

## УДК 614.8

О.М. Семкив, канд. техн. наук, проректор, НУГЗУ

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

(представлено д-ром техн. наук, проф. Абрамовым Ю.А.)

Проведен анализ характеристик и параметров тепловых пожарных извещателей.

**Ключевые слова:** тепловой пожарный извещатель, постоянная времени, время срабатывания, температура срабатывания

**Постановка проблемы.** Эффективное обнаружение пожара непосредственно связано с уровнем развития систем раннего обнаружения опасных факторов пожара. В этой связи одной из проблем является определение возможных направлений развития таких систем.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Наиболее подробно исследованы системы пожарной сигнализации в [1, 2], однако за последние годы отсутствуют исследования, направленные на выявление перспективных направлений развития таких систем. Рядом авторов [3÷5] исследованы возможности одного из элементов таких систем – тепловых пожарных извещателей, однако общий подход, направленный на выявление состояния дел с элементами такого плана отсутствуют.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является анализ характеристик и параметров тепловых пожарных извещателей.

В качестве основных моделей, описывающих процессы в ТПИ, используются обычные дифференциальные уравнения [2] и реже передаточные функции [1].

Если чувствительный элемент ТПИ имеет малую активную площадь поверхности и является однородным, то без учета изменения температуры вдоль внешней нормали к поверхности контакта воздушной среды с чувствительным элементом дифференциальное уравнение такого пожарного извещателя имеет вид [3]:

$$\tau \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = T(t), \quad (1)$$

где  $\theta(t)$ ,  $T(t)$  – температура чувствительного элемента ТПИ и температура окружающей среды соответственно;  $\tau$  – постоянная времени

$$\tau = \frac{mc}{\alpha S}; \quad (2)$$

$m$  – масса чувствительного элемента;  $c$  – удельная теплоемкость;  $\alpha$

– коэффициент теплоотдачи поверхности, площадь которой равна  $S$ .

Передаточная функция, соответствующая дифференциальному уравнению (1), равна

$$W(p) = (\tau p + 1)^{-1}. \quad (3)$$

Следует отметить, что модель вида (1) распространяется на системы с сосредоточенными параметрами и по существу относится к математическим моделям феноменологического типа. В моделях такого типа не учитывается целый ряд обстоятельств и факторов, в частности, не учитываются условия теплообмена чувствительного элемента с окружающей средой.

Более точно описываются тепловые процессы в ТПИ с использованием математических моделей, в основе которых лежит использование нестационарного уравнения теплопроводности [3]. В [4] для различных типов ТПИ получены их математические модели, принадлежащие классу дробно-рациональных передаточных функций. В основе разделения ТПИ по типам лежит использование того или иного физического эффекта или явления. Независимо от физического эффекта или явления, используемого для построения ТПИ, их чувствительные элементы имеют одинаковое математическое описание, по форме совпадающее с (3). Проявление физического эффекта или явления в ТПИ сводится к формализации представления параметра передаточной функции (3) – постоянной времени.

В общем виде постоянная времени чувствительного элемента ТПИ может быть представлена следующим образом

$$\tau = \frac{R^2}{a\mu^2}, \quad (4)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности материала чувствительного элемента;  $R$  – характерный размер чувствительного элемента;  $\mu$  – первый корень трансцендентного уравнения, вид и параметры которого определяются формой чувствительного элемента, а также условиями его теплообмена с окружающей средой. Примерами таких трансцендентных уравнений являются [5, 6, 7, 8]

$$\mu J_1(\mu) - hR J_0(\mu) = 0; \quad (5)$$

$$\frac{N_1(\mu) J_0\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) - J_1(\mu) N_0\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right)}{N_1(\mu) J_1\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) - J_1(\mu) N_1\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{\mu}{hR_1}; \quad (6)$$

$$\left[ J_0(\mu) + \frac{\mu}{h_1 R_1} J_1(\mu) \right] N_0\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) - \frac{\mu}{h_2 R_1} N_1\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) - \left[ J_0\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) - \frac{\mu}{h_2 R_1} J_1\left(\mu \frac{R_2}{R_1}\right) \right] \left[ N_0(\mu) + \frac{\mu}{h_1 R_1} N_1(\mu) \right] = 0; \quad (7)$$

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu}{hR}; \quad (8)$$

$$\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu^2 - h^2 R^2}{2hR\mu}; \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{\mu}{1 - hR}, \quad (10)$$

где  $h$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  – относительные коэффициенты конвективного теплообмена (индексам 1 и 2 соответствуют внутренняя и внешняя поверхности чувствительного элемента);  $J_0$ ,  $J_1$  – функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядков соответственно;  $R_1$ ,  $R_2$  – радиусы внутренней и внешней цилиндрических поверхностей чувствительного элемента ТПИ соответственно.

Анализ свидетельствует о том, что в зависимости от того, какой физический эффект или физическое явление положено в основу построения чувствительного элемента ТПИ, величина их постоянных времени может находиться в диапазоне  $(8,0 \div 100,0)$  с [7]. В [2] можно найти сведения о том, что величина постоянной времени чувствительных элементов ТПИ может принадлежать диапазону  $(1,5 \div 50,0)$  с. В соответствии с ДСТУ EN54 – 5:2003 время срабатывания тепловых пожарных извещателей при их температурных испытаниях нормируется для двух значений постоянной времени –  $\tau = 20$  с и  $\tau = 60$  с.

Следует отметить, что наименьшее значение постоянной времени имеют чувствительные элементы, в основе построения которых лежит использование терморезистивного или термоэлектрического эффектов [7].

К числу основных характеристик ТПИ в соответствии с евро- стандартом EN 54 и ДСТУ EN 54-5:2003 относятся:

- нормальная температура использования ( $\theta_{0н}$ );
- максимальная температура использования ( $\theta_{0м}$ );
- минимальная статическая температура срабатывания ( $\theta_{с\text{ мин}}$ );
- максимальная статическая температура срабатывания ( $\theta_{с\text{ макс}}$ );
- время срабатывания ( $t_c$ ).

На рис. 1 условно показана взаимосвязь между этими характеристиками при условии, что температура окружающей среды изме-

няется по линейному закону, т.е.

$$\theta(t) = \theta_0 + at, \quad (11)$$

где  $\theta_0$ ,  $a$  – параметры.

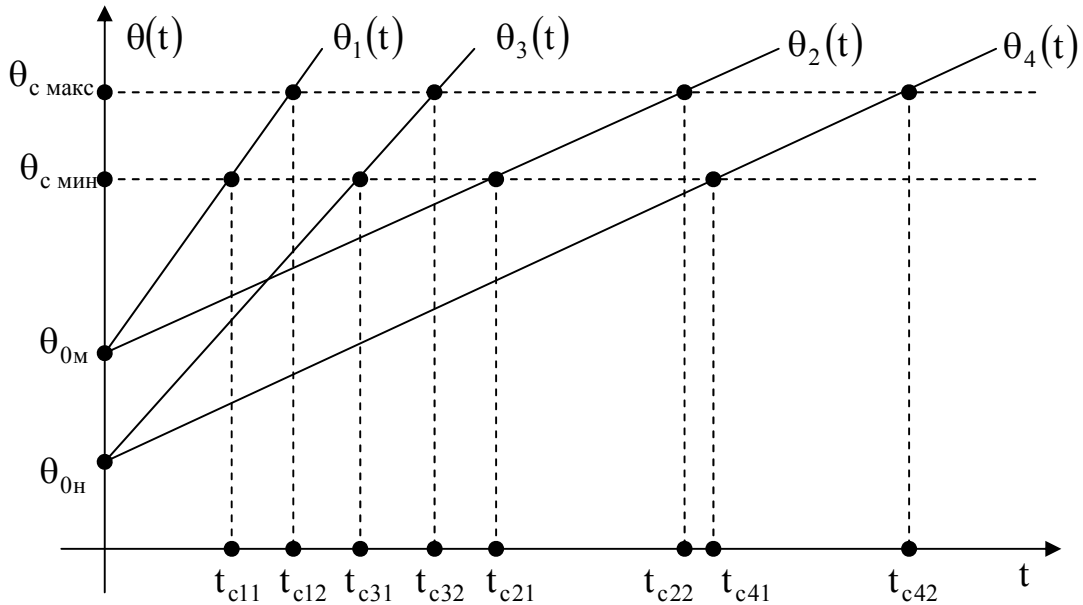


Рис. 1 – О взаимосвязи характеристик ТПИ

Между характеристиками ТПИ имеют место следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \theta_{0н} &= \theta_{с\ мин} - 29; \\ \theta_{0м} &= \theta_{с\ мин} - 4; \\ \theta_i(t_{ci_1}) - \theta_{с\ мин} &= 0; \\ \theta_i(t_{ci_2}) - \theta_{с\ макс} &= 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Из анализа евростандарта EN-54 следует, что время срабатывания  $t_c$  зависит от начальной температуры  $\theta_0$ , в качестве которой может быть  $\theta_{0н}$  или  $\theta_{0м}$ , а также от статической температуры срабатывания  $\theta_{с\ мин}$  или  $\theta_{с\ макс}$ , а также от скорости изменения температуры окружающей среды  $a$ . Для классов ТПИ А1 и А2  $\theta_{0н} = 25^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{0м} = 50^\circ\text{C}$ , а для остальных классов извещателей  $\theta_{0н} = (40 \div 115)^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{0м} = (65 \div 140)^\circ\text{C}$ . Величина скорости изменения температуры окружающей среды  $a$  при температурных испытаниях тепловых пожарных извещателей принадлежит диапазону  $(0,017 \div 0,5)^\circ\text{C}/\text{с}$  и фиксируется на шести уровнях.

**Выводы.** Проведен анализ характеристик и параметров тепловых пожарных извещателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Методы и средства обнаружения пожаров / Ю.А. Абрамов, П.М. Бортничук, А.А. Деревянко, С.П. Карлаш, В.В. Христинич. – Х.:ХИПБ, 1995. – 92 с.
2. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний / Ф.И. Шаровар. – М.: Стройиздат, 1988. – 336 с.
3. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики / Ю.А. Абрамов. – Х.: МОУ, 1993. – 288 с.
4. Куренной Е.В. Определение времени срабатывания точечных тепловых пожарных извещателей максимального типа: Дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02 / Куренной Е.В. – Харьков, 2004. – 189 с.
5. Садковой В.П. Теоретические основы автоматического тушения пожаров класса В распыленной водой / В.П. Садковой, Ю.А. Абрамов. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 267 с.
6. Абрамов Ю.А. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь. – Х.: АГЗУ, 2005. – 121 с.
7. Абрамов Ю.А. Точечные тепловые пожарные извещатели максимального типа / Ю.А. Абрамов, Е.В. Куринный. – Х.: АГЗУ, 2005. – 129 с.
8. Абрамов Ю.А. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, В.В. Коврегин, В.П. Садковой. – Х.: АГЗУ, 2009. – 115 с.

nuczu.edu.ua

О.М. Семків

### **Аналіз характеристик і параметрів теплових пожежних сповіщувачів**

Проведено аналіз характеристик і параметрів теплових пожежних сповіщувачів.

**Ключові слова:** тепловий пожежний сповіщувач, постійна часу, час спрацювання, температура спрацювання.

O.M. Semkiv

### **Analyses of characteristics and parameters of thermal fire detectors**

Analyses of characteristics and parameters of thermal fire detectors is present.

**Keywords:** thermal fire detector, time constant, reaction time, reaction temperature.