

## УДОСКОНАЛЕННЯ ОЦІНКИ РИЗИКІВ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ

О. Є. Кружилко<sup>1</sup>, В. В. Майстренко<sup>1</sup>, Н. В. Володченкова<sup>1</sup>, І. М. Ткалич<sup>2</sup>,  
О. І. Полукаров<sup>3</sup>, Г. В. Демчук<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, Україна

<sup>2</sup>Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київ, Україна

<sup>3</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

\*E-mail для листування: olkruzhilko@ukr.net

Отримано: 09 грудня 2022; Прийнято: 23 грудня 2022

Цитувати як: Кружилко, О. Є., Майстренко В. В., Володченкова, Н. В., Ткалич, І. М., Полукаров, О. І., Демчук, Г. В. (2022). Удосконалення оцінки ризиків на основі моделювання наслідків виробничого травматизму. *Проблеми охорони праці в Україні*, 38(3-4), 11–15.

У статті проаналізовано результати теоретичних досліджень та практичних підходів до оцінки професійних ризиків. Незважаючи на значну кількість теоретичних напрацювань, для ефективного управління ризиками на робочих місцях основними проблемними завданнями, які потребують вирішення, залишається розроблення практичних рекомендацій із застосування існуючих методів, підходів, алгоритмів. Проаналізовано підходи до оцінки виробничих ризиків, що базуються на використанні статистичних даних про виробничий травматизм. Відзначено, що для практичного застосування запропонованого підходу необхідно мати актуалізовані бази даних та інформаційні системи, призначені для обробки даних та візуалізації результатів. Запропоновано для практичного використання математичну модель коефіцієнта важкості виробничого травматизму, яка має вигляд залежності вказаного коефіцієнта від множини чинників, що впливають (причини нещасного випадку, виду події, віку та стажу роботи потерпілого). Для побудови моделі запропоновано використання методу регресійно-кореляційного аналізу. Дослідження отриманої моделі дозволило встановити ступінь впливу чинників на можливі наслідки нещасних випадків. Зокрема встановлено, що саме вид події, яка має найменшу частоту прояву (падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо) максимальною мірою впливає на кількість днів непрацездатності. Урахування виявлених величин впливу факторів дозволило сформулювати обґрунтовані профілактичні заходи.

**Ключові слова:** охорона праці, ризик, виробничий травматизм, математична модель.

## IMPROVEMENT OF RISK ASSESSMENT BASED ON MODELING THE CONSEQUENCES OF INDUSTRIAL INJURIES

O. Kruzhilko<sup>1\*</sup>, V. Maistrenko<sup>1</sup>, N. Volodchenkova<sup>1</sup>, I. Tkalych<sup>2</sup>, O. Polukarov<sup>3</sup>, H. Demchuk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Technical university «Metinvest polytechnic», LLC, Zaporizhzhia, Ukraine

<sup>2</sup>Public Agency "National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health", Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute of the Name of Igor Sikorskiy", Kyiv, Ukraine

\*E-mail for correspondence: olkruzhilko@ukr.net

Received: 09 December 2022; Accepted: 23 December 2022

Cite as: Kruzhilko, O., Volodchenkova, N., Maistrenko, V., Tkalych, I., Polukarov, O., Demchuk, H. (2022). Improvement of risk assessment based on modeling the consequences of industrial injuries. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 38(3-4), 11–15.

The article analyzes the results of theoretical studies and practical approaches to the assessment of professional risks. Despite a significant amount of theoretical work, for effective risk management at workplaces, the main problematic tasks that need to be solved remain the development of practical recommendations for the application of existing methods, approaches, and algorithms. Approaches to the assessment of industrial risks based on the use of statistical data on industrial injuries are analyzed. It was noted that for the practical application of the proposed approach, it is necessary to have updated databases and information systems designed for data processing and visualization of results. A mathematical model of the coefficient of severity of industrial injuries is proposed for practical use, which has the form of dependence of the specified coefficient on a set of influencing factors (cause of the accident, type of event, age and length of service of the victim). To build the model, it is proposed to use the method of regression-correlation analysis. The study of the obtained model made it possible to establish the degree of influence of factors on the possible consequences of accidents. In particular, it was established that the type of event that has the lowest frequency of manifestation (falling, collapsing, collapsing of objects, materials, rock, soil, etc.) has the greatest impact on the number of days of incapacity for work. Taking into account the identified values of the influence of the factors made it possible to form reasonable preventive measures.

**Keywords:** labor protection, risk, occupational injuries, mathematical model

### 1. Постановка проблеми

Необхідність розроблення нових методів управління охороною праці зумовлена удосконаленням законодавства з охорони праці, активним застосуванням міжнародного досвіду. Одним із напрямів підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах є запровадження ризик-орієнтованого підходу. Незважаючи на наявність великої кількості наукових публікацій та практичних напрацювань,

процедури оцінювання ризиків залишаються достатньо складними для використання суб'єктами господарювання.

Такі негативні явища як виробничий травматизм та професійна захворюваність наявні в усіх галузях сучасного виробництва. Вказані явища (насамперед, виробничий травматизм) іноді настають незалежно від об'єктивних та суб'єктивних причин, адже в окремих випадках зумовлені фатальним збігом обставин. Разом з тим, розроблення дієвих систем управління професійними ризиками повинно

враховувати особливості умов конкретних підприємств (галузей економіки), а пріоритетність розроблення таких систем визначається рівнем безпеки та умов праці. Найбільш активно питання вдосконалення управління охороною праці шляхом застосування ризик-орієнтованого підходу постають і розробляються для підприємств, де наявні шкідливі виробничі чинники, джерела небезпек. На таких підприємствах, переважно спостерігається достатньо високий рівень виробничого травматизму, а при розробленні профілактичних заходів використовуються результати аналізу статистичних даних, не враховується вплив виробничих чинників на показники травматизму. Отже, результати дослідження показників виробничого травматизму (як важливої складової загальної оцінки виробничого ризику) можуть використовуватись для визначення пріоритетних напрямів робіт з охорони праці.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ризики можуть спричинити нещасні випадки, матеріальні збитки для компанії і нанести шкоду економіці, тому їх слід уникати або, якщо це неможливо, звести до мінімуму [1, 2]. Запобігання ризику означає дію чи практику, спрямовані на те, щоб уберегти працівника від ушкодження здоров'я на роботі. На відміну від запобігання, контроль – це термін, який описує діяльність із пом'якшення, коли ризик неможливо запобігти. Принципи стратегій запобігання та контролю закріплені в кількох частинах законодавства ЄС про здоров'я та безпеку.

Здоровий глузд і законодавство вимагають, щоб роботодавці оцінювали ризики для своїх співробітників і вживали відповідних профілактичних або контрольних заходів [1]. Профілактичні заходи спрямовані на уникнення ризиків, заходи контролю застосовуються для зменшення та управління ризиками. Щоб полегшити їх вибір, заходи пропонується класифікувати за різними критеріями: технічні заходи, організаційні заходи або особисті заходи. Найвищий рівень розглядається як найефективніший з точки зору боротьби з ризиками. Нижчі рівні слід застосовувати, лише якщо заходи вищого рівня недоступні або якщо їх застосування буде невиправданим з огляду на витрачені зусилля і ресурси [2].

Удосконаленню методичних підходів оцінки ризиків у системі управління охороною праці присвячені дослідження [3, 4, 5]. Авторами проведено аналіз існуючих методів оцінки ризиків і зазначено, що їх велика кількість, а також відсутність єдиної термінології та структури інструментів може призвести до помилок отриманих результатів. Також підкреслюється, що практичне впровадження ризик-орієнтованого підходу в системах управління охороною праці ускладняється відсутністю універсального підходу щодо оцінки ризиків та відповідних автоматизованих систем, які б могли значно спростити реалізацію процедури оцінки та підвищити якість профілактичних заходів безпеки.

Підвищення результативності заходів із запобігання виробничому травматизму на основі моделювання системи охорони праці в машинобудуванні запропоновано проводити на основі застосування методу математичного моделювання показників травматизму [6]. Такий підхід можна вважати виправданим, оскільки він пов'язує результати оцінки ризиків і превентивні заходи з охорони праці, але для практичного застосування подібних підходів необхідно розробити відповідний алгоритм (методику) збору, аналізу та обробки даних, а також інформаційну систему, що дозволить

автоматизувати розрахунки, візуалізувати та зберігати результати.

За результатами інших досліджень [7] розроблено послідовну модель стану охорони праці для підприємств Мінінфраструктури України, яка (на думку авторів) дає можливість отримати незалежну оцінку того, наскільки добре підприємство працює порівняно з іншими компаніями, а також деталізувати прогалини в ефективності безпеки праці та визначити відповідні завдання для її поліпшення. Але при цьому результати дослідження спираються виключно на аналіз даних ретроспективного характеру, не враховують зміни, що відбуваються на підприємствах [7]. Отже, для практичного застосування запропонованого підходу необхідно мати актуалізовані бази даних та автоматизовані засоби обробки даних.

Таким чином, дослідження показників, що характеризують наслідки виробничого травматизму, залишається актуальним завданням, результати вирішення якого дозволять оцінювати виробничі ризики та формувати дієві профілактичні заходи.

## 3. Постановка завдання та його вирішення

### 3.1. Матеріали та методи

Як один із важливих елементів, що визначає виробничий ризик, пропонується розглядати коефіцієнт важкості виробничого травматизму, оскільки саме цей коефіцієнт дозволяє встановити взаємозв'язок між ймовірністю настання негативної події (нещасний випадок) і її наслідками.

Кількість нещасних випадків залежить від кількості усунених порушень вимог охорони праці, обсягів фінансування профілактичних заходів та інших чинників (у запропонованому дослідженні детальний розгляд цього показника проводитись не буде). Разом з тим, кількість днів непрацездатності в результаті нещасного випадку залежить від причин нещасного випадку, видів подій, віку та стажу роботи потерпілого та інших факторів, використання даних про які дозволить побудувати математичну модель. З урахуванням викладеного, математична модель коефіцієнта важкості виробничого травматизму ( $K_B$ ) має такий вигляд:

$$K_B = \frac{K_{ДН}}{K_{НВ}} = \frac{F_1(PR, VP, VK, ST)}{K_{НВ}}, \quad (1)$$

де  $K_{ДН}$  – кількість днів непрацездатності для випадків із втратою працездатності на один і більше днів;  $K_{НВ}$  – кількість нещасних випадків;  $F_1$  – математична модель, що встановлює аналітичну залежність кількості днів непрацездатності від множини чинників, що впливають;  $PR$ ,  $VP$  – питома вага причин нещасних випадків та виду подій, відповідно;  $VK$ ,  $ST$  – змінні, що апроксимують, відповідно, питому вагу віку та загального стажу роботи потерпілих через нещасні випадки.

Для побудови математичної моделі, що встановлює залежність коефіцієнта важкості виробничого травматизму від чинників, що впливають, запропоновано побудувати математичну модель, що встановлює залежності кількості днів непрацездатності (для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів) від множини чинників. При цьому зроблено припущення, що на кількість днів непрацездатності впливають такі чинники, як види подій та причини нещасних випадків, а також вік та загальний стаж роботи потерпілих через нещасні випадки.

Для проведення досліджень було зібрано дані про виробничий травматизм за останні три роки на підприємствах добувної промисловості. Для кількісної

оцінки чинників, що впливають на кількість днів непрацездатності в результаті статистичної обробки даних про нещасні випадки було визначено їх питому вагу, яка визначається відсотком кількості нещасних

випадків за певним критерієм (наприклад, конкретною причиною або видом події) до загальної кількості випадків. Результати розрахунків зведено до таблиць 1 та 2.

Таблиця 1 – Питома вага причин та видів подій, що призвели до нещасного випадку

Причина нещасного випадку (PR)			Вид події, що призвела до нещасного випадку (VP)		
Код	Найменування	Питома вага, %	Код	Найменування	Питома вага, %
25	Порушення трудової і виробничої дисципліни (у т.ч.: невиконання посадових обов'язків, невиконання вимог інструкцій з охорони праці)	71,17	04	Дія предметів та деталей, що рухаються, розлітаються, обертаються	30,96
12	Порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо	9,09	24	Інші види	25,13
36	Особиста необережність потерпілого	6,10	02	Падіння потерпілого	22,61
21	Невикористання засобів індивідуального захисту за їх наявності	3,48	03	Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо	9,13

Таблиця 2 – Питома вага причин та видів подій, що призвели до нещасного випадку

Вік потерпілого (VK), років	Питома вага, %	Стаж потерпілого (ST), років	Питома вага, %
41 – 50	45,15	понад 21	58,82
31 – 40	21,87	16 – 20	15,34
51 – 55	15,48	11 – 15	11,42
26 – 30	9,57	до 5	7,52
21 – 25	5,65	6 – 10	5,11

У загальному випадку математичний вираз залежності коефіцієнта важкості виробничого травматизму від чинників, що впливають, має вигляд поліному:

$$Y = F(X) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i X_j + \dots \quad (2)$$

де  $Y$  – показник (вихідна змінна);  $X_i, X_j$  – чинники (вхідні змінні);  $a_0, a_i, a_{ij}$  – постійні коефіцієнти моделі;  $n$  – кількість чинників, що враховуються.

Побудова таких моделей здійснюється методом регресійно-кореляційного аналізу, який широко використовується в сфері охорони праці [6, 8, 9].

Процес побудови моделі полягає у розрахунку множини постійних коефіцієнтів поліному (2), який встановлює залежність між модельованим показником і множиною чинників. Початкові дані: масив даних у вигляді таблиці. Перший стовпець – модельований показник, інші стовпці – чинники, що мають вплив на нього.

### 3.2. Результати дослідження та їх обговорення

Для моделювання коефіцієнта важкості травматизму проведено обробку зібраних даних. При цьому зроблене припущення: чим вище частота прояву того або іншого фактора, що впливає на настання нещасного випадку, тим менш тяжкими будуть наслідки цього випадку. Таке припущення ґрунтується на результатах досліджень ризиків настання нещасних випадків та небезпечних подій на виробництві [10, 11].

На підставі вказаного припущення величину впливу кожного з чинників розраховано як взаємно обернену величину його питомої ваги (див. табл. 1 та 2). Так, наприклад, для причини нещасного випадку з кодом 25

питома вага становить 71,17, отже величина впливу розраховується як:  $1/71,17=0,0141$ . Розраховані в такий спосіб дані були занесені у таблицю 3.

Як свідчить аналіз зібраних статистичних даних про виробничий травматизм, мінімальне та максимальне значення кількості днів непрацездатності становлять, відповідно, 5 та 22 дні.

З використанням регресійно-кореляційного аналізу на основі обробки даних, представлених у табл. 3, отримано математичну модель, що встановлює залежність кількості днів непрацездатності через нещасні випадки від множини чинників, що впливають. Отримана модель має вигляд:

$$K_{\text{дн}} = 0,5833 + 23,7296 \cdot PR + 98,5621 \cdot VP + 7,0180 \cdot VK + 21,4189 \cdot ST, \quad (3)$$

де  $PR, VP, VK, ST$  – змінні, що апроксимують величину впливу на модельований показник відповідно: причини нещасного випадку, виду події, віку та стажу роботи потерпілого.

Результати моделювання та похибку апроксимації відображено в табл. 3. Середня похибка апроксимації становить 2,42 %, що свідчить про достатньо високу точність апроксимації отриманої моделі.

Отримані результати дозволяють зробити такі висновки.

По-перше, оскільки отримано математичну модель у вигляді поліному першого ступеню, це означає, що в цьому випадку можна не брати до уваги взаємний вплив різних чинників.

По-друге, оскільки усі постійні коефіцієнти моделі (2) додатні, можна вважати підтвердженням припущення щодо

зворотньо-пропорційного впливу частоти прояву фактора та величини модельованого показника.

По-третє, відносно величину впливу факторів можна визначити, приймаючи величину максимального постійного коефіцієнта за одиницю, а величини інших розрахувати як відношення їхньої величини до величини максимального коефіцієнта.

По-четверте, збільшення обсягів початкових даних для моделювання дозволить побудувати математичну залежність з урахуванням взаємного впливу різних факторів, а дослідження такої моделі дозволить виявити інші, неочевидні зв'язки факторів.

Таблиця 3 – Початкові дані та результати моделювання кількості днів непрацездатності

Обернена питома вага чинників, що впливають на кількість днів непрацездатності				Кількість днів непрацездатності (К <sub>дн</sub> )		Похибка апроксимації
PR	VP	VK	ST	Факт.	Розрах.	
0,0141	0,0323	0,0221	0,1330	7	7,1039	0,1039
0,1100	0,0398	0,0457	0,0652	9	8,8331	0,1669
0,1639	0,0442	0,0646	0,0876	11	11,1615	0,1615
0,2874	0,1095	0,1045	0,1330	22	21,7792	0,2208
0,0141	0,0323	0,0221	0,0170	5	4,6198	0,3802
0,0141	0,0398	0,0457	0,0170	6	5,5238	0,4762
0,1100	0,0442	0,0646	0,0652	9	9,4027	0,4027
0,1639	0,0323	0,1045	0,0876	10	10,2658	0,2658
0,0141	0,0398	0,0221	0,1330	8	7,8425	0,1575
0,0141	0,1095	0,0221	0,0170	12	12,2317	0,2317
0,1100	0,0323	0,0457	0,0652	8	8,0945	0,0945
Середні значення				10		0,2420

Використання результатів моделювання дозволяє обґрунтувати профілактичні заходи, спрямовані в цьому випадку на можливе зменшення наслідків виробничого травматизму, оцінених у днях непрацездатності потерпілих. Встановлено, що подія, яка має найменшу частоту прояву, а саме «Падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи, ґрунту тощо», максимально впливає на кількість днів непрацездатності. Тому запропоновано приділити більше уваги зниженню імовірності настання нещасних випадків, пов'язаних саме з цією подією. Як профілактичні заходи можуть бути запропоновані: проведення позапланових інструктажів (тренінгів) з питань безпеки при виконанні робіт в умовах можливого падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи; проведення позапланових перевірок обладнання, виробничих приміщень тощо.

#### Висновки

Таким чином, запропонований підхід до оцінки виробничих ризиків, де як наслідок настання небезпеки, що призвела до нещасного випадку, визначено кількість днів непрацездатності. Показано, що на основі обробки зібраних

статистичних даних методом регресійно-кореляційного аналізу може бути побудована математична модель, що встановлює залежність кількості днів непрацездатності в результаті нещасних випадків від множини чинників, що впливають. Як основні чинники впливу взято до розгляду причини нещасного випадку, виду події, віку та стажу роботи потерпілого.

Запропонований підхід може бути застосований на інших підприємствах, де є схожі виробничі умови, стаються нещасні випадки або травматичні події. Запровадження запропонованого підходу стимулюватиме роботодавців до ведення обліку та аналізу не тільки нещасних випадків, але й травматичних подій для отримання більшої статистичної бази для проведення подальших досліджень. Використання результатів досліджень дозволить забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці, сприятиме залученню працівників до активної участі у плануванні профілактичних заходів.

#### Конфлікт інтересів

При проведенні дослідження щодо змісту статті конфлікту інтересів сторін не спостерігалось.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Chambers H. Prevention and control strategies. URL: [https://oshwiki.eu/wiki/Prevention\\_and\\_control\\_strategies](https://oshwiki.eu/wiki/Prevention_and_control_strategies) (дата звернення: 10.09.2021).
2. Kuhl K., Brück C. Hierarchy of prevention and control measures. URL: [https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy\\_of\\_prevention\\_and\\_control\\_measures](https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy_of_prevention_and_control_measures) (дата звернення: 01.12.2022).
3. Кружилко О. Є., Сторож Я. Б., Лютак З. І., Праховнік Н. А. (2017). Методичні засади оцінки виробничих ризиків при плануванні профілактичних заходів. *Проблеми охорони праці в Україні*: зб. наук. праць. 33. 15–21.
4. Bochkovskyi, A. P. (2018). Actualization of the scientific principles elaboration on evaluating the risks of occupational danger occurrence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 6 (168). 95–103.
5. Ткалич І. М. (2019). Теоретичні основи побудови методики оцінки професійного ризику, прийнятої для підприємств різних видів економічної діяльності. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 3/(116). 113–119.

6. Таїрова Т. М., Романенко Н. В., Сліпачук О. А. (2020). Підвищення результативності заходів із запобігання виробничому травматизму на основі моделювання системи охорони праці в машинобудуванні. *Проблеми охорони праці в Україні*. 36(4). 23–29.
7. Левченко О. Г., Ільчук О. С., Пулька Ч. В. (2021). Упровадження бенчмаркінгу охорони праці на підприємствах Мінінфраструктури України. *Проблеми охорони праці в Україні*. 37(2). 38–43.
8. Kruzhylo, O., Volodchenkova, N., Maystrenko, V., Bolibrukh, B., Kalinchyk, V., Zakora, A., Feshchenko, A., Yeremenko, S. (2021). Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 108 (1). 35–41.
9. Kruzhylo, O., Cherneha, R., Maystrenko, V., Polukarov, O., Kalinchyk, V. (2019). Modelling and forecasting the workplace environmental physical factors values, *Archives of Materials Science and Engineering*. 100/1-2. 21–33.
10. Березуцький В. В. (2019). Ризик орієнтований підхід в охороні праці: монографія: LAP Lambert Academic Publishing. 108 с.
11. Здановський В. Г., Кружилко О. Є. (2020). Наукові розробки ризик-орієнтованого підходу у галузі охорони праці: монографія. Суми: Університетська книга. 360 с.

## REFERENCES

1. Chambers H. Prevention and control strategies. URL: [https://oshwiki.eu/wiki/Prevention\\_and\\_control\\_strategies](https://oshwiki.eu/wiki/Prevention_and_control_strategies) (дата звернення: 10.09.2021).
2. Kuhl K., Brück C. Hierarchy of prevention and control measures. URL: [https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy\\_of\\_prevention\\_and\\_control\\_measures](https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy_of_prevention_and_control_measures) (дата звернення: 01.12.2022).
3. Kruzhylo O. Ye., Storozh Ya. B., Liutak Z. I., Prakhovnik N. A. (2017). Metodichni zasady otsinky vyrobnychkykh ryzykiv pry planuvanni profilaktychnykh zakhodiv. *Problemy okhorony pratsi v Ukraini: zb. nauk. prats.* 33. 15–21.
4. Bochkovskyi A.P. (2018). Actualization of the scientific principles elaboration on evaluating the risks of occupational danger occurrence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 6 (168). 95–103.
5. Tkalych, I. M. (2019). Teoretychni osnovy pobudovy metodyky otsinky profesiinoho ryzyku, pryiniatnoi dlia pidpriemstv riznykh vydiv ekonomichnoi diialnosti. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. 3/(116). 113–119.
6. Tairova, T. M., Romanenko, N. V., Slipachuk, O. A. (2020). Pidvyshchennia rezultatyvnosti zakhodiv iz zapobihannia vyrobnychomu travmatyzmu na osnovi modeliuvannia systemy okhorony pratsi v mashynobuduvanni. *Problemy okhorony pratsi v Ukraini*. 36(4). 23–29.
7. Levchenko, O. H., Ilchuk, O. S., Pulka, Ch. V. (2021). Uprovazhennia benchmarkinhu okhorony pratsi na pidpriemstvakh Mininfrastruktury Ukrainy. *Problemy okhorony pratsi v Ukraini*. 37(2). 38–43..
8. Kruzhylo, O., Volodchenkova, N., Maystrenko, V., Bolibrukh, B., Kalinchyk, V., Zakora, A., Feshchenko, A., Yeremenko, S. (2021). Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 108 (1). 35–41.
9. Kruzhylo, O., Cherneha, R., Maystrenko, V., Polukarov, O., Kalinchyk, V. (2019). Modelling and forecasting the workplace environmental physical factors values, *Archives of Materials Science and Engineering*. 100/1-2. 21–33.
10. Berezutskyi, V. V. (2019). Ryzyk orientovanyi pidkhid v okhoroni pratsi: monohrafiia: LAP Lambert Academic Publishing. 108 s.
11. Zdanovskyi, V. H., Kruzhylo, O. Ye. (2020). Naukovi rozrobky ryzyk-orientovanoho pidkhodu u haluzi okhorony pratsi: monohrafiia. Sumy: Universytetska knyha. 360 s.