

УДК 614. 8

*Е.А. Тищенко, преп. АПБ им. Героев Чернобыля,
В.В. Коврегин, канд. техн. наук, проректор НУГЗУ,
В.П. Садковой, канд. психол. наук, доц., ректор НУГЗУ,
Ю.А. Абрамов, докт. техн. наук, проф., гл. научн. сотр. НУГЗУ*

ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Определены тенденции совершенствования технических характеристик датчиков первичной информации на примере тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом, которые сводятся к уменьшению величины их постоянной времени.

Ключевые слова: датчик первичной информации, постоянная времени, переходная функция, передаточная функция.

Постановка проблемы. Эффективность обнаружения пожара во многом определяется совершенством технических характеристик датчиков первичной информации – пожарных извещателей. Одной из проблем при этом является обоснование потенциально возможных технических характеристик пожарных извещателей для определенного их типа.

Анализ последних исследований и публикаций. В [1] отмечается, что среди всех пожарных извещателей теплового типа наибольшим быстродействием обладают извещатели, построенные с использованием терморезистивного эффекта. В работах [2, 3] определены модели извещателей такого типа, однако авторы не рассматривают тенденции, направленные на совершенствование основной технической характеристики – времени срабатывания извещателей с терморезистивным чувствительным элементом.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение тенденций совершенствования технических характеристик тепловых пожарных извещателей.

Согласно ДСТУ EN54-5:2003 при определении времени срабатывания тепловых пожарных извещателей используется закон изменения температуры, определяемый выражением

$$\theta(t) = \theta_0 + at, \quad (1)$$

где θ_0 , a – параметры.

Кроме того, в соответствии с этим стандартом передаточная функция таких извещателей имеет вид

$$W(p) = (\tau p + 1)^{-1}, \quad (2)$$

где τ – постоянная времени.

Величина постоянной времени средства измерения τ не превышает 2,0 с, абсолютная погрешность по температуре Δ_θ составляет $\pm 2,0^\circ\text{C}$, а абсолютная погрешность по времени Δ_t не превышает 1,0 с.

Для выходного сигнала теплового пожарного извещателя будет иметь место следующее выражение (при $\Delta_\theta = \Delta_t = 0$)

$$\theta_1(t) = L^{-1} \left[\frac{a}{p^2(\tau p + 1)(\tau_c p + 1)} \right] + \theta_0, \quad (3)$$

где L^{-1} – оператор обратного преобразования Лапласа, которое во временной области имеет вид [2]

$$\theta_1(t) = \theta_0 + a \left[\frac{\tau^2}{\tau - \tau_c} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) - \frac{\tau_c^2}{\tau - \tau_c} \exp\left(-\frac{t}{\tau_c}\right) + t - (\tau + \tau_c) \right]. \quad (4)$$

Из этого выражения следует, что асимптотой для него является выражение

$$\theta_1(t) = \theta_0 + a[t - (\tau + \tau_c)]. \quad (5)$$

Время срабатывания в соответствии с алгоритмом по ДСТУ EN54-5:2003 теплового пожарного извещателя будет определяться выражением

$$t_c = a^{-1} [\theta_{\text{ср. макс}} - \theta_0 + \Delta_t] + \tau + \tau_c + \Delta_t, \quad (6)$$

где $\theta_{\text{ср. макс}}$ – максимальное значение температуры срабатывания.

На рис. 1 приведены зависимости $t_c = t_c(a)$, построенные в соответствии с (6) – кривая 1, а также для условий, при которых $\Delta_\theta = \Delta_t = \tau = \tau_c = 0$ – кривая 2. Эти зависимости получены для тепловых пожарных извещателей класса А1, т.е. $\theta_{\text{ср. макс}} = 65^\circ\text{C}$, $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$,

$\tau = 20$ с. Величина параметра a в соответствии с ДСТУ EN54-5:2003 принадлежит диапазону $a \in [(0,017 \div 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}/\text{c}]$.

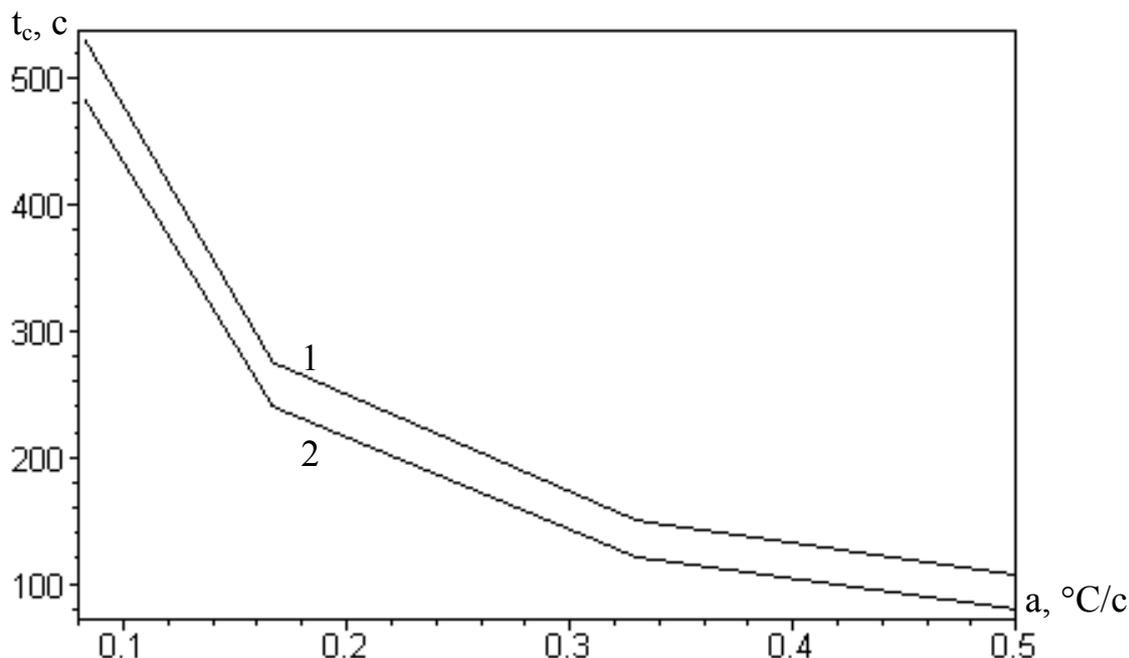


Рис. 1. – Зависимость времени срабатывания извещателей от скорости изменения температуры

Анализ этих зависимостей свидетельствует о том, что вклад постоянной времени извещателя и средств измерений, а также погрешность по температуре и по времени в зависимости от величины скорости изменения температуры может составлять $(6 \div 34)\%$. Наибольший вклад в величину времени срабатывания тепловых пожарных извещателей вносит величина постоянной времени, которая для извещателей класса А1 нормируется на уровне $\tau = 20$ с. Следует отметить, что скорость изменения температуры в жилых помещениях на начальной стадии пожара может изменяться в диапазоне $(0,5 \div 1,1) \text{ } ^\circ\text{C}/\text{c}$ (при площади проемов $(1,0 \div 2,0) \text{ м}^2$), а скорость изменения температуры в зданиях нефтеперерабатывающей и химической промышленности может достигать $1,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{c}$ [4, 5]. Для таких условий пожара вклад величины постоянной времени теплового пожарного извещателя класса А1 в величину его времени срабатывания может достигать порядка 80% (см. выражение (6)). Снижение величины этого динамического параметра на порядок, т.е. до величины 2,0 с, снижает ее вклад в величину времени срабатывания при $a = 1,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{c}$ до уровня 18%.

В [3] было показано, что для тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом величина его постоянной времени определяется из выражения

$$\tau = R^2 (\alpha \mu_n^2)^{-1}, \quad (7)$$

где R – характерный размер чувствительного элемента; α – коэффициент температуропроводности материала чувствительного элемента; μ_n – n -й корень трансцендентного уравнения, вид которого определяется формой чувствительного элемента. В частности, для параллелепипеда это уравнение имеет вид

$$\operatorname{tg} \mu - \operatorname{Bi} (\mu)^{-1} = 0, \quad (8)$$

где Bi – число Био.

Из этого уравнения следует, что для $\operatorname{Bi} < 1,0$ величина первого корня μ_1 не будет превышать 0,9. На рис. 2 приведен график зависимости $\tau R^{-2} = (\alpha \mu_1^2)^{-1}$, построенный для случая, когда чувствительный элемент извещателя выполнен из стали.

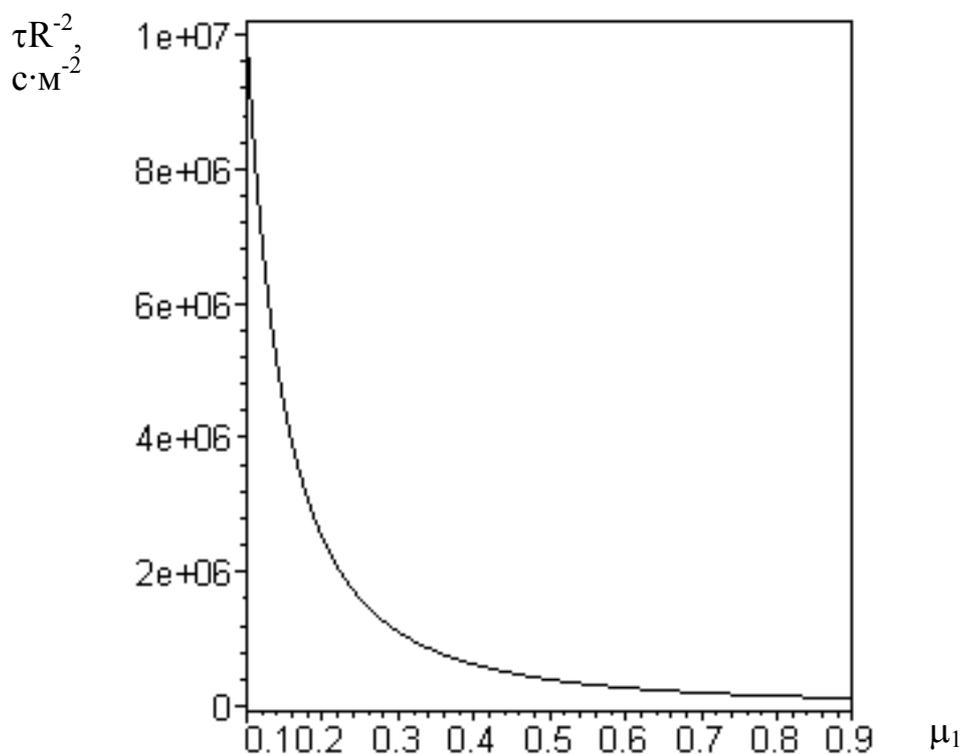


Рис. 2. – Зависимость $\tau R^{-2} = (\alpha \mu_1^2)^{-1}$ для стального терморезистивного элемента

Анализ этой зависимости свидетельствует о том, что реализация тепловых пожарных извещателей такого типа с $\tau \leq 2,0$ с возможна при $R \leq 4,5 \cdot 10^{-3} \mu_1$.

Выводы. Для повышения эффективности обнаружения пожара по температуре целесообразно обеспечить снижение величины постоянной времени теплового пожарного извещателя путем его миниатюризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Точечные тепловые извещатели максимального типа / Ю.А. Абрамов, Е.В. Куринный. – Х.: АГЗУ, 2005. – 129 с.
2. 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.
3. Абрамов Ю.А. Температурные объектовые испытания тепловых пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Ю.А. Абрамов, В.В. Коврегин, В.П. Садковой. – Х.: УГЗУ, 2009. – 115 с.
4. Мосалков И.Л. Огнестойкость строительных конструкций / И.Л. Мосалков, Г.Ф. Плюсина, А.Ю. Фролов. – М.: Спецтехника, 2001. – 496 с.
5. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Пожарная безопасность и наука, 2001. – 382 с.

Є.О. Тищенко, В.В. Коврегін, В.П. Садковий, Ю.О. Абрамов

Тенденції вдосконалення технічних характеристик датчиків первинної інформації.

Визначено тенденції вдосконалення технічних характеристик датчиків первинної інформації на прикладі теплових пожежних сповіщувачів з терморезистивним чутливим елементом, які зводяться до зменшення величині їх постійної часу.

Ключові слова: датчик первинної інформації, постійна часу, перехідна функція, передаточна функція.

E.A. Tischenko, V.V. Kovregin, V.P. Sadkovoy, Y.A. Abramov

Trends improve of performance data primary information.

The tendencies to improve the technical characteristics of sensors of the primary information on the example of thermal fire detector with termorezistivnym sensitive element, which amount to a decrease of their time constant.

Keywords: sensor, the primary information, the time constant, transfer function, transfer function.