

© М. В. Зоря, канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри цивільної безпеки,
ORCID: 0000-0003-4461-4066,
e-mail: mykhailo.zoria@tsatu.edu.ua
(Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного);
© В. Ф. Райко, канд. техн. наук, професор
кафедри безпеки праці та навколишнього
середовища ННІ механічної інженерії
і транспорту,
ORCID: 0000-0002-5527-1874,
e-mail: raiko.hpi@gmail.com;
© О. Г. Янчик, канд. техн. наук, старший науко-
вий співробітник, доцент кафедри
безпеки праці та навколишнього середовища
ННІ механічної інженерії і транспорту,
ORCID: 0000-0002-1214-4883,
e-mail: alex_yanchik@ukr.net
(Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»)

© Mykhailo Zoria, Candidate of Engineering
Sciences, Associate Professor, Head of Department
of Civil Security,
ORCID: 0000-0003-4461-4066,
e-mail: mykhailo.zoria@tsatu.edu.ua
(Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological
University);
© Valentina Raiko, PhD, Professor, NNI Mechanical
Engineering and Transport Department of
Occupational Safety and the Environment,
ORCID: 0000-0002-5527-1874,
e-mail: raiko.hpi@gmail.com;
© Oleksandr Yanchyk, Candidate of Technical
Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of
the NNI Mechanical Engineering and Transport
Department of Occupational Safety and the
Environment,
ORCID: 0000-0002-1214-4883,
e-mail: alex_yanchik@ukr.net
(National Technical University "Kharkiv
Polytechnic Institute")

ВПЛИВ ВИРОБНИЧИХ РИЗИКІВ НА БЕЗПЕЧНІСТЬ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ: АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ

THE INFLUENCE OF PRODUCTION RISKS ON THE SAFETY OF PRODUCTION PROCESSES: ANALYSIS AND FORECASTING

Анотація. Дослідження зосереджене на аналізі виробничих ризиків у сфері управління підприємством. Виробничий ризик описаний як імовірність виникнення небажаних подій, що можуть призвести до відхилень від очікуваних результатів через різноманітні управлінські рішення. Основними характеристиками такого ризику є його варіативність та невизначеність. У статті представлено логічну модель управління виробничими ризиками та її інтеграцію з системою управління основними фондами підприємства. На прикладі цієї моделі продемонстровано опис входу, виходу та процесу моделювання. Вхідні дані охоплюють показники витрат на роботи з основними засобами та бюджетні обмеження. Для оцінки рівня ризику та його порівняльного аналізу було запропоновано метод індексів, який передбачає розрахунок індексу виробничого ризику для кожного виду виробничих ресурсів з метою визначення пріоритетності робіт. У статті також обговорюються шкали оцінки ймовірності виробничого ризику та впливу його наслідків, розроблені на основі математичного прогнозування.

Ключові слова: підприємство, виробничий ризик, прогнозування ризику, виробничий процес, системний підхід, управління ризиками, аналіз та оцінка ризику виробничої діяльності.

Abstract. The study is focused on the analysis of production risks in the field of enterprise management. Production risk is described as the probability of occurrence of undesirable events that may lead to deviations from expected results due to various management decisions. The main characteristics of such a risk are its variability and uncertainty. Risk management is defined as a procedure that includes all aspects of the company's activities, starting with the formation of a strategy and ending with the control of acceptable risks in order to achieve the set goals. The management process covers the identification of events that may adversely affect the production process and their proper management. The article presents a logical model of production risk management and its integration with the management system of the company's fixed assets. To assess the level of risk and its comparative analysis, the index method was proposed, which involves the calculation of the production risk index for each type of production resources in order to determine the priority of work. The article also discusses the scales for assessing the probability of production risk and the impact of its

consequences, developed on the basis of mathematical forecasting. These scales can be adapted taking into account the opinions of experts and collected data. The article reveals how enterprise resources are prioritized taking into account production risk and budget constraints. This includes developing asset maintenance and repair cost plans, as well as updating the risk register and creating a probability and consequence matrix. An important feature of the model is its difference from existing approaches to the distribution of production resources, which includes the use of a formalized criterion for priority selection of works.

Keywords: *enterprise, production risk, risk forecasting, production process, systematic approach, risk management, analysis and assessment of the risk of production activity.*

Вступ

Нині все більше зростає значення управління виробничими ризиками й розробки ефективної методології для цього, особливо в контексті стимулювання створення та розвитку вітчизняних підприємств та визначення оптимальних умов для ведення бізнесу в часи невизначеності. Важливо зосередитися на розв'язанні проблем ефективного управління ризиками, зокрема в контексті інтегрованих організаційно-виробничих систем. Також слід враховувати, що виробничі фактори є спільними для всіх підприємств, адже ризики, пов'язані з ними, характерні для будь-якої організації, хоча і відрізняються за причинами, масштабами, потенційними наслідками та способами їх усунення [10].

У низці досліджень (Бабайлов В., Дмитрієва О. [1], Чайкіна А. [6], Третяков О., Гармаш Б., Білецька Є. [12]) розглянуті теоретичні та практичні аспекти управління ризиками, які супроводжують діяльність організації. Інші публікації присвячені класифікації ризиків, методам їхньої ідентифікації, аналізу та порівняльній оцінці, а також різним підходам до вивчення теорій управління ризиками та запропоновані відповідні методики. Важливість підвищення ефективності управління виробничими ризиками підкреслюється в інших дослідженнях (Кружилко О., Ткалич І., Сірик А., Полукаров О. [3], Швагер Н., Заїкіна Д. [7], Полукаров О., Праховник Н., Полукаров Ю., Мітюк Л., Демчук Г. [11]), які також звертають увагу на особливості функціонування виробничої

інфраструктури та вказують на необхідність розробки ефективних механізмів для мінімізації впливу ризиків та підвищення якості управлінських рішень у сфері розподілу виробничих ресурсів для збільшення ефективності використання основних фондів підприємства.

Це дослідження має на меті виявлення зв'язків між різними видами ризиків та їхнім впливом на безперервність та безпеку виробничих процесів, а також розроблення ефективних стратегій їхнього аналізу та прогнозування для запобігання аварій та інцидентів.

Основна частина

Виробничий ризик характеризується через імовірність виникнення небажаних подій та припустиме відхилення кінцевих показників від встановленого стандарту, що виникає через різні управлінські рішення, а також пов'язані з цими рішеннями розміри потенційного економічного зиску. Основні характеристики ризику полягають у наявності варіативності та невизначеності [6]. Виробничі ризики з'являються у процесі виробництва, науково-технічних розробок та досліджень, а також у фазах реалізації та обслуговування продукції. Вони часто пов'язані із проблемами використання сировини і матеріалів, зростанням витрат з різних причин, впровадженням нових технологій та збільшенням простоїв [5]. Логічна модель управління виробничими ризиками, її інтеграція із системою управління підприємства представлена на **рис. 1**.

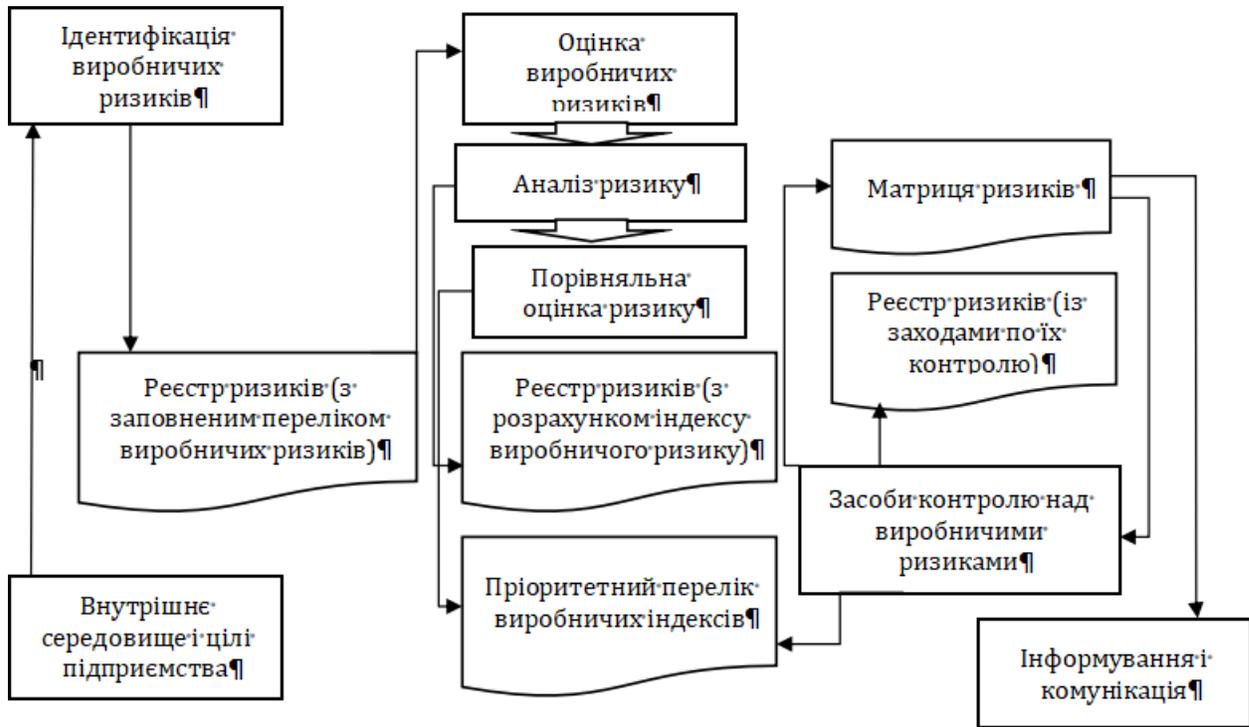


Рис. 1. Системний підхід до управління виробничими ризиками підприємства та її інтеграція до системи управління виробничими процесами (розроблено авторами)

Основою слугують вхідні дані, які охоплюють показники «витрати на роботи з об'єктами основних засобів» для кожного виду виробничих ресурсів або групи основних засобів, а також «бюджетні обмеження», які визначають ліміти витрат на обслуговування та ремонт основних засобів у межах заданих сценаріїв. Для оцінки рівня ризику та порівняльного

аналізу ризиків виробничих процесів підприємства ми пропонуємо використовувати метод індексів, розраховуючи відповідний показник для кожного виду виробничих ресурсів з метою визначення пріоритетності робіт [11, с. 83]. Розрахунок показника «індекс виробничого ризику» для кожного виду виробничих ресурсів виконується за формулою:

$$IP_{A1} = S_{A1} \times \sum P_{A1}^{k1...4} \times B^{k1...4} \quad (1)$$

де:

IP_{A1} – індекс виробничого ризику для першого виробничого об'єкта, виражений у балах;

S_{A1} – оцінка ймовірності ризику для цього ж об'єкта, також виражену у балах, згідно з табл. 1;

$P_{A1}^{k1...4}$ – наслідки ризику для цього об'єкта за чотирма критеріями, виражені у балах (табл. 2 та табл. 3);

$B^{k1...4}$ – ваговий коефіцієнт наслідків за кожним із чотирьох критеріїв, вираженими в одиницях (1-4 од.), (табл. 4).

Для оцінки ймовірності виробничого ризику в межах застосування методу матриці ймовірності та наслідків ми пропонуємо використовувати п'ятибальну

шкалу. За цією шкалою, ймовірність ризику розподіляється протягом тимчасового періоду від 1 до 10 років, як показано в **табл. 1**.

Таблиця 1

**Оцінка ймовірності виробничого ризику в межах моделі
(розроблено авторами на основі [4, 7])**

Якісна оцінка ймовірності ризику	Бальна оцінка	Опис
Дуже висока	5	Відбулося кілька випадків реалізації ризикових подій за останній рік
Висока	4	Мав місце один випадок реалізації ризикових подій за останній рік
Середня	3	Відбулося кілька випадків реалізації ризикових подій за останні 5 років
Низька	2	Мав місце один випадок реалізації ризикових подій за останні 5 років
Дуже низька	1	Не було жодної ризикової події за останні 10 років

Шкала оцінки може бути модифікована з урахуванням думок експертів із виробничої інфраструктури та заснована на зібраних історичних даних. П'ятибальна шкала, використана для оцінки впливу реалізації ризику в межах методу матриці ймовірності та наслідків, включає оцінку чотирьох типів наслідків:

- 1) вплив реалізації ризику, що веде до витрат на аварійний ремонт;
- 2) вплив реалізації ризику, що призводить до недовипуску продукції;
- 3) вплив реалізації ризику на довкілля;
- 4) вплив реалізації ризику на життя та здоров'я людей.

Перші два фактори оцінюють матеріальні наслідки ризику, такі як витрати на аварійний ремонт і збитки від недовипуску продукції після інциденту. Інші два чинники відображають соціальну відповідальність організації, враховуючи, що соціальна відповідальність бізнесу має велике значення в сучасному суспільстві і є фундаментальною для економічного розвитку, поряд з інноваційними процесами виробництва [8]. Для оцінки матеріальних збитків за допомогою перших двох типів наслідків використовується п'ятирівнева шкала, яка охоплює різні категорії з відповідними балами, що детально описані в **табл. 2**.

Таблиця 2

**Оцінка впливу реалізації в частині матеріальних збитків виробничого ризику
(розроблено авторами)**

Якісна оцінка ймовірності ризику	Бальна оцінка	Опис
Дуже високий	5	Понад 1%* від усіх витрат організації
Високий	4	Від 0,5% до 1% від усіх витрат організації
Середній	3	Від 0,1% до 0,5% від усіх витрат організації
Низький	2	Від 0,01% до 0,1% від усіх витрат організації
Дуже низький	1	Менш ніж 0,01% від усіх витрат організації

*1% встановлений, виходячи з принципу «матеріальності», що використовується при аудиті звітності для визначення суттєвості відхилень

Для аналізу впливу останніх двох типів наслідків, які відображають соціальний аспект, також застосована п'ятирівнева

шкала. Ця шкала охоплює різні категорії з відповідними умовними оцінками, викладеними у балах, деталі яких наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка впливу реалізації в частині матеріальних збитків, загроз життю та здоров'ю виробничого ризику в межах моделі (розроблено авторами)

Якісна оцінка ймовірності ризику	Бальна оцінка	Опис	
		Вплив реалізації ризику на довкілля	Вплив реалізації ризику на життя та здоров'я людей
Дуже високий	5	Незворотні наслідки для навколишнього середовища, які потребують втручання на національному рівні	Незворотні наслідки або смерть поза об'єктом

Високий	4	Вплив на зовнішнє оточення, що потребує втручання на національному рівні	Незворотні ушкодження або смерть на робочій ділянці, оборотні наслідки поза об'єктом
Середній	3	Серйозний вплив на навколишнє середовище, що потребує локального втручання	Ушкодження (наслідки) призводять до госпіталізації терміном понад 24 годин
Низький	2	Жодних дій не потрібно, тільки нагляд	Немає пошкоджень (наслідків) або слабких пошкоджень без зупинки роботи
Дуже низький	1	Відсутній вплив	Відсутній вплив

При цьому ваги критеріїв наслідків у межах моделі автором пропонується розподілити так (табл. 4):

Таблиця 4

Ваги критеріїв впливу наслідків реалізації виробничого ризику у межах моделі (розроблено авторами)

Найменування критерію	Вага критерію, од.
Вплив реалізації ризику виникнення витрат на аварійний ремонт	0,15
Недовідпуск продукції	0,1
Вплив реалізації ризику стан виробничого обладнання	0,25
Вплив реалізації ризику на життя та здоров'я людей	0,5

Ваги критеріїв у моделі встановлені як рівнозначні для демонстрації ефективності моделі та можуть бути модифіковані з урахуванням порад експертів у сфері виробничої інфраструктури, а також залежно від зібраної інформації [1, с. 209]. Порівняльний аналіз та визначення пріоритетності виробничих ризиків охоплює такі категорії:

- назва об'єкта або групи об'єктів;
- оцінка ймовірності ризику.

Оцінка наслідків реалізації виробничого ризику містить:

- витрати на аварійний ремонт;
- збитки від недовідпуску продукції;
- шкоду навколишньому середовищу;
- ризик для здоров'я людей.

У першій категорії вносяться дані про всі об'єкти, де були ідентифіковані виробничі ризику [9].

Друга категорія охоплює оцінку ймовірності ризику для кожного виду виробничих ресурсів згідно з розробленою шкалою (табл. 1). У категоріях 3.1-3.4 фіксується вплив наслідків ризику згідно з розробленою шкалою (див. таблиці 2-3). Категорія 4 включає зведений показник ризику на основі оцінок з попередніх категорій, розрахований за вказаною формулою (1).

Пріоритизація об'єктів основних засобів відбувається таким чином:

Після ранжування основних засобів за зменшенням індексу ризику формується список, до якого додається інформація про обмеження бюджету. Це дозволяє визначити, на які основні засоби можна витратити кошти в межах наявного бюджету та які об'єкти залишаються без фінансування на момент планування [12]. У виборі методу реагування на ризик з урахуванням бюджетних обмежень для кожного виду виробничих ресурсів основних засобів визначається, які заходи будуть проведені або не будуть проведені залежно від рівня ризику та наявності бюджету.

На основі цього вибору складається план витрат на обслуговування та ремонт основних засобів, у якому відображені обрані об'єкти, розподілені по структурних підрозділах, зі вказівкою конкретних

- 1) створюється перелік основних засобів із узагальненим переліком регламентних робіт;
- 2) відбувається ранжування об'єктів за індексом виробничого ризику від вищого до нижчого;
- 3) розраховується сумарна вартість робіт по кожному об'єкту, зібрана від величини витрат на виконання робіт з кожним об'єктом основних засобів.

видів робіт та вартості планованих робіт на кожен квартал (I-IV квартали планового періоду). Ці плани розробляються окремо від системи управління виробничими ризиками, але інформація про обрані методи впливу на ризик доводиться до відома головного інженера для оновлення реєстру виробничих ризиків [2].

Оновлення реєстру ризиків та створення матриці виробничих ризиків передбачає включення інформації про обрані методи впливу на ризик для подальшого моніторингу та використання у прогнозуванні ризиків наступних періодів. У результаті оновлення реєстру ризиків для наочності розподілу виробничих ризиків за рівнем ймовірності та впливу наслідків створюється «матриця ймовірності та наслідків», яка представлена на **рис. 2**.

Наслідки, бальна оцінка						
5				16	13	
4			1		10	
3				4		
2			5			
1						
	1	2	3	4	5	Ймовірність, бал

Рис. 2. Матриця ймовірності настання виробничих ризиків та прогнозування наслідків їх прояву (розроблено авторами)

Матриця ймовірності та наслідків складається у формі таблиці, де кількість

рядків відповідає різним градаціям для оцінки ймовірності виробничого ризику, а

кількість стовпців – різним градаціям для оцінки наслідків у балах. У кожній комірці таблиці відображається число основних

$$Z = \sum_{n=1}^i KA_{Py}^{Bx} \quad (2)$$

де:

KA_{Py}^{Bx} – кількість видів виробничих ресурсів зі значенням ймовірності виробничого

ризика, які планується зменшити або уникнути шляхом планування робіт із ремонту чи заміни, відмічаються на матриці окремо. Якщо бюджетні обмеження дозволяють зменшити всі ризики з «темної» зони і значну частину ризиків з «сірої» зони, це свідчить про адекватність виробничих ресурсів для потреб підприємства [3]. Однак у випадку, коли фінансові ліміти не покривають навіть критичні ризики («темна» зона), менеджмент підприємства має розглянути питання про збільшення бюджету шляхом економії чи додаткових доходів.

Таким чином, вихідними даними для моделювання та прогнозування ризиків є оновлений реєстр ризиків і матриця ймовірності та наслідків (в межах системи управління виробничими ризиками), а також плани витрат на ремонт і заміну основних засобів (поза системою управління ризиками). Головна відмінність цієї моделі від інших підходів полягає у використанні формалізованого критерію для пріоритетного вибору робіт, що включаються в план на певний період. Для більшості підприємств відсутня така модель, і розподіл фінансів часто відбувається на основі суб'єктивних оцінок експертів відповідних підрозділів.

засобів із певними значеннями ймовірності та впливу наслідків відповідно до формули:

ризика – x , середньозваженого значення впливу наслідків – y .

Висновки

Дослідження доводить, що система управління виробничими ризиками є частиною загальної системи управління виробництвом. Вона сфокусована на виробничих ризиках та охоплює такі взаємопов'язані компоненти, як суб'єкт, об'єкт і процес управління. Дослідження описує ключові етапи управління виробничими ризиками, разом із аналізом внутрішнього середовища, встановленням цілей, ідентифікацією ризиків, їх оцінкою, вибором інструментів контролю, забезпеченням інформації та комунікації, а також моніторингом. Автори докладно розробили структуру й основні методи моделі управління виробничими ризиками. Як вхідні дані використовуються реєстр ідентифікованих виробничих ризиків, показники витрат на роботи з основними засобами та бюджетні обмеження в контексті сценарних умов. Процес моделювання містить розрахунок індексу виробничого ризику для кожного виду виробничих ресурсів основних засобів та їхню подальшу пріоритизацію. Вихідними даними для моделювання служать оновлений реєстр ризиків, матриця ймовірності та наслідків (у межах системи управління ризиками), а також плани витрат на ремонт та заміну основних засобів (поза системою управління ризиками).

References

1. Babaylov, V. K., Dmitrieva, O. I. (2023). Ryzhik-inzheneriya i ryzhik-vyrobnytstvo yak upravlinnya v umovakh inzhenernykh i vyrobnychkykh ryzhikiv [Risk-engineering and risk-production as management in the conditions of engineering and production risks]. *Problems and prospects of entrepreneurship development.*, 30, 204-213.
2. Hovorun, N. (2023). ransformatsiya upravlins'kykh pidkhodiv do zabezpechennya staloho rozvytku v konteksti realizatsiyi kontseptsiyi industriyi 5.0 [Transformation of managerial approaches to ensuring sustainable development in the context of the implementation of the concept of industry 5.0]. *Scientific innovations and advanced technologies*, 7 21. [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-7\(21\)-102-116](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-7(21)-102-116).
3. Kruzhylo, O. E., Tkalych, I. M., Sirik, A. O., Polukarov, O. I. (2019). Teoretychni osnovy ta informatsiyne zabezpechennya otsinyuvannya vyrobnychoho ryzhiku [Theoretical foundations and information support for industrial risk assessment]. *Food Industry*, 124–132.
4. Makedon, V. V., Kholod, O. H., Yarmolenko, L. I. (2023). Model' otsinky konkurentospromozhnosti vysokotekhnolohichnykh pidpryyemstv na zasadakh formuvannya klyuchovykh kompetentsiy [The model of assessing the competitiveness of high-tech enterprises based on the formation of key competencies]. *Akademichnyy ohlyad*, 2, 59, 75-89. DOI: 10.32342/2074-5354-2023-2-59-5.
5. Samoilenko, V. V. (2022). Osoblyvosti formuvannya systemy upravlinnya ryzhikamy na pidpryyemstvi [Peculiarities of the formation of the risk management system at the enterprise]. *Scientific notes of the Tavri National University named after V. I. Vernadskyi. Series: Economics and management*, 33, 72, 1, 28–36.
6. Chaikina, A. O. (2023). Osoblyvosti intehratsiyi ryzhik-menedzhmentu v systemu upravlinnya pidpryyemstvom [Peculiarities of the integration of risk management into the enterprise management system]. Retrieved 20 Jan 2024 from <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1337/1292>
7. Shwager, N. Yu., Zaikina, D. P. (2016). Identyfikatsiya ta upravlinnya ryzhikamy na promyslovykh pidpryyemstvakh, yak odyz iz metodiv polipshennya rezul'tativ diyal'nosti [Identification and management of risks at industrial enterprises as one of the methods of improving performance]. *Actual problems of modeling risks and threats of emergency situations at critical infrastructure facilities*, 150–156.
8. Shishkina, O. (2023). Innovatsiyi ryzhiky vysokotekhnolohichnykh promyslovykh pidpryyemstv [Innovative risks of high-tech industrial enterprises]. *Problems and prospects of economics and management*, 3, 31, 163–179. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-3\(31\)-163-179](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2022-3(31)-163-179)
9. Badri, A. (2015). The Challenge of Integrating OHS into Industrial Project Risk Management: Proposal of a Methodological Approach to Guide Future Research. *Minerals*, 5, 4, 314–334. DOI: 10.3390/min5020314
10. Makedon, V., Dzeveluk, A., Khaustova, Y., Bieliakova, O., Nazarenko, I. (2021). Enterprise multi-level energy efficiency management system development. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 29, 1, 73-91.
11. Polukarov, O. I., Prakhovnik, N. A., Polukarov, Y. O., Mitiuk, L. O., Demchuk, H. V. (2021). Assessment of occupational risks: New approaches, improvement, and methodology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 8, 11, 79–86.
12. Tretyakov, O., Harmash, B., Biletska, Ye. (2020). The assessment of labor conditions according to hazard indicators on the basis of production risk determination. *World Science. Warsaw*, 1, 53, 2, 28–33. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/31012020/6901.