

*Ю.А. Абрамов, гл. научн. сотр., НУГЗУ,
С.Н. Бесараб, ад'юнкт, ЧАПБ,
В.П. Садковой, ректор, НУГЗУ*

УСЛОВИЯ И ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА КЛАССА В РАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Определены условия и время тушения пожара класса В распыленной водой, которые могут быть потенциально достижимы в системах автоматического пожаротушения.

Ключевые слова: пожар класса В, распыленная вода, потенциальное время тушения, пожар класса В.

Постановка проблемы. Использование распыленной воды для тушения пожаров класса В развивается по двум направлениям:

- прекращение горения путем нарушения теплового равновесия между пламенем и окружающей средой вследствие испарения капель воды вблизи пламени;
- прекращение горения путем снижения температуры поверхности горячей жидкости до температуры, соответствующей ее тушению, вследствие снижения скорости отвода паров топлива от поверхности раздела фаз в области диффузионного смешения горючего и окислителя.

Эффективность реализации этих направлений во многом определяется потенциальными возможностями систем пожаротушения. В этой связи одной из проблем при тушении распыленной водой является определение потенциально достижимых характеристик систем тушения и, в частности, автоматических систем пожаротушения.

Анализ последних исследований и публикаций. Для систем тушения распыленной водой используется в качестве основной характеристики время тушения [1]. В [2] эмпирическим путем получена зависимость времени тушения от диаметра капель воды и интенсивности ее подачи, однако в работе отсутствуют сведения по выбору этих параметров, обеспечивающих потенциальные возможности при использовании распыленной воды. В [3] путем решения алгебраического уравнения баланса тепла на поверхности горячей жидкости получена зависимость времени тушения от интенсивности подачи распыленной воды. Использование такой аналитической зависимости для получения оценок времени тушения горячей жидкости является весьма проблематичным вследствие того, что ряд параметров априори не определены. По этой причине такая зависимость носит иллюстративный характер и практически не используется.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение потенциальных временных характеристик систем автоматического пожаротушения распыленной водой применительно к пожарам класса В.

Объектом управления такой системы автоматического пожаротушения является горящая жидкость, на которую осуществляется внешнее воздействие путем подачи распыленной воды. В первом приближении процесс тушения пожара класса В распыленной водой описывается математической моделью вида [4]

$$\frac{\partial \theta(z, t)}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \omega(z, \tau)}{\partial z^2}; \quad (1)$$

$$\omega(z, 0) = 0; \quad \frac{\partial \omega(0, \tau)}{\partial z} = 0,5\omega(0, \tau) - A \exp(0,25\tau); \quad \omega(\infty, \tau) = 0; \quad (2)$$

$$\tau = v^2 a^{-1} t; \quad z = va^{-1} x; \quad \theta = (T_k - T)(T_k - T_0)^{-1}; \quad A = I r a K_1 [\lambda v (T_k - T_0)]^{-1}; \\ \omega(z, \tau) = \theta(x, \tau) \exp(0,5z + 0,25\tau), \quad (3)$$

где T_k , T_0 – температура кипения горючей жидкости и температура окружающей среды соответственно; λ – теплоемкость жидкости; v – линейная скорость распространения пламени; a – коэффициент температуропроводности; r – теплота испарения воды; I – интенсивность подачи распыленной воды; K_1 – коэффициент использования воды; x , t – координата и время соответственно (размерные переменные).

В [5] получено упрощенное решение системы (1)÷(3), которое имеет вид

$$\theta(\tau) = A[1 - \exp(-d\tau)], \quad (4)$$

где $d = 1,3875$, что позволяет учесть динамические свойства объекта управления системы автоматического пожаротушения в виде передаточной функции

$$W_0(p) = B(\tau_0 p + 1)^{-1} \quad (5)$$

с параметрами

$$B = r a K_1 [\lambda v (T_k - T_0)]^{-1}, \quad \tau_0 = 0,72 a v^{-2}. \quad (6)$$

Вследствие того, что

$$v = \psi \rho^{-1}; \quad a = \lambda (c\rho)^{-1}, \quad (7)$$

где ψ – массовая скорость выгорания жидкости; ρ , c – плотность и теплоемкость горючей жидкости, выражение (6) можно переписать

следующим образом

$$B = rK_1 [c\psi(T_k - T_0)]^{-1}, \quad \tau_0 = 0,72a(\rho\psi^{-1})^2. \quad (8)$$

Потенциальные характеристики процесса тушения горячей жидкости распыленной водой определяются из условия, что интенсивность ее подачи описывается функцией Хевисайда, т.е.

$$I(t) = I \cdot 1(t), \quad (9)$$

где $1(t)$ – функция Хевисайда.

Тогда потенциально достижимое время тушения t_{pot} горячей жидкости распыленной водой будет определяться из уравнения

$$L^{-1} [IB[\rho(\tau_0 + 1)]^{-1}] - \theta_T = 0, \quad (10)$$

где $\theta_T = (T_k - T_T)(T_k - T_0)^{-1}$, T_T – температура тушения; L^{-1} – оператор обратного преобразования Лапласа.

С учетом (3) и (5) это уравнение трансформируется к виду

$$A \left[1 - \exp\left(-\frac{t_{pot}}{\tau_0}\right) \right] - \theta_T = 0, \quad (11)$$

откуда следует

$$t_{pot} = -\tau_0 \ln\left(1 - \frac{\theta_T}{A}\right). \quad (12)$$

Из этого выражения вытекает условие, при котором обеспечивается процесс тушения горячей жидкости распыленной водой. Это условие имеет вид

$$A > \theta_T, \quad (13)$$

откуда следует, что тушение возможно, если интенсивность подачи распыленной воды будет определяться неравенством

$$I > \frac{c\psi(T_k - T_T)}{rK_1} = I_{кр}. \quad (14)$$

Выражение (12) с учетом (2), (3) и (8) можно переписать следующим образом

$$t_{pot} = -\frac{0,72a\rho^2}{\psi^2} \ln\left[1 - \frac{c\psi(T_k - T_T)}{rK_1 I}\right], \quad (15)$$

которое описывает зависимость потенциально возможного времени тушения пожара класса В распыленной водой от интенсивности ее подачи.

На рис. 1 приведены зависимости $t_{\text{pot}} = f(I)$, полученные в соответствии с (5) для трех горючих жидкостей, параметры которых приведены в табл. 1

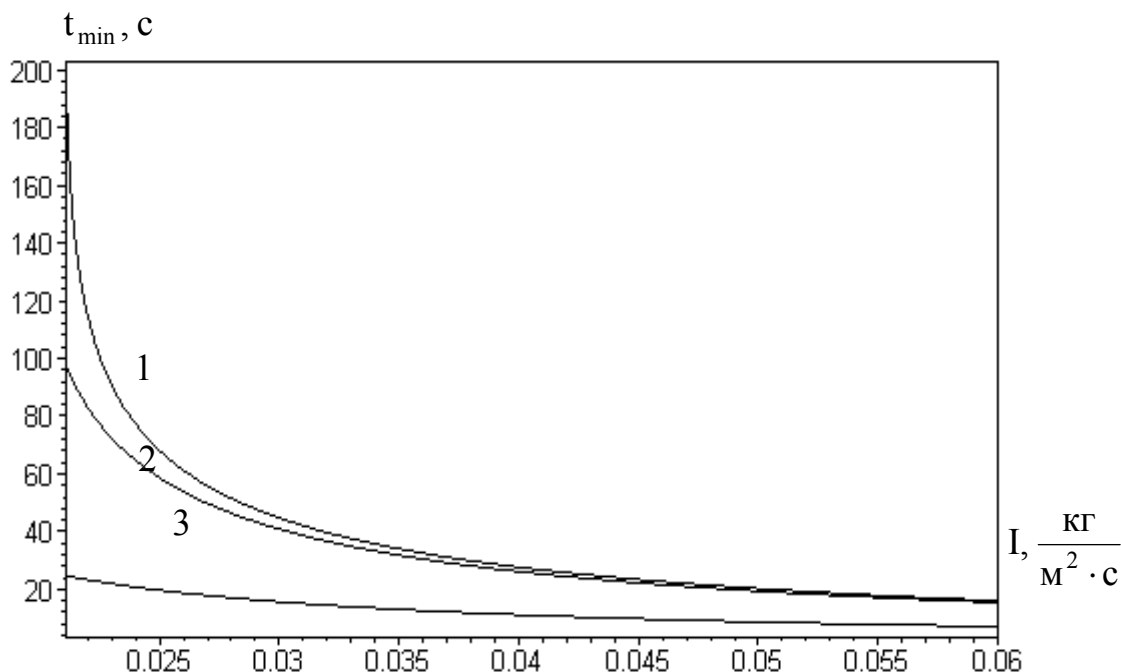


Рис. 1 – Зависимость $t_{\text{pot}} = f(I)$: 1 – дизельное топливо «Л»; 2 – масло трансформаторное; 3 – масло турбинное УТ-30

Эти зависимости получены при $K_1 = 0,5$, а также в предположении, что площадь горения составляет несколько единиц м^2 .

Таблица 1
Параметры горючих жидкостей

№ п/п	Горючая жидкость	Параметры					
		$\psi \times 10^2, \text{кг}(\text{м}^2\text{с})^{-1}$	$c \times 10^{-3}, \text{Дж}(\text{кг} \cdot \text{К})^{-1}$	$a \times 10^7, \text{м}^2\text{с}^{-1}$	$T_{\text{к}}, \text{К}$	$T_{\text{т}}, \text{К}$	$\rho \times 10^{-3}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
1	Дизельное топливо «Л»	5,0	3,0	2,3	493	353	0,75
2	Масло трансформаторное	4,0	2,9	1,6	588	421	0,74
3	Масло турбинное УТ-30	3,0	2,7	1,0	603	476	0,73

Реальные значения времени тушения таких жидкостей находятся выше графических зависимостей, приведенных на рис. 1, что обусловлено инерционностью функциональных элементов системы автоматического пожаротушения.

Выводы. Аналитическим путем получены условия, при которых возможно тушение пожара класса В распыленной водой, а также получено выражение, определяющее потенциально возможные временные характеристики систем автоматического пожаротушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П. Автоматические установки пожаротушения / В.П. Бабуров, В.В. Бабулин, В.И. Фомин. – М.: Пожнаука, 2007. – 294 с.

2. Rasbash D.J. The extinctin of fires by water spray / D.J. Rasbash // Fire research abstracts and reviews. – 1962. – Vol. 4. – N 1,2. – P. 28-53.

3. Кухто А.Н. Зависимость времени тушения от интенсивности подачи воды / А.Н. Кухто, Е. Н Панин // Пожаротушение. – М.: ВНИИПО, 1984. – С. 84-93.

4. Садковой В.П. Упрощенная математическая модель объекта управления системы автоматического пожаротушения / В.П. Садковой, Ю.А. Абрамов // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2007. – Вип. 43. – С. 142-146.

5. Садковой В.П. Выбор модели объекта управления в системе ослабления последствий чрезвычайных ситуаций / В.П. Садковой // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: УЦЗУ, 2007. – Вип. 6. – С. 115-120.

nuczu.edu.ua

Ю.О. Абрамов, С.Н. Бесараб, В.П. Садковий

Умови і часові характеристики гасіння пожеж класу В розпиленою водою

Визначено умови і час гасіння пожежі класу В розпиленою водою, які можуть бути потенційно досягнуті в системах автоматичного пожежогасіння.

Ключові слова: пожежа класу В, розпилена вода, потенційний час гасіння.

Y.A. Abramov, S.N. Besarab, V.P. Sadkovoy

Terms and time characteristics of extinguishing fire class b by water spray

The terms and time of extinguishing fire class B by water spray are built. They potentially could be achieved in automatic fire-extinguishing systems.

Keywords: class B fire, water spray, potential extinguishing time.