

Колченко В. О.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

(Див. нижче)

УДК 621.391:338.45; 621.391-658

Колченко В. О.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

**Колченко В. О.** Деякі аспекти відновлення функціонування телекомунікаційних мереж в надзвичайних ситуаціях. В статті викладено аспекти відновлення функціонування телекомунікаційних мереж в умовах надзвичайних ситуацій, приведено математичне рішення задач, пов'язаних з відновленням функціонування телекомунікаційних мереж в цих умовах.

**Ключові слова:** ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ, ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ

**Колченко В. А.** Некоторые аспекты восстановления функционирования телекоммуникационных сетей в чрезвычайных ситуациях. В статье изложены аспекты восстановления функционирования телекоммуникационных сетей в условиях чрезвычайных ситуаций, приведены математическое решение задач, связанных с восстановлением функционирования телекоммуникационных сетей в этих условиях.

**Ключевые слова:** ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

**V. Kolchenko V. O.** Some aspects of restoring operation of telecommunication networks in emergency situations. This paper considers some aspects of restoring operation of telecommunication networks in emergency situations; math problem solving is given as to the restoring telecommunication network operation in such conditions.

**Key words:** TELECOMMUNICATION NETWORK, EMERGENCY SITUATION, RESTORING OPERATION

Концепція, методи і засоби забезпечення безперервності бізнесу і відновлення процесів після надзвичайних подій (Business Continuity Planning – BCP і Business Disaster Recovery – BDR) широко відомі та апробовані у світі під час виникнення офіційно оголошених лих і критичних ситуацій різного характеру. Вони є невід'ємною частиною процесів діяльності

багатьох крупних компаній, що дозволяє їм забезпечити практично безперервне функціонування у разі критичних ситуацій і відновлювати свою діяльність з мінімальними, наперед прорахованими збитками у разі широкомасштабних лих. Національний інститут стандартизації і технології США (NIST – National Institute of Standards and Technology) розробив останнім часом декілька документів з забезпечення діяльності підприємств телекомунікацій в будь-яких умовах. Один з документів (Contingency Planning Guide for Information Technology Systems) містить рекомендації, визначає процеси планування неперервності різних інформаційних і телекомунікаційних підприємств та організацій (підходи, що визначені цим документом можна перенести також на комерційні і приватні організації). Інший інститут The Business Continuity Institute – BCI (інститут неперервності бізнесу), який є міжнародною некомерційною організацією професіоналів в галузі забезпечення неперервності бізнесу, також займається питаннями розроблення, просування і впровадження професійних стандартів і комерційної етики в сфері підтримки планування неперервності бізнесу і функціонування у критичних ситуаціях. BCI розробив низку стандартів, які визначають практичні напрямки функціонування в критичних умовах, до яких відноситься оцінювання ризиків і контроль, аналіз впливу ситуацій на діяльність, розробка стратегії неперервності, реакція на критичні ситуації тощо.

Не дивлячись на те, що останніми роками з'явилася значна кількість стандартів і рекомендацій, в яких викладено підходи до відновлення функціонування телекомунікаційних мереж в умовах надзвичайних ситуацій, важливим є і математичне рішення задач, пов'язаних з відновленням функціонування телекомунікаційних мереж, заміною певних елементів в них, що дозволить визначити ймовірність настання критичних подій і виходу з ладу телекомунікаційного обладнання, а також забезпечити тривалість їх безвідмовної роботи. Теорія відновлення процесів функціонування телекомунікаційної мережі в критичних ситуаціях розглядається як система, що містить деякі об'єкти (елементи) і характеризується певними параметрами.

Теорія процесів відновлення вивчалась іноземними авторами в середині ХХ сторіччя та одержала численні застосування для деяких напрямів досліджень – теорії надійності, теорії масового обслуговування, а також для вирішення інших теоретичних і прикладних проблем.

Під терміном процес відновлення розуміється послідовність взаємно незалежних ненегативних випадкових величин. Отже, будь-яку систему можна представити сукупністю елементів, кожний з яких характеризується випадковою ненегативною величиною  $X$ , званою тривалістю його безвідмовної роботи [1]. Випадкова величина  $X$  має безперервний розподіл, який визначається щільністю розподілу. Припустимо, що випадкова величина  $X$  має щільність розподілу  $f(x)$  і функцію розподілу  $F(X)$ , яка визначається як ймовірність того, що елемент відмовив до моменту  $x$ . Для будь-якого моменту часу  $t$  розглянемо функцію  $h(t)$ , яка є щільністю відновлення та указує на середню кількість відновлень, очікуваних в малому інтервалі часу  $t$ . При виведенні формул розглядатимемо  $X$  як величину, що має розмірність [час],  $f(x)$  і  $s$  як величини, що мають розмірність [час]<sup>-1</sup>.

Припустимо, що є два типи елементів телекомунікаційної мережі, які характеризуються тривалістю безвідмовної роботи  $\{X_{I1}, X_{I2}\}$  і  $\{X_{II1}, X_{II2}\}$ .

Розглянемо стаціонарні альтернативні процеси відновлення телекомунікаційної мережі. Альтернативним процесом відновлення називатимемо процес, що починається з нового елементу 1 типу, в якому кожен елемент, що відмовив, замінюється елементом протилежного типу.

Існує три можливості:

а) можна прийняти за початок відліку часу точку, досить віддалену від початку функціонування процесу, умовившись, що спочатку використовується елемент  $I$  типу. Тоді ми фактично приймаємо, що перша тривалість безвідмовної роботи має щільність розподілу

$f_1(x)$ ; друга, будучи тривалістю безвідмовної роботи елементу II типу, має щільність розподілу  $f_2(x)$  тощо;

б) можливо задано, що в початковий момент часу використовується елемент II типу. При цьому поступаємо, як і у варіанті а), помінявши ролями елементи I і II типу;

в) можна розглянути стаціонарний процес, в якому тип використовуваного у момент початку відліку часу елементу не заданий. Це рівнозначно тому, що випадки а) і б) зважуються з імовірністю  $\mu_1/(\mu_1 + \mu_2)$  і  $\mu_2/(\mu_1 + \mu_2)$ .

Припустимо, що нам потрібно знайти стаціонарну імовірність використання елементу I типу через час  $t$  після початку відліку часу. Якщо у момент початку відліку використовувався елемент I типу, позначимо її через  $\pi_{11}^{(c)}(t)$ . Тоді одержуємо [2]:

$$\pi_{11}^{(c)}(t) = \int_t^{\infty} \frac{F_1(u)}{\mu_1} du + \int_0^t h_{12}^{(c)}(u) F_1(t-u) du, \quad (1)$$

де  $h_{12}^{(c)}(u)$  є щільністю відновлення для відмов елементів II типу за умови, що стаціонарний процес починається з елементу I типу.

Тому

$$\pi_{11}^{(c)*}(s) = \frac{\{\mu_1 s - 1 + f_1^*(s)\}}{\mu_1 s^2} + h_{12}^{(c)*}(s) \frac{\{1 - f_1^*(s)\}}{s}. \quad (2)$$

Тепер можна знайти, що [1]:

$$h_{12}^{(c)*}(s) = \frac{f_2^*(s)\{1 - f_1^*(s)\}}{\mu_1 s\{1 - f_1^*(s)f_2^*(s)\}}. \quad (3)$$

Отже

$$\pi_{11}^{(c)*}(s) = \frac{1}{s} - \frac{\{1 - f_1^*(s)\}\{1 - f_2^*(s)\}}{\mu_1 s^2\{1 - f_1^*(s)f_2^*(s)\}}. \quad (4)$$

При  $s > 0$  отримаємо:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \pi_{11}^{(c)}(t) = \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2}. \quad (5)$$

Тому зручно записати:

$$\pi_{11}^{(c)}(t) = \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} + \frac{\omega(t)}{\mu_1}, \quad (6)$$

де згідно (4)

$$\omega^*(s) = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\mu_1 + \mu_2)s} - \frac{\{1 - f_1^*(s)\}\{1 - f_2^*(s)\}}{s^2\{1 - f_1^*(s)f_2^*(s)\}}. \quad (7)$$

Взагалі, якщо  $\pi_{ij}^{(c)}(t)$  є стаціонарною імовірністю використання елемента типу  $j$  через час  $t$  після моменту початку відліку часу за умови, що у момент початку відліку використовувався елемент типу  $i$ , то

$$\begin{aligned} \pi_{11}^{(c)}(t) &= \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} + \frac{\omega(t)}{\mu_1}, & \pi_{12}^{(c)}(t) &= \frac{\mu_2}{\mu_1 + \mu_2} - \frac{\omega(t)}{\mu_1} \\ \pi_{21}^{(c)}(t) &= \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} - \frac{\omega(t)}{\mu_2}, & \pi_{22}^{(c)}(t) &= \frac{\mu_2}{\mu_1 + \mu_2} + \frac{\omega(t)}{\mu_2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Величину  $\omega(t)$  знайдемо за допомогою звичайного перетворення. Зокрема, якщо розподіл тривалості безвідмовної роботи є спеціальним розподілом Ерланга з одним і тим же значенням параметра порядку  $a_1$  і  $a_2$ , тоді щільність розподілу імовірності:

$$\omega^*(s) = \frac{a_1 a_2}{\rho(a_1 + a_2)s} - \frac{\{(\rho + s)^{a_1} - \rho^{a_1}\}\{(\rho + s)^{a_2} - \rho^{a_2}\}}{s^2\{(\rho + s)^{a_1 + a_2} - \rho^{a_1 + a_2}\}} \quad (9)$$

Припустимо, що існує якість обладнання телекомунікаційної мережі, яке схильне до пошкоджень (до зупинок через вихід з ладу). Час, який необхідний для відновлення і запуску обладнання, що зупинилося (що вийшло з ладу), назвемо тривалістю ремонту. При цьому виникає альтернативна послідовність робочих періодів (коли обладнання в робочому стані) і періодів ремонту. Якщо можна припустити, що вони є двома послідовностями незалежних випадкових величин, кожна з яких характеризується своєю щільністю розподілу, то ми за допомогою вищенаведеного методу можемо описати процес відновлення телекомунікаційної мережі як альтернативний процес відновлення.

З погляду перспективи подальшого розвитку суспільства в умовах техногенної сфери, що швидко змінюється, і зростаючої небезпеки виникнення глобальних катастроф повинен діяти принцип "випереджаючого віддзеркалення". Згідно цього принципу, для того, щоб рухатися вперед, слід передбачати майбутні погрози, ризики і небезпеки, розвивати методи їх прогнозу і попередження.

### Література

1. Кокс Д. Р. Теория восстановления / Д. Р. Кокс, В. Л. Смит. – М.: Советское радио, 1967 г.
2. Архипова Н. А. Управление в чрезвычайных ситуациях / Н. А. Архипова, В. В. Кульба. – М.: Российский государственный гуманитарный университет, 1994.
3. Гриняев С. Если пришла беда... Как восстановить функционирование информационной системы в чрезвычайных ситуациях? / С. Гриняев // Мир связи и информации Connect. – 2003. – № 6. – С. 120-123.
4. Control Objectives for Information and related Technology {Управління завданнями для інформаційних і суміжних технологій} / Стандарт ISACF. CobiT.