

УДК 504.05.662

М.Ю. Яковлев¹, І.Б. Некрасов²

¹Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

²Національний аерокосмічний університет імені М.С. Жуковського "ХАІ", Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І СПОВІЩЕННЯ

В статті розроблено підхід щодо забезпечення своєчасного виявлення початку екологічно небезпечного впливу аварійної ситуації на довкілля шляхом визначення та контролю метрологічної надійності систем спостереження і сповіщення.

Ключові слова: аварійна ситуація, потенційно небезпечні об'єкти, екологічна безпека, метрологічна надійність, системи спостереження і сповіщення.

Вступ

Постановка проблеми. Проблема екологічної безпеки аварій на потенційно небезпечних об'єктах – одна з найважливіших серед фундаментальних проблем, пов'язаних з функціонуванням національної економіки України [1]. Особлива увага у вирішенні цієї проблеми приділяється питанням забезпечення своєчасного виявлення початку екологічно небезпечного впливу аварійної ситуації на довкілля [2].

Аналіз літератури. Останніми роками проведена серйозна робота за окремими питаннями забезпечення своєчасного виявлення початку екологічно небезпечного впливу аварійної ситуації на довкілля, запропоновані достатньо ефективні методи рішення [1 – 4]. Проте попередні дослідження не мали системного характеру, а вирішували часткові завдання. Як показує аналіз робіт присвячених методам запобігання надзвичайних ситуацій на потенційно небезпечних об'єктах, далеко не всі вони знаходять широке застосування на практиці, запропоновані методики не завжди є оптимальними, оскільки не враховують метрологічної надійності (МН) систем спостереження і сповіщення (ССС).

Мета статті. Розробити підхід щодо забезпечення своєчасного виявлення початку екологічно небезпечного впливу аварійної ситуації на довкілля шляхом оцінювання МН СССР.

Основний матеріал

Системи спостереження та сповіщення належать до класу інформаційно-вимірювальних систем, від них, і зокрема, від їх стабільності та метрологічної надійності значною мірою залежать оперативність, необхідні точність і вірогідність отриманої з їх допомогою інформації про технічний стан потенційно небезпечних об'єктів. Тому однією з найважливіших задач щодо профілактики аварій, які впли-

вають на екологічну ситуацію, є визначення та подальший контроль МН СССР потенційно небезпечних об'єктів.

Більш докладніше розглянемо сутність запропонованого підходу. Оцінювання та контроль МН СССР здійснюється з використанням таких показників МН: параметру потоку метрологічних відмов і середнього наробітку на метрологічну відмову.

Параметр потоку метрологічних відмов СССР $\omega(t)$ – відношення математичного очікування кількості метрологічних відмов СССР, що проходять перевірку, за досить малий наробіток τ після закінчення наробітку (календарного часу експлуатації) t до значення цього наробітку [5]. Відповідно до цього визначення:

$$\omega(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{n(t, t + \tau)}{\tau} = \frac{\partial n(t)}{\partial t}, \quad (1)$$

де $n(t)$ – математичне очікування кількості відмов за час t .

За формулою математичного очікування запишемо:

$$n(t) = \sum_{i=1}^{\infty} iP_i(t), \quad (2)$$

де $P_i(t)$ – імовірність того, що за t відбудеться рівно i відмов. Вона визначається за формулою:

$$P_i(t) = Q_i(t) - Q_{i+1}(t), \quad (3)$$

де $Q_i(t)$ – імовірність виникнення i -тої відмови до моменту t .

Тоді можна записати:

$$\begin{aligned} n(t) &= \sum_{i=1}^{\infty} i[Q_i(t) - Q_{i+1}(t)] = \\ &= \sum_{i=1}^{\infty} iQ_i(t) - \sum_{i=2}^{\infty} (i-1)Q_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} Q_i(t), \end{aligned} \quad (4)$$

і відповідно:

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^{\infty} f_i(t), \quad (5)$$

де $f_i(t) = \frac{\partial Q_i(t)}{\partial t}$ – густина імовірності i -тої метрологічної відмови ССС.

Застосування показника МН $\omega(t)$ доцільно, якщо метрологічна справність ССС безперервно контролюється. Такий контроль може мати місце при експлуатації ССС, призначених для виконання особливо відповідальних вимірювань (наприклад, при контролі параметрів екологічного становища на потенційно небезпечних об'єктах). Щоб виключити можливість одержання невірогідної інформації, до складу ССС включають систему автоматичного контролю метрологічних характеристик (МХ) по вбудованій мірі, активну (з автоматичним калібруванням ССС) або пасивну (без калібрування ССС). Пасивна система контролю менш зручна, але може виявитися більше надійною. У цьому випадку метрологічна відмова ССС стає явною і усувається персоналом відразу після виникнення. Розглянута ситуація являє типовий приклад ССС, для характеристики МН яких зручно використовувати показник $\omega(t)$ [5].

Знайдемо залежність параметра потоку метрологічних відмов $\omega(t)$ для ССС з монотонним дрейфом МХ і лінійною інтенсивністю дрейфу. При монотонному дрейфі МХ і -та відмова ССС настає при досягненні значенням $\xi(t)$ МХ границь $-\Delta$ і Δ .

З огляду на це положення, одержимо формулу аналогічну наведеній в [6]:

$$f_i(t) = \mu(t, i\Delta)\varphi_t(i\Delta) - \mu(t, -i\Delta)\varphi_t(-i\Delta), \quad (6)$$

де $\mu(t, \xi)$ – функція визначається виразом:

$$\begin{aligned} \mu(t, \xi) &= m'(t) + r_1(t)[\xi - m(t)] = \\ &= \mu(t, 0) + r_1(t)\xi. \end{aligned} \quad (7)$$

Але функція $f_i(t)$ із виразу (6) відрізняється від виразу наведеного у [6] виглядом функції $\mu(t, \xi)$.

Тому співвідношення (6) можна записати так:

$$\begin{aligned} f_i(t) &= \mu(t, 0)[\varphi_t(i\Delta) - \varphi_t(-i\Delta)] = \\ &= r_1(t)[\varphi_t(i\Delta) + \varphi_t(-i\Delta)]i\Delta. \end{aligned} \quad (8)$$

Отже, параметр потоку метрологічних відмов ССС, дорівнює:

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \mu(t, 0) \sum_{i=1}^{\infty} [\varphi_t(i\Delta) - \varphi_t(-i\Delta)] + \\ &+ r_1(t) \sum_{i=1}^{\infty} [\varphi_t(i\Delta) + \varphi_t(-i\Delta)]i\Delta. \end{aligned} \quad (9)$$

Параметр потоку метрологічних відмов ССС

$\omega(t)$ характеризує МН ССС за будь-який період часу $[0, T]$, протягом якого з високою ймовірністю відбулася значна кількість метрологічних відмов. Тому для наближеного оцінювання показника $\omega(t)$ можна застосувати формулу чисельного інтегрування методом трапеції:

$$\int_0^{\infty} y(x)dx \cong 0,5y(0)\Delta x + \Delta x \sum_{i=1}^{\infty} y(i\Delta x). \quad (10)$$

Тоді запишемо наступні вирази:

$$\Delta \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_t(i\Delta) \cong 1 - \Phi[G(t, 0)] - 0,5\varphi_t(0)\Delta; \quad (11)$$

$$\Delta \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_t(-i\Delta) \cong \Phi[G(t, 0)] - 0,5\varphi_t(0)\Delta; \quad (12)$$

$$\Delta \sum_{i=1}^{\infty} i\Delta \varphi_t(i\Delta) = \sum_{i=1}^{\infty} i\Delta \frac{\varphi_t(i\Delta)}{1 - \Phi[G(t, 0)]} \times \quad (13)$$

$$\times [1 - \Phi(G(t, 0))] \cong m^+(t)[1 - \Phi(G(t, 0))];$$

$$\Delta \sum_{i=1}^{\infty} (-i\Delta)\varphi_t(-i\Delta) = \sum_{i=1}^{\infty} (-i\Delta) \frac{\varphi_t(-i\Delta)}{1 - \Phi[G(t, 0)]} \times \quad (14)$$

$$\times [1 - \Phi(G(t, 0))] \cong m^-(t)[1 - \Phi(G(t, 0))],$$

де $m^+(t)$, $m^-(t)$ – умовні математичні очікування приросту МХ за t в позитивному та негативному напрямках відповідно. З урахуванням цих рівнянь запишемо формулу:

$$\begin{aligned} \omega(t) &\cong \frac{\mu(t, m^+(t))}{\Delta} [1 - \Phi(G(t, 0))] - \\ &- \frac{\mu(t, m^-(t))}{\Delta} - \Phi(G(t, 0)), \end{aligned} \quad (15)$$

де $\mu(t, m^{+(-)}(t))$ – умовне математичне очікування швидкості зміни середньої нестабільності МХ у позитивному напрямку, що характеризується співвідношенням:

$$\mu(t, m^{+(-)}(t)) = m'(t) + r_1(t)[m^{+(-)}(t) - m(t)], \quad (16)$$

$[1 - \Phi(G(t, 0))]$ – імовірність виконання умови (16). Тому параметр потоку метрологічних відмов дорівнює частці від ділення суми інтенсивностей дрейфу середніх нестабільностей МХ ССС у позитивному та негативному напрямках, узятих без врахування знака, на межу допустимої нестабільності Δ .

Розглянемо типові окремі випадки.

1. Монотонний дрейф ССС [5].

Нехай, наприклад, значення МХ у процесі експлуатації монотонно зростають. Тоді $\mu(t, m^-(t)) = 0$, $m^+(t) = m(t)$, $\mu(t, m^+(t)) = m'(t)$, $\Phi[G(t, 0)] = 0$ і відповідно запишемо:

$$\omega(t) \cong \frac{m_v(t)}{\Delta}, \quad (17)$$

де $m_v(t) = m'(t)$ – середня швидкість дрейфу МХ ССС.

При прагненні t до нескінченності маємо [6]:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \frac{1}{\Delta} \lim_{t \rightarrow \infty} m_v(t). \quad (18)$$

Цей результат можна зіставити з відомим положенням теорії надійності. Як відомо із цієї теорії, при прагненні t до нескінченності параметр потоку відмов завжди прагне до постійної величини, що є однією з підстав застосовності експоненціального закону. Наочно, монотонний дрейф середнього значення з постійною швидкістю ($m'(t) = \text{const}$) є єдиним випадком, коли для асимптотичного оцінювання МН великих груп ССС можна використовувати експоненціальний закон.

2. Дрейф середнього значення відсутній: $m'(t) = 0$, $m(t) = 0$, $G(t, 0) = 0$, $m^-(t) = -m^+(t)$ і відповідно вираз для потоку метрологічних відмов ССС:

$$\omega(t) \cong \frac{\eta_1(t)}{\Delta} \frac{m^+(t) - m^-(t)}{2} = 0,5 \frac{\eta_1 m^+(t)}{\Delta}. \quad (19)$$

Порівнюючи формули (17) і (19) з виразом запропонованим в [7] для логістичної моделі зростання похибки ССС легко бачити, що запропонована логістична модель зростання похибки ССС може розглядатися як окремих випадок формул (17) і (19) при відповідному виборі функцій $m(t)$ або $\eta_1 m^+(t)$.

З параметром потоку метрологічних відмов ССС взаємозалежна інша характеристика – середній наробіток на метрологічну відмову $T(t)$. Вона також характеризує середню кількість відмов в інтервалі $[0, t]$ та описується виразом:

$$T(t) = \frac{t}{\int_0^t \omega(\tau) d\tau}. \quad (20)$$

Отже, детальний аналіз формули (20) показав, що середній наробіток на метрологічну відмову

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПУТЁМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЕ И ОПОВЕЩЕНИЯ

М.Ю. Яковлев, И.Б. Некрасов

В статье разработан подход к обеспечению своевременного обнаружения начала экологически опасного влияния аварийной ситуации на окружающую среду путем определения и контроля метрологической надежности систем наблюдения и оповещения.

Ключевые слова: аварийная ситуация, потенциально опасные объекты, экологическая опасность, метрологическая надежность, системы наблюдения и оповещения.

INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS BY DETERMINATION AND CONTROL OF METROLOGY RELIABILITY OF SYSTEMS SUPERVISION AND NOTIFICATION

M.Ju. Jakovlev, I.B. Nekrasov

In the article approach is developed in relation to providing of timely exposure of beginning ecologically harmful effect of emergency situation on an environment by determination and control of metrology reliability of the systems of supervision and notification.

Keywords: emergency situation, potentially dangerous objects, ecological danger, metrology reliability, systems of supervision and notification.

ССС $T(t)$ має сенс тільки для конкретних значень t . Установлено, що найбільше раціонально в якості t приймати термін служби ССС [5].

ВИСНОВКИ

В статті розроблено підхід щодо забезпечення своєчасного виявлення початку екологічно небезпечного впливу аварійної ситуації на довкілля шляхом визначення та контролю метрологічної надійності систем спостереження і сповіщення, з урахуванням специфіки їх експлуатації.

Список літератури

1. Биченок М.М. Проблемы информатизации в сфере экологической безопасности / М.М. Биченок // *Стохастические задачи теории оптимизации и надежности*. – 1994. – № 4. – С. 29-34.
2. Адаменко М.І. Екологічна безпека розвитку тупового сценарію аварії на сучасному промисловому підприємстві / М.І. Адаменко // *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: I наук.-техн. конф., 15-16 бер. 2010 р.* – Х., 2010. – С. 19-20.
3. I. Brust Urban Ecology / I. Brust, H. Feldmann, O. Uhlmann. – Spring-Verlag Ed. Berlin: Heidelberg, 1998. – 714 p.
4. Моисеев Н.Н. Судьба цивилизации. Путь разума / Н.Н. Моисеев. – М.: Изд. МНЭПУ, 1998. – 226 с.
5. Яковлев М.Ю. Комплекс показателей метрологической надёжности средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем / М.Ю. Яковлев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2007. – Вып. 5/41. – С. 73-78.
6. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений / А.Э. Фридман // *Измерительная техника*. – 1991. – № 11 – С. 3-10.
7. Морозов О.О. Научные проблемы и задачи метрологического обеспечения войск (сил) / О.О. Морозов // *Удосконалення системи і засобів метрологічного забезпечення ОВТ: II наук.-техн. конф., 12 – 13 жовт. 1999 р.* – Х., 1999. – С. 3.

Надійшла до редколегії 22.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, доцент В.М. Ванько. Національний університет “Львівська політехніка”, Львів.