

О. Є. Кружилко, д-р техн. наук, Я. Б. Сторож, канд. техн. наук,  
О. В. Богданова (ДУ «ННДПБООП»),  
О. І. Полукаров, канд. техн. наук (НТУУ «КПІ»)

## ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗНИЖЕННЯ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИТЕРІЮ ГУРВІЦА

*У статті показано, що для забезпечення обґрунтованих управлінських рішень зі зниження виробничого ризику на підприємствах необхідно використовувати сучасні методи оцінки цих ризиків, а також критеріїв прийняття рішень. Запропоновано підхід до обґрунтованого планування профілактичних заходів, що базується на використанні критерію Гурвіца, експертних оцінок та розрахункових величин виробничого ризику.*

**Ключові слова:** охорона праці, виробничий ризик, прийняття рішень, планування.

*В статье показано, что для обеспечения обоснованных управленческих решений по снижению производственного риска на предприятиях необходимо использовать современные методы оценки этих рисков, а также критериев принятия решений. Предложен подход к обоснованному планированию профилактических мероприятий, основанный на использовании критерия Гурвица, экспертных оценок и расчетных величин производственного риска.*

**Ключевые слова:** охрана труда, производственный риск, принятие решений, планирование.

*The article shows that in order to ensure sound management decisions to reduce the production risk in enterprises, modern methods of assessing these risks must be used, as well as decision-making criteria. A reasonable approach to the planning of preventive measures based on the use of the criterion of Hurwitz, expert estimations and calculated values of the production risk.*

**Keywords:** safety, production risk, decision making, planning.

*Вступ.* Незадовільний стан охорони праці, що спостерігається на більшості підприємств України, зумовлений недосконалістю існуючих методів управління охороною праці, зокрема, слабким впровадженням економічних методів управління, низьким рівнем планування та недостатнім фінансуванням заходів з охорони праці, недосконалим механізмом використання міжнародного досвіду з управління охороною праці.

Останнім часом заслуговують дедалі більшої уваги підходи, основою яких є оцінка виробничих ризиків, насамперед, це системи управління гігієною та безпекою праці на основі ризик-орієнтованого підходу та циклу постійного удосконалення Шухарта-Демінга. За визначенням МОП, компанії, де впроваджено системи управління гігієною та безпекою праці, мають кращі показники як з безпеки, так і з продуктивності, ніж ті, де такі системи відсутні [1].

Під виробничим ризиком відповідно до ДСТУ 2293-06, мається на увазі імовірність ушкодження здоров'я працівника в процесі трудової діяльності з урахуванням заподіяння шкоди. Ризик визначається як добуток вірогідності настання випадку та розміру можливої шкоди, що розраховується за певними шкалами, і є основою найбільш розповсюдженого у європейській практиці матричного методу оцінки ризику [2, 3]. Для подолання основного недоліку цього методу – суб'єктивності оцінювання для практичного використання пропонується модифікувати матричний метод збільшенням кількості множників. Таким чином ступінь ризику розраховується як добуток чотирьох критеріїв:

$$R = P \cdot F \cdot S \cdot N, \quad (1)$$

де  $R$  – виробничий ризик (*risk*);

$P$  – можливість випадку (*possibility*);

$F$  – частота прояву небезпечного фактора (*frequency*);

$S$  – ступінь можливої шкоди (*severity*);

$N$  – кількість людей, які підпадають під дію небезпечного фактора (*number of people*).

Кожен із критеріїв має свою бальну шкалу, відповідно до якої експерти проводять оцінювання за кожним із критеріїв для об'єктів оцінювання. Основними об'єктами оцінювання ризику були робочі місця, професії, технологічні процеси, устаткування тощо. За результатами оцінки ризику складався загальний перелік небезпечних факторів із зазначенням рівня їх ризику для підприємства в цілому та його підрозділів зокрема. Перегляд оцінки ризику здійснюється при змінах у процесах, устаткуванні, видах робіт, при настанні потенційно небезпечних випадків або нещасних випадків, але не рідше ніж один раз на рік. За результатами оцінки ризику складався загальний перелік небезпечних факторів із зазначенням рівня їх ризику для підприємства в цілому та його підрозділів зокрема.

Приймаючи рішення, керівники мають справу зі складним вибором та необхідністю генерування і розгляду множини альтернативних варіантів дій [4, 5]. Для їх оцінки використовуються знання спеціалістів, складні аналітичні розрахунки, результати наукових досліджень, засоби сучасної інформаційної технології. Прийняття рішення полягає в раціональному виборі альтернативи з множини наявних. Для обґрунтування такого вибору застосовуються критерії прийняття рішень, експертних оцінок, математичного моделювання, прогнозування та інші [6, 7]. Тому питання

наукової підтримки управлінських рішень на всіх стадіях цього процесу стають дедалі актуальнішими, зокрема, в сфері охорони праці.

*Матеріали та методи дослідження.* У загальному випадку вирішення завдання управління в сфері охорони праці полягає у розробленні управлінського рішення, його прийнятті, реалізації, контролі виконання, а також оцінюванні результатів реалізації. План реалізації прийнятого управлінського рішення формується керівником, виходячи з поставлених строків, наявних ресурсів, обставин та інших чинників, що характеризують ситуацію прийняття рішення.

Планування заходів з охорони праці на підприємствах має визначати послідовність управлінських рішень, спрямованих на формування здорових і безпечних умов праці, дотримання прав і гарантій працівникам в сфері охорони праці, підвищення їх соціального захисту. Плани заходів з охорони праці мають передбачати: визначення виробничих ризиків і попередження можливих загроз, а також мінімізацію ризиків шляхом реалізації відповідних заходів.

Для завдань управління охороною праці, що вирішуються в умовах повної або часткової невизначеності (умови, коли кожне управлінське рішення може привести до одного з декількох можливих результатів), застосовуються методи експертних оцінок та критерії прийняття рішень. В сфері охорони праці необгрунтований вибір варіанта управлінського рішення може призвести до значних фінансових і матеріальних втрат, а також до людських жертв, яких можна було б уникнути в разі вибору вірного управлінського рішення.

*Метою цієї статті є* обгрунтування застосування критерію прийняття рішень при плануванні профілактичних заходів зі зниження виробничого ризику.

*Виклад основного матеріалу.* Для сфери охорони праці існує практика застосування методів експертних оцінок для підвищення ефективності управлінських рішень [6, 7]. Передбачається, що підвищити рівень обгрунтованості управлінських рішень можливо шляхом урахування думок експертів і застосування найбільш прийняттого для конкретної ситуації критерію прийняття рішень. Незважаючи на очевидні переваги експертних методів, слід відзначити, що результати застосування значною мірою залежать від компетентності особи, що приймає рішення (далі – ОПР) та експертів, які залучаються. Крім того, з практики відомо, що на сьогодні рівень інформаційного забезпечення сфери охорони праці є недостатнім.

Формалізована постановка завдання прийняття рішення полягає у обгрунтуванні вибору оптимальної альтернативи з множини управлінських рішень шляхом застосування критерію. Пошук оптимального рішення являє собою завдання максимізації (мінімізації) значення критерію, розрахованого для множини альтернатив, математична модель цього завдання має вигляд:

$$a_{opt} = \arg(K(E), A, Z) , \quad (2)$$

де:  $K$  – критерій вибору управлінських рішень;

$a_{opt}$  – оптимальне рішення ( $a_{opt} \in A$ );

$E = \{e_{ij}\}$  – множина очікуваних результатів реалізації управлінських рішень, тобто оцінка реалізації  $i$ -ї альтернативи за умови, що зовнішнє середовище буде знаходитися в  $j$ -му стані (значення елементів множини  $E$  визначаються розрахунковим або експертним шляхом);

$A = \{a_i\}, i = 1, \dots, m$  – множина альтернативних управлінських рішень (альтернатив), що можуть бути застосовані для вирішення поставленого завдання управління;

$Z = \{z_j\}, j = 1, \dots, n$  – множина можливих станів зовнішнього середовища.

Насамперед, слід відзначити, що при традиційній технології прийняття рішень формування множин  $A$ ,  $Z$  та  $E$  здійснюється ОПР та експертами, тобто точність початкових даних зумовлена ступенем їх поінформованості та рівнем компетентності. Як видно з аналізу наукових праць з теорії прийняття рішень, сьогодні не існує універсального підходу до вибору критерію  $K$  [2, 3]. Відтак, вибір критерію залишається прерогативою ОПР і ґрунтується на результатах аналізу ситуації прийняття рішення, а також на досвіді та інтуїції ОПР. Для вирішення завдань управління в сфері охорони праці найбільшого поширення дістали критерії Севіджа, Вальда та Гурвіца [6, 7].

Критерій Гурвіца має вигляд:

$$K = \max_i \left( (1 - \alpha) \cdot \min_j e_{ij} + \alpha \max_j e_{ij} \right) , \quad (3)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт довіри.

При застосуванні критерію Гурвіца ОПР виходять із припущення, що зовнішнє середовище може знаходитися у самому вигідному для об'єкта управління стані з імовірністю  $\alpha$ , а у самому не вигідному – з імовірністю  $1 - \alpha$ . Очевидно, що мають місце два граничні випадки застосування цього критерію: песимістичний (значення  $\alpha$  приймається рівним 0, отримуємо критерій Вальда) і оптимістичний (значення  $\alpha$  приймається рівним 1). Отже, результат застосування критерію Гурвіца значною мірою залежить від правильного вибору коефіцієнта довіри  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ), величина якого пропорційна ступеню впевненості ОПР у настанні самого вигідного стану зовнішнього середовища.

З практики відомо, що вибір значення коефіцієнта довіри експертним шляхом може бути недостатньо обґрунтованим.

Для визначення коефіцієнта довіри запропоновано використовувати нормоване значення розрахункового показника, яке розраховується за формулою:

$$\alpha = 1 - \frac{R_r - R^{\min}}{R^{\max} - R^{\min}}, \quad \alpha \in [0; 1], \quad (4)$$

де  $R_r$  – розрахункове значення показника виробничого ризику;

$R^{\max}$ ,  $R^{\min}$  – відповідно максимально та мінімально можливе значення цього показника.

Для випадку, коли оцінка виробничого ризику здійснюється в діапазоні  $[0; 1]$ , тобто  $R^{\min} = 0$ ,  $R^{\max} = 1$ , формула (3) набуває вигляду:

$$\alpha = 1 - R_r. \quad (5)$$

Таким чином, коефіцієнт довіри буде обернено пропорційний значенню виробничого ризику, отриманого розрахунковим шляхом.

Як приклад розглянемо вирішення завдання планування заходів зі зниження виробничого ризику для підприємства харчової промисловості, де модифікованим матричним методом визначено, що ризик зіткнення із рухомим транспортним засобом має неприйнятно високий рівень і потребує зниження.

Обґрунтування заходів зі зниження ризику травматичної події «Контакт з відкритим вогнем, гарячою речовиною або поверхнею» (середній рівень).

Небезпечні чинники: загоряння та/або вибух легкозаймистих технологічних речовин на основі спиртових сумішей, займання відкладень тютюнового пилу на електрообладнанні тощо.

Розрахунковий рівень ризику настання травматичної події:  $R_r = 7,7 \%$

Критерій прийняття рішень: критерій Гурвіца, коефіцієнт довіри, розрахований за формулою (3), становить 0,36.

Множину альтернативних варіантів заходів зі зниження рівня виробничого ризику, експертні оцінки результати реалізації альтернатив, а також розрахункові значення критерію Гурвіца наведено у табл. 1.

Таким чином, отримані результати, представлені у стовпці «Значення критерію», свідчать про те, що оптимальною у цьому випадку буде альтернатива  $a_1$ , якій відповідає найбільше розрахункове значення критерію.

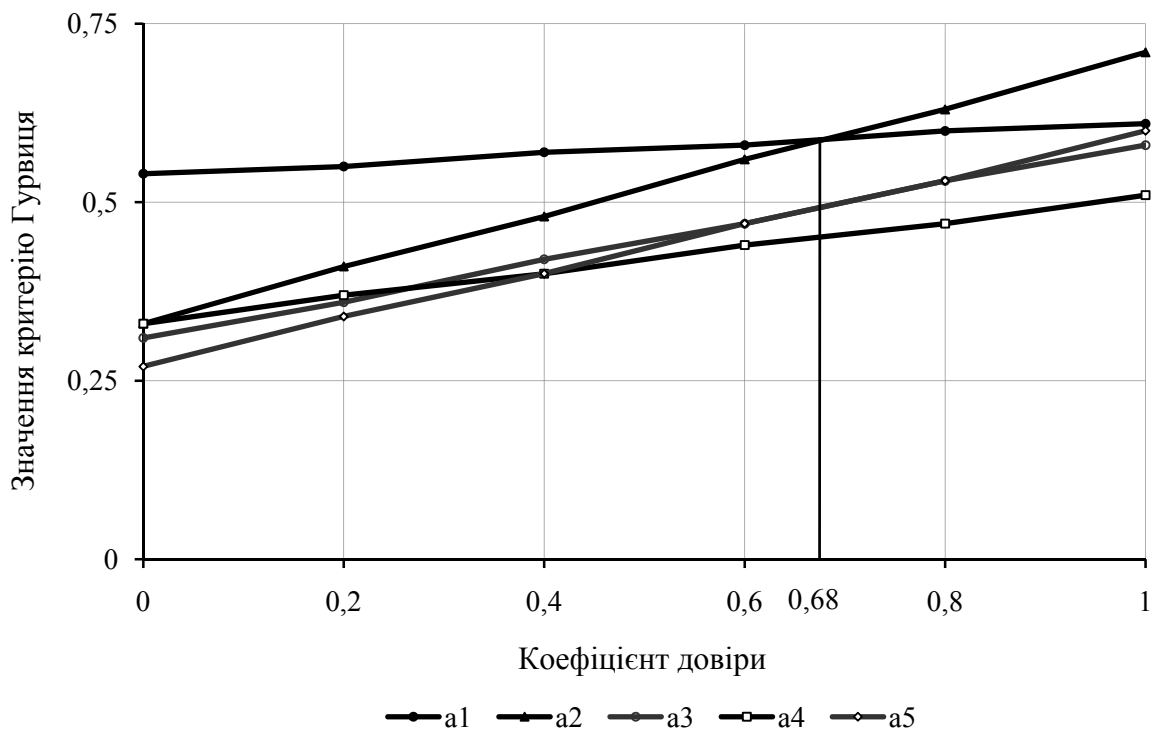
Разом з тим, при плануванні заходів, спрямованих на зменшення дії небезпечних подій, що характеризуються середнім рівнем ризику, проведено дослідження впливу коефіцієнта довіри, який задає керівник, на вибір оптимальної альтернативи. Для цього проведено розрахунки за критерієм Гурвіца (див. табл. 1) для значень коефіцієнта довіри, що змінюється у діапазоні 0...1. Графічну інтерпретацію отриманих результатів представлено на рис. 1.

Таблиця 1

*Дані для обґрунтування заходів зі зниження ризику травматичної події  
«Контакт з відкритим вогнем, гарячою речовиною або поверхнею»  
(середній рівень)*

Альтернативні заходи зі зниження виробничого ризику	Очікувані результати реалізації альтернатив			Значення критерію
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
а1. Усунення небезпечних чинників (усунення джерел загоряння та легкозаймистих речовин (технологічних речовин) з виробничої зони)	0,61	0,58	0,54	0,57
а2. Заміна небезпечних чинників (заміна речовин, що легко загоряються на речовини із нижчою точкою займистості)	0,65	0,52	0,39	0,48
а3. Технічний контроль небезпечних чинників (улаштування приміщень із високим ступенем вогнестійкості, систем спринклерного пожежогасіння, ремонт та чищення обладнання, протипожежні заходи згідно з Правилами пожежної безпеки України)	0,58	0,44	0,31	0,41
а4. Попереджувальні написи та адміністративний контроль (здійснення перевірок, попереджувальні написи, навчання, наявність постійно діючого пожежного посту на підприємстві)	0,51	0,42	0,33	0,39

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
а5. Засоби індивідуального захисту (облаштування приміщень первинними засобами пожежогасіння, оповіщувачами тощо)	0,63	0,44	0,24	0,38



**Рис. 1. Залежність оцінок альтернативних заходів зі зниження виробничого ризику середнього рівня від значення коефіцієнта довіри**

Як видно з рис. 1, при значенні коефіцієнта довіри менш ніж 0,68 оптимальною є альтернатива а1 «Усунення джерел загоряння та легкозаймистих речовин (технологічних речовин) з виробничої зони», в іншому випадку – альтернатива а2 «Заміна небезпечних чинників (заміна речовин, що легко загоряються на речовини із нижчою точкою займистості)».

На практиці впровадження альтернативи а1 відповідає теорії розділення складових трикутника горіння (горюча речовина, окисник, джерело загоряння). А саме – усунення легкозаймистої речовини із виробничої зони буде реалізоване на підприємстві шляхом будівництва окремої будівлі для складування та розливу легкозаймистих та горючих

речовин, що планується до здійснення при позитивному стані зовнішнього середовища.

Менш бажаним і менш результативним варіантом є заміна небезпечних чинників – заміна речовин, що легко загоряються, на речовини із нижчою точкою займистості (альтернатива а2).

#### *Висновки.*

Застосування запропонованого підходу доцільне на підприємствах, де наявні виробничі ризики та запроваджена методика їх оцінки. Крім того, необхідною умовою є наявність експертів, спроможних провести оцінювання альтернативних варіантів заходів зі зниження виробничих ризиків. Використання критерію Гурвіца дозволяє враховувати розрахункову величину виробничого ризику настання кожної з травматичних подій. Для забезпечення автоматизованих розрахунків, ведення баз даних та візуалізації результатів необхідно розробити інформаційну систему, яка забезпечить виконання усіх етапів обробки даних в процесі обґрунтування рішень зі зниження виробничих ризиків на підприємстві.

#### Список літератури

1. Facts on Safe Work ILO Statistics / Електронний ресурс. – Режим доступу :

[https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/worldday/facts\\_eng.pdf](https://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/worldday/facts_eng.pdf)

2. Mustafa Elmontsri. Review of the strengths and weaknesses of risk matrices. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, Vol. 4, No. 1 (March 2014), 49–57.

3. Водяник А. О. Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / А. О. Водяник, ННДПБОП. – Київ, 2008. – 36 с.

4. Литвак Б. Г. Разработка управленческого решения / Б. Г. Литвак. – М. : Дело, 2002. – 392 с.

5. Ременников В. Б. Разработка управленческого решения : учеб. пособие для вузов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 140 с. ISBN 5-238-00162-2.

6. Кружилко О. Є. Наукові засади оперативного управління охороною праці : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / О.Є. Кружилко, ДУ «ННДПБОП». – Київ, 2011. – 36 с.

7. Ткачук К. Н. Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці : [науково-методичний посібник] / Ткачук К. Н., Кружилко О. Є., Праховнік Н. А. – К. : Експодата, 2004. – 186 с.

*Дата подання статті до збірника – 03.10.2016 р.*