

УДК 331.45

Технічні науки

Серебренников Вадим Михайлович

кандидат технічних наук, доцент

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Серебренников Вадим Михайлович

кандидат технических наук, доцент

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Serebrenikov Vadim

PhD, Assistant Professor

SHEI «Donetsk National Technical University»

Копайгора Ольга Костянтинівна

асистент

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Копайгора Ольга Константиновна

ассистент

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Koraygora Olga

Assistant

SHEI «Donetsk National Technical University»

Заїкіна Дар'я Павлівна

аспірант

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Заикина Дарья Павловна

аспирант

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Zaikina Daria

PhD Candidate of the

SHEI «Krivoy Rog National University»

**ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АСУОП НА ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ»
ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АСУОТ НА ПАО «КРИВБАССЖЕЛЕЗРУДКОМ»
EVALUATION OF ADEQUACY FOR METHODOICAL MAINTENANCE
OF AOHSMS AT PISC «KZRK»**

***Анотація.** Удосконалення апарату управління охороною праці, шляхом прогнозування ризику виникнення виробничих небезпек, як складової методично-програмного комплексу автоматизованого керування системою управління охороною праці на гірничих підприємствах.*

***Ключові слова:** система «людина-машина-середовище», небезпечна подія, система управління охороною праці.*

***Аннотация.** Совершенствование аппарата управления охраной труда, путем прогнозирования риска возникновения производственных опасностей, как составляющей методическо-программного комплекса автоматизированной системой управления охраной труда на горных предприятиях.*

***Ключевые слова:** система «человек-машина-окружающая среда», опасное событие, система управления охраной труда.*

***Summary.** Improving the apparatus of labor protection management, by predicting the risk of industrial hazards, as part of the methodological and software complex automated system of labor protection management in mining enterprises.*

***Key words:** the system of «human-machine-environment», hazardous event, occupational health and safety management system.*

Вступ. Актуальними в сучасних тенденціях промисловості є автоматизація процесів управління охороною праці, при цьому обов'язковим є наявність автоматизованої системи моніторингу та керування.

Результати і обговорення. Згідно [1, с. 42–49; 2, с. 1–4], введена функція, яка дозволяє визначити рівень ефективності функціонування СУОП:

$$z = \frac{y \cdot K_{on}}{x} \cdot \text{ССВ}, \quad (1)$$

де x – ризик, грн.; y – прибуток, грн.; K_{on} – узагальнений коефіцієнт рівня ОП; ССВ – єдиний соціальний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування.

Треба підкреслити, що складові формули(1) залежать від ризику x як аргументу. Для з'ясування цього питання скористаємось відповідним статистичним матеріалом на прикладі підприємства ПАТ «Кривбасзалізорудком». По-перше, дослідимо залежність прибутку ПАТ «Кривбасзалізорудком» (y) від ризику (x). В таблиці 1 приведені відповідні статистичні дані для ПАТ «Кривбасзалізорудком» за період 2012–2016 рр.

Таблиця 1

Статистичні дані ПАТ «Кривбасзалізорудком» за період 2005–2016 рр.

Роки	Вхідна змінна (прибуток, грн. · 10 ⁸)	Вихідна змінна		
		Ризик	Узагальнений коефіцієнт рівня ОП, K_{on}	Єдиний соціальний внесок на загальнообов'язкове державне соціальне страхування (ССВ)
2012	7,72·10 ⁸	51840	0,59	0,35
2013	9,41·10 ⁸	51840	1,01	0,35
2014	12,56·10 ⁸	25920	1,15	0,35
2015	9,41·10 ⁸	23040	0,631	0,35
2016	13,00·10 ⁸	25920	1,114	0,22

I. На підставі аналізу кореляційного поля статистичних даних табл. 1 (рис. 1), було обрано нелінійну парну регресію у вигляді поліному другого порядку, яка найбільш точно описує досліджувану залежність прибутку підприємства від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання.

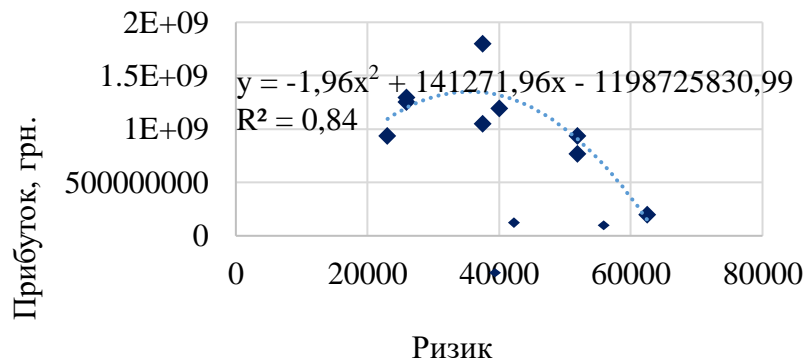


Рис. 1. Залежність прибутку підприємства від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання

Обробка статистичних даних ПАТ «Кривбасзалізорудком» (табл. 1 та рис. 1) за допомогою пакету Excel дало такі результати регресійного аналізу.

Рівняння нелінійної регресії у вигляді полінома другого порядку має наступний вигляд: $y = -1198725831 + 141272 \cdot x - 1,96 \cdot x^2$, (2)

де x – ризик; y – прибуток, грн.

Згідно аналізу рівняння регресії (2), індекс детермінації дорівнює:

$$R^2 = 0,84 . \quad (3)$$

Індекс кореляції становить величину: $R = 0,92$. (4)

Для оцінки значущості індексу детермінації використовується F – критерій Фішера, який обчислюється по формулі:

$$F_{\text{факт}} = \frac{R^2}{1-R^2} \frac{n-m}{m-1} = 5,25, \quad (5)$$

де n – число спостережень; m – число параметрів в рівнянні регресії.

Для рівня достовірності $P = 0,75$ критичне значення F – критерія $F(0.25;2;2) = 3,0$. Оскільки $F_{\text{факт}} = 5,25 > 3,0$, робимо висновок, що для рівня

достовірності $P = 0,75$ індекс детермінації (3) є значущим. Таким чином, можна стверджувати, що на рівні достовірності $P = 0,75$ рівняння регресії (2) є значущим і може бути застосовано в дослідженнях. По-друге, дослідимо залежність узагальненого коефіцієнта рівня ОППАТ «Кривбасзалізорудком» (K_{on}) від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання (x).

II. На підставі аналізу кореляційного поля статистичних даних табл. 1 (рис. 2), було обрано нелінійну регресію у вигляді поліному другого порядку.

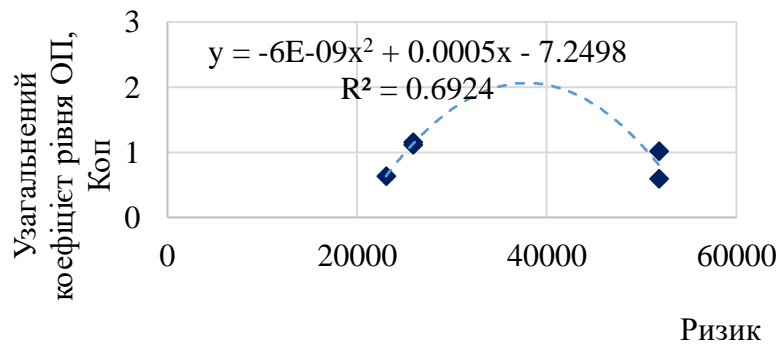


Рис. 2. Залежність узагальненого коефіцієнту рівня ОППАТ від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання

Обробка статистичних даних ПАТ «Кривбасзалізорудком» (табл. 1 та рис. 2) за допомогою пакету Excel дало такі результати регресійного аналізу. Рівняння нелінійної регресії у вигляді полінома другого порядку має наступний вигляд: $K_{on} = -8 \cdot 10^{-9} \cdot x^2 + 6 \cdot 10^{-4} \cdot x - 7,464$. (6)

Згідно аналізу рівняння регресії (5.2.5), індекс детермінації дорівнює:

$$R^2 = 0,41 . \quad (7)$$

Для оцінки значущості індексу детермінації використовується F -критерій, який згідно формулі (5), дорівнює: $F_{факт} = 0,695$. (8)

Для рівня достовірності $P = 0,75$ критичне значення F -критерія $F(0.25;2;2) = 3,0$. Оскільки $F_{факт} = 0,695 < 3,0$, робимо висновок, що для рівня достовірності $P = 0,75$ індекс детермінації (7) не є значущим. Таким чином,

можна стверджувати, що на рівні достовірності $P = 0,75$ рівняння регресії (6) не є значущим і не може бути застосовано в дослідженнях. Внаслідок, рівняння регресії (6) записується так: $K_{on} = \overline{K_{on}}$, (9) де $\overline{K_{on}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 K_{on,i}$. Згідно даних табл. 1, формула (9) приймає вигляд: $K_{on} = 2,723$. (10). На рис. 3 представлено рівняння (10) у вигляді відрізка прямої.

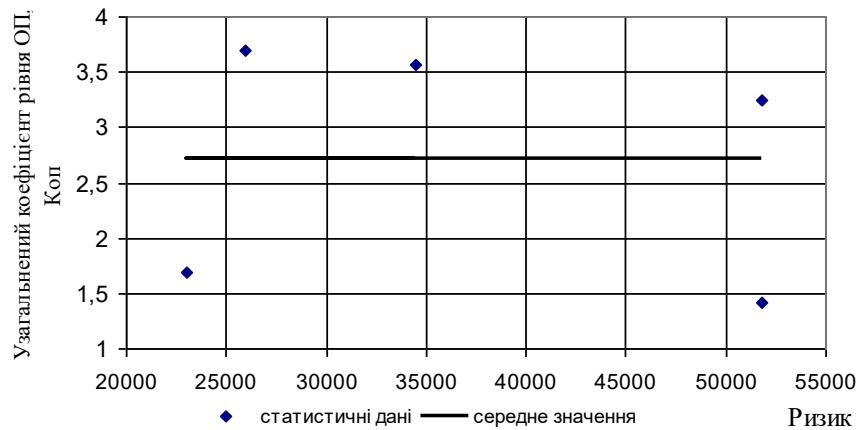


Рис. 3. Залежність узагальненого коефіцієнту рівня ОП від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання

По-третє, дослідимо залежність єдиного соціального внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування ЄСВ ПАТ «Кривбасзалізорудком» (ЄСВ) від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання (x) за 2012–2016 рр.

III. На підставі аналізу кореляційного поля статистичних даних табл. 1 (рис. 4) можна зробити висновок, що не існує залежності між ЄСВ і ризиком виникнення нещасного випадку/профзахворювання.

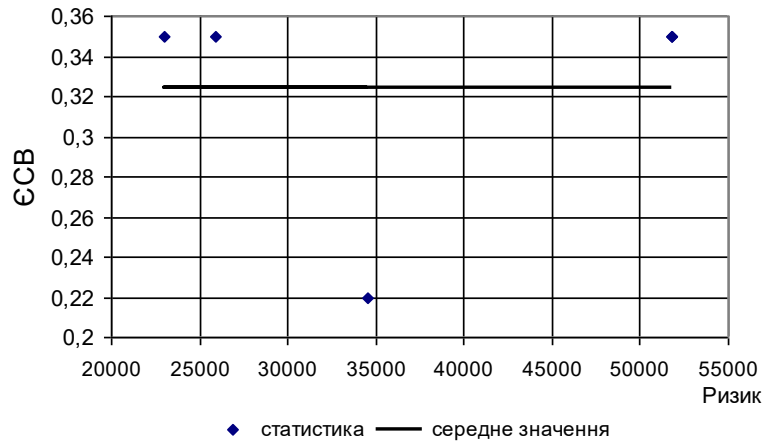


Рис. 4. Залежність ЄСВ від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання

Тому рівняння регресії записується так: $ЄСВ = \overline{ЄСВ}$, (11)

$$\text{де } \overline{ЄСВ} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 ЄСВ_i.$$

Згідно статистичних даних (табл. 1) рівняння (11) приймає вигляд:

$$ЄСВ = 0,324. \quad (12)$$

Враховуючи (2), (10) і (12), формула (1) має вид:

$$z = (-1198725831 + 141272 \cdot x - 1,96 \cdot x^2) \frac{2,723}{x} 0,324, \text{ або, після алгебраїчних}$$

$$\text{перетворень, } z = -\frac{1057578262}{x} + 124637,5 - 1,729 \cdot x. \quad (13)$$

Таким чином, формула (13) визначає залежність ефективності функціонування системи управління охороною праці від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання. Аналіз функції (13) вказує на наявність максимуму, який можна знайти аналітичним методом. Для цього, згідно необхідній умові існування екстремуму, обчислюємо похідну функції (13) і прирівнюємо її нулю:

$$z' = \frac{1057578262}{x^2} - 1,729 = 0. \quad (14)$$

Розв'язуючи рівняння (14), знаходимо значення ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання:

$$x_0 = 24732. \quad (15)$$

При цьому, згідно достатній умови існування екстремуму, знаходимо знак похідної другого порядку: $z''(24732) = -\frac{2 \cdot 1057578262}{x^3} \Big|_{x=24732} = -0,00014 < 0$, що означає наявність максимуму функції.

Знаходимо максимальне значення функції:

$$z_{\max} = z(24732) = -\frac{1057578262}{24732} + 124637,5 - 1,729 \cdot 24732 = 39114,3. \quad (16)$$

Таким чином, при ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання, який визначається величиною (15), ефективності функціонування СУОП є максимальною і дорівнює (16).

На рис. 5 представлено графік функції (13), який підтверджує проведені вище аналітичні розрахунки.

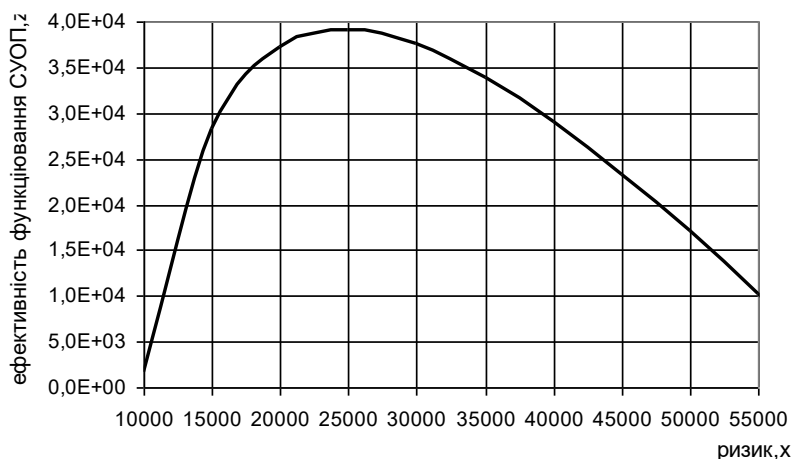


Рис. 5. Залежність ефективності функціонування СУОП від ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання

Далі необхідно дослідити залежність прибутку підприємства ПАТ «Кривбасзалізорудком» від ефективності функціонування СУОП. Для цього формули (2) і (13) треба представити як параметричний запис шуканої залежності:

$$\begin{cases} y = -1198725831 + 141272 \cdot x - 1,96 \cdot x^2 \\ z = -\frac{1057578262}{x} + 124637,5 - 1,729 \cdot x \end{cases} \quad (17)$$

В системі (17) ризик виникнення нещасного випадку/профзахворювання x є параметром. Якщо виключити параметр x із системи (17), то буде знайдена необхідна залежність прибутку (y) від ефективності функціонування СУОП (z). Разом з цим, при отриманні аналітичного запису такою залежності викликають певні труднощі, пов'язані з алгебраїчними перетвореннями. Тому вважається доцільним, користуючись пакетом Excel, здобути графік зображення залежності (17) у необхідних координатах. В табл. 2 представлені результати обчислень по формулі (17).

Таблиця 2

Результати обчислень по формулі (17)

Ризик виникнення нещасного випадку/профзахворювання, x	Прибуток, y	Ефективність функціонування СУОП, z
10000	17994169	1590
15000	479354169	28197
20000	842714169	37179
25000	1108074169	39109
30000	1275434169	37515
35000	1344794169	33906
40000	1316154169	29038
45000	1189514169	23331
50000	964874169	17036
55000	642234169	10314
60000	221594169	3271

На рис. 6 представлено графік залежності прибутку (y) від ефективності функціонування СУОП (z), побудований згідно даних табл. 2.

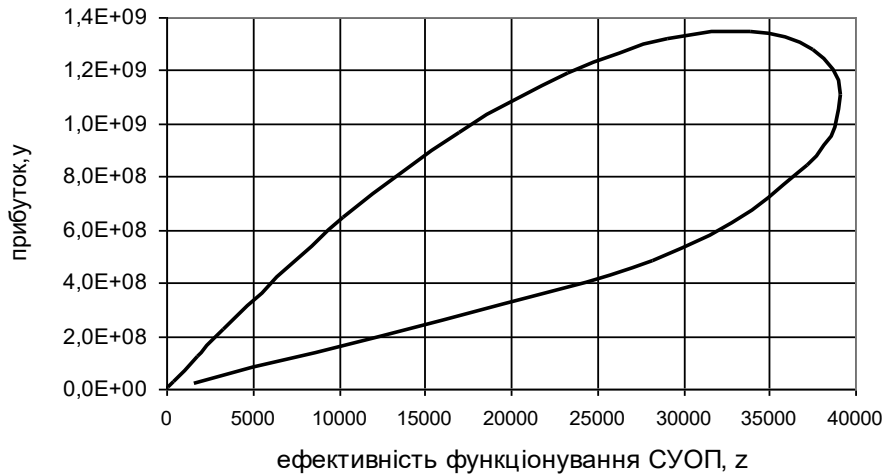


Рис. 6. Залежність прибутку від ефективності функціонування СУОП

Аналіз графіка, приведенного на рис. 6, вказує на те, що маємо криву у вигляді «петлі», тобто досліджувана функція є двозначною. При початкових значеннях ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання (x) здійснюється рух по нижній гілці «петлі», досягаючи крайнього положення. При цьому, при збільшенні ефективності функціонування СУОП (z) збільшується прибуток (y). Далі, при збільшенні ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання (x) прибуток (y) продовжує збільшуватися, досягаючи найбільшого значення, але ефективності функціонування СУОП (z) починає зменшуватися. І, наостанок, подальше збільшення ризику виникнення нещасного випадку/профзахворювання (x) приведе до зменшення як ефективності функціонування СУОП (z), так і прибутку (y). Формула (17) дозволяє аналітично обчислити оптимальну величину ефективності функціонування СУОП (z), при якій прибуток (y) буде найбільший. Для цього, згідно необхідній умові існування екстремуму функції, обчислюємо похідну параметрично заданої функції і прирівнюємо

$$\text{її нулю: } y'(z) = \frac{y'(x)}{z'(x)} = \frac{141272 - 3,92 \cdot x}{\frac{1057578262}{x^2} - 1,729} = 0. \quad (18)$$

$$\text{Розв'язуючи рівняння (18), знаходимо: } x_0 \approx 36039. \quad (19)$$

Підставляючи (19) в (17), знаходимо шукані величини:

$$z_0 \approx 32981, y_{\max} = 1346909116. \quad (20)$$

Таким чином, при ефективності функціонування СУОП, визначеною величиною (20), прибуток досягає найбільшої величини, яка також визначена в (20). Разом з цим, формула (17) дозволяє обчислити найбільшу можливу ефективність функціонування СУОП і прибуток, який при цьому буде мати місце. Для цього, знову скористаємось необхідною умовою існування екстремуму функції, але обчислимо похідну параметрично заданої функції, вважаючи ефективність функціонування СУОП залежною від прибутку:

$$z(y) = \frac{z'(x)}{y'(x)} = \frac{\frac{1057578262}{x^2} - 1,729}{141272 - 3,92 \cdot x} = 0. \quad (21)$$

Розв'язуючи рівняння (5.2.20), знаходимо:

$$x_0 \approx 24732. \quad (22)$$

Підставляючи (22) в (17), знаходимо шукані величини:

$$z_{\max} \approx 39114, y_0 = 1096335295. \quad (23)$$

Таким чином, найбільша ефективність функціонування СУОП і прибуток, який має місце при цьому, визначаються величинами, згідно (23).

Висновки. Проаналізовано інформацію щодо систематичних порушень вимог охорони праці на шахті «Батьківщина» ПАТ «Кривбасзалізрудком» за період 2011–2016 рр.. Визначено, що усунення порушень, яке здійснювалось силами виробничих ділянок, забезпечило зниження рівня ризику на шахті «Батьківщина» ПАТ «Кривбасзалізрудком» тільки за 9 місяців 2016 р. в 1,3 раза. Результативність СУОП в рамках функціонування АСУОП дорівнює 12294,84 грн.. Визначено максимальну величину ризику $x_{\max} = 24722$, та прибутку $y_{\max} = 13,47 \cdot 10^8$, при якому має місце максимум рівня ефективності СУОП – $z_{\max} = 39114,3$ грн.. Адекватність розробленого методичного забезпечення і статистичну значущість її параметрів було оцінено за багатьма критеріями. Визначено

множинний коефіцієнт кореляції $R = 0,916$, який свідчить про тісний зв’язок досліджуваних факторів з результатом. Розраховано значення критерію Фішера $F_{\text{fact}} = 5,25 > F_{\text{табл}} = 3,0$, що підтверджує адекватність моделі, статистичну значущість її параметрів і показника щільності зв’язку R .

Література

1. Швагер Н. Ю., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П. Розроблення методики визначення результативності СУОП на основі застосування концепції управління організаційно – управлінськими професійними ризиками. World science. 2018. Vol. 1, № 3(31). - С. 42–49.
2. Спосіб оцінки ризику виникнення професійного захворювання у шахтарів в системі управління охороною праці : пат. 122295 Україна : МПК А61В 5/00. № и 2017 08460; заявл. 17.09.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. №. 24.