

УДК 331.45

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-3-33>

## АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

**Майстренко Володимир Володимирович,**  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля  
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»  
ORCID ID: 0000-0001-9827-0460

**Чеберячко Сергій Іванович,**  
доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри безпеки праці та охорони довкілля  
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»  
ORCID ID: 0000-0003-3281-7157

**Репін Микола Володимирович,**  
кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри безпеки праці та охорони довкілля  
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»  
ORCID ID: 0000-0002-0318-8278

*Створення здорових і безпечних умов праці на робочих місцях – основне завдання роботодавця в процесі виробничої діяльності. Для профілактики виробничого травматизму на підприємствах металургії виникає потреба в проведенні оцінки виробничих ризиків і плануванні превентивних заходів, спрямованих на їх зниження.*

*Важливою складовою у підвищенні результативності такої оцінки є використання статистичних даних щодо випадків виробничого травматизму на підприємствах металургійної галузі, які підлягають спеціальному розслідуванню, а саме смертельних і групових нещасних випадків, а також нещасних випадків із тяжкими наслідками й аварій. Для підвищення точності бальної оцінки виробничих ризиків на робочих місцях проаналізовано стан виробничого травматизму серед працівників металургійної галузі за даними нещасних випадків у 2022–2023 роках.*

*Наявність таких даних дає змогу побудувати математичну модель залежності бальної оцінки ризику настання нещасного випадку залежно від факторів виробничого середовища, до яких належить інформація про нещасні випадки (НВ): час НВ, причина НВ, тип і вид події, дані про підприємство, де стався нещасний випадок.*

*За результатами аналізу найбільш травмонебезпечних професій працівників металургійної галузі виявилось, що найбільш уразливою групою професій є електромонтер із ремонту й обслуговування електроустановок, сталевар, вальцювальник, а також апаратник. За результатами аналізу статистичних даних встановлено, що за організаційними причинами сталося 58 % нещасних випадків від загальної кількості, причому більшість із них сталися із причин невиконання посадових обов'язків і невиконання вимог інструкцій з охорони праці. Основою обґрунтованого планування та реалізації дієвих профілактичних заходів є ідентифікація наявних на виробництві небезпек та адекватна оцінка виробничого ризику, складовою якої є результати аналізу стану виробничого травматизму.*

**Ключові слова:** виробничий травматизм, методи математичного моделювання, оцінка ризику.

**Maistrenko Volodymyr, Cheberyachko Serhii, Repin Mykola. Analysis of industrial injuries at metallurgical enterprises in Ukraine**

*Creating healthy and safe working conditions in the workplace is the main task of the employer in the process of production activities. To prevent industrial injuries at metallurgical enterprises, it is necessary to conduct an assessment of industrial risks and plan preventive measures aimed at reducing them.*

*An important component in increasing the effectiveness of such an assessment is the use of statistical data on cases of industrial injuries at metallurgical enterprises, which are subject to special investigation, namely: fatal and group accidents, as well as accidents with serious consequences and accidents. To increase the accuracy of the point assessment of industrial risks at workplaces, the state of industrial injuries among metallurgical employees was analyzed according to accident data in 2022–2023.*

*The availability of such data makes it possible to build a mathematical model of the dependence of the point assessment of the risk of an accident depending on the factors of the production environment, which include information on accidents (AoA): time of AoA, cause of AoA, type and type of event, data on the enterprise where the accident occurred.*

*According to the results of the analysis of the most traumatic professions of workers in the metallurgical industry, it was found that the most vulnerable group of professions is an electrician for repair and maintenance of electrical installations, a steelworker, a rolling mill operator, and a machine operator. As a result of the analysis of statistical data, it was established that 58 % of the total number of accidents occurred for organizational reasons, and most of them occurred due to failure to perform job duties and failure to comply with the requirements of labor protection instructions. The basis for sound planning and implementation of effective preventive measures is the identification of existing hazards in production and an adequate assessment of production risk, a component of which are the results of the analysis of the state of industrial injuries.*

**Key words:** industrial injuries, methods of mathematical modeling, risk assessment.

**Вступ.** Проблема створення безпечних умов праці на робочих місцях, зниження рівня виробничого травматизму, незважаючи на значну кількість теоретичних і практичних напрацювань, залишається актуальною і потребує розв'язання.

Для розробки ефективних управлінських рішень щодо виробничої безпеки на робочих місцях металургійних підприємств в умовах використання ризико-орієнтованої моделі оцінки заходів із профілактики виробничого травматизму запропоновано математичну модель системи охорони праці для машинобудування, яка враховує складові стану виробничого травматизму в галузі.

Дослідження базуються на фактичних статистичних даних щодо причин і наслідків виробничого травматизму за період 2022–2023 років. Такий підхід пов'язує превентивні заходи зі зниження виробничих ризиків із результатами оцінки виробничого травматизму, що дає змогу знизити суб'єктивність оцінки ризиків.

Запропонований підхід щодо управління охороною праці в машинобудівній галузі базується на компонентному та функціональному методах, оцінці ризику настання травматичних подій через визначення ймовірності виявлення передумов виникнення небезпек, які можуть привести до такої ситуації, та встановлення наслідків її реалізації.

Ця модель відрізняється від інсуючих тим, що вона враховує наявну статистичну інформацію, пов'язану з ризиком настання випадків виробничого травматизму та дає змогу встановити залежність його рівня від виробничих чинників на робочому місці.

**Мета роботи** – проаналізувати стан виробничого травматизму в металургійній галузі та сформулювати рекомендації щодо використання результатів такого аналізу для формування превентивних заходів.

**Методики, матеріали та результати досліджень.** Пріоритетним завданням залишається розроблення заходів, спрямованих на

підвищення ефективності функціонування системи охорони праці з використанням ризико-орієнтованого підходу. Науковці [1; 2; 3] у своїх працях застосували методи математичного моделювання показників стану виробничого травматизму та професійної захворюваності на робочих місцях для обґрунтування заходів зі зниження виробничих ризиків.

Реалізація небезпек на виробництві може спричинити виникнення нещасних випадків і матеріальних збитків для компаній і завдати шкоду економіці, тому їх слід уникати або, якщо це неможливо, звести до мінімуму [1; 2].

Щоб полегшити вибір, превентивні заходи класифікуються за критеріями: технічні заходи, організаційні заходи та персональні заходи. Найвищий рівень розглядається як найефективніший із позиції боротьби з ризиками. Нижчі рівні слід застосовувати, лише якщо заходи вищого рівня недоступні або якщо їх застосування буде невиправданим з огляду на витрачені зусилля й ресурси [2].

Для побудови математичної моделі системи охорони праці з множини показників, що характеризують кожну підсистему системи охорони праці, вибирають найбільш впливові або узагальнені. Для визначення найбільш впливових показників наглядової діяльності з охорони праці застосовують методи кореляційно-регресійного аналізу для з'ясування тісноти і спрямованості зв'язку між кожним показником наглядової діяльності з охорони праці та показником виробничого травматизму в галузі [3].

Удосконаленню методичних підходів оцінки ризиків у системі управління охороною праці присвячені дослідження [3; 4; 5]. У цих роботах наведено аналіз наявних методів оцінки ризиків і встановлено, що практичне використання ризик-орієнтованого підходу ускладнюється відсутністю універсального підходу до підготовки заходів із безпеки виробництва.

Питанням підвищення ефективності заходів зі зниження рівня виробничого травматизму на основі моделювання системи управління

охороною праці в машинобудуванні запропоновано проводити на основі застосування методу математичного моделювання показників виробничого травматизму [6; 7].

**Результати дослідження.** За результатами проведених досліджень встановлено, що найрозповсюдженішим методом оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (нещасний випадок, аварія, груповий нещасний випадок) є так званий матричний метод, у якому оцінка ризику виконується на основі шкал бального оцінювання:

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

де  $R$  – бальна оцінка виробничого ризику;

$P$  – бальна оцінка ймовірності виникнення небезпеки;

$E$  – бальна оцінка частоти, з якою працівники наражаються на небезпеку;

$S$  – бальна оцінка серйозності наслідків небезпеки, що виникла.

Зазвичай на підприємствах металургійної галузі визначення складових бальної оцінки здійснюється на підставі експертних оцінок, які мають суб'єктивний характер.

Для зниження суб'єктивності таких оцінок пропонується використовувати результати оцінок, побудованих на основі статистичних даних про стан виробничого травматизму. Основними складовими такої оцінки будуть результати:

– аналізу динаміки зміни показників виробничого травматизму за територіальною ознакою;

– аналіз причин нещасних випадків, пов'язаних із виробництвом (як смертельних, так і тяжких);

– аналіз розподілу нещасних випадків за видами подій, унаслідок яких сталися випадки травматизму на виробництві;

– аналіз розподілу нещасних випадків за професіями;

– аналіз розподілу нещасних випадків за часом настання.

Структурно дані про нещасні випадки (НВ) розділимо на два блоки:

– загальна інформація про НВ (дата НВ, час НВ, ступінь ризику підприємства, причина НВ, тип і вид події, дані про підприємство, де стався нещасний випадок);

– інформація про потерпілих (опис місця події, стислий опис обставин НВ, код події, код причини НВ, дані про потерпілого та характер травми).

Проаналізуємо стан травматизму серед працівників металургійної галузі за даними нещасних випадків, зафіксованих у 2022–2023 роках. Дані про загальний стан травматизму наведені в таблиці 1.

За даними таблиці 1, найбільша кількість потерпілих, у тому числі зі смертельним наслідком, зафіксована в Дніпропетровській і Донецькій областях.

За результатами аналізу, найбільш травмо-небезпечних професій працівників металургійної галузі виявилось, що найбільш уразливою групою професій є електромонтер із ремонту й обслуговування електроустановок, сталевар, вальцювальник, а також апаратник.

За результатами розподілу НВ зі смертельними наслідками, найбільш уразливою є професія сталевара (табл. 2).

Для нещасних випадків зі смертельним наслідком, які сталися з працівниками металургійної галузі у 2023 році, розподіл за причинами наведено в таблиці 3.

За результатами аналізу, нещасні випадки зі смертельним наслідком за технічними причинами становили 16 % від загальної кількості. Основна технічна причина – незадовільний технічний стан засобів виробництва, унаслідок чого трапилося 3 нещасні випадки. Отже, під час проведення оцінки ризиків на металургійних підприємствах наявність ситуації з незадовільним технічним станом засобів виробництва може призводити до недопустимого ризику та потребує запровадження коригувальних дій.

Таблиця 1

Розподіл НВ за регіонами

| ТУ                               | 2023 р. |                | 2022 р. |                | Різниця, +/- |                |
|----------------------------------|---------|----------------|---------|----------------|--------------|----------------|
|                                  | Усього  | у т. ч. смерт. | Усього  | у т. ч. смерт. | Усього       | у т. ч. смерт. |
| ТУ по Дніпропетровській обл.     | 18      | 5              | 13      | 5              | 5            | 0              |
| ТУ по Донецькій обл.             | 6       | 1              | 22      | 6              | -16          | -5             |
| ТУ по Запорізькій обл.           | 5       | 2              | 4       | 1              | 1            | 1              |
| ТУ по Київській обл. та м. Києву | 0       | 0              | 3       | 2              | -3           | -2             |
| ТУ по Кіровоградській обл.       | 0       | 0              | 1       | 1              | -1           | -1             |
| Усього                           | 29      | 8              | 43      | 15             | -14          | -7             |

Таблиця 2

**Розподіл НВ за професіями**

| Професія                                                       | Облікові НВ | Смертельні НВ |
|----------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| Машиніст мостового крана                                       | 1           | 1             |
| Машиніст насосної установки                                    | 1           | 0             |
| Бункерувальник                                                 | 1           | 0             |
| Газорізальник                                                  | 1           | 0             |
| Сталевар                                                       | 2           | 2             |
| Електромонтер із ремонту повітряних ліній електропередач       | 1           | 1             |
| Електромонтер із ремонту й обслуговування електроустановок     | 3           | 1             |
| Робітник із металооброблення                                   | 1           | 0             |
| Вальцювальник                                                  | 2           |               |
| Слюсар із ремонту й обслуговування технологічного устаткування | 1           | 1             |
| Слюсар-ремонтник                                               | 2           | 1             |
| Апаратники                                                     | 1           | 1             |
| Апаратник хімічних процесів                                    | 1           | 1             |
| Робітники з благоустрою                                        | 1           | 1             |
| Прибиральник                                                   | 1           | 1             |
| Водій автотранспортного транспорту                             | 1           | 0             |
| Начальник відділу (цеху)                                       | 1           | 0             |
| Начальник дільниці                                             | 1           | 0             |
| Майстер                                                        | 1           | 0             |
| Охоронець                                                      | 1           | 0             |
| Вантажники                                                     | 1           | 0             |
| Диспетчер                                                      | 1           | 0             |

Таблиця 3

**Розподіл НВ за причинами нещасних випадків, гострого професійного захворювання (отруєння), аварії:**

| Код  | Причини нещасного випадку, гострого професійного захворювання (отруєння), аварії:                                                                                                                                           | Число смертельних випадків |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|      | <b>Технічні</b>                                                                                                                                                                                                             | <b>5</b>                   |
| 06.2 | незадовільний технічний стан засобів виробництва                                                                                                                                                                            | 3                          |
| 09   | невідповідність нехарчової продукції встановленим вимогам                                                                                                                                                                   | 1                          |
| 10   | інші технічні причини                                                                                                                                                                                                       | 1                          |
|      | <b>Організаційні</b>                                                                                                                                                                                                        | <b>18</b>                  |
| 10   | недодержання вимог законодавства про охорону праці під час виконання робіт підвищеної небезпеки та/або експлуатації (застосування) устаткування підвищеної небезпеки, на яке видано відповідний дозвіл                      | 1                          |
| 12   | порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо                                                                                                                               | 2                          |
| 15.1 | відсутність або неякісне проведення інструктажу з охорони праці                                                                                                                                                             | 1                          |
| 15.2 | допуск до роботи без навчання та перевірки знань з охорони праці                                                                                                                                                            | 1                          |
| 16   | неякісне розроблення, недосконалість інструкцій з охорони праці або їх відсутність                                                                                                                                          | 1                          |
| 25.1 | невиконання посадових обов'язків                                                                                                                                                                                            | 6                          |
| 25.2 | невиконання вимог інструкцій з охорони праці                                                                                                                                                                                | 6                          |
|      | <b>Психофізіологічні</b>                                                                                                                                                                                                    | <b>2</b>                   |
| 36   | особиста необережність потерпілого (у разі відсутності технічних і організаційних причин, впливу шкідливих або небезпечних виробничих факторів, порушень вимог законодавчих і нормативно-правових актів та інструкцій тощо) | 2                          |
|      | <b>Техногенні, природні, екологічні та соціальні</b>                                                                                                                                                                        | <b>6</b>                   |
| 42   | соціальний конфлікт (страйк, оголошена та неоголошена війна, терористичний акт, блокада, революція, заколот, повстання, масові заворушення, громадська демонстрація, протиправні дії третіх осіб тощо)                      | 6                          |

За організаційними причинами сталося 58% нещасних випадків від загальної кількості, причому 12 із 18 – з причин невиконання посадових обов'язків і невиконання вимог інструкцій з охорони праці.

Психофізіологічні причини привели до виникнення 6,5 % від загальної кількості нещасних випадків, причому через особисту необережність потерпілого (у разі відсутності технічних і організаційних причин, впливу шкідливих або небезпечних виробничих факторів, порушень вимог законодавчих і нормативно-правових актів та інструкцій тощо).

Майже 19,5 % нещасних випадків трапилося з техногенних, природних, екологічних і соціальних причин. Переважно це наслідки бойових дій, обстрілів та інших дій агресора.

Проаналізувавши події, які призвели до виникнення випадків виробничого травматизму

зі смертельним наслідком (табл. 4), можна зробити такі висновки. Найпоширеніші події, унаслідок яких сталися випадки смертельного травматизму, стосуються дії рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів та подій суспільного життя (страйк, оголошена та неоголошена війна, терористичний акт, блокада, революція, заколот, повстання, масові заворушення, протиправні дії третіх осіб тощо). Крім того, потрібно приділити увагу падінню предметів, матеріалів, дерев, гілок дерев, матеріалів, інструментів, пристроїв тощо та дії підвищених температур (крім пожежі).

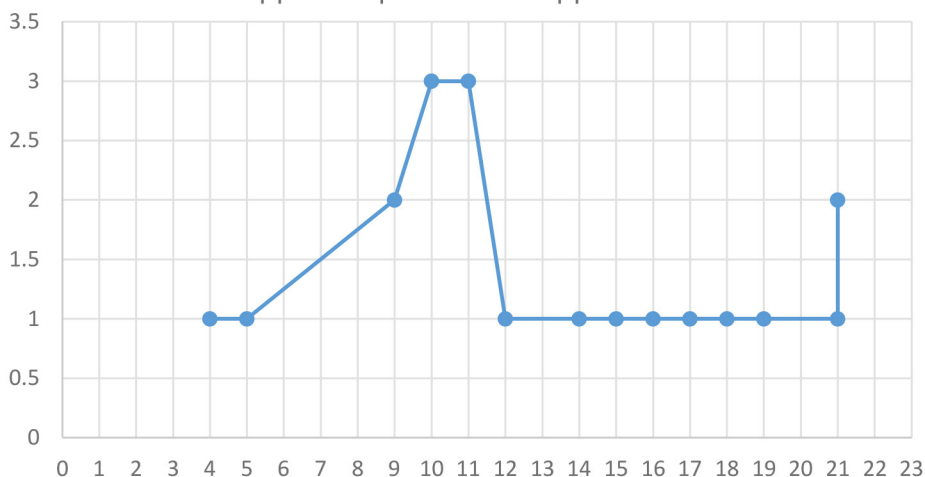
Важливою обставиною в процесі аналізу ризиків виникнення нещасних випадків є час їх настання. За результатами аналізу даних про смертельні нещасні випадки за 2023 рік (рис. 1) встановлено, що найбільш травмонебезпечний час доби – з 9 до 12 та з 21 до 22 години.

Таблиця 4

**Вид події, що призвела до нещасного випадку, гострого професійного захворювання (отруєння), аварії**

| Код  | Назва події                                                                                                                                                                       | Число смертельних випадків |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 02.1 | падіння під час пересування                                                                                                                                                       | 3                          |
| 02.2 | падіння з висоти                                                                                                                                                                  | 1                          |
| 03.5 | падіння предметів, матеріалів, дерев, гілок дерев, матеріалів, інструментів, пристроїв тощо                                                                                       | 2                          |
| 04.1 | дія рухомих і таких, що обертаються, деталей обладнання, машин і механізмів                                                                                                       | 7                          |
| 05.1 | у разі дотику до струмопровідних частин електроустановки, що перебувають під напругою, до ліній електропередачі й обірваних (оголених) проводів                                   | 1                          |
| 05.4 | у разі дії електричної дуги                                                                                                                                                       | 1                          |
| 06.1 | дія підвищених температур (крім пожежі)                                                                                                                                           | 2                          |
| 18   | вибух                                                                                                                                                                             | 1                          |
| 23   | події суспільного життя (страйк, оголошена та неоголошена війна, терористичний акт, блокада, революція, заколот, повстання, масові заворушення, протиправні дії третіх осіб тощо) | 6                          |

**Розподіл нещасних випадків за часом**



**Рис. 1. Розподіл нещасних випадків за часом доби**

Отримані результати аналізу травматизму в металургійній галузі дають можливість знизити суб'єктивність бальної оцінки серйозності наслідків небезпеки, що виникла, завдяки чому можна підвищити точність оцінки виробничих ризиків на робочих місцях підприємств металургійної галузі. Наявність таких даних дає змогу побудувати математичну модель залежності бальної оцінки ризику настання нещасного випадку від факторів виробничого середовища, до яких належить інформація про НВ: час НВ, причина НВ, тип і вид події, дані про підприємство, де стався нещасний випадок.

Ситуація прийняття рішень щодо управління ризиками, пов'язаними з безпекою праці на робочих місцях, визначається як математична модель планування превентивних заходів з охорони праці, що має вигляд:

$$U_{opt} = F(X, Y, E_j, U_j, t), \quad (2)$$

де  $U_{opt}$  – оптимальне управлінське рішення;

$X$  – множина вхідних параметрів, до числа яких належить інформація про НВ: час НВ, причина НВ, тип і вид події; дані про небезпеки, які присутні на робочому місці,

$Y$  – множина вихідних параметрів, за якими оцінюється результативність управління виробничими ризиками;

$E_j$  – множина експертних оцінок, отриманих для кожного управлінського рішення  $U_j$ ;

$U_j$  – множина управлінських рішень, припустимих для вирішення завдання з планування заходів зі зниження ризиків;

$t$  – фактор часу, що враховується під час моделювання в процесі прийняття рішень.

**Висновки.** Основою обґрунтованого планування та реалізації дієвих профілактичних заходів є ідентифікація наявних на виробництві небезпек і адекватна оцінка виробничого ризику, складовою якої є результати аналізу стану виробничого травматизму. Однак процес оцінки ризиків, як базис системи управління гігієною та безпекою праці, потребує проведення комплексу наукових досліджень. Запропоновано підхід до оцінки виробничого ризику, який базується на використанні статистичних даних про показники виробничого травматизму.

Результатом реалізації ризик-орієнтованого підходу у сфері безпеки та гігієни праці на базі аналізу статистичних даних про стан виробничого травматизму має стати підвищення рівня захищеності людини на виробництві, запобігання аваріям і нещасним випадкам, посилення профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Березуцький В.В. Ризик орієнтований підхід в охороні праці : монографія. LAP Lambert Academic Publishing. 2019. 108 с.
2. Таїрова Т.М. Математична модель системи охорона праці вугільної галузі. *Вісник Криворізького національного університету*. 2019. Вип. 48. С. 13–18.
3. Здановський В.Г., Кружилко О.Є. Наукові розробки ризик-орієнтованого підходу у галузі охорони праці : монографія. Суми : Університетська книга. 2020. 360 с.
4. 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).
5. Кружилко О.Є., Сторож Я.Б., Лютак З.І., Праховнік Н.А. Методичні засади оцінки виробничих ризиків при плануванні профілактичних заходів. *Проблеми охорони праці в Україні* : зб. наук. праць. 2017. № 33. 15–21 с.
6. Bochkovskyi A.P. Actualization of the scientific principles elaboration on evaluating the risks of occupational danger occurrence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2018. No. 6 (168). P. 95–103.
7. 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 с.
8. Chambers H. Prevention and control strategies. URL: [https://oshwiki.eu/wiki/Prevention\\_and\\_control\\_strategies](https://oshwiki.eu/wiki/Prevention_and_control_strategies)
9. Kruzhilko O., Volodchenkova N., Maystrenko V., Bolibrukh B., Kalinchyk V., Zakora A., Feshchenko A., Yeremenko S. Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2021. No. 108 (1). P. 35–41.
10. Kruzhilko O., Cherneha R., Maystrenko V., Polukarov O., Kalinchyk V. Modelling and forecasting the workplace environmental physical factors values. *Archives of Materials Science and Engineering*. 2019. No. 100 (1–2). P. 21–33.

#### REFERENCES:

1. Berezutsky, V.V. (2019). Ryzkyk oriientovanyi pidkhyd v okhoroni pratsi [Risk-oriented approach to occupational safety]: monograph. LAP Lambert Academic Publishing. 108 p. [in Ukrainian].
2. Tairova, T.M. (2019). Matematychna model systemy okhorona pratsi vuhilnoi haluzi [Mathematical model of the occupational safety system of the coal industry]. *Bulletin of the Kryvyi Rih National University*, 48, 13–18 [in Ukrainian].
3. Zdanovsky, V.G., & Kruzhylo, O.Ye. (2020). Naukovi rozrobky ryzkyk-oriientovanoho pidkходу u haluzi okhorony pratsi [Scientific developments of the risk-oriented approach in the field of occupational safety]: monograph. Sumy: University Book. 360 p. [in Ukrainian].
4. Kuhl, K., & Brück, C. Hierarchy of prevention and control measures. Retrieved from: [https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy\\_of\\_prevention\\_and\\_control\\_measures](https://oshwiki.eu/wiki/Hierarchy_of_prevention_and_control_measures).
5. Kruzhylo, O.Ye., Storozh, Ya.B., Lyutak, Z.I., & Prakhovnik, N.A. (2017). Metodychni zasady otsinky vyrobnychkh ryzkyv pry planuvanni profilaktychnykh zakhodiv [Methodological principles of assessing industrial risks when planning preventive measures]. *Problems of occupational safety in Ukraine: collection of scientific works*, 33, 15–21 [in Ukrainian].
6. Bochkovskyi, A.P. (2018). Actualization of the scientific principles elaboration on evaluating the risks of occupational hazard occurrence. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6(168), 95–103.
7. 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 [Increasing the effectiveness of measures to prevent industrial injuries based on modeling the occupational safety system in mechanical engineering]. *Problems of occupational safety in Ukraine*, 36(4), 23–29 [in Ukrainian].
8. Chambers, H. Prevention and control strategies. Retrieved from: [https://oshwiki.eu/wiki/Prevention\\_and\\_control\\_strategies](https://oshwiki.eu/wiki/Prevention_and_control_strategies).
9. Kruzhylo, O., Volodchenkova, N., Maystrenko, V., Bolibrukh, B., Kalinchyk, V., Zakora, A., Feshchenko, A., & Yeremenko, S. (2021). Mathematical modeling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 108(1), 35–41.
10. Kruzhylo, O., Cherneha, R., Maystrenko, V., Polukarov, O., Kalinchyk, V. (2019). Modeling and forecasting the workplace environmental physical factors values. *Archives of Materials Science and Engineering*, 100(1–2), 21–33.