

О. О. Ченчева¹, С. В. Сукач¹, І. С. Петренко², Н. В. Караєва³

¹ Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна

² Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України, Дніпро, Україна

³ Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

ПРИНЦИП ПОБУДОВИ БАЛЬНО-МОДИФІКОВАНОЇ ДІАГРАМИ ІСІКАВИ ЯК СУЧАСНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ВИДОБУВНИХ ТА МЕХАНООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. Мета. Запропоновано принцип побудови бально-модифікованої діаграми Ісікави, як сучасного інструментарію аналізу ризиків видобувних та механообробних підприємств з обробки карбонових композитів. **Предмет.** Обґрунтування застосування управлінських рішень з організації заходів охорони праці щодо зниження впливу небезпечних та шкідливих чинників шляхом використання систематизованих даних у запропонованій Score-modified Cause-effect Diagram (бально-модифікованої діаграми Ісікави), а також дослідження проблеми адаптивної оцінки ризиків та небезпек, яка наявна в діючих стандартах. Запропоновано використання способу вирішення поставленої проблеми, шляхом застосування бально-модифікованої причинно-наслідкової діаграми, як сучасного інструментарію аналізу ризиків при плануванні та раціоналізації заходів з охорони праці на підприємствах.

Ключові слова: аналіз ризиків, бально-модифікована діаграма, профзахворювання, безпека праці.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

У зв'язку з підвищенням рівнем професійної захворюваності робітників промисловості особливу увагу приділяють управлінню ризиками та створенню безпечних умов праці. В результаті проведеного статистичного аналізу Фондом соціального страхування України було встановлено, що за 2022 рік у порівнянні з аналогічними даними за 2021 року показник нещасних випадків і гострих професійних захворювань знизився на 31,2% [1]. Дана ситуація пояснюється звітністю центру медичної статистики МОЗ, а також державною службою статистики України відповідно яких зменшується кількість підприємств, установ та організацій, тобто робочих місць за рахунок активних бойових дій на території України. Останнім часом відповідно бази даних автоматизованої інформаційної системи «Профзахворюваність» переважає захворюваність на підприємствах гірничодобувної промисловості та підприємствах обробки високотехнологічних надміцних матеріалів на основі вуглецевих волокон, що становить майже 80 %. В такій ситуації єдиним дієвим способом захисту є управління ризиками, який дозволить обґрунтувати вибір інженерно-технічних заходів для створення безпечних умов праці та зниженню кількості нещасних випадків та гострих професійних захворювань з урахуванням можливості ранжування окремих небезпечних факторів.

У сучасній практиці відомо багато різних методів оцінки ризику, які дозволяють комплексно оцінювати умови праці у різних галузях промисловості. Застосування комплексного підходу аналізу ризиків дозволяє здійснювати оцінку впроваджених заходів щодо управління ризиками та отримання комплексної картини існуючих умов праці на виробництві з

можливістю графічного виділення всіх складових здатних впливати на рівень безпеки та необхідності розробки першочергових превентивних заходів та можливості оцінки ефективності та доцільності їх впровадження. Сучасні методики такі як ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 містять в собі різні підходи до загальної оцінки ризиків, рекомендовані до застосування у міжнародній практиці [2]. Однак в зазначеному стандарті немає готових рішень для адаптивної комплексної оцінки з урахуванням конкретних робочих місць на різних підприємствах або установах. Тому керуючись стандартом кожне окреме підприємство галузі може обирати той чи інший метод відповідно до власного досвіду і вимог законодавства, а також вносити зміни які залежать від статистики нещасних випадків та професійних захворювань на конкретному підприємстві або установі. Також процедура оцінки ризиків передбачає складання карт ідентифікації небезпек, або карти ризиків, яку проводять експерти за ustalеними характеристиками небезпек (ризиків), суб'єктивно надаючи свою експертну оцінку тому чи іншому виду ризиків.

Останні дослідження різних авторів пропонують доповнити карти ризиків введенням емпіричних методів аналізу умов праці для виявлення причинно-наслідкового зв'язку між різними шкідливими та небезпечними факторами на основі інструментів візуалізації та систематизації даних – діаграму Ісікави (діаграма «Риб'ячий скелет», Cause-effect diagram), тобто як додатковий інструмент аналізу карт ризику [3], з можливістю ілюстрації систематизованого зв'язку між досліджуваними показниками, що дає змогу навіть не експертам зрозуміти суть виникаючих проблем (небезпек, ризиків) і знайти ефективні способи їх запобігання. Тобто на основі діаграми провести оцінку потенційних причин і наслідків нещасних випадків та профзахворювань з можливістю ранжу-

вання рівня їх важливості та відображенням графічної схеми ієрархії у вигляді «риб'ячого скелету».

Постановка завдання та його вирішення

Причинно-наслідкова діаграма - це інструмент, який дозволяє виявити найбільш істотні причини (чинники), що впливають на кінцевий результат (наслідок). Її було запропоновано у 1953 р. професором Токійського університету К. Ісікавою.

Причини, які впливають на проблему, зображуються похилими стрілками (рис. 1), причому загальні причини (причини першого порядку) - похилими великими стрілками, частинні (причини другого та наступного порядку) - маленькими похилими стрілками. У літературі аналізована діаграма називається також «риб'ячим скелетом». Проблема, яка вивчається це «голова риби», «голова скелета». «Хребет» умовно зображується у вигляді прямої горизонтальної стрілки, «кістки» - причини - зображуються похилими стрілками. Загальна діаграма Ісікави з основними категоріями причин представлена на рис. 1.

На виробництві всі можливі причини розподіляють за групами (категоріями) за принципом "5М":

- 1) man (людина) - причини, пов'язані з людським фактором;
- 2) machines (машини, обладнання) - причини, пов'язані з обладнанням;
- 3) materials (матеріали) – причини, пов'язані з матеріалами;
- 4) methods (методи, технологія) - причини, пов'язані з технологією роботи, організацією процесів;
- 5) measurements (вимірювання) - причини, пов'язані з методами вимірювання, контролю якості.

Для кожної групи будуються додаткові «кістки», які мають окремі причини, а ті, у свою чергу, підлаштовують свої причини. В результаті виходить розгалужене дерево, що пов'язує причини виникнення невідповідності, які знаходяться на рівні деталізації. У такий спосіб можна віднайти первинні причини, усунення яких найбільш істотно вплине на вирішення проблеми.

До переваг методу можна віднести можливість зосередження групи на змісті проблеми; групування причини у самостійні категорії; зосередження групи на пошуку причин, а не ознак, що добре застосовується при груповому обговоренні, створює результат колективного знання; легкість сприйняття та застосування.

Вхідними даними для побудови діаграми Ісікави можуть бути рівень фахової компетентності та досвід учасників, або попередньо розроблена модель, яка була використана минулому.

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків повинно проводитися групою експертів, добре обізнаних з

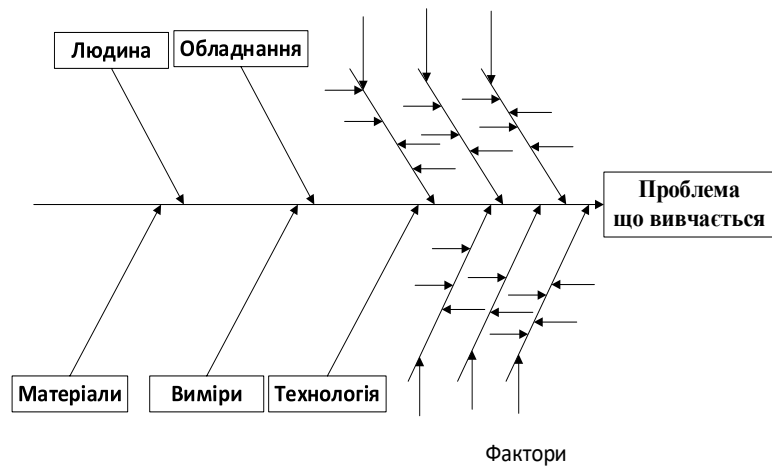


Рис. 1. Стандартна діаграма Ісікави з основними категоріями причин

проблемою, яку потрібно розв'язати. Основні етапи аналізу причинно-наслідкових зв'язків зображені на рис. 2.



Рис. 2. Основні етапи аналізування причинно-наслідкових зв'язків

Отримана інформація з існуючих причинно-наслідкових діаграм Ісікави для планування заходів зі зниження ризиків небезпек на робочих місцях підприємств візуально не прийнятна та для аналізу і вирішення комплексних проблем та є надто нечіткою.

Крім того для вирішення задач моделювання спільного впливу шкідливих та небезпечних чинників використання цього методу взагалі неможливо.

Тому було прийнято зважене рішення щодо удосконалення існуючого підходу до побудови діаграми Ісікави, яка передбачає групування і ранжування чинників за значенням показників в системі «людина-виробниче середовище-техніка», які характеризують ступінь ризику виникнення досліджуваної проблеми, що впливають на безпеку працівників на відповідних робочих місцях (пріоритетного числа ризику).

На основі триманої інформації та запропонованих заходів щодо зниження впливу небезпечних та шкідливих чинників є можливість побудувати ball-modified Cause-effect diagram (бально-модифіковані діаграми Ісікави).

Запропонований алгоритм побудову модифікованої діаграми наведено на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм побудови бально-модифікованої діаграми «причина-наслідок»(діаграма Ісікави)

Для інтеграції експертних даних у діаграми розглядаються методи роботи, матеріали, види праці (ручна або автоматизована) та виробниче середовище.

Тобто враховуються способи організації діяльності та режими її виконання.

Це дозволяє корегувати причинно-наслідкові зв'язки при зміні обладнання або технологічного процесу на робочих місцях.

На деяких підприємствах додатковим інструментом аналізу і побудови діаграми доцільним є використання карти ризиків підприємства, з яких

необхідно проаналізувати наявні проблеми та виконати коригувальну дію.

В такому випадку запропонований метод побудови діаграми причинно-наслідкових зв'язків має наступні переваги:

- увагу експертів можна зосередити на конкретній проблемі;
- дає змогу полегшити визначення першопричин проблеми застосуванням структурованого підходу;
- сприяє співпраці у групі та використанню знань групи щодо продукції чи процесу;
- дає змогу використати впорядкований і зручний для сприйняття формат відображення залежностей у діаграмі;
- вказує на можливі причини зміни процесу;
- дає змогу визначити сфери, у яких треба збирати дані для подальшого вивчення та вдосконалення.

До діаграми Ісікави було введено декілька візуальних змін (рис. 4):

1. Поділ її на візуальні зони за категоріями ризиків, а саме на: високу категорію ризику (High), середню категорію (Middle), низьку категорію (Low) згідно експертних оцінок;

2. До джерел небезпек (небезпечні та шкідливі чинники) було додано рейтинг початкового ризику (що є добутком імовірності та тяжкості ризику) із вказанням категорії ризику (наприклад: недостатня освітленість робочої зони (Middle, 50);

3. Додані додаткові блоки «причина» та «рішення» (бально-модифікована діаграма є альтернативою існуючих карт ризику).

Фрагмент візуалізації бально-модифікованої діаграми робочого міста при механічній обробці високотехнологічних композиційних матеріалів на основі вуглецевих волокон наведено на рис. 4.

Застосування представленої діаграми та циклу PDCA (Шухарта-Демінга) [4], який є логічною послідовністю повторюваних дій, спрямованих на безперервне вдосконалення процесів, запропоновано заходи, що передбачають планування, реалізацію, аналіз та коригування плану дій, послідовність виконання яких забезпечує зниження ризику небезпек на робочих місцях видобувних та металообробних підприємств:

1. Основна тема (безпека та гігієна праці).
2. Постановка задачі (визначення робочих місць).
3. Цільове формулювання, що визначає завдання проекту (зниження ризику небезпек на робочих місцях).
4. Наукова основа процесу (цикл PDCA), тобто метод, застосований вивчення проблеми.
5. Методи системного аналізу (бально-модифікована діаграма причин та наслідків,).
6. Пропоноване рішення (заходи та засоби спрямовані на зниження травматизму на виробництві та профзахворювання, рис. 4).
7. Графік виконання.
8. Графічні ілюстрації, що полегшують сприйняття інформації.
9. Дата та звітний підрозділ.

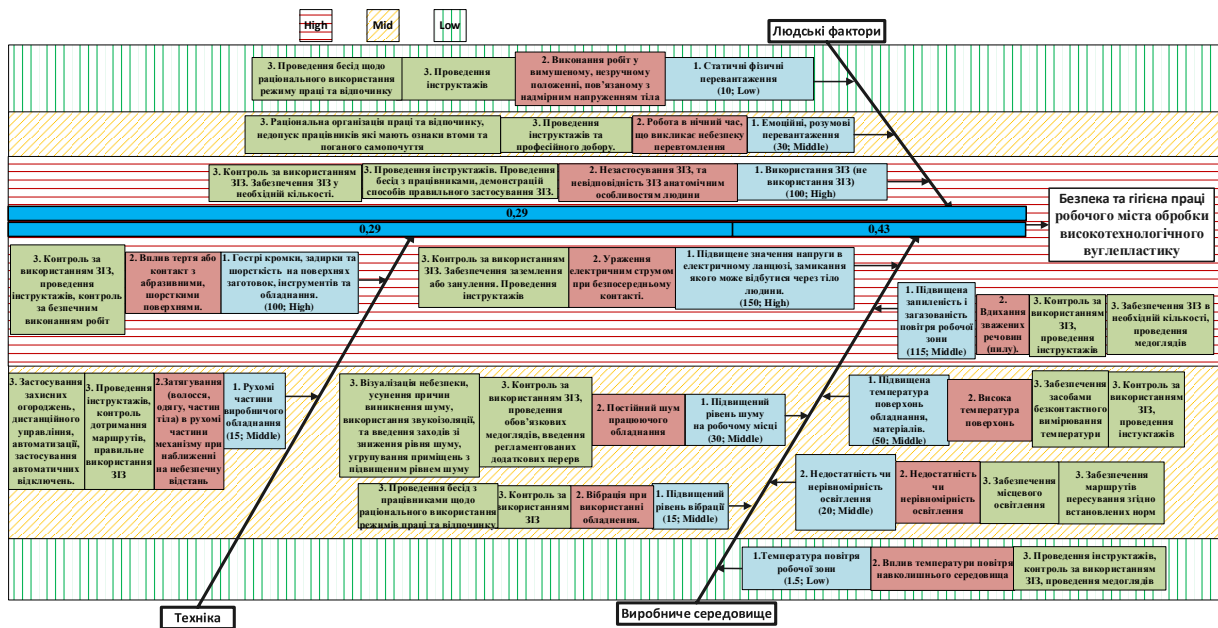


Рис. 4. Бально-модифікована діаграма Ісікави робочого місця обробки високотехнологічних композиційних матеріалів на основі вуглецевих волокон (1 - небезпечний та шкідливий чинник (категорія ризику), 2 - причина, 3 – рішення (заходи та засоби зниження ризику))

Висновки

Аналіз причинно-наслідкових взаємозв'язків (діаграма Ісікави) довів, що метод доцільно використовувати лише як частину аналізу першопричин, крім того поділ причин на основні категорії на початку аналізу не дає змогу адекватно враховувати взаємодії між категоріями. У зв'язку з цим запропоновано алгоритм побудови сучасної діаграми причин та наслідків, яка позбавлена зазначених недоліків.

Синтезована ієрархічна системна ball-modified Cause-effect diagram (бально-модифікована діаграма

Ісікави), що передбачає групування і ранжування чинників за значенням показника, який характеризує ступінь ризику виникнення досліджуваної проблеми, які впливають на безпеку працівників на відповідних робочих місцях (пріоритетного числа ризику).

Модифіковано діаграму на основі візуальної інформації, де наведено проблеми та виявленні причин, які впливають на безпеку праці та рекомендованими шляхами їх усунення, значною мірою спрощує впровадження управлінських рішень з охорони праці щодо зниження впливу небезпечних та шкідливих чинників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Статистичний аналіз нещасних випадків та гострих професійних захворювань за 2022 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fssu.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/article/971983>.
2. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. – Чинний від 2014-07-01. – Вид. офіц. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 80 с.
3. Schenkelberg F. An Introduction to the Cause and Effect Diagram [Електронний ресурс] / Fred Schenkelberg // Accendo Reliability. – Режим доступу: <https://accendoreliability.com/introduction-cause-effect-diagram/>
4. Пронюк Г. В. Сучасні підходи до управління безпекою праці / Г. В. Пронюк // Технологія-2018 : зб. наук. пр. XXI міжнарод. наук.-техн. конф., 20-21 квіт. 2018 р., Северодонецьк, 20–21 квіт. 2018 р. – Северодонецьк, 2018. – С. 195–197.

Received (Надійшла) 22.12.2022
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 15.02.2023

The principle of constructing a score-modified ishikawa diagram as a modern tool for risk analysis of mining and machining plants

Olga Chencheva, Serhii Sukach, Ivan Petrenko, Nataliia Karaeva

Abstract. Purpose. The principle of building a ball-modified Ishikawa diagram is proposed as a modern tool for risk analysis of mining and mechanical enterprises processing carbon composites. **Subject.** Justification of the application of management decisions on the organization of occupational health and safety measures to reduce the impact of dangerous and harmful factors by using systematized data in the proposed Score-modified Cause-effect Diagram (score-modified Ishikawa diagram), as well as the study of the problem of adaptive assessment of risks and hazards, which exists in current standards. It is proposed to use a method of solving the problem, by using a point-modified cause-and-effect diagram, as a modern risk analysis tool for planning and rationalizing labor protection measures at enterprises.

Keywords: risk analysis, ball-modified diagram, occupational disease, occupational safety.