

УДК 65.012.122:331.45(043.2)

ББК 65.012.122:331.45(043.2) + 469/43-р/0-528

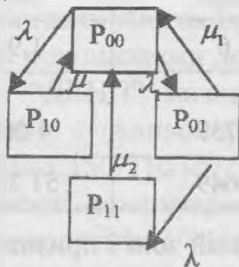
В.В. Матиборський

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В НЕСТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ

Розглянуто системи керування безпекою на прикладі системи керування при гасінні пожеж, результати дослідження нестационарного режиму роботи системи, який обумовлено початковим періодом роботи системи, коли можливі "збої" в роботі як людей, так і техніки. Розраховано ймовірність травмування людей при цьому, що пояснюється наявністю шкідливих і небезпечних факторів пожежі.

Будь-яка система керування, до якої відноситься і система безпеки при пожежі, містить як керуючий елемент, так і керований. Така система при ситуаціях, пов'язаних з пожежею, характеризується перехідними процесами, що виникають у початковий період роботи людей при локалізації пожежі, а також зі зменшенням у часі характеристик їхньої безвідмовності λ і відновленості μ . Причому інтенсивність можливих відмов людини в процесі роботи в екстремальних ситуаціях (гасіння пожежі) та інтенсивність відновлення її працездатності багато в чому пояснюються її індивідуальними психофізичними і фізичними характеристиками. Виходячи з цього, проаналізуємо функціонування такої системи керування з урахуванням показників людського фактора.

Граф одного з можливих станів такої системи [1] зображений на рисунку.



Граф можливих станів системи керування:

λ – інтенсивність переходу з одного стану в інший;
 μ_1 – інтенсивності відновлення; P_{00} – система цілком справна (керуючий і керований елементи функціонують без помилок);
 P_{10} – відмова керованого елемента, керуючий справний;
 P_{01} – відмова керуючого елемента, керований справний;
 P_{11} – відмова обох елементів

Як керуючий і керований елементи системи прийнята людина, що знаходиться як у системі керування, так і в об'єкті керування.

Вивчення нестационарного режиму системи керування за допомогою аналітичних методів за аналогією з технічними системами дуже складне через те, що фактори людини $\lambda(t)$, $\lambda_1(t)$, $\mu(t)$, $\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$ змінюються в часі і практично такий розв'язок можливий тільки чисельними методами.

Нестандартність підходу в цьому випадку полягає в тому, щоб знайти таку форму опису функціонування системи, при якій хоча б для деяких найпростіших функцій $\lambda_1(t)$, $\mu_1(t)$ можна було б застосувати аналітичні методи.

Цю задачу при $\lambda \ll \mu$ можна вирішити за відомим методом [2], однак при цьому з'являється неточність при обчисленні $P_{\text{пред}}$ – імовірності появи перебоїв (у тому числі одержання травми).

Розглянута система може знаходитися в справному стані (керований і керуючі елементи справні) і з імовірністю $Q_0(t)$ – без впливу факторів пожежі, з імовірністю $Q_1(t)$ – під впливом цих факторів.

Крім того, система може бути явно в несправному стані (керований чи керуючі елементи несправні або знаходяться у "відмовному" стані) з імовірністю $P_{10}(t)$.

Тоді

$$Q_0(t) + Q_1(t) + P_{10}(t). \quad (1)$$

Поводження системи в цьому випадку може бути описано такою системою рівнянь:

$$Q_0^1(t) = -[\lambda(t) + \lambda_1(t)] Q(t) + \mu_1(t) Q_1(t) + \mu_2(t) P_{10}(t);$$

$$Q_1'(t) = \lambda_1(t)Q_0(t) - [\lambda(t) + \mu_1(t)]Q(t);$$

$$P_{10}'(t) = \lambda(t)Q_0(t) + \lambda(t)Q_1(t) - \mu_2(t)P_{10}(t) = \lambda(t)P_{00}(t) - \mu_2(t)P_{10}(t).$$

де $\mu_2(t)$ – інтенсивність відновлення системи, що знаходиться у “відмовному” стані.

Нормуючою умовою для імовірностей перебування системи в справному і несправному станах буде $P_{00}(t) + P_{10}(t) = 1$.

Припустивши, що надійність системи не залежить від впливу небезпечних і шкідливих факторів пожежі, а цілком залежить від показників $\lambda_1(t)$ і $\mu_1(t)$, тобто вихід її з ладу рівноможливий в обох випадках можна записати

$$P_{00}'(t) = -\lambda(t)P_{00}(t) + \mu_2(t)P_{10}(t) \quad P_{10}'(t) = \lambda(t)P_{00}(t) - \mu_2(t)P_{10}(t). \quad (2)$$

Інакше

$$P_{00}(t) = e^{-F_1(t)} \left\{ 1 + \int_0^t \mu_2(u) e^{F_1(u)} du \right\}; \quad P_{10}(t) = 1 - e^{-F_1(t)} \left\{ 1 + \int_0^t \mu_2(u) e^{F_1(u)} du \right\}, \quad (3)$$

де $F_1(t) = \int_0^t [\lambda(u) + \mu_2(u)] du$.

Підставивши вираз (3) у рівняння (2), одержимо

$$Q_1'(t) = \lambda_1(t)Q(t) - [\lambda(t) + \mu_1(t)]Q_1(t); \quad (4)$$

$$Q_0'(t) = -[\lambda(t) + \lambda_1(t)]Q(t) + \mu_1(t)Q_1(t) + \mu_2(t) \left\{ 1 - e^{-F_1(t)} \left[1 + \int_0^t \mu_2(u) e^{F_1(u)} du \right] \right\}.$$

З рівняння (1) знаходимо

$$Q_0(t) = e^{-F_1(t)} \left[1 + \int_0^t \mu_2(u) e^{F_1(u)} du \right] - Q_1(t). \quad (5)$$

Підставивши вираз (5) у рівняння (4), одержимо

$$Q_1'(t) = \lambda_1(t) e^{-F_1(t)} \left[1 + \int_0^t \mu_2(u) e^{F_1(u)} du \right] - [\lambda(t) + \lambda_1(t) + \mu_1(t)]Q(t). \quad (6)$$

Розв'язуючи рівняння (6) при початкових умовах $Q_1(0) = 0; P_{10}(0) = 0$, одержимо

$$Q_1(t) = e^{-F_2(t)} \int_0^t \lambda_1(u) e^{-F_1(u)} \left[1 + \int_0^u \mu_2(z) e^{-F_1(z)} dz \right] e^{F_2(u)} du,$$

де $F_2(t) = \int_0^t [\lambda(t) + \lambda_1(u) + \mu_1(u)] du$.

Імовірність того, що система, яка знаходиться під впливом небезпечних і шкідливих факторів пожежі, може призвести до негативних наслідків для людини, буде записана у такий спосіб:

$$P_{\text{пред}}(t) = Q(t) + P_{10}(t).$$

Нехай $t \rightarrow \infty, \lambda(t) = \lambda; \mu_2(t) = \mu_2; \lambda_1(t) = \lambda_1; \mu_1(t) = \mu_1$. Тоді

$$P_{\text{пред}}(t) = \frac{\lambda(\lambda + \lambda_1 + \mu_1) + \lambda_1 \mu_2}{(\lambda + \mu_2)(\lambda + \mu_1)}.$$

Нехай $\lambda(t) = \lambda; \mu_2(t) = \mu; \lambda_1(t) = \lambda_1; \mu_1(t) = \mu_1$. Тоді

$$F_1(t) = (\lambda + \mu_2)t; \quad F_2(t) = (\lambda + \lambda_1 + \mu_1)t; \quad P_{10}(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu_2} [1 - e^{-(\lambda + \mu_2)t}];$$

$$Q_1(t) = \frac{\lambda_1 \mu_2}{(\lambda + \mu_2)(\lambda + \lambda_1 + \mu_1)} \left[1 - e^{-(\lambda + \lambda_1 + \mu_1)t} \right] + \frac{\lambda \lambda_1}{(\lambda + \mu_2)(2\lambda + \mu_2 + \lambda_1 + \mu_1)} \left[1 - e^{-(2\lambda + \mu_2 + \lambda_1 + \mu_1)t} \right].$$

Імовірність $P_{\text{пред}}(t)$ дорівнює

$$P_{\text{пред}}(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu_2} \left[1 - e^{-(\lambda + \mu_2)t} \right] + \frac{\lambda_1 \mu_2}{(\lambda + \mu_2)(\lambda + \lambda_1 + \mu_1)} \left[1 - e^{-(\lambda + \lambda_1 + \mu_1)t} \right] + \frac{\lambda \lambda_1}{(\lambda + \mu_2)(2\lambda + \mu_2 + \lambda_1 + \mu_1)} \left[1 - e^{-(2\lambda + \mu_2 + \lambda_1 + \mu_1)t} \right].$$

Аналізуючи одержані залежності, можна прогнозувати “поводження” імовірності $P_i(t)$ при заданих інтенсивностях λ , і μ_1 .

Поява небезпечного чи шкідливого фактора пожежі призводить до виникнення перехідного процесу в системі, причому зменшення напрацювання на відмову в керованій системі призводить до більш швидкого зростання критичної ситуації (зростає $P_{\text{пред}}$) і, як правило, до можливої травми.

У такій самій ситуації одночасне збільшення інтенсивності відмов керованої системи призводить до ще більшого зростання $P_{\text{пред}}(t)$, а зменшення інтенсивності відновлення, якщо всі інші умови такі самі призводить до значного зменшення $P_{\text{пред}}(t)$.

Список літератури

1. Матиборский В.В. Математическая модель состояний системы управления охраной труда с учетом человеческого фактора// Сб. тр. МНТК “Авиа-2000”. – К.: НАУ, 2000. – С.65–71.
2. Новиков О.А., Петухов С.Н. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. – М.: Сов. радио, 1972.–165 с.

Стаття надійшла до редакції 06.07.01.

ББК 1542.5-449 + 052-082-320.9
УДК 621.438.001.4: 629.73.08

О. Л. Матвеева

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ АВІАПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Розглянуто оцінку збитку авіапідприємств від забруднення нафтопродуктами, економічні та соціальні фактори екологічної небезпеки підприємств авіапаливозабезпечення і напрямки планування та розвитку їх еколого-економічної політики.

На сьогоднішній день в деяких регіонах планети Земля, в т. ч. в Україні, антропогенне забруднення навколишнього середовища досягло рівня, загрозливого для здоров'я людей. За кількістю “технічного бруду” на душу населення наша країна посідає перше місце в Європі і має найнижчий показник тривалості життя (66 р.) серед країн колишнього СРСР.

За даними ВООЗ вплив факторів навколишнього середовища на здоров'я людини складає близько 20%. Сьогодні більшість факторів довкілля, шкідливих для здоров'я, в країнах СНД, у т. ч. і в Україні, регламентується з позиції “нульового ризику”. Вважається, що за умови додержання розроблених нормативів, здоров'я людини не буде пошкоджено. Однак світова практика вже десятиліття застосовує загальнонаукове міждисциплінарне поняття про ймовірнісний характер більшості біологічних процесів. Отже, імовірність негативного впливу на здоров'я внаслідок дії шкідливого фактора навколишнього середовища існує при будь-якому рівні його впливу, що відрізняється від нульового.