

*Предко В.О., нач. упр. ВД ФССНВВтаПЗУ в Харк. обл.,
Мішеніна О.С., зав. лаб., НУЦЗУ,
Стрілець В.М., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ

(представлено д-ром техн. наук Андроновим В.А.)

Показано, що статистичний метод доцільно використовувати для країни в цілому або великих галузей економіки; статистичний метод по об'єднаній вибірці – як для підгалузей економіки, так і окремих регіонів; ймовірно-статистичні – для великих підприємств; експертно-статистичний – для малих підприємств та діляниць; експертний метод – для робочого місця

Ключові слова: професійний ризик, методи розрахунку, статистична оцінка, нещасний випадок

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки населення від різних техногенних джерел в розвинених країнах уже кілька десятиліть здійснюється на основі концепції прийнятного ризику [1], що вимагає кількісного визначення ризику і порівняння його з прийнятним рівнем.

Одним з різновидів техногенних ризиків виступає професійний ризик, який пов'язаний з професійною діяльністю і є результатом дії комплексу різного роду причин: технологічних, організаційних, соціальних та економічних. І саме управління професійним ризиком, яке базується на його кількісній оцінці, є методологічною основою сучасного підходу до організації робіт у сфері охорони праці [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що питання про управління ризиками все більш активно обговорюється і досліджується стосовно природі [3], до техносфери [4], до суспільного та державного управління [5], до економіки [6,7]. Причина цього - в стійкому зростанні різноманіття і масштабів проявлення явища ризику і пов'язаних з цим проблем, підвищення в процесі соціально-економічного розвитку чутливості людини та створених ним організацій вже не до масових, а до рідкісних негативних явищ.

Законодавчо певне тлумачення терміну «професійний ризик» - це вірогідність пошкодження здоров'я або втрати працездатності або смерті працюючого в результаті дії шкідливих і (або) небезпечних виробничих чинників [8].

По аналогії з іншими сферами оцінка професійних ризиків може відбуватися якісними [9,10] і кількісними методами [11,12]. При цьому якісні методи оцінки ризиків використовуються для виявлення і ідентифікації існуючих причин і видів ризиків, а кількісні - для оцінки частоти або вірогідності певних серйозних наслідків в результаті цих ризиків. Звичайно, методи кількісної оцінки більш трудомісткі, і їх вживання зазвичай пов'язане із залученням фахівців з різних областей. Проте їм властивий і ряд переваг: по-перше, лише чисельно виражені ризики або їх компоненти можна порівнювати між собою; по-друге, оцінка відтворна, тобто розрахунки можна повторити; по-третє, значення, отримані шляхом розрахунків, є об'єктивнішими, ніж засновані на якісному порівнянні [12].

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з наведеного вище, поставлена задача оцінки границь застосування існуючих підходів до визначення професійного ризику.

Для оцінки показників професійних ризиків застосовують статистичні, статистичні по об'єднаній вибірці, ймовірнісно-статистичні, експертно-статистичні та експертні методи .

Статистичний метод [13] забезпечує найбільшу точність оцінки (за наявності достатньої статистики). У відповідності зі статистичним методом показник професійного ризику отримання працівником травми в результаті нещасного випадку на виробництві можна оцінити за формулою

$$v_{нс} = n_{нс} / N_p, [1/(\text{чол.} \cdot \text{рік})], \quad (1)$$

де $n_{нс}$ - число нещасних випадків на виробництві на рік на підприємстві (в галузі, на території) ; N_p - чисельність персоналу, що піддається оцінці ризику за рік, що розглядається.

Загальна кількість зареєстрованих нещасних випадків у 2012 році в Україні за даними ФСВНВтаПЗ [14] - 9816 випадків, у тому числі зі смертельними наслідками - 623 випадки. Для подальших кількісних оцінок приймемо чисельність працюючих в Україні дорівнює 10,2 млн. чол.

Тоді індивідуальна ймовірність постраждати від нещасного випадку буде приблизно дорівнювати

$$v_{нс}(\Delta t) = \frac{n_{нс}}{N_p} = \frac{9816 \text{ нв/рік}}{10,2 \cdot 10^6 \text{ чол.}} = 0,962 \cdot 10^{-3} [(\text{чол.} \times \text{рік})^{-1}] \quad (2)$$

а величина професійного ризику загибелі на виробництві в Україні

$$v_{см}(\Delta t) = \frac{n_{см}}{N_p} = \frac{623 \text{ смертей/рік}}{10,2 \cdot 10^6 \text{ чол.}} = 6,11 \cdot 10^{-5} [(\text{чол.} \times \text{рік})^{-1}] \quad (3)$$

У припущенні біноміального розподілу числа постраждалих із загального числа, яке підлягало оцінці професійного ризику, статистична невизначеність оцінок (2,3) характеризується відносною похибкою [15]

$$\delta_Q = \frac{Z_\gamma}{\sqrt{v N_p}} \quad (4)$$

де Z_γ – квантиль нормального розподілу рівня γ .

Очевидно, чим менше оцінювана частота події v і наявний обсяг спостережень N_p , тим більше буде статистична похибка.

Оцінимо, яким повинен бути обсяг спостережень, при якому можлива практична реалізація статистичного методу оцінки професійного ризику отримання виробничої травми працівника на виробництві з похибкою $\delta_{v, \text{нотр}} = 10\%$. Прийmemo довірчу ймовірність $\gamma = 0,9$. Їй відповідає значення $Z_\gamma = 1,282$ [15]. Отримаємо з (7) співвідношення для обсягу спостережень, необхідного для виконання зазначеного обмеження

$$N_p \geq \frac{Z_\gamma^2}{v \delta_{v, \text{нотр}}^2} \quad (5)$$

Для умов наведеного прикладу мінімальний обсяг спостережень для оцінки професійного ризику виникнення нещасного випадку на виробництві повинен бути близько

$$N_p \geq \frac{Z_\gamma^2}{v\delta_{v_{\text{треб}}}^2} = \frac{1,282^2}{0,962 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1^2} \approx 170 \cdot 10^3, \quad (6)$$

а для оцінки професійного ризику виникнення нещасного випадку зі смертельними наслідками

$$N_p \geq \frac{Z_\gamma^2}{v\delta_{v_{\text{треб}}}^2} = \frac{1,282^2}{6,11 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1^2} \approx 2,69 \cdot 10^6. \quad (7)$$

Видно, що показники (6) та (7) задовольняються, як правило, лише для великих галузей економіки.

Для забезпечення необхідної точності оцінки показника професійного ризику отримання травми при недостатності фактично виявлених подій протягом одного року можна збільшувати обсяг спостережень за рахунок збільшення інтервалу спостереження, тобто шляхом об'єднання наявних статистик за ряд послідовних років (статистичний метод по об'єднаній вибірці).

Оскільки наступ несприятливого події (інциденту, нещасного випадку, загибелі або умовної події, яка їх узагальнює) на робочому місці працівника є рідкісною подією, уявімо ці випадки у вигляді пуассонівського потоку випадкових подій [16]. Тоді оцінка частоти події для i -го робочого місця визначається за формулою

$$\lambda_i = \frac{n_i}{t_i} \text{ [рік}^{-1}\text{]}, \quad (8)$$

де n_i - число подій на i -му робочому місці за час t_i , років.

Усереднена частота нещасних випадків зі смертельним результатом для сукупності з N_p працюють в однакових умовах оцінюється за формулою

$$\lambda = \frac{n}{S}. \quad (9)$$

де $n = \sum_{i=1}^{N_p} n_i$ - сумарне число подій за сумарне напрацювання всіх N_p

$$\text{працюючих } S = \sum_{i=1}^{N_p} t_i. \quad (10)$$

Уявімо $S = N_p T$, де T - середнє напрацювання на одного працюючого за один рік. Тоді

$$\lambda = \frac{n}{N_p T}. \quad (11)$$

При $\lambda \cdot \Delta t \ll 1$ для експоненціального розподілу часу між нещасними випадками має місце приблизна рівність

$$\nu(\Delta t) = \lambda \Delta t. \quad (12)$$

Тобто, індивідуальна ймовірність постраждати від нещасного випадку буде за 5 років приближно дорівнювати

$$\nu(1 \div 5) = 5 \cdot \lambda = 5 \cdot 9,62 \cdot 10^{-4} = 4,81 \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

а величина професійного ризику загибелі на виробництві в Україні за 5 років

$$\nu_{cm}(1 \div 5) = 5 \cdot \lambda = 5 \cdot 6,11 \cdot 10^{-5} = 3,55 \cdot 10^{-4}. \quad (14)$$

Виходячи з (5) для забезпечення статистичної похибки 10% при довірчій ймовірності $\gamma = 0,9$ чисельність персоналу, що піддається оцінці індивідуальної ймовірності постраждати від нещасного випадку за 5 років, повинна бути

$$N_p \geq 3,4 \cdot 10^4, \quad (15)$$

а професійного ризику загибелі на виробництві в Україні за 5 років –

$$N_p \geq 5,38 \cdot 10^5. \quad (16)$$

З таблиці 6 [15] при $\gamma = 0,9$ визначаємо, що кількість врахованих спостережень (подій) $n = N_p \nu$, необхідних для забез-

печення статистичної похибки 10%, повинно бути не менше 128 випадків.

Таким чином, обмеження на точність оцінки показника професійного ризику буде виконуватися при чисельності працівників, що зазнають професійного ризику загинути на виробництві, що перевищує 538 тис. чол. Це може стосуватись, як підгалузей економіки, так і окремих регіонів.

Безпосередні ймовірно-статистичні методи застосовуються при відсутності достатньої статистики і заснований на залученні математичних моделей. За їх допомогою можна отримати коректну оцінку показника професійного ризику на великих підприємствах із середньорічним числом нещасних випадків при існуючому рівні виробничого травматизму від 1 до 10 і саме вони лежать в основі Планів ліквідації аварійних ситуацій [17].

У середньому по промисловості України частка q нещасних випадків зі смертельним результатом від загального числа нещасних випадків з урахуванням динаміки її зміни можна прийняти рівною 0,06 (див. вирази (1) і (2)). Для галузей (підгалузей) промисловості, окремих підприємств ця величина може відрізнятись в більшу або меншу сторону, але в цілому при великому обсязі вибірки цей показник має бути досить стабільним.

Нехай n_{Σ} - загальне число нещасних випадків на виробництві на розглядаємому підприємстві в оцінюваному році. Тоді повна індивідуальна ймовірність постраждати від нещасного випадку обчислюється за формулою

$$v_{\Sigma} = n_{\Sigma} / N_P. \quad (17)$$

Порядок цієї величини для промисловості України (2) – $0,962 \cdot 10^{-3}$ (чол. • рік)⁻¹. Відповідно до (6) необхідний обсяг спостережень для оцінки цієї величини з необхідною точністю статистичним методом складе 160 тис. чол. Отже, вимоги щодо необхідних обсягів спостережень завдяки використанню додаткової інформації знижуються майже ніж у 16 разів (2,69 млн. / 170 тис.). В результаті при використанні даних за ряд років показник професійного ризику смерті можна оцінити вже і для великих підприємств.

Показник професійного ризику смерті відповідно до ймовірно-статистичного методу (навіть за відсутності нещасних

випадків зі смертельним результатом на даному підприємстві) може бути оцінений за формулою

$$V_{cm} = v_{\Sigma} q. \quad (18)$$

За припущень, що під час аварії може мати місце один нещасний випадок, мінімальна кількість працюючих на об'єкті для застосування безпосередніх ймовірно-статистичних методів повинна бути

$$N_p = \frac{n_{нв}}{v_{нв}} = \frac{1}{0,962 \cdot 10^{-3}} \approx 10^4 \text{ чоловік.} \quad (19)$$

Таким чином, ймовірно-статистичні методи підходять для великих підприємств.

Експертно-статистичний і експертний методи застосовуються при відсутності статистичних даних безпосередньо з даного об'єкту і засновані на використанні знань і досвіду експертів [18].

Експертно-статистичний метод (характерним прикладом є визначення ступеня базового ризику з подальшою розробкою у відповідності до отриманого значення тих чи інших заходів [12]) заснований на використанні інтегральної оцінки показника професійного ризику R_{np} по групі підприємств (наприклад, у підгалузі) і порівняльних оцінок професійного ризику для підприємств, які входять у розглянуту групу, що одержуються експертним методом з урахуванням непрямих показників травматизму. Його застосування є доцільним для кількісної оцінки показника професійного ризику на середніх і малих підприємствах, де нещасний випадок на виробництві - подія досить рідкісна, яка відбувається 1-2 рази на рік або рідше, тобто статистика практично відсутня.

Найбільш часто в тих випадках, коли та сама діяльність може бути виконана різними способами і її можуть однаково ефективно здійснювати лиця з різними якостями, що компенсують відсутні якості індивідуальним стилем роботи чи іншим способом, звертаються до суб'єктивних критеріїв оцінки ефективності діяльності – методу експертних оцінок [18]. Його суть – оцінка експертами рівня виконання вимог безпеки на конкретному робочому місці. При цьому експерти аналізують усі фактор, що впливають на безпеку.

Висновки:

Результати аналізу методів визначення професійного ризику показують, що масштаб і рівень складності розв'язуваної задачі в значній мірі визначають і вибір методу її вирішення.

Визначено, що статистичний метод доцільно використовувати для країни в цілому або великих галузей економіки; статистичний метод по об'єднаній вибірці – як для підгалузей економіки, так і окремих регіонів; ймовірно-статистичні – для великих підприємств; експертно-статистичний – для малих підприємств та діляниць; експертний метод – для робочого місця.

Всі методи, крім статистичного, застосовуються вимушено. На точність одержуваних з їх допомогою оцінок впливає точність залучаємої додаткової інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по системам управления охраной труда. (МОТ–СУОТ 2001) / (ILO-OSH 2001) [Текст]/ пер. с англ. - Женева: Международное бюро труда, 2003.- 28 с.
2. ГОСТ Р 12.0.010 – 2009. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков [Текст]. - [Дата введения 01-01-2011]. – М.: Стандартинформ, 2011 - 20 с.
3. Оценка и управление природными рисками // Материалы Общероссийской конференции “Риск-2000”. – М.: Анкил, 2000. – 478 с.
4. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. –М.: Машиностроение, 1981. –526 с.
5. Стратегические риски России: оценка и прогноз/ Под ред. Ю.Л. Воробьева. Акимов В.А., Лесных В.В., Порфирьев Б.Н., Радаев Н.Н. – М.: Деловой экспресс, 2005.
6. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения. М.: Дело и сервис, 2002.
7. Хохлов Н.В. Управление риском. - М.: ЮНИТИ, 2001.
8. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (Редакція станом на 18.11.2012)
9. Радаев Н.Н. Определение уровней рисков в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / Радаев

- Н.Н. // Изв - я РАН. Сер. Географическая. - 2003. - №5. – С. 23-28
10. Радионов Н. Оценка рисков как главный механизм безопасности – Научно-виробничий журнал «Охорона праці» (На допомогу спеціалісту з охорони праці) - №12/2012 – С.52-54
 11. Молодкина Н.Н. Проблемы профессионального риска и некоторые подходы к его оценке/ Молодкина Н.Н., Попова Т.Б., Радионова Г.К., Корбакова Л.И.// Медицина труда и пром. экология. – 1997. - № 9. - С. 47-62
 12. Гогіташвілі Г.Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. / Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.-Т., Лапін В.М. — К., 2007. — 367 с.
 13. Старостина А. О. Ризик-менеджмент. Теорія та практика: навчальний посібник / А. О. Старостина, В. А. Кравченко. – К.: ІВЦ «Політехніка», 2004. – 224 с.
 14. Аналіз страхових нещасних випадків на виробництві та профзахворювань за 2012 рік / Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України – Режим доступу: <http://www.social.org.ua/view/3015>
 15. ГОСТ 11.005-74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. –29 с.
 16. Стрелец В.М. Анализ возможностей прогнозирования производственного травматизма / В.М. Стрелец, В.Ю. Осипов, А.В. Зинченко // Материалы двадцать второй международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2013», 28 ноября 2013 г. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С.18-19
 17. Наказ Комітету по нагляду за охороною праці України Міністерства праці та соціальної політики України від 17 червня 1999 року № 112 «Про затвердження Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій»
 18. Гохман О.Г. Экспертное оценивание [Текст]/ Гохман О.Г. – Изд-во Воронежского ун-та, 1991. –152 с.

Предко В.А., Мишенина О.С., Стрелец В.М.

Определение границ использования существующих методов расчета профессионального риска

Показано, что статистический метод целесообразно использовать как для страны в целом, так и для крупных отраслей экономики; статистический метод по объединенной выборке – как для подотраслей экономики, так и для отдельных регионов; вероятностно-статистические – для крупных предприятий; экспертно-статистический – для малых предприятий и участков; экспертный метод - для рабочего места

Ключевые слова: профессиональный риск, методы расчета, статистическая оценка, несчастный случай рабочего места

Predko V.A., Mishenina O.S., Strelec V.M.

Delimitation of the use of existing methods for calculating the occupational risk

It is shown that the statistical method should be used for the whole country or large industries; statistical method to the joint sample – for sub-industries, and individual regions; probabilistic and statistical – for large enterprises; statistical expert – for small businesses and sites; expert method - for the workplace

Key words: professional risk, calculation methods, statistical evaluation, workplace accidents

УДК 681.5

*Рогозін А.С., канд. техн. наук, докторант, НУЦЗУ,
Левченко Р.Т., ад'юнкт, НУЦЗУ*

**АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ЙМОВІРНОСТЕЙ
ЗНАХОДЖЕННЯ СИЛ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В СТАНІ
ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

(представлено д-ром техн. наук Чубом І.А.)

Визначено характер перехідного процесу зміни станів залучення сил цивільного захисту до ліквідації надзвичайних ситуацій, розглядаючи залучення, як однорідний марковський процес

Ключові слова: залучення, сили цивільного захисту, ліквідація, зміна ймовірності, надзвичайна ситуація

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки населення та території нашої країни від надзвичайних ситуацій

Аналіз перехідного процесу зміни ймовірностей знаходження сил цивільного захисту в стані ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій