

## АНАЛІЗ ЙМОВІРНОСТЕЙ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ НА ВИРОБНИЦТВІ

*Козир Я. С., Буковська І.В., Верхолаз Н.С., Яриш Л.В.*

*Науковий керівник – Рогозін А.С., канд. техн. наук, доцент*

В якості показників об'ємів завдань в плані забезпечення нормованих умов праці на підприємствах з шкідливими умовами праці доцільно використовувати ймовірності певної кількості випадків виникнення небезпечних факторів. В якості показників безпеки працівників доцільно використовувати ймовірності знаходження робочих місць підприємства у стані дії певної кількості небезпечних факторів. Порушення нормальних умов праці на території підприємства можна розглядати як дискретний випадковий процес, з постійною інтенсивністю виникнення відхилень тобто розглядати як марківський ланцюг.

Випадковий процес виникнення небезпечних факторів в цьому випадку характеризується послідовністю станів:

$$s_0, s_1, s_2, \dots, s_n \quad (1)$$

де  $s_0, s_1, s_2, \dots, s_n$  – стан, коли на об'єкті спостерігається 0, 1, 2,  $n$  небезпечних факторів відповідно.

В силу постійності інтенсивності переходів системи із стану в стан процес є однорідним. Для випадку коли система має кінцеву кількість станів  $s_i$  знаходження ймовірності  $p_i(t)$  перебування системи у  $i$ -ому стані здійснюється за допомогою рівнянь Колмогорова:

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n \mu_{ij} p_j(t) - p_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}; \quad (2)$$

Де  $\lambda_i$  - інтенсивність переходів системи від стану  $i$  до стану  $i+1$ ;

$\mu_i$  - інтенсивність переходів системи від стану  $i$  до стану  $i-1$ .

При  $t \rightarrow \infty$ ,  $dp_i(t)/dt \rightarrow 0$ , ймовірності стану процесу виникнення небезпечного фактору та його ліквідації отримуються в результаті рішення системи алгебраїчних рівнянь та мають наступний вид:

$$p_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_1} p_0; \quad p_2 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{1\mu_1 \cdot 2\mu_2} p_0; \quad p_k = \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} p_0; \quad p_n = \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} p_0; \quad p_0 = \left[ 1 + \sum_{k=1}^n \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} \right]^{-1} \quad (3)$$

$$\text{при } n \rightarrow \infty \quad p_0 = \left( e^{\frac{\lambda}{\mu}} \right)^{-1}.$$

Рівняння (3) дозволяють визначити ймовірності виникнення небезпечних факторів. Рівняння перехідного процесу встановлення ймовірностей для трьох станів мають наступний вид

$$\begin{aligned}
p_0(t) &= \frac{2\mu^2}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} \cdot (\sin(\mu t)(2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + \\
&+ a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t} + \frac{\cos(\mu t)(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2)}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} e^{-(\mu+\lambda)t}; \\
p_1(t) &= \frac{1}{\mu} \left( \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (-(\mu + \lambda) \sin(\mu t) \cdot (2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - \right. \\
&- 2\mu^2 + 2a\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\cos(\mu t) \mu \cdot (2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + \\
&+ 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} ((-\mu + \lambda) \cdot \cos(\mu t)(2a\mu^2 + \\
&+ 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} - \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\sin(\mu t) \mu (2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - \\
&- 2\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} + \lambda \left( \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\sin(\mu t) \cdot (2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + \right. \\
&+ a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\cos(\mu t)(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - \\
&- 2\mu^2) e^{-(\mu+\lambda)t} + \left. \left. \frac{2\mu^2}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} \right) \right) \\
p_2(t) &= \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} \cdot ((((-2 - 2a - 2b)\mu^2 - 2\lambda(a + b - 1)\mu - \lambda^2(a + b)) \cos(\mu t) + \\
&+ 2((a - 1) - \mu^2 + a\lambda\mu + 0.5a\lambda^2) \sin(\mu t)) e^{-(\mu+\lambda)t} + \lambda^2).
\end{aligned}$$

де  $a, b, -$  початкові умови  $p_0(0), p_1(0)$ , відповідно.

Час ліквідації порушення нормальних умов праці залежить від вчасного виявлення відхилення, отримані таким чином ймовірності доцільно використовувати при ухваленні рішень щодо встановлення системи автоматичного контролю шкідливих виробничих факторів.

## РОЗПОДІЛ РОБОЧИХ МІСЦЬ ЗА РІВНЕМ НЕБЕПЕКИ

*Козир Я. С., Буковська І.В., Верхолаз Н.С., Яриш Л.В.*

*Науковий керівник – Рогозін А.С., канд. техн. наук, доцент*

Необхідною умовою запровадження ефективних заходів направлених на підвищення рівня охорони праці є наявність адекватної та достовірної інформації про рівень безпеки на об'єктах. Основною проблемою при оцінці рівня безпеки є наявність цілої низки чинників, що здійснюють прямий та опосередкований вплив на безпеку працюючих, також наявність між чинниками зв'язків, що ускладнюють адекватну оцінку. Розв'язання задачі оцінки рівня небезпек пропонується здійснювати використовуючи метод головних компонент для визначення