Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей у 2020/2021 навчальному році

Галузь знань (спеціальності): «Цивільна безпека (Охорона праці)»

Тема: «***Розробка методики оцінювання безпеки праці на робочому місці***»

Шифр: «Методика оцінювання»

2021

ЗМІСТ

ВСТУП…….……..3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ …….……..5
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ……....8
2.1 Система залежностей оцінювання показників шкідливих чинників……8
2.2 Визначення параметру форми залежності…….....11
2.3 Визначення узагальненого показника шкідливих чинників……..….19
ВИСНОВКИ……...21
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….....22

ВСТУП

Успішне функціонування виробничих підприємств, їх висока конкурентоспроможність, можливі лише на передовій технологічній основі, в тому числі, шляхом реалізації ними інноваційної стратегії в області безпеки праці. Однією з основних проблем в менеджменті безпеки праці на підприємстві є визначення відповідності системи управління охороною праці до державних, галузевих і європейським вимогам. Основним існуючим критерієм цієї відповідності зараз є стан безпеки і охорони здоров'я працівників, який оцінюється за показниками травматизму або професійним захворюванням, тобто, по результату. Тому забезпечення і підтримання високого рівня безпеки праці на будь-якому підприємстві має досягатися застосуванням принципово нових підходів при оцінці, прогнозуванні та управлінні.

На процес формування безпечних умов праці впливає велика кількість чинників: характер виконуваних робіт і умови праці, конструкторські та інженерні рішення на робочих місцях і підприємстві в цілому, досконалість застосовуваних технологій і рівень технологічної дисципліни, загальна організація трудового процесу і т. д. Комплексний аналіз стану охорони праці раціонально проводити після узагальнення всіх факторів, що впливають на її рівень.

Об`єктом дослідження є робочі місця працівників виробництва.

Предметом дослідження є методи оцінювання безпеки праці на робочому місці.

Метою дослідження є розробка методики оцінювання безпеки праці на робочому місці.

Відповідно до поставленої мети визначено наступні **завдання дослідження:**

- провести аналіз національних та зарубіжних наукових публікацій на предмет наукових підходів, щодо поставленої мети

- застосувати систему залежностей між різнорозмірними показниками шкідливих чинників на виробництві та їх оцінками на безрозмірній шкалі, які би враховували важливість шкідливого чинника для людського організму незалежно від типу виробничих приміщень.
- застосувати метод експертних оцінок для вибору параметру форми залежності, зважаючи на ступінь негативного впливу шкідливого та небезпечного чинника.
- розробити методику оцінювання безпеки праці на робочому місці.

Методи досліджень - теоретичні дослідження базуються на фундаментальних принципах кваліметрії для вибору математичних залежностей різнорозмірних показників шкідливих та небезпечних чинників та їх безрозмірними оцінками.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ

Якість нашого життя, в цілому, визначають багато чинників, такі як освіта, стан охорони здоров'я, свобода слова, безпека праці. За станом безпеки праці в державі можна визначити про ставлення суспільства до таких вищих цінностей, як людське життя. У зв'язку з цим актуальною стає необхідність забезпечення безпеки праці на етапах проектування, виготовлення і експлуатації продукції і створення безпечних технологій для життя і здоров'я працівників. А для досягнення поставлених цілей в організації безпечних умов праці необхідний постійний процес їх оцінки, аналізу і безперервного управління.

Сутність управління безпекою праці полягає в розробці системи заходів, що забезпечують отримання об'єктивної інформації про об'єкт управління, для розробки і прийняття управлінського рішення щодо зміни його стану на більш безпечний. Для ефективного управління необхідні більш досконалі і економічні методи збору та обробки інформації. На практиці оцінювання умов праці зводиться до ідентифікації шкідливих і небезпечних факторів, пов'язаних з трудовою діяльністю, і до встановлення кількісної міри ризику порушення здоров'я працюючого.

Для належного прогнозування та мінімізації шкідливих і небезпечних факторів необхідно здійснювати їх оцінки і оцінки повинні мати кількісну оцінку. Тому виникає потреба в дослідженнях і розробці сучасних управлінських рішень, спрямованих на посилення захисту працівників від впливу шкідливих факторів, в тому числі і за рахунок вдосконалення методів оцінки умов праці, пошуку нових їх критеріїв.

Існуючий рівень механізації і автоматизації на виробничих підприємствах обумовлює вплив на працівників комплексу шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу: вібрація, шум, промислові аерозолі, хімічні речовини, нервово-психічне напруження, переміщення і підйом вантажу вручну, фіксована і вимушена робоча поза. Несприятливі виробничі фактори праці є

основою формування професійної патології, здатні запускати патогенетичні механізми розвитку і прогресування загальних захворювань, що обтяжують перебіг професійних хвороб [1,2].

Система управління охороною праці та ризиками є частиною загальної системи управління підприємства та функціонує з метою підвищення рівня безпечності виконання робіт на підприємстві, зменшення, запобігання та усунення впливу небезпечних чинників і управління ризиками, пов’язаними з небезпеками.

Протягом останніх десятиліть багатокритеріальне оцінювання використовувалось як допоміжний засіб для прийняття складних рішень, оскільки воно сприяє участі зацікавлених сторін у спільному прийнятті рішень і дозволяє враховувати безліч критеріїв, як вимірюваних, так і не вимірюваних, поєднуючи кількісні та якісні критерії [3-5].

Автор у своїй роботі [6] стверджує, що розвиток систем управління охороною праці та безпекою праці і тенденція до їх інтеграції з іншими системами управління в компанії створюють серйозні вимоги для оцінки їх ефективності. Дослідник пропонує використовувати процедуру Simos на етапі визначення ваг окремих елементів системи управління охороною праці, а також метод середнього арифметичного на етапах агрегування оцінки.

Автори статті пропонують оцінювати систему менеджменту якості на етапі експлуатації за допомогою оцінки набору взаємопов'язаних процесів, тобто об'єднувати оцінки різних процесів в одному наборі даних і оцінювати його в цілому. На думку дослідників, процедура збільшить обсяг інформації про оцінку якості системи як сукупність процесів, що дозволить оцінити всю систему з більшою об'єктивністю і надійністю. Для вирішення цього завдання автори пропонують застосовувати статистичні методи з використанням непараметричної статистики [7].

У дослідженнях науковці [8 - 10] для оцінки різних соціальних об'єктів, у тому числі процесів в організаціях, використовували такі багатокритеріальні методи як PROMETHEE (метод організації рейтингу переваг для оцінки

збагачення), MOORA (багатоцільова оптимізація за допомогою аналізу відносин), WASPAS (Зважена сукупність оцінок показника якості).

Проаналізовані методики оцінювання застосовуються для оцінки якості продукції та різних процесів системи управління якості, тому вважаємо, що проведений огляд літератури підтвердив актуальність дослідження, спрямоване на розвиток методів багатокритеріального оцінювання безпеки умов праці на виробництві.

Таким чином, механізм забезпечення безпеки праці на виробничих підприємствах в своїй основі повинен мати ідентифікацію та оцінку явних і потенційних небезпек і ризиків, заснованих на критеріях і показниках, що характеризують стан системи забезпечення безпеки праці. Там, де це технічно можливо, такі небезпеки повинні бути усунені, а де ні, - мінімізовані. Для цього необхідно оцінювати фактори виробництва з метою їх прогнозування і запобігання.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

2.1 Система залежностей оцінювання показників шкідливих чинників

Визначення узагальненого показника шкідливого чинника на робочому місці пов’язано з отриманням єдиної оцінки, яка кількісно виражає безпечність через його окремі показники. Одним із способів вирішення такого завдання є приведення різнорозмірних показників шкідливих чинників у безрозмірну шкалу, що дозволяє звести усі показники до однієї розмірності, і у свою чергу, дасть можливість кількісно оцінити узагальнений показник шкідливого чинника.

Пропонується дві групи показників шкідливих чинників:

- група показників шкідливих чинників, у яких оптимальне (найкраще) значення прямує до нижньої межі допустимих значень згідно нормативним вимогам. Наприклад, вібрація, шум тощо. У даному випадку, чим менше ці показники, тим краще;

- група показників шкідливих чинників, у яких оптимальне (найкраще) значення прямує до середини межі допустимих значень згідно нормативним вимогам. Наприклад, температура повітря.

Враховуючи, що різні групи показників шкідливих чинників мають різні оптимальні значення, пропонуємо побудувати для кожної групи свої залежності, що дозволить уніфікувати систему залежностей для визначення оцінювання будь-якого показника. Такий вид залежностей вперше був застосований для оптимізації технологічних процесів Дірінгером [11], а для оцінки систем управління якістю автором наукової роботи [12], але, на наш погляд, в даних роботах не досконалим є їх застосування в частині визначення коефіцієнта форми, що є найважливішим фактором у оптимальності їх застосування на практиці. Розглянемо такий вид залежностей детально та застосуємо їх для оцінювання показників шкідливих чинників.

Залежність, яку пропонується застосувати для одержання оцінки показників шкідливих чинників на безрозмірній шкалі (від 0 до 1) має вигляд:

$$S_q = \begin{cases} 0 & q_i \le q_{i\min} \\ \left[\dfrac{q_i - q_{i\min}}{q_{i\max} - q_{i\min}}\right]^{(r)} & q_{i\min} < q_i < q_{i\max} \\ 1 & q_i \ge q_{i\max} \end{cases} \qquad (2.1)$$

де q_i – дійсне значення показника шкідливого чинника;

q_{imin} - мінімальне значення показника шкідливого чинника;

q_{imax} - максимальне значення показника шкідливого чинника;

r – параметр форми, який змінює форму залежності.

Якщо параметр форми r – змінювати від 0,1 до одиниці з кроком 0,2, то залежності будуть вигнутими вгору, а якщо параметр форми змінювати від 1 до девяти з кроком 2, то залежність буде вгнута донизу (рис. 2.2).

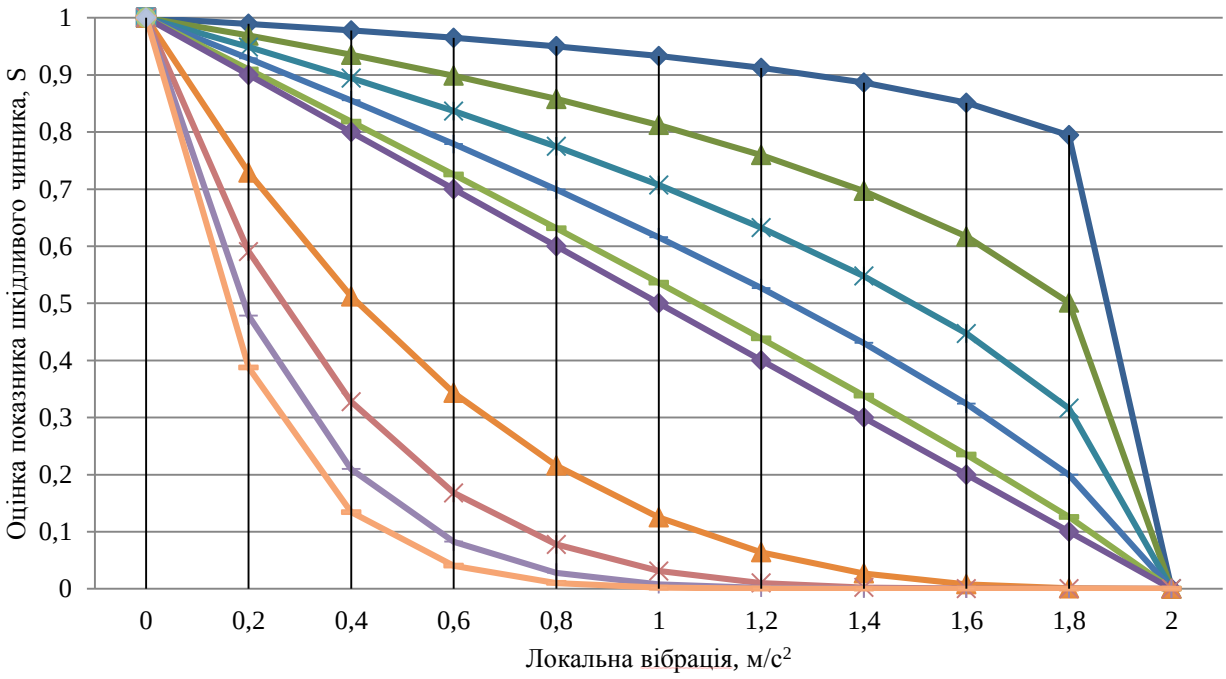

Рисунок 2.1 – Показники шкідливих чинників, у яких оптимальне (найкраще) значення прямує до нижньої границі поля допуску (локальна вібрація, не більше 2,0 м/с^2)

Якщо оптимальний (найкращий) показник шкідливого чинника направляється до середини межі допустимих значень, то залежність буде мати вигляд:

$$S_q = \begin{cases} \left[\dfrac{q_i - q_{i\min}}{t_i - q_{i\min}}\right]^{(r)} & q_{i\min} \le q_i \le t_i \\ \left[\dfrac{q_i - q_{i\max}}{t_i - q_{i\max}}\right]^{(r)} & t_i < q_i \le q_{i\max} \\ 0 & q_{i\min} > q_i > q_{i\max} \end{cases}, \qquad (2.2)$$

де t_i - середина межі допустимих значень.

У такому випадку система залежності буде мати вигляд, показаний на рисунку 2.1.

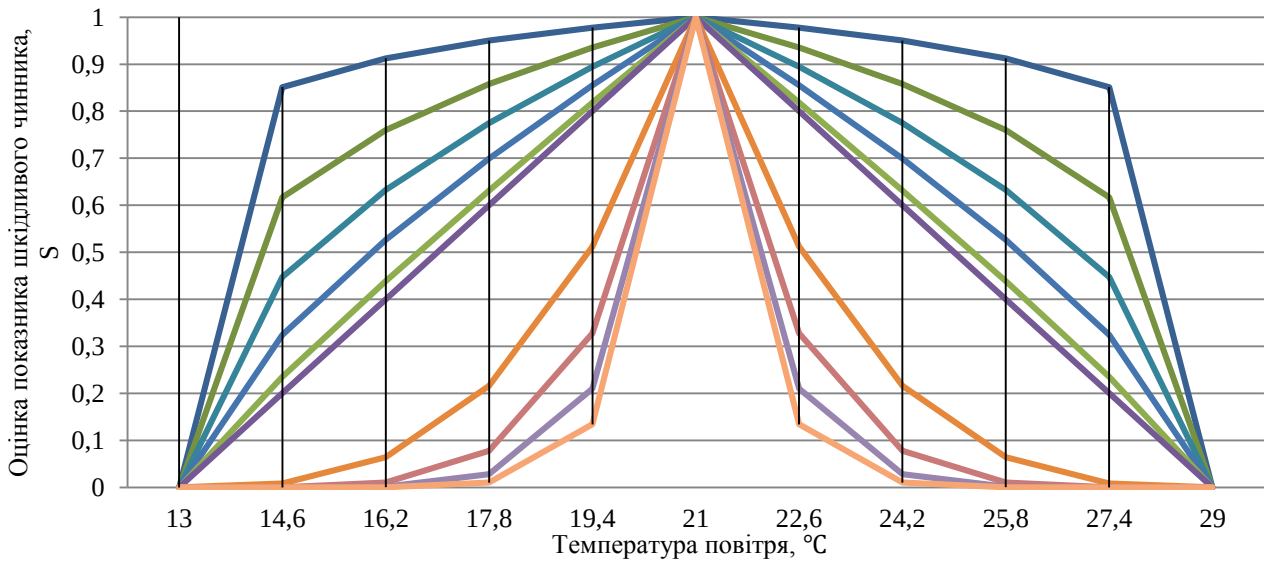

Рисунок 2.2 – Оптимальний (найкращий) показник шкідливого чинника направляється до середини межі допустимих значень (температура повітря)

Як результат створено систему залежностей, які дозволяють отримувати оцінки показників шкідливих чинників на безрозмірній шкалі. В цьому є позитивні сторони такі як:

1. Ці залежності мають параметр форми, це дозволяє змінювати їх форму і для кожного показника вибирати найбільш відповідний варіант.

2. Запропоновані залежності враховують максимальне, мінімальне та оптимальне значення показника шкідливого чинника, що не вимагає вручну налаштовувати шкали оцінювання.

3. Це простота моделей, яка дозволяє застосовувати їх на практиці без спеціальних знань, що особливо цінно при оцінці показників шкідливих чинників на виробництві [13,14].

Але є один недолік, який може звести нанівець ці переваги, а саме, невідомо, як вибрати параметр форми, тому що від нього залежить оцінка показника на безрозмірній шкалі. Тому пропонується застосувати метод експертних оцінок для визначення параметра виду r в залежності(2.1) та (2.2).

2.2 Визначення параметру форми залежності

Щоб перевести окремі показники шкідливих факторів різної величини в єдину безрозмірну шкалу і знайти кількісну оцінку, необхідно визначити залежність. На вибір однієї з десяти залежностей впливає багато чинників, у тому числі: ступінь впливу на здоров'я працівника, тжякість на напруженість праці, період року та інші. Цьому вибору неможливо дати кількісну оцінку, оскільки кожен чинник має свої власні характеристики і нормативні вимоги, які з часом змінюються. Отже, необхідно звернутися до теорії експертних оцінок, де під прийняттям рішення розуміється вибір альтернативи з безлічі на основі аналізу факторів або критеріїв [15].

Завдання визначення вагомості окремих властивостей експертним методом належить до класу задач прийняття рішення на основі обробки думок експертів. З точки зору методики проведення опитувань експертів найбільш досконалим вважається метод Делфі. Характерними рисами методу Делфі є [15]:

- відповіді на поставлені перед експертом запитання обов'язково містять кількісну характеристику;

- проводиться декілька турів опитувань;

- після кожного туру усі опитувані експерти знайомляться з відповідями інших учасників опитування;

- від експертів отримується обґрунтування думок і доводиться до відома інших учасників експертизи, що дозволяє повніше врахувати різні фактори;

- статистична обробка отриманих відповідей проводиться після кожного туру.

Тобто, призначення методу Делфі полягає в тому, що визначається переважна думка фахівців щодо даної проблеми, шляхом зважування експертами думок своїх колег, але при цьому без прямих дискусій між ними. Кількість проведених турів залежить від досвіду і кваліфікації фахівців. Вважається, що в середньому досить три тури голосування для групи, що складається з 10-12 експертів.

Аналіз існуючих методів експертного встановлення вагомості різних факторів і властивостей, проведений Р. Екенроде [15], показав, що найбільш широке розповсюдження отримали шість методів. Вони відрізняються як підходами до постановки питань, на які відповідають експерти, так і проведенням експериментів і обробкою результатів опитування. Розглянемо ці методи.

1. Метод переваг полягає в тому, що експерта просять пронумерувати усі вагомості в порядку їх переваг так, що вагомість найменш пріоритетного (важливого) показника отримує номер 1, наступного за важливістю показника – номер 2 і т.д. Чим важливіше показник якості, тим більше значення вагомості .

2. Метод рангу полягає в тому, що експерта просять оцінити важливість кожної властивості за шкалою відносної значущості в діапазоні від 1 до 10, причому йому дозволено за цією шкалою вибирати не тільки цілі, а також і дробові числа.

3. Перший метод попарного зіставлення полягає в тому, що експерт отримує матрицю, в якій по горизонталі і вертикалі позначені всі порівнювані показники якості. У кожній клітині, що відноситься до двох порівнюваних

показників, йому необхідно проставити номер того (з кожної пари) показника, яке він вважає більш важливим.

4. Другий метод попарного зіставлення полягає в тому, що експерт порівнює пари властивостей і визначає перевагу одного з них не за допомогою матриці, а просто підкреслюючи переважну властивість у кожній з представлених йому комбінацій виду: властивість 1 - властивість 2; властивість 7 - властивість 15 і т.д.

5. Метод повного попарного зіставлення полягає в тому, що експерт виробляє порівняння не тільки в прямому порядку «властивість-властивість», а й у зворотному порядку.

6. Метод послідовних зіставлень полягає в тому, що експерта просять розташувати вагомості всіх властивостей в порядку переваги, при цьому найбільш важлива властивість отримує вагомість 1, а всі інші в порядку спадання в діапазоні від 1 до 0. Якщо властивість важливіша усіх інших властивостей разом взятих, то вона збільшується до величини, яка перевершує суму усіх інших вагомостей. При необхідності, в залежності від важливості самої головної властивості може бути проведена і зворотна процедура, потім вирішується аналогічне питання і за відношенням до наступної за важливістю властивості і т.д. для всіх інших властивостей. Обробка результатів опитування в цьому методі проводиться за формулами методу рангу.

Усі перераховані методи мають загальні особливості. У першому методі необхідно проранжувати властивості за важливістю, в другому і шостому – поставити у відповідність більш важливого властивості більше число, в третьому, четвертому та п'ятому – вибрати з декількох властивостей більш важливе. Однак зазначені підходи на практиці мають деякі труднощі, а саме: експерту при порівняння необхідно тримати в полі зору кілька факторів, адже надаючи певне числове значення конкретним факторам, він повинен його одночасно зіставити з іншими.

Усунути необхідність постійно тримати в полі зору усі фактори або групу однорідних і сконцентрувати увагу експерта на конкретній проблемі можна

використовуючи методику парних порівнянь. Підхід до надання вагомості об'єктам на основі застосування методу парних порівнянь запропонований Т. Сааті [16]. У подальших дослідженнях даний підхід розвинувся в цілу розділ прийняття рішень при наявності одного або декількох критеріїв, і отримав назву методу аналізу ієрархій (МАІ) [16 - 19].

Метод аналізу ієрархій прийнято вважати загальною теорією вимірювання. МАІ застосовується для виведення шкал відносин як з дискретних, так і безперервних парних порівнянь в багаторівневих ієрархічних структурах. Порівняння можна провести на основі реальних величин або можливих, що відображають можливі переваги. Метод призначений для аналізу нелінійних структур, які застосовуються для виконання як дедуктивного, так і індуктивного виводу без використання силогізму, а також для одночасного розгляду безлічі факторів з урахуванням закономірностей між ними і знаходження компромісу під час формування висновку [18].

Першим етапом застосування МАІ є реалізація принципу ідентичності та декомпозиції, що означає представити проблему у вигляді ієрархії. В загальному вигляді ієрархія представляє собою структуру від вершини (цілі – з точки зору управління), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до самого низького рівня (перелік альтернативних рішень). Тобто, в МАІ основна мета дослідження і усі фактори, які в тій чи іншій степені впливають на досягнення мети, розподіляються по рівням залежно від ступеня і характеру впливу. На верхньому рівні ієрархії завжди знаходиться одна вершина – мета дослідження. Другий рівень ієрархії складають фактори, які впливають на досягнення цілі. Третій рівень складають фактори, від яких залежать вершини другого рівня, і т.д. цей процес побудови ієрархії продовжується до того, поки в структуру не буде включено усі основні фактори, або хоча б для одного з факторів останнього рівне не можна безпосередньо отримати необхідну інформацію. Після побудови ієрархії для кожної верхньої вершини проводиться оцінка коефіцієнтів вагомості, які визначають ступінь її залежності від вершин,

які впливають на неї, більш низького рівня. При цьому використовується метод парних порівнянь.

Для проведення суб'єктивних парних суджень. Автором методу Сааті [16] запропоновано оціночну шкалу, яка складається з п'яти основних і чотирьох проміжних суджень (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	**Визначення**	**Пояснення відносної важливості щодо визначення параметрів форм**
1	Рівна важливість	Однаковий вплив двох характеристик на визначення параметру форми.
3	Помірне перевищення одного над іншим	Одна із характеристик має легку перевагу над іншою.
5	Істотне або сильне перевищення	Суттєва перевага однієї з характеристик над іншою.
7	Значне перевищення	Значна перевага однієї з характеристик над іншою.
9	Дуже сильне перевищення	Одна з характеристик дуже сильно відрізняється від іншої.
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються в компромісних випадках
Зворотні величини приведених вище чисел	Якщо при порівнянні одного виду з іншим отримане одне з перерахованих вище чисел, то при порівнянні другого виду з першим отримуємо зворотну величину	

За результатам парних порівнянь будується квадратна матриця $A = (a_{ij})$.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{3n} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{nn} \end{pmatrix} . \qquad (2.1)$$

Тут (a_{ij}) означає відношення оцінок відповідних елементів; індекси i і j змінюються від одиниці до величини, яка дорівнює кількості характеристик. Окрім цього, дана матриця має властивість зворотної симетричності: $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

Оскільки проблема подана у вигляді ієрархії, то матриця складається для порівняння відносної важливості критеріїв на другому рівні і по відношенню до

загальної мети на першому рівні. Такі матриці будуються для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня.

Далі з груп матриць парних порівнянь формується набір локальних пріоритетів, які виражають відношення впливу множини елементів на елемент рівня, сусіднього зверху. Знаходимо відносну силу, величину, цінність кожного окремого об’єкта через рішення матриць, кожна з яких володіє зворотно симетричними властивостями. Для цього потрібно розрахувати множину власних векторів для кожної матриці, а згодом нормалізувати результат до одиниці, отримуючи тим самим вектор пріоритетів.

Одним з найкращих шляхів вирішення цього завдання є знаходження середнього геометричного. Отриманий таким чином стовпчик чисел нормалізується діленням кожного числа на суму чисел. Наприклад:

	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	w_1/w_1	w_1/w_2	w_1/w_3	w_1/w_4
A_2	w_2/w_1	w_2/w_2	w_2/w_3	w_2/w_4
A_3	w_3/w_1	w_3/w_2	w_3/w_3	w_3/w_3
A_4	w_4/w_1	w_4/w_2	w_4/w_3	w_4/w_4

(2.2)

Таким чином, компонента власного вектора першої строки визначається:

$$a = \sqrt[4]{\frac{w_1}{w_1} \cdot \frac{w_1}{w_2} \cdot \frac{w_1}{w_3} \cdot \frac{w_1}{w_4}}, \tag{2.3}$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{w_2}{w_1} \cdot \frac{w_2}{w_2} \cdot \frac{w_2}{w_3} \cdot \frac{w_2}{w_4}}, \tag{2.4}$$

$$c = \sqrt[4]{\frac{w_3}{w_1} \cdot \frac{w_3}{w_2} \cdot \frac{w_3}{w_3} \cdot \frac{w_3}{w_4}}, \tag{2.5}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{w_4}{w_1} \cdot \frac{w_4}{w_2} \cdot \frac{w_4}{w_3} \cdot \frac{w_4}{w_4}}, \tag{2.6}$$

де a, b, c, d – компоненти власного вектора;

w – кількісна оцінка вагомості елементів.

Згодом розраховується сума векторів S і нормалізується результат для отримання оцінки векторів пріоритетів:

$$X_1 = \frac{a}{S}, \tag{2.7}$$

$$X_2 = \frac{b}{S}, \tag{2.8}$$

$$X_3 = \frac{c}{S}, \tag{2.9}$$

$$X_n = \frac{d}{S}, \tag{2.10}$$

де X_n – нормалізований результат; S – сумма векторів оцінки.

Процедура MAI характеризується вбудованим критерієм якості роботи експерта – індексом погодженості (ІП), який дає інформацію стосовно порушень числової і порядкової погодженості експертів. ІП для кожної матриці і для всієї ієрархії можна отримати шляхом математичних визначень. Спочатку знаходиться сума кожного стовпця матриці суджень, потім сума першого стовпця збільшується на величину першої компоненти вектора пріоритетів, сума другого стовпця – на другу компоненту і т.д. Потім визначається сума отриманих результатів. Таким чином знаходиться величина, що позначається як λ_{MAX} . Для зворотно симетричної матриці $\lambda_{MAX} \geq n$.

Індекс погодженості визначається за формулою:

$$ІП = \frac{(\lambda_{MAX} - n)}{(n-1)}, \tag{2.11}$$

де n – кількість факторів, які порівнюються.

ІП порівнюється з величиною, отриманою в результаті випадкового вибору кількісних величин, яка розглядається як середня. Середні значення погодженості для випадкових матриць різного порядку наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Середні погодженості для матриць різного порядку

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня погодженості	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Якщо розділити ІП на число, відповідне випадковій погодженості матриці того ж порядку, отримаємо відношення погодженості, величина якого повинна бути ≤ 10%. У окремих випадках можна допустити 20%, але не більше. У разі, коли ІП виходить за ці межі, то необхідно перевірити судження [19].

Пропонуємо методику застосування МАІ для надання переваги одній із десяти залежностей між одиничними різнорозмірними показниками та їх оцінками на безрозмірній шкалі на прикладі шкідливих та небезпечних чинників на робочому місці робітника у гарячому цеху машинобудівного підприємства:

1. Подати проблему у вигляді ієрархії. На першому рівні – мета, на другому – критерії, за якими визначається альтернатива для вирішення даної проблеми, і на третьому рівні – перелік варіантів-альтернатив.

В даному випадку, на першому рівні мета – обґрунтування вибору залежності, на другому – шість найбільш важливих, з точки зору експертів, шкідливих чинників і на третьому – параметри форм, які повинні бути оцінені за характеристиками другого рівня.

2. Побудувати матрицю попарних порівнянь для 2-го рівня ієрархії використовуючи шкалу відносної важливості (див. табл. 2.2) .

3. Розрахувати компоненти власного вектора як середні геометричні по рядку. Після знаходження, компоненти власного вектора нормуються, що дає вектор пріоритетів або ваг об'єктів λ_{MAX} .

4. Визначити погодженість. Для цього, використовуючи відхилення максимального власного числа від розмірності матриці, знаходиться величина, так званий індекс погодженості (ІП). Потім порівнюється з відповідним табличним значенням, і отримується відношення погодженості (ВП). Якщо виконується умова ≤10%, то перейти до наступного кроку, якщо ні перевірити судження та повторити дії з п. 2.

5. Здійснити кроки 2, 3 і 4 для усіх рівнів і груп в ієрархії.

2.3 Визначення узагальненого показника шкідливих чинників

Для знаходження узагальненого показника шкідливих чинників необхідно визначити до якої із груп відносяться його кожний показник, а також на підставі нормативних даних встановити максимальне, мінімальне та оптимальне значення кожного показника шкідливого чинника.

Для того, щоб налаштувати шкали для кожного показника шкідливого чинника, необхідно різницю між найменшим та найбільшим його значенням поділити на ту кількість інтервалів (таких інтервалів буде 10), яка є на відповідній проміжній шкалі. Графічна модель оцінювання показників шкідливих чинників має вигляд як показано на рисунку 2.3.

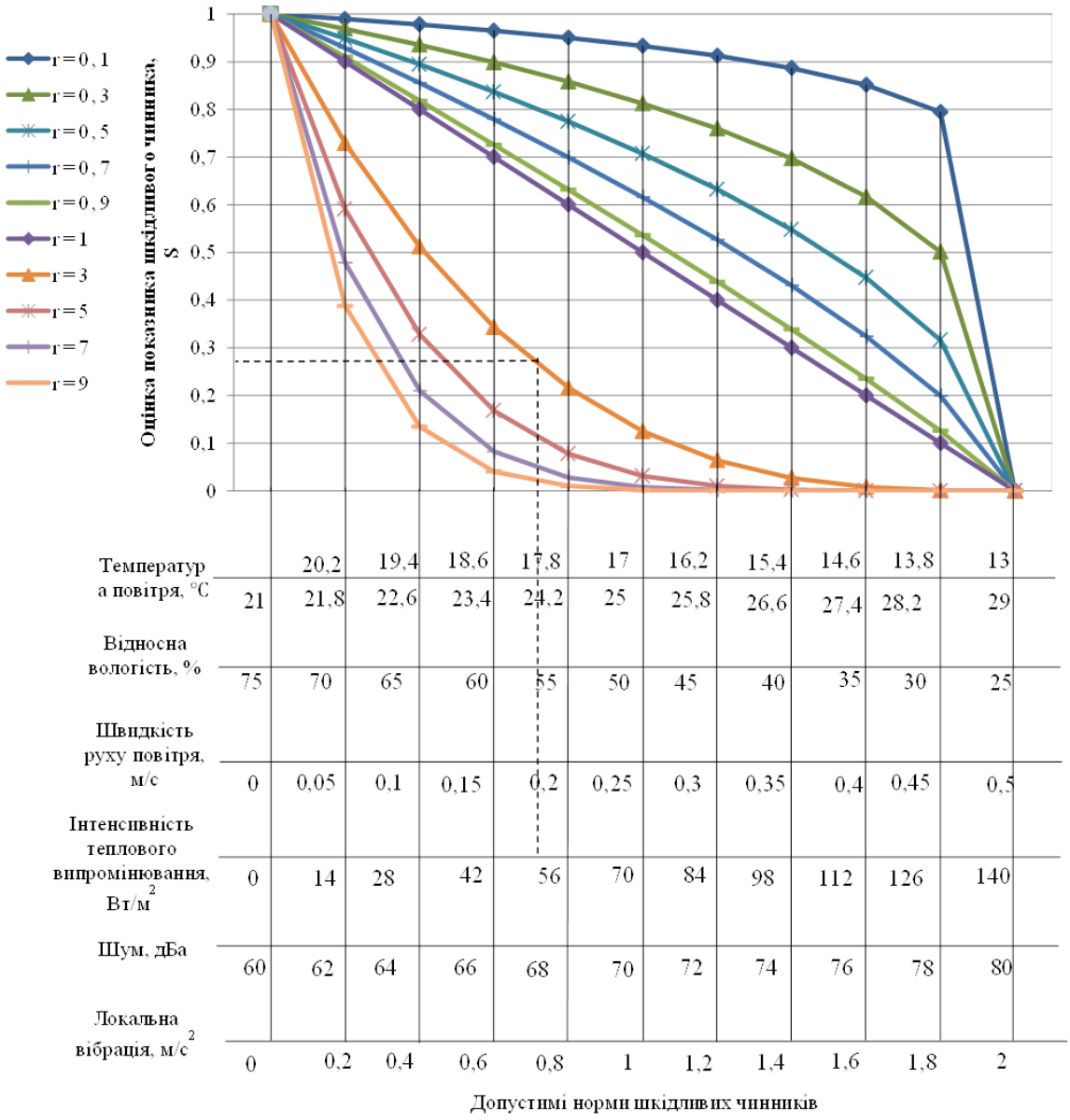

Рисунок 2.3 – Графічна модель оцінки показників шкідливих чинників

Для визначення оцінок показників шкідливих чинників S_y на безрозмірній шкалі застосовуються залежності (2.1), (2.2).

Оскільки оцінки окремих показників шкідливих факторів мають однакову шкалу вимірювання (0 - 1), можна знайти узагальнений показник, застосувавши одне із середніх значень. У цьому випадку використовується середнє геометричне.

$$Q = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} S_{yi}} \qquad (2.12)$$

Отже, за допомогою залежності і експертів, для визначення параметра форми, можна отримати узагальнений показник безпеки умов праці на виробництві. Таким чином, застосування розробленої системи взаємозв'язків між окремими показниками шкідливих виробничих факторів і їх значеннями на безрозмірній шкалі забезпечує кількісну оцінку безпеки умов праці на виробництві. За допомогою запропонованої методики можна приймати управлінські рішення, які призводять до мінімізації відхилення дійсних значень шкідливих чинників від оптимальних.

ВИСНОВКИ

Запропоновано групи показників шкідливих чинників. Перша група показників шкідливих чинників, у яких оптимальне (найкраще) значення прямує до нижньої межі допустимих значень згідно нормативним вимогам. Чим менше ці показники, тим краще. Друга група показників шкідливих чинників, у яких оптимальне (найкраще) значення прямує до середини межі допустимих значень згідно нормативним вимогам.

Так як, різні групи показників шкідливих чинників мають різні оптимальні значення, запропоновано побудувати для кожної групи залежності, для уніфікування системи залежностей для визначення оцінювання будь-якого показника. Застосовано систему із 10-ти математичних залежностей між одиничними різнорозмірними показниками шкідливих чинників та їх оцінками на безрозмірній шкалі від 0 до 1, яка дала можливість отримати кількісну безрозмірну оцінку безпеки праці.

Визначено, що від параметру форми залежить оцінка показника на безрозмірній шкалі. Застосовано метод аналізу ієрархій для встановлення параметру форми математичних залежностей, який ґрунтується на попарному порівнянні факторів.

На основі цієї методики можна отримати кількісну оцінку безпеки умов праці на виробництві. Все перераховане закладає основу для поліпшення системи управління безпеки праці на виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Костюк І. Ф., Капустник В. А. Професійні хвороби: Підручник. – 2-е вид., переробл. і доп. - К.: Здоров'я, 2003. 582 с.

2. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.:Основа, 2006 — 448 с

3. Ilbahar E., Karaşan A., Cebi S., Kahraman C. A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*. 2018. № 103. P. 124–136. doi: 10.1016/j.ssci.2017.10.025.

4. Muhammet Gul. A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal.* 2018. № 24(1). P. 1–38. doi: 10.1080/10807039.2018.1424531.

5. Маляр М. М., Поліщук В. В., Поліщук А. В. Інформаційна модель оцінювання банківських установ. *Науковий вісник Ужгородського Університету, Серія: Економіка.* 2019. № 1 (53). С. 168-172. doi: 10.24144/2409-6857.2019.1(53).168-172.

6. Tabor J. A grey-based decision-making approach to the improvement of OHS management system. *Polish Journal of Management Studies*. 2018. № 18. P. 389-402. doi: 10.17512/pjms.2018.18.1.29.

7. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises ac-cording to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-Europ. J. of Enterprise Tech.* 2016. № 4/3 (82). P. 18-24. doi: 10.15587/1729-4061.2016.75503.

8. Hashemkhani Zolfani S., Maknoon R., Zavadskas E. K. Multiple Nash equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods.

Journal of Business Economics and Management. 2015. 16, 290–305. doi: 10.3846/16111699.2014.967715

9. Brauers W., Ginevičius R., Podviezko A. Development of a methodology of evaluation of financial stability of commercial banks. *Panoeconomicus*. 2014. № 61. P. 349 –367. doi: 10.2298/PAN1403349B.

10. Stefanovića V., Uroševićb S., Mladenović- Ranisavljevićc I., Stojilkovićd P. Multi-criteria ranking of workplaces from the aspect of risk assessment in the production processes in which women are employed. *Safety Science.* 2019. № 116. P. 116-126. doi: 10.1016/j.ssci.2019.03.006.

11. Derringer G., Suich R. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality technology*. 1980. Vol. 12, No 4. P. 83-89.

12. Горбенко Н А. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02. Харків, 2014. 165 с.

13. Черняк О.М., Тріщ Р. М. Денисенко А. М. Методика оцінювання шкідливих чинників, які впливають на здоров'я робітників машинобудівного підприємства. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* Харків, 2019. № 5 (1330). С. 70-76.

14. Черняк О. М., Денисенко А. М. Методика оцінювання шкідливих та небезпечних чинників, що впливають на здоров'я робітників промислового підприємства. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності:* зб. наук. праць XIV міжнар. наук.-практ. конф., (м. Львів, 28 – 29 берез. 2019 р.). Львів, 2019. С.334-336.

15. Азгальдов Г. Г., Райхман Э. П. О квалиметрии. Москва: Издательство стандартов, 1973. 172 с.

16. Saaty T. L. An eingenvalue allocation model for prioritization and planning. *Energy Management and Policy Center*, University of Pennsylvania, 1972.

17. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. Москва: Финансы и статистика, 2001. 203 с.

18. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с.

19. Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва: Радио и связь, 1991. 224 с.