2003032600. Заявл. 25.032003; опубл. 15.10.2003, бюл. № 10, 2003.
4. Патент 2264242 Российская федерация. МПК7 A62C, 5/033.Способ тушения пожара и состав для его осуществления Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамом Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В. Заявка №2003237256/12. Заявл. 23.12.2003, Опубл. 20.11.10.2005, Бюл. №32
5. Киреев А.А. Оценка охлаждающего действия растворов солей использующихся на этапах предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций//Проблеми надзвичайних ситуацій.– 2006.– вып.3. – С.161-169.
6. Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Щербина О.Н. Термогравиметрические исследования огнезащитного действия на древесину гелей системы $MgCl_2+Na_2O \cdot 2,7SiO_2$ // Пожежна безпека.– 2006.– №9 – С.42-46.
7. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей // Проблемы пожарной безопасности.–2006.– вып. 20.– С.81-85.
8. Уэндландт У. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978. – 526 с.

**УДК 614.8**

*Коврегин В.В., проректор, УГЗУ,*
*Тищенко Е.А., адъюнкт, УГЗУ,*
*Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ,*
*Костенко О.Л., нач. УМЧСУ в г. Киеве*

# СЛУЧАЙНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Получены модели для случайной составляющей динамической погрешности датчиков первичной информации.

**Постановка проблемы.** Степень совершенства элементов системы мониторинга чрезвычайных ситуаций определяет ее эффективность. В частности, это касается датчиков первичной информации (ДПИ). К числу основных характеристик, определяющих совершенство ДПИ, относятся метрологические характеристики. В этой связи возникает необходимость в создании математических моделей всех составляющих погрешностей ДПИ.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Исследования, направленные на создание математического описания метрологических свойств ДПИ, характеризуются, прежде всего, тем, что они проводятся в класс детерминированных моделей [1-3]. Применительно к ДПИ отсутствуют исследования, направленные на определение их случайных составляющих погрешностей.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является получение математической модели для случайной составляющей погрешности ДПИ.

Пусть на вход ДПИ поступает полезный сигнал $T(t)$ и помеха $\xi(t)$. Тогда динамическая погрешность датчика будет описываться выражением [4]

$$\varepsilon(t) = T(t) - \int_0^\infty T(t-\tau)w(\tau)d\tau - \int_0^\infty \xi(t-\tau)u(\tau)d\tau\,, \qquad (1)$$

где $w(\tau)$, $u(\tau)$ – импульсная переходная характеристика ДПИ по отношению к полезному сигналу и помехе соответственно.

Введем обозначение

$$\upsilon(\tau) = w(\tau) - \delta(\tau) \qquad (2)$$

где $\delta(\tau)$ – функция Дирака [5].

Тогда (1) трансформируется к виду

$$\varepsilon(t) = -\int_0^\infty T(t-\tau)\upsilon(\tau)d\tau - \int_0^\infty \xi(t-\tau)u(\tau)d\tau\,, \qquad (3)$$

Тогда с учетом (3) для корреляционной функции динамической погрешности можно записать

$$
\begin{aligned}
R_{\varepsilon}(\mu) = M[\varepsilon(t)\varepsilon(t+\mu)] = {} & M\left[\int_0^{\infty} T(t+\mu-\eta)\upsilon(\eta)d\eta \int_0^{\infty} T(t-\tau)\upsilon(\tau)d\tau\right] + \\
& + M\left[\int_0^{\infty} \xi(t+\mu-\eta)u(\eta)d\eta \int_0^{\infty} \xi(t-\tau)u(\tau)d\tau\right] + \\
& + M\left[\int_0^{\infty} T(t+\mu-\eta)\upsilon(\eta)d\eta \int_0^{\infty} \xi(t-\tau)u(\tau)d\tau\right] + \\
& + M\left[\int_0^{\infty} \xi(t+\mu-\eta)u(\eta)d\eta \int_0^{\infty} T(t-\tau)\upsilon(\tau)d\tau\right],
\end{aligned} \tag{4}
$$

где $M$ – оператор математического ожидания.

Если через $R_{T\xi}$ и $R_{\xi T}$ обозначить взаимные корреляционные функции полезного сигнала и помехи, а через $R_T$ и $R_{\xi}$ – корреляционные функции соответственно полезного сигнала и помехи, то выражение (4) трансформируется к виду

$$
R_{\varepsilon}(\mu) = \int_0^{\infty} d\tau \int_0^{\infty} \left[\begin{gathered} \upsilon(\tau)R_T(\mu+\tau-\eta)\upsilon(\eta) + u(\tau)R_{\xi}(\mu+\tau-\eta)u(\eta) + \\ + u(\tau)R_{T\xi}(\mu+\tau-\eta)\upsilon(\eta) + \upsilon(\tau)R_{\xi T}(\mu+\tau-\eta)u(\eta) \end{gathered}\right] d\eta\,. \tag{5}
$$

Применяя к этому выражению интегральное преобразование Фурье [6], а также вводя обозначения $W_{\varepsilon}(j\omega) = 1 - W(j\omega)$ – комплексная передаточная функция ошибки ДПИ, обусловленная полезным сигналом $T(t)$, $W(j\omega)$ – комплексная передаточная функция ДПИ; $W_{\xi}(j\omega)$ – комплексная передаточная функция ошибки ДПИ, обусловленная помехой $\xi(t)$, получим выражения для спектральной плотности погрешности

$$
\begin{gathered}
S_{\varepsilon}(\omega) = |W_{\varepsilon}(j\omega)|^2 S_T(\omega) + |W_{\xi}(j\omega)|^2 S_T(\omega) + \\
+ W_{\varepsilon}(-j\omega)S_{T\xi}(\omega)W_{\xi}(j\omega) + W_{\varepsilon}(j\omega)S_{\xi T}(\omega)W_{\xi}(-j\omega).
\end{gathered} \tag{6}
$$

В дальнейшем будем полагать, что точка приложения полезного сигнала и помехи совпадают, а помеха и полезный сигнал не коррелированны. Тогда для среднеквадратического значения случайной составляющей динамической погрешности ДПИ можно записать следующее выражение

$$\sigma_\varepsilon = \left[ (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} S_\xi(\omega) d\omega \right]^{0,5} = \left( (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \begin{bmatrix} \left|1 - W(j\omega)\right|^2 S_T(\omega) + \\ + \left|W(j\omega)\right|^2 S_\xi(\omega) \end{bmatrix} d\omega \right)^{0,5}, \quad (7)$$

где $S_T(\omega)$, $S_\xi(\omega)$ – спектральная плотность полезного сигнала и помехи соответственно.

Рассмотрим пример. Пусть [7]

$$S_T(\omega) = \frac{2\sigma_T^2 \alpha}{\omega^2 + \alpha^2}; \; S_\xi(\omega) = N^2; \; W(p) = \frac{K}{\tau_0 p + 1}, \quad (8)$$

где $\sigma_T^2$ – дисперсия полезного сигнала; $\alpha$ – параметр полезного сигнала; $N^2$ – интенсивность помехи типа белого шума; $K$, $\tau_0$ – параметры ДПИ.

Подстановка (8) в (7) и последующее интегрирование с помощью таблиц интегралов [4] дают следующее выражение

$$\sigma_\varepsilon = \left( \sigma_T^2 \frac{\tau_0 \alpha + (1 - K)^2}{1 + \tau_0 \alpha} + \frac{N^2 K^2}{2\tau_0} \right)^{0,5}, \quad (9)$$

Рассмотрим случай, когда $k = 1$ и $N^2 = n\sigma_T^2$.

На рис. 1 и рис. 2 приведены графические зависимости $\sigma_\varepsilon \sigma_T^{-1}$ соответственно для $n = 0{,}2$ и $n = 5$.

Анализ этих зависимостей свидетельствует о том, что при интенсивностях помехи, не превышающей дисперсию полезного сигнала, изменение параметров $\alpha$ и $\tau_0$ приводит к тому, что величина среднеквадратического значения динамической погрешности ДПИ не превышает среднеквадратического значения полезного сигнала. В том случае, когда интенсивность помехи превышает дисперсию полезного сигнала, такая картина имеет место с увеличением параметра $\tau_0$ – постоянной времени ДПИ.

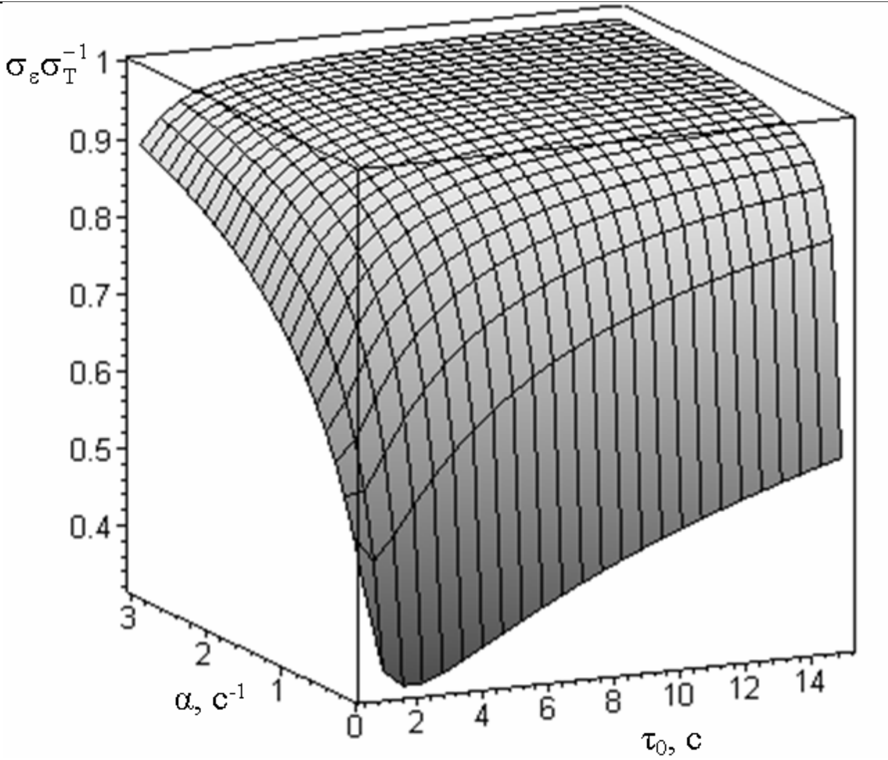


**Рис. 1 – Зависимость относительной погрешности ДПИ от параметров $\tau_0$ и $\alpha$ для *n*=0,2**

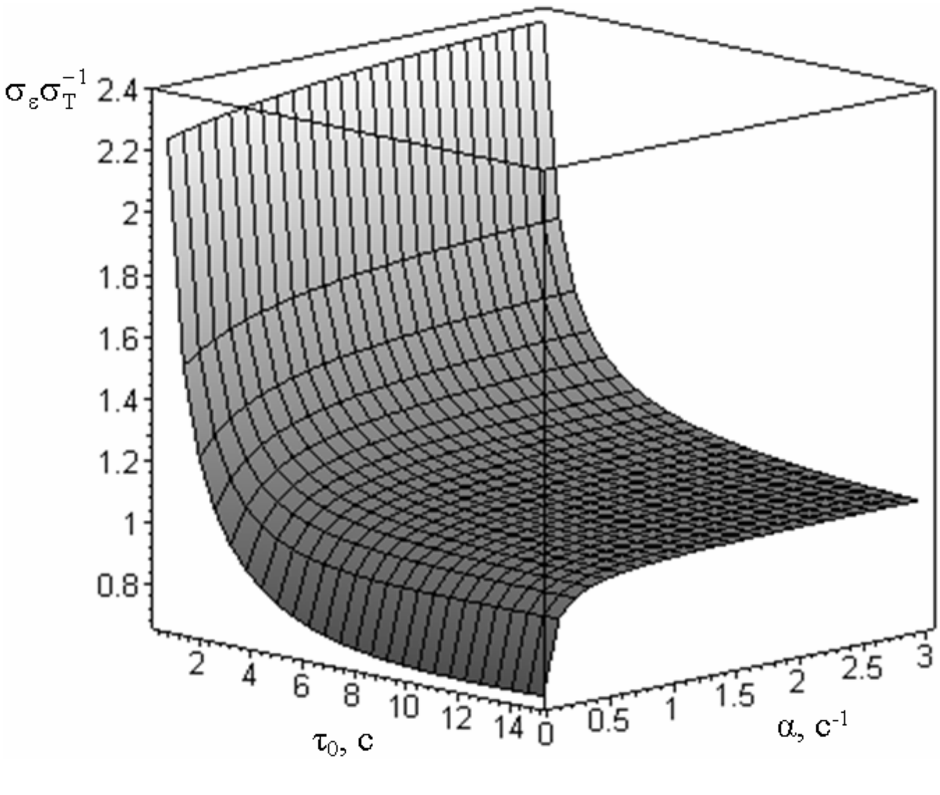


**Рис. 2 – Зависимость относительной погрешности ДПИ от параметров $\tau_0$ и $\alpha$ для *n*=5**

**Выводы.** Получено выражение, описывающее случайную составляющую динамической погрешности ДПИ и показано, что эта составляющая имеет существенное влияние, если интенсивность помехи превышает дисперсию полезного сигнала.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. – М.: Стройиздат, 1983. – 335с.
2. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний. – М.: Стройиздат, 1988. – 336с.
3. Абрамов Ю.А., Куринный Е.В. Точечные тепловые пожарные извещатели максимального типа. – Х.: АГЗУ, 2005. – 129 с.
4. Солодовников В.В. Статистическая динамика линейных систем автоматического управления. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 656 с.
5. Абрамов Ю.А. Основы пожарной автоматики. – Х.: Мин. обр. Украины, 1993. – 288 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1968. – 720 с.
7. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами. – Харьков: АГЗУ, 2006. – 251 с.