

Tyutyunik V.V., Kalugin V.D., Levterov A.A., Shevchenko R.I.

Evaluation of technological hazards in Ukraine according to the analysis of life energy performance of regions

Approach and the methodology of assessing the level of technological danger in Ukraine by the amount of operation of potentially hazardous objects (PHO), the number of encountered exceptional situations (ES) anthropogenic and data analysis of the energy performance of life of the regions - energy technogenic aqueous origin (the amount of electric energy and energies of all types of fuels consumed in the life of natural-industrial-social system (NIS system)) are presented

Key words: technical hazard, emergency, emergencies evaluation criteria, energetic approach, life safety

УДК 614.84

*Фещенко А.Б., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Закора О.В., канд. техн. наук, ст. викл., НУЦЗУ,
Селеєнко Є.Є., ст. викл., НУЦЗУ*

**ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ДИСПЕТЧЕРА ПРИ ВИКОНАННІ
ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ У СКЛАДІ ЧЕРГОВОЇ ЗМІНИ
ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ**

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Запропоновано аналітичну модель оцінки надійності диспетчера чергової зміни оперативно-диспетчерської служби при виконанні оперативних завдань по оцінюванню обстановки в осередку надзвичайної ситуації, шляхом проведення розрахунків доведено практичну значимість та адекватність моделі

Ключові слова: диспетчер, оперативна обстановка, оцінка надійності диспетчера при виконанні оперативних завдань

Постановка проблеми. Оперативно-диспетчерська служба (ОДС) ДСНС являє собою складну інформаційну систему, що включає обов'язкові технічну, програмну та особистісну (диспетчери ОДС) компоненти. Ефективність роботи ОДС залежить від надійності (роботоспроможності) всіх трьох компонент. Але безпомилковість виконання функціональних обов'язків диспетчерами ОДС являється необхідною і

обов'язковою умовою забезпечення ефективної діяльності ОДС. Тому дослідження надійності функціонування людини-диспетчера ОДС є актуальною задачею, що потребує вивчення та розв'язання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням надійності інформаційних систем прийняття рішень присвячено достатню кількість наукових публікацій, [1-5], але властивості надійності, роботоспроможності диспетчерів в умовах виконання оперативних завдань по оцінюванню обстановки в осередку надзвичайної ситуації вивчені в недостатньому обсязі, що зумовлено еволюційним розвитком новітніх інформаційних технологій. Крім того недостатнє вивчення властивостей людини-диспетчера в екстремальних ситуаціях зумовлено багатфакторністю та складністю процесів її діяльності, що потребує побудови більш адекватних аналітичних моделей.

Постановка завдання та його вирішення. Диспетчер перед заступленням у чергову зміну, обов'язково проходить початковий етап адаптації до виконання функціональних обов'язків, який зводиться до навчання визначеній діяльності, адекватній поведінці, або до відпочинку для відновлення розумової та фізичної роботи спроможності, тренуванню і т. ін. Тому і подання безпомилковості діяльності диспетчера за допомогою аналітичних моделей може бути вельми різноманітним.

Побудова аналітичної моделі оцінки безпомилковості діяльності диспетчера розглядається для ситуації коли відновлення ресурсу роботоспроможності передує його витраті. Обґрунтовано, з точки зору практичних застосувань, приймемо припущення, що процес навчання (адаптації) диспетчера знижує можливість виникнення помилок в майбутньому. В якості кількісної міри такої події приймемо ймовірність попередження відмови диспетчера в процесі його функціональної діяльності за час t . Нехай диспетчер проходив навчання на протязі відрізка часу τ , за сукупності умов навчання ζ . З фізичних міркувань слідує що значення даної ймовірності має бути тим меншим, чим більший проміжок часу τ і чим жорсткіші вимоги комплексу умов навчання ζ .

В загальному випадку враховуємо, що організм диспетчера і в процесі навчання теж може втрачати свою роботоспроможність. Тому умовна ймовірність успішної діяльності ди-

спетчера за час t , за умови що він на протязі проміжку часу τ навчався в умовах ζ складе

$$P_y(t, \varepsilon) = \frac{P(t + x(\tau), \varepsilon)}{P(x(\tau), \varepsilon)}, \quad (1)$$

де $P_y(t, \varepsilon)$ - безумовна ймовірність успішної діяльності диспетчера в умовах ε ; $x(\tau), \varepsilon$ - роботоспроможність диспетчера на інтервалі часу τ в умовах ε , яка еквівалентна витраті ресурсу роботоспроможності диспетчера за час τ в умовах ζ . Якщо $x(\tau) = 0$, то при $t = 0$ диспетчер повністю роботоспроможний після закінчення процесу навчання.

З виразу (1) інтенсивність відмови

$$\lambda_o(t, \varepsilon) = \lambda(t + x(\tau), \varepsilon), \quad (2)$$

де $\lambda(t, \varepsilon)$ - інтенсивність відмови при відсутності навчання диспетчера.

Виходячи з припущень, інтенсивність відмови диспетчера, за умови його навчання, буде мати вид

$$\Lambda(t, \varepsilon) \approx P(\tau, \zeta) \lambda(t + x(\tau), \varepsilon). \quad (3)$$

Таким чином інтенсивності відмови (3) пропорційна зменшенню безумовної інтенсивності відмови диспетчера $P(\tau, \zeta)$.

Якщо (3) розглядати як провідну функцію потоку відмов на вісі часу $P_k(\tau, \zeta)$, то відповідний випадковий процес відновлення можна віднести до класу нестационарних процесів квазіпуасонівського типу.

В подальшому розгляді підлягає випадок, коли диспетчер після процесу навчання є повністю відновленим при $\lambda(t, \varepsilon) = \lambda(\varepsilon) = \text{const}$.

Визначимо $P_k(\tau, \zeta)$ як керуючу функцію інтенсивності відмови диспетчера. Використавши ансамблеву модель випробувань припустимо що на випробування відібрано N_0 однотипних, за складом функціональних дій, диспетчерів, помилки в роботі яких можуть бути усунені. За час τ можуть бути усунені похибки в діях у $n(\tau)$ диспетчерів. Відповідно,

$N_0 - n(\tau)$ - число диспетчерів, похибки яких усунені бути не можуть, а $P_K(\tau) = \frac{1 - n(\tau)}{N_0}$ - ймовірність події, що за час τ похибка диспетчера усунена не буде.

Інтенсивність появи похибки в діях диспетчера за інтервал часу τ знаходиться як

$$v(\tau) = -\frac{P'_K(\tau)}{P_K(\tau)}. \quad (4)$$

Диференціальне рівняння (4) за початкової умови $P_K(\tau) = 1$, з врахуванням комплексу умов навчання ζ має вид

$$P_K(\tau, \zeta) = \exp\left\{-\int_0^{\tau} v(z, \zeta) dz\right\}. \quad (5)$$

Даний вираз визначає ймовірність не усунення похибки диспетчера, яка в майбутньому може виникнути за умови відмови організму диспетчера, при навчанні його протягом інтервалу часу τ в умовах навчання ζ .

У відповідності до припущення, що ресурс роботоспроможності диспетчера відновлюється повністю, після його навчання ймовірність успішного виконання функціональних завдань за час t складе

$$P_0(t, \tau) = \exp\left\{-\int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz \exp\left\{-\int_0^{\tau} v(u, \zeta) du\right\}\right\}. \quad (6)$$

Показник першої експоненти являє собою ресурс роботоспроможності (надійності) диспетчера

$$R(t, \varepsilon, \tau, \zeta) = \int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz \exp\left\{-\int_0^{\tau} v(u, \zeta) du\right\}, \quad (7)$$

де $\int_0^t \lambda(z, \varepsilon) dz = r(t, \varepsilon)$ - відпрацьований ресурс роботоспроможності диспетчера за час t , в умовах ε .

Величина $\theta(t, \zeta) = \int_0^{\tau} \nu(u, \zeta) du$ являє собою відновлений ресурс робото спроможності, отриманий диспетчером в процесі навчання за період τ в умовах ζ . Для складових отриманих виразів (6) та (7) доцільні наступні подання

$$P_0(t, \tau) = \exp\{-r \exp\{-\theta\}\} = P_0(r, \theta), \quad (8)$$

$$R(t, \theta) = r \exp\{-\theta\}. \quad (9)$$

Аналіз отриманих моделей дозволяє стверджувати, що надійність диспетчера залежить від ресурсу робото спроможності. Вона буде тим меншою, чим більше вироблений ресурс r , і тим більшою, чим більше відновлений ресурс θ .

Математично даний принцип може бути поданий у наступним чином

$$P_0(t, \varepsilon; \theta / t_1, \varepsilon_1; \theta_1) = P_0(t, \varepsilon; \theta / t_2, \varepsilon_2; \theta_2), \quad (10)$$

за умови

$$P_0(t, \varepsilon; \theta_1) = P_0(t_2, \varepsilon_2; \theta_2). \quad (11)$$

Або, в залежності від ресурсу

$$P_0(R / R_1) = P_0(R / R_2), \quad (12)$$

за умови

$$P_0(R_1) = P_0(R_2). \quad (13)$$

Доведемо практичну значимість запропонованої аналітичної моделі надійності людини-диспетчера.

Розглянемо випадок коли $\lambda(t, \varepsilon) = \lambda(\varepsilon)$; $\nu(\tau, \zeta) = \nu(\zeta)$. Тоді ймовірність (6) прийме вид

$$P_0(t, \tau) = \exp\{-\lambda t \exp\{-\nu \tau\}\}. \quad (14)$$

При цьому умова (10) виконується, якщо $\lambda_1 t_1 = \lambda_2 t_2$ та $v_1 \tau_1 = v_2 \tau_2$, де $\lambda_1 = \lambda(\varepsilon_1)$, $\lambda_2 = \lambda(\varepsilon_2)$, $v_1 = v(\zeta_1)$, $v_2 = v(\zeta_2)$.

Необхідно визначити ймовірність відмови диспетчера в умовах ε_0 , якщо відома ймовірність відмови в умовах ε^* , $\varepsilon^* > \varepsilon_0$, $\theta_1 \neq \theta_2$. Згідно лінійної моделі форсованих випробувань складемо систему рівнянь

$$\begin{aligned} & \left\{ \int_0^t \lambda(z, \varepsilon_0) dz \exp \left\{ - \int_0^{\tau_1} v(u, \zeta_1) du \right\} \right. \\ & \left. \varepsilon_0 t = (\Delta \varepsilon_0 + \Delta \varepsilon) x(t) \right. \\ & = \int_0^{x(t)} \lambda(z, \varepsilon_0 + \Delta \varepsilon) dz \exp \left\{ - \int_0^{\tau_2} v(u, \zeta_2) du \right\} \end{aligned} \quad (15)$$

де $\varepsilon_0, \varepsilon_0 + \Delta \varepsilon$ - постійні швидкості зміни визначаючого параметру роботоспроможності диспетчера; $t, x(t)$ - час досягнення параметром межі роботоспроможності для даної швидкості зміни.

Система (14) зводиться до диференційного рівняння в часткових похідних, рішення якого за початкової кривої $\lambda(t, \varepsilon^*) \exp \left\{ - \int_0^{\tau_2} v_2(z, \zeta_2) dz \right\}$ має вид

$$\lambda(t, \varepsilon_0) = \frac{\exp \{ -\theta_2 \} \varepsilon_0}{\exp \{ -\theta_1 \} \varepsilon^*} \lambda \left(\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon^*} t, \varepsilon^* \right). \quad (16)$$

З аналізу виразу (15) слідує, що прогнозоване значення інтенсивності відмови в нормальному режимі випробувань ε_0 порівняно з форсованим режимом ε^* додатково змінюється в $\frac{\exp \{ -\theta_2 \}}{\exp \{ -\theta_1 \}}$ разів. При цьому чим більше відновлений ресурс θ_2 порівняно з θ_1 , тим нижче інтенсивність відмов в нормальному режимі. Коефіцієнт $\frac{\exp \{ -\theta_1 \} \varepsilon^*}{\exp \{ -\theta_2 \} \varepsilon_0}$ являє собою коефіцієнт прискорення випробувань. Для даного випадку він буде тим бі-

льшим, чим жорсткіше режим форсування ε^* і більше відновлений ресурс θ_2 .

Далі на інтервалі часу $(0, t + \tau)$ необхідно забезпечити ймовірність успішного функціонування диспетчера не нижче заданої P_3 , тобто

$$\exp\{-r \exp\{-\theta\}\} \geq P_3. \quad (17)$$

Розв'язання задачі полягає в тому, що слід визначити тривалість терміну навчання τ диспетчера в умовах ζ , щоб забезпечити виконання нерівності (16). Розкривши (16) відносно змінної τ отримуємо

$$\tau \geq \frac{1}{\nu} \ln \frac{r}{-\ln P_3}, \quad (18)$$

при цьому має виконуватися умова $P_3 > \exp\{-r\}$. Наприклад якщо $r = \lambda t = 0,01 \cdot 10 = 0,1$; $\nu = 0,2 \frac{1}{\text{год}}$, то для $P_3 \geq 0,95$ $\tau \geq 5 \cdot \ln 2 = 3,364$.

Наступне практичне застосування моделі. Нехай інтенсивність відмови диспетчера для деяких умов функціонування постійна та складає $0,1 \frac{1}{\text{год}}$, тобто в середньому він здійснює одну помилку за 10 год роботи. Необхідно зменшити інтенсивність відмови диспетчера в 10 разів, тобто вона має складати $0,01 \frac{1}{\text{год}}$. Треба визначити, яким чином слід організувати його навчання.

Таблиця 1 – Часові параметри режиму навчання диспетчера

$t, \text{год}$	1	2	4	6	8	10	100
$\nu, \frac{1}{\text{год}}$	2,3	1.15	0,58	0,38	0,29	0,23	0,04
$\frac{1}{\nu}, \text{год}$	0,43	0,87	1,72	2,63	3,44	4,34	23,2

Оцінка надійності диспетчера при виконанні функціональних завдань у складі чергової зміни оперативно-диспетчерської служби

З виразу (13) слідує, що $\exp\{-\nu\tau\} = 0,1$, тоді

$$\tau = \frac{1}{\nu} \ln 10 \approx \frac{1}{\nu} 2,3.$$

Жорсткість режиму навчання диспетчера необхідно обрати відповідно до розрахункових даних наведених в таблиці 1.

Так, наприклад, якщо середній час між проявом помилкових дій диспетчера дорівнює 4,34 год., то час тренувань складає 10 год.

Висновки. Запропонована аналітична модель оцінювання надійності людини-диспетчера, є ймовірно близькою до моделі надійності технічних та програмних засобів. Відмінність запропонованої моделі від існуючих є формулювання та опис імовірного ресурсу роботоспроможності людини-диспетчера у вигляді двох взаємопротилежних за напрямом дії складових. Перша – подається у вигляді ресурсу, що витрачається, а друга – як відновлюваний ресурс роботоспроможності людини диспетчера.

Процес відновлення ресурсу роботоспроможності диспетчера подано квазіпуасоновським потоком, який зручно використовувати для ряду практичних застосувань, нарівні з управляемими напівмарківськими процесами, що дозволяє отримувати практичні результати при роботі диспетчерів у складі чергової зміни оперативно-диспетчерської служби ДСНС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абраменко Б.С., Маслов А.Я., Немудрук Л.Н. Эксплуатация автоматизированных систем управления. – СПб., 1984. – 484 с.
2. Баглюк С.И., Мальцев М.Г., Смагин В.А., Филимоныхин Г.В. Надёжность функционирования программного обеспечения. – СПб.Б 1991.
3. Musa J. A theory of software reliability and its application // IEEE Trans. on software Eng., vol.SE-1, Sept. 1975. – P.312-327.
4. Шило С.Г., Борозенець І.О., Фещенко А.Б. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою ДСНС. Збірник наукових праць. УЦЗ України. Вип. 9. – Х.: УЦЗУ, 2009. с.170-176.

5. Фещенко А.Б., Загора О.В., Селеенко Е.Е, Математичне моделювання закону розподілення часу оцінки обстановки диспетчером оперативно-диспетчерської служби МНС, Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць. НУЦЗ України. Вип. 11. – Х.: НУЦЗУ, 2012. с.147-151.

Фещенко А.Б., Загора А.В, Селеенко Е.Е,

Оценка надежности диспетчера при выполнении функциональных задач в составе дежурной смены оперативно-диспетчерской службы

Предложена аналитическая модель оценки надежности диспетчера дежурной смены оперативно-диспетчерской службы при выполнении оперативных задач по оцениванию обстановки в районе чрезвычайной ситуации, путем проведения расчетов доведена практическая значимость и адекватность модели

Ключевые слова: диспетчер, оперативная обстановка, оценка надежности диспетчера при выполнении оперативных задач

Feshchenko A.B., Zakora A.V., Selyenko A.A.

Evaluation of reliability manager when the functional tasks in the duty shift dispatching service

An analytical model of reliability assessment manager on duty shift dispatching service in the performance of operational tasks of the evaluation of the situation in an emergency, by conducting settlements brought practical relevance and adequacy of the model

Key words: manager, operating environment, reliability assessment manager in the performance of operational tasks