

Е.С. Варламов¹, С.П. Бобков¹, Д.В. Тараканов²

(¹Ивановский государственный химико-технологический университет,

²Ивановская пожарно-спасательная академия МЧС России; e-mail: yegorvar@gmail.com)

ОБ ОЦЕНКЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ПОЖАРА В ЗДАНИИ ПО ЕЁ МОНИТОРИНГУ В СМЕЖНОЙ ЗОНЕ

Получено аналитическое решение системы уравнений, описывающей динамику температуры газовой среды пожара в здании по её мониторингу в смежной зоне.

Ключевые слова: мониторинг температуры пожара в здании.

E.S. Varlamov, S.P. Bobkov, D.V. Tarakanov

ABOUT ESTIMATION OF THE TEMPERATURE DYNAMICS OF THE GASEOUS MEDIUM OF FIRE IN THE BUILDING ON ITS MONITORING IN THE ADJACENT AREA

An analytical solution of the system of equations describing the dynamics of the temperature of gaseous medium of fire in a building on its monitoring in the adjacent area.

Key words: monitoring of the fire temperature in the building.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 20 мая 2016 г.

Современные тенденции развития систем автоматического пожаротушения направлены на повышение их эффективности при ликвидации пожара на начальной стадии его развития. Для практической реализации данной задачи используется *система мониторинга (СМ)*, в задачу которой входит оценка параметров пожара в здании. Например, система мониторинга является информационной подсистемой системы автоматического пожаротушения. Данные, получаемые от СМ, могут использоваться и оперативными подразделениями пожарной охраны при проведении разведки пожара, в частности, при оценке размеров очага горения. Поэтому информация от СМ крайне полезна даже в случае, когда сама система автоматического пожаротушения с задачей ликвидации пожара не справилась.

Защищаемое системой автоматического пожаротушения помещение делится на зоны контроля, в которых располагаются средства измерения динамики параметров пожара, например, температуры газовой среды. Зону контроля, в которой средство измерения первым зафиксировало факт возгорания, будем называть *основной*, соседняя же с ней зона будет называться *смежной*. В СМ информация о динамике температуры газовой среды поступает на компьютер, где рассчитывается размер очага горения. Наиболее близкая по функциональным возможностям математическая зависимость представлена в работе [1]. Данная зависимость позволяет прогнозировать изменения температуры газовой среды в зонах контроля СМ, опираясь на значения, получаемые по результатам мониторинга основной зоны контроля.

Однако, зачастую в практике пожаротушения возникают ситуации, при которых средство измерения в основной зоне контроля СМ выходит из строя и размеры очага пожара представляется возможным оценить лишь по данным, получаемым от средства измерения, расположенного в смежной (соседней) зоне контроля. В этом случае математическая зависимость [1] не пригодна, так как при оценке динамики параметра пожара в смежной зоне используются данные, получаемые из основной зоны. Поэтому необходимо получить математическую зависимость динамики температуры газовой среды в смежной зоне контроля, без использования данных из основной зоны.

Для решения данной задачи воспользуемся интегральным термогазодинамическим методом моделирования динамики параметров пожара в здании [2].

Запишем уравнения пожара для зон контроля. Пусть зона контроля с номером $j-1$ – это зона, в которой средство измерения первым зафиксировало пожар, тогда зона контроля с номером j – это смежная (соседняя) зона контроля.

Уравнения, описывающие динамику параметров пожара в зоне контроля с номером $j-1$, записываются следующим образом:

- уравнение материального баланса

$$V_{j-1} \frac{d\rho_{j-1}}{d\tau} = \psi - G_{j-1}; \quad (1)$$

- уравнение энергетического баланса

$$\eta\psi Q_n^p (1 - \phi) - C_p T_{j-1} G_{j-1} = 0; \quad (2)$$

- уравнение состояния газовой среды

$$\rho_0 T_0 = \rho_{j-1} T_{j-1}. \quad (3)$$

В свою очередь, уравнения динамики параметров пожара в зоне контроля с номером j представлены ниже:

- уравнение материального баланса

$$V_j \frac{d\rho_j}{d\tau} = nG_{j-1} - G_j; \quad (4)$$

- уравнение энергетического баланса

$$C_p T_{j-1} nG_{j-1} - C_p T_j G_j = 0; \quad (5)$$

- уравнение состояния газовой среды

$$\rho_{j-1} T_{j-1} = \rho_j T_j, \quad (6)$$

где ψ – расход нагретых дымовых газов, поступающих в зону $j-1$ от очага пожара, $кг \cdot с^{-1}$;

G_{j-1} – расход дымовых газов, удаляющихся из зоны $j - 1$;

nG_{j-1} – расход дымовых газов, поступающих из зоны контроля с номером $j - 1$ в зону контроля с номером j ;

G_j – расход дымовых газов, удаляющихся из зоны контроля с номером j ;

ρ_0 – начальное среднееобъемное значение плотности газовой среды, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;
 ρ_{j-1} и ρ_j среднееобъемные значения плотности газовой среды в зонах контроля $j-1$ и j соответственно;

T_0 – начальное среднееобъемное значение температуры газовой среды, $^{\circ}\text{K}$;

T_{j-1} и T_j – среднееобъемные значения температуры газовой среды в зоне контроля с номерами i и j ;

V_{j-1} и V_j объём i и j зоны, м^3 ;

C_p – теплоёмкость газовой среды при постоянном давлении, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;

Q_H^P – низшая теплота сгорания горючей нагрузки, $\text{кДж}\cdot\text{кг}^{-1}$;

η – коэффициент полноты горения;

φ – коэффициент теплопоглощения;

n – коэффициент, характеризующий газообмен между зонами контроля;

τ – время, с .

Иллюстрация к системе уравнений (1)...(6) представлена на рис. 2.

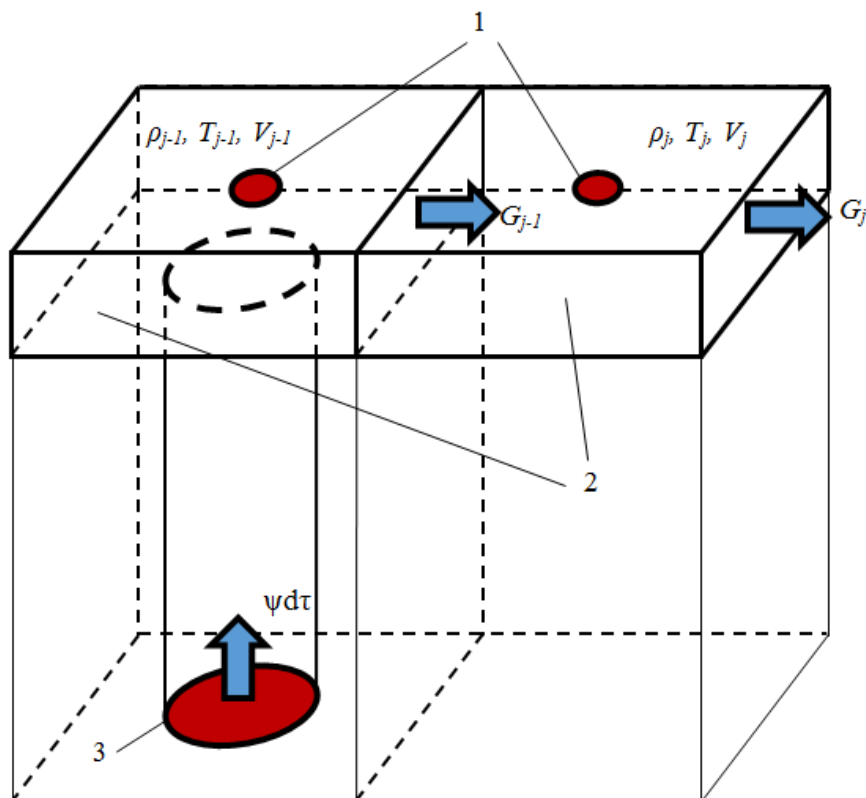


Рис. 1. Фрагмент помещения с зонами контроля системы мониторинга
 1 – средство измерения параметров пожара системы мониторинга;
 2 – зона контроля средства измерения; 3 – очаг пожара

В работе [1] получено аналитическое решение системы уравнений (1)...(6) относительно среднеобъёмного значения плотности газовой среды в зонах контроля с номерами $j-1$ и j :

для зоны контроля с номером $j-1$

$$\rho_{j-1} = \rho_* + (\rho_0 - \rho_*) \exp(-Z_{j-1}); \quad (7)$$

для зоны контроля с номером j

$$\rho_j = \rho_{j-1} + (\rho_0 - \rho_{j-1}) \exp(-Z_j), \quad (8)$$

где $\rho_* = \frac{1}{a}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3};$

$$a = \frac{\eta Q_H^p (1 - \varphi)}{C_p \rho_0 T_0}, \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1};$$

$$M_\tau = \int_0^\tau \psi \, d\tau, \text{ кг};$$

$$Z_{j-1} = \frac{a \cdot M_\tau}{V_{j-1}};$$

$$Z_j = \frac{n \cdot a \cdot M_\tau}{V_j}.$$

Анализируя решения (7) и (8) видим, что оценка динамики ведущего параметра пожара температуры для зоны с номером j невозможна без расчёта её динамики в зоне с номером $j-1$.

Получено аналитическое решение относительно среднеобъёмной плотности газовой среды для зоны контроля с номером j :

$$\rho_j = \rho_* + (\rho_0 - \rho_*) \left(\frac{1}{1-k} \exp(-Z_{j-1}) - \frac{k}{1-k} \exp(-Z_j) \right), \quad (9)$$

где $k = \frac{V_j}{nV_{j-1}}.$

Данное решение не зависит от динамики среднеобъёмной плотности газовой среды в основной зоне контроля, а зависит только от геометрических размеров зон контроля с номерами $j-1$ и j .

Используя формулу (9), можно определить значение среднеобъёмной температуры газовой среды в зоне контроля с номером j по формуле

$$T_j = \frac{\rho_0 T_0}{\rho_j}. \quad (10)$$

Заключение

Разработана математическая зависимость для оценки динамики температуры газовой среды в смежной (с зоной пожара) зоне контроля системы мониторинга. Это необходимо при определении геометрических размеров очага пожара в здании, оборудованном системой автоматического пожаротушения.

Для решения задачи использовался интегральный термогазодинамический метод моделирования динамики параметров пожара в здании, адаптированный для зон контроля СМ. Отличием полученного аналитического решения от работы [1] является возможность оценки динамики температуры газовой среды в смежной (с зоной пожара) зоне контроля системы мониторинга без определения значений температуры в основной зоне контроля.

Литература

1. *Овсянников М.Ю., Соловьев Р.А., Лапшин С.С. и др.* Модель динамики опасных факторов пожара в системе смежных помещений // Матер. IX междунар. науч.-практ. конф. "Пожарная и аварийная безопасность". Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2013. С. 62-65.

2. *Кошмаров Ю.А., Лапшин С.С., Тараканов Д.В.* Динамика ОФП в помещении смежном с очагом пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. № 1. 2009. С. 67-75.