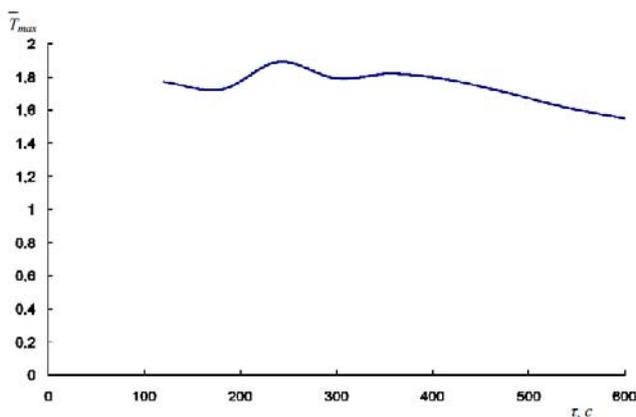


Рис. 3. Залежності відношення максимальної температури припотолочного слоя до його середньої температури від часу з початку пожеги

Аналіз рисунків показує, що градієнти температури по товщині нагрітого припотолочного газозовдушного слоя є суттєвими.

Постановка задачі і її рішення. Метою роботи є побудова моделі впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації на величину температури на зовнішній стінці з урахуванням нерівномірності розподілення температури в приміщенні.

Неоднорідність температурного поля в приміщенні призводить до того, що розподілення температури в стінці будівлі, з якою контактують небезпечні фактори ЧС (продукти згорання) також є неоднорідним (рис. 4).

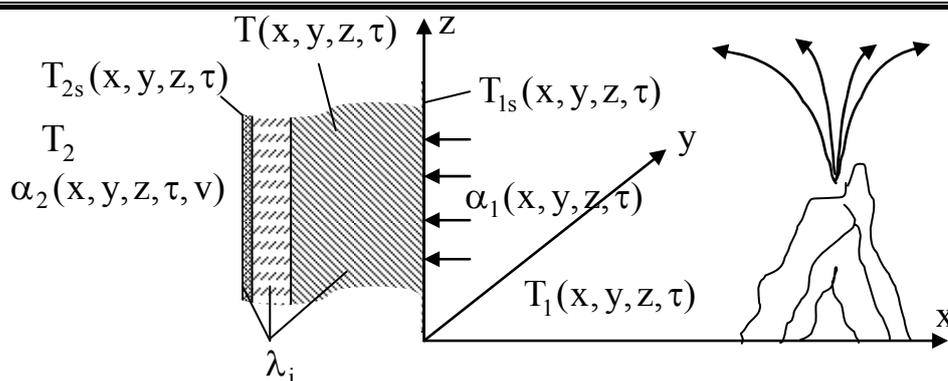


Рис. 4. Схема помещения и пожара в нем: $T_1(x, y, z, \tau)$, T_2 – температура внутри помещения и внешней среды; $T_{1s}(x, y, z, \tau)$, $T_{2s}(x, y, z, \tau)$ – температура внутренней и внешней поверхности стены; $\alpha_1(x, y, z, \tau)$, $\alpha_2(x, y, z, \tau)$ – коэффициент теплоотдачи у внутренней и внешней поверхности стены; λ_i – коэффициенты теплопроводности конструкции стены, утеплителя, отделочного материала ($i=1..n$)

В случае возникновения пожара, происходит изменение температуры внутри помещения, что влечет за собой изменение параметров стены согласно выражению

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_{st} \cdot \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad (5)$$

где a_{st} – коэффициент температуропроводности стены.

Для построения математической модели приняты граничные условия третьего рода на внешней и на внутренней поверхности стены

$$\lambda_{st2} \frac{T_{2s}(x_2, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_2 \cdot (T_{2s}(x_2, y, z, \tau) - T_2); \quad (6)$$

$$\lambda_{st1} \frac{T_{1s}(x_1, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_1 \cdot (T_1(x_1, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau)); \quad (7)$$

Начальные условия можно записать в следующем виде

$$T(x, 0)|_{x \in [x_1, x_2]} = f(x, T_{0vs}, T_0, \lambda_i), \quad (8)$$

$$T_1(x_1, 0) = T_0, \quad (9)$$

$$T_2(x_2, 0) = T_{0vs}. \quad (10)$$

Анализ зависимостей (1), (2) и (4) показывает, что результаты расчетов по данным моделям могут иметь отклонения более 100% (рис. 5).

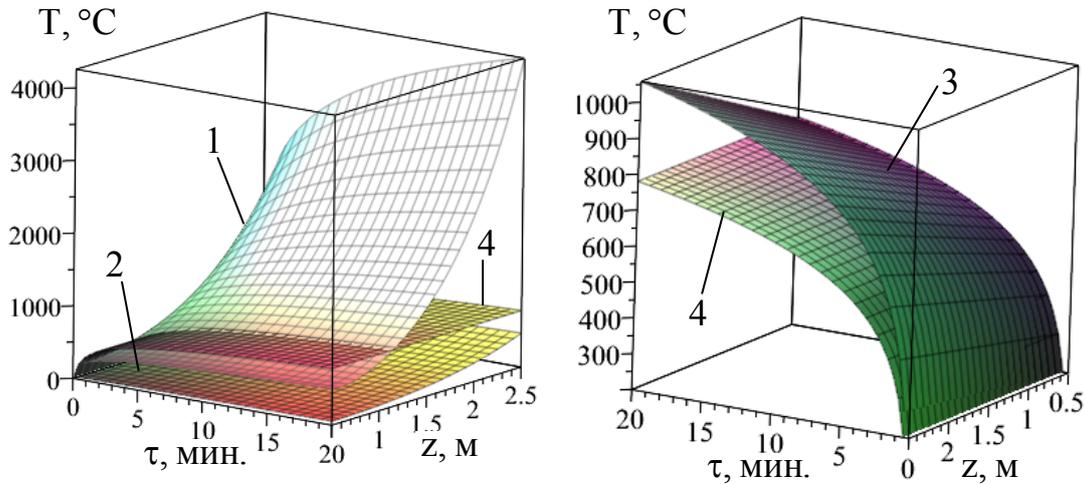


Рис. 5. Зависимость температуры в помещении от высоты точки измерения и времени: 1- $x=0,01$ м (1); 2 – $x=1$ м (1); 3 – $x=1$ м (2); 4 – стандартная температурный режим при пожаре

Следует также отметить различный характер изменения температуры с ростом z (степенной и линейный).

Таким образом, систему уравнений для определения температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении можно представить в виде

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial \tau} = a_{st} \cdot \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right]; \\ \lambda_{st2} \frac{T_{2s}(x_2, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_2 \cdot (T_{2s}(x_2, y, z, \tau) - T_2); \\ \lambda_{st1} \frac{T_{1s}(x_1, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_1 \cdot (T_1(x_1, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau)); \\ T(x, 0)|_{x \in [x_1; x_2]} = f(x, T_{0vs}, T_0, \lambda_i); \\ T_1(x_1, 0) = T_0; \quad T_2(x_2, 0) = T_{0vs}; \\ \alpha_1 = 1,66(T_1(x, y, z, \tau) - T_{1s}(x_1, y, z, \tau))^{1/3}; \\ \alpha_2 = 5,07v^{0,656} + 3,25e^{-1,91v}; \\ T_1(x, y, z, \tau) = \varphi(x, y, z, \tau), \end{array} \right. \quad (11)$$

где $\varphi(x, y, z, \tau)$ – модель, описывающая изменение температуры в помещении.

Выводы. Получена математическая модель воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации на величину температуры на внешней стенке с учетом неравномерности распределения температуры в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключка Ю.П. Анализ применения тепловизоров при тушении пожаров / Ю.П. Ключка, Х.Ш. Гасанов, Н.В. Крынская // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 109-116. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/kluchka.pdf>.
2. Астапенко В.М. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский, А.Н. Шевляков под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
3. Гулида Э.Н. Модель пожара в закрытом помещении на основе полного факторного эксперимента / Гулида Э.Н., Ренкас А.А. // Вестник ВИ ГПС МЧС России. – 2013. – №4 (9). С.78-81.
4. Кузьмин А.А. Теплотехника / Под ред. В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2011. – 33 с.
5. Рябова І.Б. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі / І.Б. Рябова, І.В. Сайчук, А.Я. Шаршанов // Навчальний посібник. – Харків, АПБУ, 2002. – С.352.
6. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Кошмаров Ю.А. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. – 118 с.
7. Пузач С.В. Неоднородность температурного поля в припотолочном газоздушном слое при пожаре в помещении / Пузач С.В., Нгуен Тхань Хай, Лебедченко О.С. // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 5 (21). – 2008. – С. 1-9.

Х.Ш. Гасанов

Вплив нерівномірного розподілу небезпечних факторів надзвичайної ситуації в приміщенні на покази тепловізора

Розглянуто моделі по розподілу температури в приміщенні під час пожежі. Отримана математична модель впливу небезпечних чинників надзвичайної ситуації на величину температури на зовнішній стінці з урахуванням нерівномірності розподілення температури в приміщенні.

Ключові слова: тепловізор, надзвичайна ситуація, розподіл температури, час, температура.

Kh.Sh. Hasanov

The impact of uneven distribution of hazards emergency room on the testimony of the thermal imager

The models for the distribution of temperature in the room in case of fire. A mathematical model of the effect of hazards on the value of the emergency temperature in the outer wall based on the unevenness of temperature distribution in the room.

Keywords: Thermal, fire, temperature distribution, time, temperature.