

## ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ РИЗИКУ

*В. В. Майстренко, М. Ю. Міхеева, інженери,  
О. Є. Кружилко, канд. техн. наук (ННДІОП)*

*Рассмотрены актуальные вопросы повышения эффективности управления охраной труда на уровне предприятия в условиях риска. Разработана методика расчета для определения оптимального плана мероприятий по охране труда на предприятии, прогнозирования и оценки экономических результатов их внедрения.*

Для постановки задачі економічного моделювання в умовах ризику множина  $\{X_j\}$  умов праці, чинників небезпечності виробництва і об'єктів управління доповнюється множиною  $\{X'\}$  заходів з підвищення безпеки праці. Реалізація деякого заходу тією чи іншою мірою змінює значення рівня ризику для визначених чинників, а також (через взаємовплив чинників небезпеки та умов праці) і стан умов праці  $\{Y_j\}$ . Задача зводиться до планування та реалізації заходів з поліпшення умов праці оптимальним чином при заданому рівні затрат. Критерій ефективності може задаватись різними способами: досягненням заданого рівня безпеки для даних об'єктів охорони праці при фіксованих затратах, заданого значення показника рівня втрат, мінімуму коштів та ін.

Кількісна оцінка рівня ризику – це сукупність операцій, що дозволяють виразити числом визначені властивості середовища існування людини. Ця оцінка може бути диференціальною і комплексною. Диференціальна оцінка формується за допомогою одиничних (окремих) показників, які характеризують тільки одну з властивостей безпеки. Комплексна оцінка – це оцінка за допомогою комплексних показників, яка є мірою кількох властивостей безпеки середовища існування людини, устаткування чи технологічного процесу.

Окремі властивості безпеки в різній мірі піддаються вимірюванню і вимагають різних шкал для свого числового вираження. Різноманіття властивостей безпеки, неможливість безпосереднього вимірювання і непорівнянність деяких з них утруднюють можливість математичної формалізації процесу узагальнення одиничних показників безпеки.

Комплексна оцінка рівня ризику (рівня безпеки) одним комплексним показником стає принципово можливою, якщо безпеку розглядати як стан системи.

Можливі такі способи визначення комплексного показника:

безпосереднє вимірювання узагальненого показника або його розрахунок за установленною функціональною залежністю від безпосередньо вимірюваних чинників;

утворення середньозважених показників шляхом усереднення вихідних параметрів з обґрунтованими параметрами вагомості;

вираження балами або категоріями безпеки. Предметом комплексної оцінки можуть бути події, які вже відбулися, властивості, статистичні параметри, характеристики якості і події, очікувані в майбутньому.

У кожному виробничому процесі існують дві форми небезпеки: такі, що реалізуються миттєво у випадковій відрізку часу і призводять до травм, і такі, що реалізуються на тривалому відрізку часу і призводять до передчасного стомлення і захворювання працюючих. Тому небезпеку (безпеку) виробничого процесу доцільно оцінювати двома інтегральними показниками: показником небезпеки за травмуючими чинниками і показником небезпеки за фізіолого-гігієнічними чинниками.

Рівень потенційної травмонебезпеки кожного механізму і машини в цілому може вимірюватися умовним показником, який дорівнює добутку двох розрахункових показників, з яких один характеризує кількість можливих травмонебезпечних ситуацій при обслуговуванні даного механізму чи машини за якийсь проміжок часу, а другий – частку можливих травм від реалізації цих ситуацій.

Таким чином, рівень травмонебезпеки механізмів (машини) може обчислюватися за формулою

$$C_j = R_{ij} K_{Ti},$$

де  $R_{ij}$  – показник кількості небезпечних ситуацій за встановлений інтервал часу при обслуговуванні  $i$ -го механізму;  $K_{Ti}$  – умовний показник тяжкості травми, отриманої  $j$ -м робітником внаслідок впливу цього механізму.

Ризик виникнення небезпечних ситуацій на всій машині визначається сумою імовірностей на основі теореми додавання імовірностей сумісних подій:

$$R_0 = 1 - \prod_{j=1}^m \prod_{i=1}^n (1 - R_{ij}),$$

де  $m$  – кількість робітників, що обслуговують машину;  $n$  – кількість механізмів або других джерел небезпеки на машині.

Другим показником травмонебезпеки механізмів є можлива тяжкість травми від реалізації відповідної небезпечної ситуації в період обслуговування машини. Травмонебезпечність усієї машини визначається за формулою

$$C_0 = K_0 R_0.$$

Ступінь потенційної небезпеки будь-якого гігієнічного чи фізіологічного чинника найбільш повно й адекватно відображає формула розподілу випадкових величин Гауса:

$$R_i = 1 - e^{-a_i},$$

де  $R_i$  – показник ступеня небезпеки  $i$ -го чинника в межах від 0 до 1;  $a$  – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність;  $b$  – коефіцієнт, що характеризує

тривалість впливу даного чинника. Тоді запишемо

$$b = t_i / t_c,$$

де  $t_i$  – тривалість впливу даного чинника за зміну;  $t_c$  – тривалість зміни;  $x$  – відносне значення  $i$ -го фактора, що визначається за формулою

$$x_i = (A_i - A_0) / A_0,$$

де  $A_i$  – фактичне значення даного фактора;  $A_0$  – його оптимальне значення.

Як центр розподілу  $R_n = 0,5$  приймається гранично допустиме значення чинника, встановлене санітарними нормами ( $A_n$ ):

$$x_n = (A_n - A_0) / A_0.$$

Постійна для даного чинника величина коефіцієнта інтенсивності небезпечного впливу  $a$  визначається з умов, що  $b = 1$ . Звідси

$$a = -\ln(1 - R_n) / x_n^2.$$

Інтегральні показники безпеки по групі гігієнічних чинників і окремо по двом групам фізіологічних чинників

$$R_0 = R_{\max} + (1 - R_{\max}^{k-1}) R_i / (n - 1),$$

де  $R_{\max}$  – величина ведучого чинника;  $n$  – кількість шкідливих чинників, характерних для даного типу виробництва;  $k$  – кількість враховуваних чинників.

Узагальнений показник ефективності функціонування системи управління охороною праці (СУОП) має вигляд

$$Y = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m b_i Y_i,$$

де  $b_i$  – вагові коефіцієнти  $i$ -го показника системи;  $Y_i$  – математичні моделі показників ефективності функціонування СУОП.

Для визначення оптимального плану заходів з управління охороною праці приймаємо

$$X_j = X_j^* - X_j^{\text{зкз}},$$

де  $X_j^{\text{зкз}}$  – запланована кількість заходів з підвищення безпеки праці, пов'язаних зі зниженням впливу фактора  $X_j$ .

Для економічної оцінки ефективності проведення заходів визначається розмір затрат на їх реалізацію:

$$Z_j = C_{j2} X_j^* - (C_{j2} - C_{j1}) X_j^{\text{зкз}},$$

де  $C_{j1}$  – середня вартість проведення одного заходу по зниженню впливу  $j$ -го чинника;  $C_{j2}$  – розмір компенсації за роботу в умовах впливу  $j$ -го чинника.

$$C_{j2} = L_j (P_{НСj}C_{НСj} + P_{ННj}C_{ННj} + P_{Пзj}C_{Пзj} + P_{Pj}C_{Pj}) + P_{Шj}C_{Шj},$$

де  $L_j$  – число працюючих в умовах впливу  $j$ -го чинника;  $P_{НСj}$  – ризик нещасного випадку зі смертельним наслідком;  $P_{ННj}$  – ризик нещасного випадку з не смертельним наслідком;  $P_{Пзj}$  – ризик профзахворювання;  $P_{Pj}$  – ризик роботи в умовах впливу  $j$ -го чинника;  $P_{Шj}$  – ризик штрафу;  $C_{НСj}$  – розмір компенсації у разі нещасного випадку зі смертельним наслідком;  $C_{ННj}$  – розмір компенсації у разі нещасного випадку з не смертельним наслідком;  $C_{Пзj}$  – розмір компенсації у випадку профзахворювання;  $C_{Pj}$  – розмір компенсації при роботі в умовах впливу  $j$ -го чинника;  $C_{Шj}$  – розмір штрафу за роботи в умовах впливу  $j$ -го чинника. Причому

$$P_{НСj} = \frac{N_{НСj}}{L_j X_j^*} - \frac{N_{НСj}^{зк}}{L_j X_j^{зк}},$$

де  $N_{НСj}$  – число нещасних випадків зі смертельним наслідком;  $N_{НСj}^{зк}$  – число нещасних випадків зі смертельним наслідком в умовах, що відповідають нормативам;  $L_j$  – кількість працівників, що працюють в умовах  $X_j$ .

Аналогічно визначаються  $P_{ННj}$  та  $P_{Пзj}$ :

$$P_{ННj} = \frac{N_{ННj}}{L_j X_j^*} - \frac{N_{ННj}^{зк}}{L_j X_j^{зк}}, \quad P_{Пзj} = \frac{N_{Пзj}}{L_j X_j^*} - \frac{N_{Пзj}^{зк}}{L_j X_j^{зк}}.$$

Для

$$P_{Pj} = \frac{N_{Pj}}{L_j X_j^*}, \quad P_{Шj} = \frac{N_{Шj}}{L_j X_j^*},$$

де  $N_{Pj}$  – число працюючих, яким виплачується компенсація за роботу в умовах  $X_j$ ;  $N_{Шj}$  – число штрафних санкцій за попередній плановий період.

Тоді показник затрат на охорону праці визначається співвідношенням

$$Y_{заграт} = \frac{\sum C_{j2} X_j}{\sum Z_j}.$$

Задача визначення оптимального плану при вказаних припущеннях має вигляд

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i \rightarrow \min;$$

$$Y_j < Y_j^{max}, \quad j = \overline{1, m}; \quad \sum Z_j \leq C; \quad 0 \leq X_j^{зк} \leq X_j^*.$$

Функція мети являє собою мінімум узагальненого показника ефективності функціонування служби охорони праці. Обмеження задають максимальні значення показників і гранично допустимий рівень  $C$  затрат на охорону праці. Розв'язком такої задачі є оптимальний план заходів з управління охороною праці підприємства.

Впровадження викладеного підходу до розрахунку оптимального плану управління охороною праці дозволяє мінімізувати затрати, пов'язані з реалізацією заходів з підвищення безпеки виробництва, а також надає можливість прогнозування результатів реалізації працезохоронних заходів.

1. *Ткачук С. П., Майстренко В. В., Кириченко О. А.* Застосування методів математичного моделювання в наглядній діяльності // Вісник НТУУ «КПІ», серія «Гірництво»: Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ «КПІ». – 2001. – Вип. 4. – С. 117–120.