

¹ Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ТА ПРИБУТКУ ПІДПРИЄМСТВА

¹ Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

JUSTIFICATION OF CO-RELATION OF OCCUPATIONAL SAFETY AND BUSINESS PROFITS

Мета роботи. Метою статті є визначення взаємозв'язку безпеки праці і прибутку підприємства.

Методика дослідження. Для досягнення поставленої мети використано методи наукового дослідження, що містять узагальнення та аналіз літературних джерел; методи системного аналізу, дослідження операцій, теорії ймовірності, методи математичної статистики і експертних оцінок.

Результати досліджень. Визначено, що економічні механізми заходів щодо поліпшення безпеки праці повинні визначатися, насамперед, економічним виразом соціального значення охорони праці з метою вибору оптимального рішення. У статті також розглянуто показники, що характеризують та впливають на безпеку праці, відповідно, на величину прибутку підприємства. Досліджено так зване «економічне значення охорони праці», яке визначається результатами зміни соціальних показників й економічними факторами. Відображено питання кількісної та якісної оцінки економічної ефективності функціонування системи управління охороною праці під час розробки родовищ корисних копалин підземним способом. Здійснено спробу математичного опису взаємозв'язку безпеки праці та прибутку підприємства. Визначено оптимальні та максимальні показники ризику, прибутку та ефективності функціонування системи управління охороною праці на прикладі гірничого підприємства ПАТ «Кривбасзалізрудком». З'ясовано, що найвищий ступінь безпеки праці досягається за умови, якщо весь комплекс показників перебуває в межах допустимих границь порогових значень.

Наукова новизна полягає в авторському підході до опису залежності показників підприємства, що впливають як і на безпеку праці, так і на величину прибутку, що спричиняє пошук нових напрямків та шляхів вдосконалення організаційно-технічного забезпечення охорони праці.

Практична значимість полягає у розробці методичного підходу, що базується на модифікованій збалансованій системі показників, що пов'язує матеріальні, трудові ресурси тощо, які розглядаються в аспекті забезпечення безпеки, з досягненням максимально можливого рівня ефективності виробництва.

Ключові слова: охорона праці, система управління охороною праці, безпека праці, прибуток, взаємозв'язок, показники збитків, величина виникнення ризиків, травми

Вступ. Гірничі підприємства є складною великою виробничою системою з особливо небезпечними умовами праці, зумовленими вибухонебезпечними та пожежонебезпечними властивостями, обваленнями тощо. Непередбачені (раптові) зміни гірничо-геологічних умов або природних сил, недотримання правил промислової безпеки або неправильні дії працівників можуть призвести до тяжких наслідків, які, в деяких випадках, супроводжуються численними людськими

жертвами. Безсумнівно, вирішення зазначеної проблеми неможливе без детального аналізу причин та наслідків травматизму, на підставі якого і встановлюється теоретичні засади попередження виникнення інцидентів.

Згідно з роботами [1; 2], поставлено важливе питання: наскільки закономірними (передбачуваними) чи випадковими є випадки виробничого травматизму. З одного боку, нещасний випадок – це одинична подія, яку не завжди можна передбачити чи спрогнозувати. Проте аналіз та практика свідчить, що за природою свого походження нещасні випадки визначені детермінованістю характеру та підтверджується повторюваністю причин та обставин.

У роботі [3] наголос поставлено на тому, що «нинішні» показники оцінки стану загального травматизму: частоти і важкості травматизму та непрацездатності, мають суттєвий недолік, бо не враховують стан відповідності робочих місць та устаткування вимогам охорони праці; виконані заходи, тощо.

Відомо, що частота виникнення травматизму на підприємствах підпорядковується закономірності:

– яка нагадує піраміду [Г. Хенріх], в основі якої покладено порушення (ризик), що мають місце на підприємствах, вище – мікротравми, на ступінь вище – травми з тимчасовою втратою працездатності, а ближче до вершини – події з тяжкими наслідками;

– безліч нещасних випадків передвіщує більші, що дає можливість оцінювати ймовірність виникнення аварій.

Вивчення нещасних випадків допоможе підприємству скорегувати умови, які ведуть до виникнення аварій, знижуючи тим самим ймовірність збитку (втрат, шкоди).

Найбільш поширена інтерпретація трикутника співвідношення між потенційно небезпечними ситуаціями та травматизмом пояснюється Ф. Бердом [4], тобто:

– 600 ліквідованих причин потенційно небезпечних випадків веде до запобігання 30 випадкам пошкодження майна;

– 10 випадкам легких травм та 1 випадку важкого травматизму.

Зокрема, для цього і слід проаналізувати інші підстави виникнення небезпечних інцидентів. У той же час дослідження, що мають на меті виявлення основних причин нещасних випадків на виробництві, повинні виконуватися безпосередньо на кожному гірничому підприємстві з урахуванням його специфіки.

Предикторами травм технічного характеру з втратою робочого часу та зі смертельними наслідками слугують [5; 6]:

– незадовільний технічний стан виробничих об'єктів та стан засобів виробництва (3,6 % і 2,5 %);

– конструктивні недоліки засобів виробництва (1,2 %);

– недосконалість технологічного процесу, його невідповідність вимогам безпеки (1,0 %).

З урахуванням викладеного вище, дійшли висновку, що причинами нещасних випадків є обставини, в яких працівник вимушено здійснює небезпечні дії, що призводять до виникнення інцидентів, травм і аварій. Вимушені порушення вимог

безпеки є наслідком обставин, сформованих керуючим персоналом всіх рівнів підприємства та в допущенні працівників до процесів і операцій, в яких вони свідомо порушуватимуть вимоги безпеки (наукові нароби Анрі Файоля достатньо точно визначає найбільш оптимальні принципи управління персоналом, що може допомогти ефективно вирішити проблему з опрацюванням організації праці).

На думку провідних фахівців охорони праці, на шахтах Кривбасу головним чинником у профілактиці виробничого травматизму на сьогоднішній день є розробка і впровадження у виробництво нової досконалої техніки і технології видобутку залізної руди. У той же час не враховуються такі ефективні заходи, як організація праці, підвищення рівня гігієнічних знань, ролі і відповідальності роботодавця, ролі людського фактору, що поліпшують безпеку праці тощо. Так, досвід Швеції показує, що заходи з охорони праці можуть зумовити позитивні фінансові результати діяльності підприємства. Дослідження, проведене в 108 компаніях, показало, що капіталовкладення в охорону праці привели до зниження невходів на роботу через хворобу і підвищенню продуктивності. Термін окупності заходів становив в середньому три роки. Таким чином, назріла потреба вдосконалення політики в галузі охорони праці.

Формулювання цілей статті. Важливою умовою впливу на безпеку праці є масштаби стимулювання, прямий зв'язок між заходами і фінансовим результатом, ефективна постановка цілей тощо. Враховуючи вищевикладене, існує необхідність пошуку нових шляхів вдосконалення організаційно-технічного забезпечення охорони праці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Необхідним у процесі організації виробничого процесу є фінансування профілактичних заходів з охорони праці підприємством. Позитивним моментом у визначенні та підтвердженні технічної можливості і економічної доцільності прийнятих заходів з охорони праці являється обчислення ефект від впровадження. Таким чином, безпеку праці необхідно вважати похідною ефективності комплексу здійснених профілактичних заходів. Основою розробки подібного комплексу заходів є всебічний аналіз травматизму. Дослідження передбачають вивчення групи чинників та показників. Базовими з них є причини і обставини, джерела травм; вид інцидентів; наслідки травматизму; тощо.

Таким чином, визначимо оптимальні та максимальні показники ризику, прибутку та ефективності функціонування системи управління охороною праці на прикладі гірничого підприємства ПАТ «Кривбасзалізрудком».

Здійснимо обробку статистичних даних ПАТ «Кривбасзалізрудком», які містять параметри прибутку та ризику за певний проміжок часу (табл. 1 та рис. 1).

Результати статистичних і розрахованих по рівнянню регресії значень залежності прибутку від ризику подано графічно на рис. 1 та одержано наступні результати регресійного аналізу.

Рівняння квадратичної лінії регресії має наступний вигляд:

$$y = -1113632130 + 140511 \cdot x - 1,938 \cdot x^2, \quad (1)$$

де x – ризик; y – прибуток, грн.

Таблиця 1

Статистичні дані ПАТ «Кривбасзалізрудком» за період 2009–2016 рр.

Роки	Вхідна змінна (прибуток, грн.)	Вихідна змінна
2010	$11,97 \cdot 10^8$	40000
2011	$18,03 \cdot 10^8$	37500
2012	$7,72 \cdot 10^8$	51840
2013	$9,41 \cdot 10^8$	51840
2014	$12,56 \cdot 10^8$	25920
2015	$9,41 \cdot 10^8$	23040
2016	$13,00 \cdot 10^8$	25920

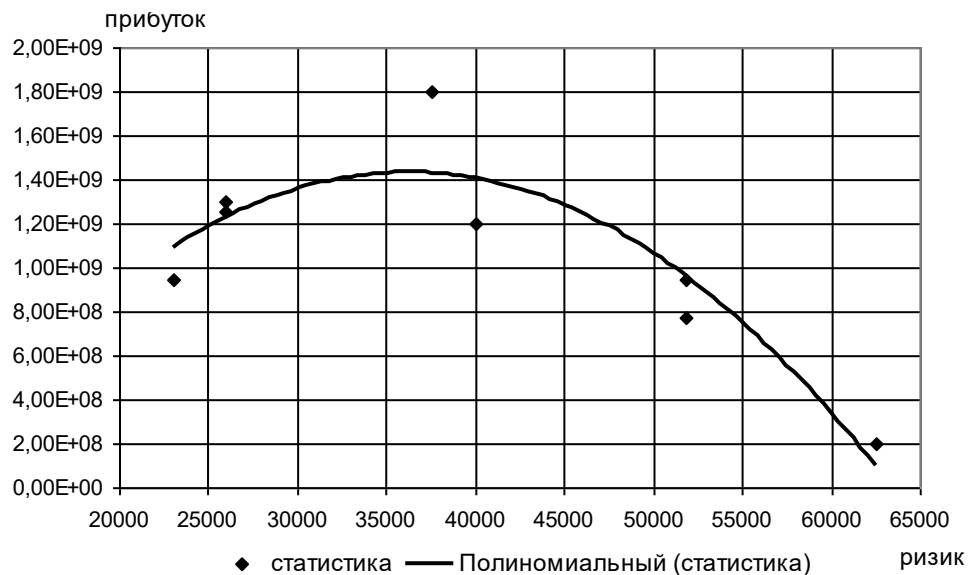


Рис. 1. Залежність прибутку підприємства від ризику виникнення нещасних випадків

Оцінимо статистичну значущість коефіцієнтів моделі.

Відповідно до проведеного обчислення, індекс детермінації дорівнює:

$$R^2 = 0,8285. \quad (2)$$

Коефіцієнт багатовимірної кореляції становить величину:

$$R = 0,91. \quad (3)$$

Для визначення значущості рівняння регресії використано критерій Фішера, який обчислюється по формулі:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \frac{n-m}{m-1} = \frac{0,8285}{1-0,8285} \frac{5-3}{3-1} = 4,83, \quad (4)$$

де n – об’єм вибірки; m – число параметрів в рівнянні регресії.

Для рівня достовірності $P = 0,75$ критичне значення $F_{кр}(0,25;2;2) = 3,0$.

Таким чином, для рівня достовірності $P = 0,75$ має місце нерівність $F = 4,83 > F_{кр} = 3,0$, тобто рівняння регресії є значущим.

Згідно рівняння (1), залежність прибутку (y) від ризику (x) задається квадратичною залежністю:

$$y = a + bx + cx^2, \quad (5)$$

Очевидно, що залежність (5) є екстремальною, тобто при певному значенні ризику, прибуток буде максимальним. Іншими словами, при малому значенні ризику, багато коштів витрачається на те, щоб зменшити ймовірність виникнення небезпек (нещасних випадків), що впливає на прибуток. З іншого боку, якщо значення ризику – велике, то прибуток зменшиться через витрати на компенсацію небезпеки (нещасних випадків), оскільки ймовірність їх появи буде значущою, що накладає обмеження на параметри параболи (1). Тоді, $c < 0$, так як гілки параболи спрямовані вниз. Знаходимо максимум функції (1):

$$y' = b + 2cx = 0, \quad (6)$$

тобто,

$$x_0 = -\frac{b}{2c}, \quad (7)$$

Так як $x > 0$ та $c < 0$, то $b > 0$.

Розглянемо функцію, яка визначає рівень ефективності функціонування системи управління охороною праці:

$$z = \frac{y \cdot K_{on}}{x} \cdot ECB. \quad (8)$$

На першому кроці будемо вважати, що K_{on} та ECB не залежать від параметру ризику (x). Очевидно, що, з огляду на (5), при певній величині ризику матиме місце максимум рівня ефективності системи управління охороною праці. Тому, знайдемо екстремум функції (8).

Підставимо (5) у (8):

$$z = \frac{(a + bx + cx^2)K_{on}}{x} \cdot ECB, \quad (9)$$

Тоді, враховуючи, що:

$$\hat{z} = \frac{z}{K_{on} \cdot ECB} - b, \quad \hat{z} \cdot K_{on} \cdot ECB = z - b, \quad z = \hat{z} \cdot K_{on} \cdot ECB + b,$$

Знаходимо максимальну величину рівня ефективності функціонування системи управління охороною праці:

$$z_{\max} = \hat{z}_{\max} \cdot K_{on} \cdot ECB + b, \quad z_{\max} = 2\sqrt{ac} \cdot K_{on} \cdot ECB + b. \quad (10)$$

Визначимо максимальне значення ефективності функціонування системи управління охороною праці. Отже, згідно необхідної умови існування екстремуму, обчислюємо похідну функції і прирівнюємо її нулю:

$$z' = \frac{324374312,3}{x^2} - 0,564 = 0 \quad (11)$$

Розв'язуючи рівняння (11), знаходимо значення ступеню ризику виникнення нещасних випадків:

$$x_0 = 23982. \quad (12)$$

При цьому, згідно достатньої умови існування екстремуму, знаходимо знак похідної другого порядку:

$$z''(23982) = -\frac{2 \cdot 324374312,3}{x^3} \Big|_{x=23982} = -4,7 \cdot 10^{-5} < 0,$$

що означає наявність максимуму функції.

Знаходимо максимальне значення функції:

$$z_{\max} = z(23982) = -\frac{324374312,3}{23982} + 40927,5 - 0,564 \cdot 23982 = 13875,9 \text{ грн.} \quad (13)$$

Таким чином, при ризику виникнення нещасних випадків і/або профзахворювань, який визначається величиною (11), ефективність функціонування СУОП є максимальною і дорівнює (13).

Надалі дослідимо залежність прибутку підприємства ПАТ «Кривбасзалізорудком» від ефективності функціонування СУОП. Для цього формули (1) і (2) представляємо, як параметричний запис шуканої залежності:

$$\begin{cases} y = -1113632130 + 140511 \cdot x - 1,938 \cdot x^2 \\ z = -\frac{324374312,3}{x} + 40927,5 - 0,564 \cdot x \end{cases} \quad (14)$$

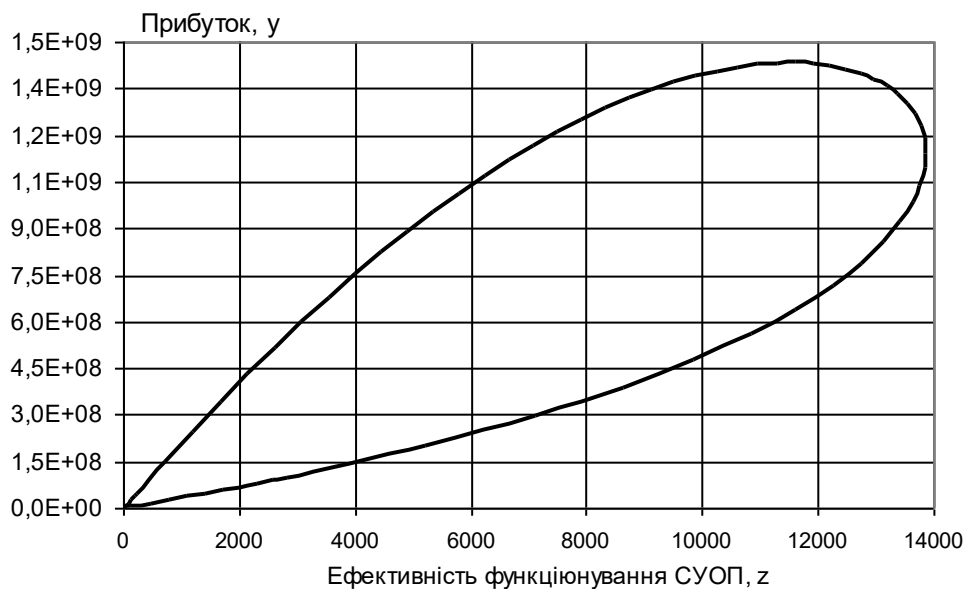


Рис. 2. Залежність прибутку від ефективності функціонування СУОП

Якщо виключити параметр x із системи (14), 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. На рис. 2 представлено графік залежності прибутку (y) від ефективності функціонування СУОП (z).

Аналіз графіка, приведеного на рис. 2, вказує на те, що маємо криву у вигляді «петлі», тобто досліджувана функція є двозначною. При початкових значеннях ризику виникнення нещасних випадків і/або профзахворювань (x) здійснюється рух по нижній гілці «петлі», досягаючи крайнього положення. При збільшенні ефективності функціонування СУОП (z) збільшується прибуток (y). Далі, при збільшенні величини x , величина y продовжує збільшуватися, досягаючи найбільшого значення, але z починає зменшуватися. Проте, подальше збільшення ризику виникнення небезпеки (x) приведе до зменшення, як ефективності функціонування СУОП (z), так і прибутку (y).

Розв'язуючи рівняння (14), знаходимо:

$$x_{\max} \approx 36252.$$

Підставляючи (9) в (8), знаходимо шукані величини:

$$z_0 \approx 11534, \quad y_{\max} \approx 1433238500$$

Таким чином, при ефективності функціонування СУОП, визначеною величиною, прибуток досягає найбільшої величини. Разом з цим, формула (14) 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 параметричнозаданої функції, вважаючи ефективність функціонування СУОП залежною від прибутку:

$$z(y) = \frac{z'(x)}{y'(x)} = \frac{\frac{324374312,3}{x^2} - 0,564}{140511 - 3,876 \cdot x} = 0. \quad (15)$$

Розв'язуючи рівняння (15), знаходимо:

$$x_0 \approx 23982. \quad (16)$$

Підставляючи (16) в (11), знаходимо шукані величини:

$$z_{\max} \approx 13876, \quad y_0 \approx 1141483950.$$

Таким чином, максимальне значення прибутку дорівнює 13876 при оптимальній величині ефективності функціонування СУОП – 114148395 грн.. Важливо підкреслити, що найвищий ступінь безпеки праці досягається за умови, якщо весь комплекс показників перебуває в межах допустимих границь порогових значень (тобто порогові значення одного показника досягаються не на шкоду іншим).

Висновки. Підводячи підсумки, при розгляді ефективності управлінських рішень в сфері охорони праці, необхідно враховувати той факт, що витрати на безпеку праці в принципі не можуть безпосередньо приносити прибуток, бо є допоміжними для цілей виробництва і не пов'язані безпосередньо з виробництвом і реалізацією будь-якого товару. Проте, заходи з охорони праці не є чисто витратними або збитковими. Слід враховувати те, що виробництво товару (послуг) передбачає збільшення доходів, а заходи з охорони праці та/або безпеки виробництва – мінімізацію збитків. Отож, сума прямих і непрямих втрат становить

загальний збиток від несприятливої події. Якщо в результаті проведених заходів гіпотетична несприятлива подія не відбулася, то можна говорити про відвернений збиток. Тому, запобігання шкоди дорівнює загальному збитку від реалізації потенційної небезпеки. Це гіпотетичний збиток від гіпотетичного нещасного випадку або аварії. Таким чином, різниця між запобіганням шкоди і реальними прямими витратами на заходи з безпеки праці утворюють своєрідний «дохід» від цих заходів.

Перелік посилань

1. Євтушенко, О.В., & Водяник, А.О. (2013). Дослідження впливу профілактичних заходів на ризику травмування на виробництві. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті*. 2, 691–692.
2. Романчук, А.Л. (2015). Оцінка ефективності діяльності сучасного підприємства: теоретичний та методичний аспекти. *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту КНТЕУ*, 1, 95–105.
3. Березуцький, В. В. (2014). Индикаторы опасности. *Complex systems security management*.
4. Germain, G. L., & Clark, M. D. (2007). A Tribute to Frank E. Bird Jr. 1921–2007. *Professional Safety*.
5. Nowrouzi-Kia, B., Sharma, B., Dignard, C., Kerekes, Z., Dumond, J., Li, A., Larivière, M. (2017). Systematic review: Lost-time injuries in the US mining industry. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 67(6), 442–447.
doi:10.1093/occmed/kqx077
6. Yilmaz, F., & Tosun, S. B. (2018). Evaluation of safety trends in construction, mining and transportation sectors in Turkey. *Sigurnost*, 60(1), 13–23.
doi:10.31306/s.60.1.2

АННОТАЦІЯ

Цель. Целью статьи является определение взаимосвязи безопасности труда и прибыли предприятия.

Методика. Для достижения поставленной цели использовались методы научного исследования, содержащие обобщение и анализ литературных источников; методы системного анализа, исследования операций, теории вероятности, методы математической статистики и экспертных оценок.

Результаты. Определено, что экономические механизмы мероприятий по улучшению безопасности труда должны определяться, прежде всего, экономическим выражением социального значения охраны труда с целью выбора оптимального решения. В статье также рассмотрены показатели, характеризующие и влияющие на безопасность труда, соответственно, на величину прибыли предприятия. Исследовано так называемое «экономическое значение охраны труда», которое определяется результатами изменения социальных показателей и экономическими факторами. Отражен вопрос количественной и качественной оценки экономической эффективности функционирования системы управления охраной труда при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Предпринята попытка математического описания взаимосвязи безопасности труда и прибыли предприятия. Определены оптимальные и максимальные показатели риска, прибыли и эффективности функционирования системы управления охраной труда на примере горного предприятия ОАО «Кривбассжелезрудком». Выяснено, что высшая степень безопасности труда достигается при условии, если весь комплекс показателей находится в пределах допустимых границ пороговых значений.

Научная новизна заключается в авторском подходе к описанию зависимости показателей предприятия, влияющие как и на безопасность труда, так и на величину прибыли, что вызывает поиск новых направлений и путей совершенствования организационно-технического обеспечения охраны труда.

Практическая значимость заключается в разработке методического подхода, основанного на модифицированной сбалансированной системе показателей, связывает материальные, трудовые ресурсы и т.д., которые рассматриваются в аспекте обеспечения безопасности, с достижением максимально возможного уровня эффективности производства.

Ключевые слова: *охрана труда, система управления охраной труда, безопасность труда, прибыль, взаимосвязь, показатели убытков, величина возникновения рисков, травмы*

ABSTRACT

The purpose of the work to determine the co-relation of occupational safety and business profits.

Research methods. An integrated approach is applied, including the collection, systematization and analysis of actual data; methods of system analysis, operations research, probability theory, methods of mathematical statistics and expert estimates.

Results. It is determined that the economic mechanisms of measures to improve occupational safety should be found one's position, first of all, by the economic expression of the social significance of occupational health and safety with the aim of choose the optimal solution. The article also index that characterize and affect occupational safety are discussed, respectively, on the amount of profit of the enterprise. The so-called «economic value of occupational health and safety », that is determined by the results of changes in social indicators and economic factors, is investigated. The question of quantitative and qualitative assessment of the economic efficiency of the functioning of the HSE management system during development of mineral deposits by underground mining is reflected. An attempt of mathematical formulation the co-relation of occupational safety and business profits is exerted. The optimal and maximum indices of risk, profit and HSE-MS system performance effectiveness were determined using the example of the mining enterprise PISC «KZRK». It was found that the highest level of occupational safety is achieved upon condition that the whole complex of indicators is been within the acceptable limits of threshold values.

Scientific novelty in the author's approach to the description of the dependence of enterprise's indicators, affecting or occupational safety as well as profit, that causes a search for new directions and ways to improve the organizational and technical support of occupational health and safety.

Practical significance is expressed in developing a methodological approach which is based on a modified balanced system that is connected the material resources and labor forces etc., which are considered in the aspect of ensuring safety, with achieving the highest possible level of production efficiency.

Key words: *occupational health and safety, HSE management system, occupational safety, business profits, co-relation, indicator of losses, value of the risk, injury*