

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»



ГРИГОР'ЄВА ЄВГЕНІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 614.8.084(477)

УДОСКОНАЛЕННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО
ОЦІНЮВАННЯ УМОВ ПРАЦІ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ
ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА

05.26.01 – охорона праці

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2022

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, доцент
Третьяков Олег Вальтерович,
Український державний університет
залізничного транспорту,
професор кафедри охорони праці
та навколишнього середовища.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Русаква Тетяна Іванівна**, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності;

кандидат технічних наук, доцент **Рагімов Сергій Юсубович**, Національний університет цивільного захисту України, доцент кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт.

Захист відбудеться 08 лютого 2023 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.085.01 з присудження наукового ступеня доктора наук при Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а) та на сайті: <https://pgasa.dp.ua/dissertation/>.

Автореферат розісланий 06 січня 2023 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. В. Ковальов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В Україні все більше зміцнюється усвідомлення того факту, що нещасні випадки і різні захворювання, які пов'язані з професійною діяльністю, мають згубний вплив не тільки на життя окремих працівників, їхніх сімей, але й на соціально-економічний добробут суспільства в цілому. Критерії безпеки мають базуватися на науково обґрунтованій теорії професійного та виробничого ризику, що враховує усі аспекти забезпечення безпечної праці.

На сьогодні для оцінювання виробничого травматизму, професійних захворювань та інших, пов'язаних із роботою захворювань, застосовуються кілька різних за своєю суттю показників. До того ж вони не створюють єдиної, цілісної картини про реальний стан умов праці на виробництві. І в цьому відношенні показовим є приклад України, де поняття професійного та виробничого ризику застосовується в залежності від області досліджень, має різне тлумачення і сенс, а показники, які найчастіше використовуються, не мають порівняння і порівняльної кількісної оцінки.

Одним із ключових моментів, на поточному етапі розвитку українського суспільства, є об'єктивна оцінка здоров'я працівників із позицій професійного ризику. У більшості високорозвинених країн світу існує загальноприйняте і всім зрозуміле правило – вкладення коштів у заходи із збереження життя і здоров'я людини є економічно вигідним. Заявивши про свій намір приєднатися до Європейського Союзу, наша держава взяла на себе зобов'язання щодо приведення національного законодавства у відповідність із законодавством ЄС. З цією метою прийнято нову редакцію Закону «Про охорону праці». Починаючи з 1994 року, в Україні розробляються національні, галузеві, регіональні та виробничі програми покращення стану умов та безпеки праці на виробництві. Під час їхньої реалізації були закладені основи для удосконалення державної системи управління охороною праці, а також впровадження у сфері охорони праці економічних методів управління, вирішення питань наукового, організаційного і нормативно-правового забезпечення робіт. Незважаючи на вищенаведені заходи, спостерігається стійка тенденція до зниження рівня здоров'я працездатного населення України. В результаті на сьогодні в державі середня тривалість життя громадян на 10–12 років нижча, ніж у європейських країнах, а передчасна смертність, особливо серед чоловіків працездатного віку, є вищою в 3–4 рази. В Україні зафіксовано один із найвищих у світі показників природного зменшення населення (6,4 на тисячу осіб).

Труднощі, які виникають під час створення гідних людини умов праці, з'являються у роботодавця не тільки через відсутність необхідного на такі цілі фінансування. Вони виникають і внаслідок недостатньої обґрунтованості заходів із охорони праці, які на теперішній час розробляються без урахування потенційної небезпеки заподіяння шкоди здоров'ю працюючих, як з боку кожного зі шкідливих і небезпечних факторів виробничого процесу, так і їхньою поєднаною дією. Управління охороною праці потребує науково обґрунтованого підходу на всіх рівнях, тому удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на робочих місцях є актуальною науково-прикладною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі охорони праці та навколишнього середовища Українського державного університету залізничного транспорту у відповідності з Загальнодержавною соціальною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014–2018 роки, затвердженою Законом України від 4 квітня 2013 року № 178-VII, Стратегією сталого розвитку «Україна – 2020», схваленою Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015, Національною стратегією у сфері прав людини, затвердженою Указом Президента України від 24 березня 2021 року № 519/2021, науково-дослідною роботою, що виконувалась в Українському державному університеті залізничного транспорту, «Дослідження методів оцінки та управління професійними і виробничими ризиками у системі управління охороною праці в організації та на підприємстві» (етапи виконання: 2021–2024 рр., № держреєстрації 0121U114195, рівень участі здобувача – головний виконавець).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника.

Сформульована мета дисертації зумовила необхідність вирішення таких завдань:

- провести аналіз нормативно-правової бази та наукових досліджень щодо нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці;
- теоретично обґрунтувати застосування ризик-орієнтованого підходу при атестації робочих місць;
- розробити удосконалений підхід до реалізації топографічного методу потенційної оцінки травматизму в межах промислового об'єкту;
- за допомогою основного психофізіологічного закону Вебера-Фехнера для оцінки умов та характеру праці на робочих місцях працівників визначити значення професійних і виробничих ризиків;
- розробити математичну модель оцінки безпеки на робочому місці у вигляді потенційного чи критичного поля небезпеки;
- на основі алгоритму перетворення професійних ризиків у виробничі розробити алгоритм, що дозволяє за допомогою методу скінченних елементів графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу та забезпечує побудову тривимірної моделі рівнів потенційних інтегральних ризиків для промислових об'єктів;
- розробити та обґрунтувати алгоритм реалізації ризик-орієнтованого підходу до визначення умов праці.

Об'єкт дослідження: процес управління професійними і виробничими ризиками на підприємствах.

Предмет дослідження: методи оцінки та управління професійними і виробничими ризиками в системі управління охороною праці на підприємствах.

Методи дослідження. В дисертації використовувались: аналіз науково-технічної літератури та нормативно-правової бази з охорони праці; структурний аналіз – для визначення структури та причин виникнення професійних захворювань; кореляційний аналіз – для з'ясування характеру зв'язків між рівнями впливу факторів виробничого середовища для оцінювання умов та характеру праці на робочих місцях працівників; ймовірнісно-статистичні методи – для визначення алгоритму перетворення параметрів середовища в показник виробничого ризику для працівників із шкідливими умовами праці; методи формалізації – для розроблення моделі визначення зон перетворення професійного ризику через взаємний вплив у виробничий ризик та для оброблення результатів досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше встановлено закономірності прояву потенційного виробничого ризику з урахуванням розміщення робочих місць та дії шкідливих і небезпечних факторів;

- вперше запропоновано критерій визначення інтегрального ризику, що дозволяє оцінити умови праці на робочих місцях та визначити клас умов праці;

- вперше встановлено закономірності, які дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив у виробничий ризик та обґрунтувати заходи зниження травматизму і професійних захворювань;

- науково та практично обґрунтовано необхідність зміни існуючих нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці в Україні на основі критеріїв для оцінювання ризиків;

- теоретично доведено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різнорідних виробничих факторів із урахуванням часу дії та впливу їхньої сумісної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера-Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику;

- розроблено математичну модель оцінювання безпеки на робочому місці у вигляді потенційного чи критичного поля безпеки, відповідно до значень якого мають бути визначені заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації, існуючої або прогнозованої, для безпеки робочого місця при зовнішньому контролі.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено алгоритм встановлення класу умов праці на базі оцінки виробничого ризику і визначення імовірності дії на працюючих шкідливих та небезпечних факторів;

- в результаті моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі розроблено алгоритм, який дозволяє за допомогою методу скінченних елементів графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу;

- впроваджено одержані результати та висновки у розробку методики ризик-орієнтованого підходу при атестації робочих місць;

– розроблено новий підхід до реалізації топографічного методу аналізу стану умов праці через визначення закономірностей зниження рівня виробничого ризику при віддаленні від робочого місця з урахуванням сумісної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів від різних робочих місць;

– розроблено реальний механізм кількісної оцінки професійного і виробничого ризику у підрозділах підприємства для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001.

Результати досліджень впроваджено на виробничому підприємстві «Локомотивне депо Основа» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця» та використовуються при викладанні навчальної дисципліни «Атестація робочих місць» при підготовці здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Безпека та охорона праці на залізничному транспорті» в Українському державному університеті залізничного транспорту.

Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в:

– виявленні протиріччя українського законодавства світовим нормам щодо охорони здоров'я та безпеки праці для створення контрольованих умов, які мінімізують можливі наслідки дії шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища та трудового процесу [2, 4, 11, 12, 18, 22];

– визначенні поняття професійного ризику як нанесення шкоди здоров'ю людини умовами професійної діяльності, для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні за умови врахування сумісної дії шкідливих факторів різної природи на основі інтегрального показника [7, 13, 15, 20, 21, 23, 25];

– обґрунтуванні необхідності формування безпечного середовища для здоров'я і життя працюючої людини; проведенні дослідження параметричних характеристик здоров'я у відповідності із визначенням ВООЗ, що виділяються гігієнічною наукою і впливають на формування здоров'я населення; розгляді проблем антропогенного впливу на ноосферу і виникненні внаслідок такої необхідності формування глобальних і національних систем безпеки; прогнозуванні наслідків та усуненні причин, які сприяють або безпосередньо призводять до виникнення нещасних випадків та інцидентів [1, 2, 3, 7];

– аналізі питання щодо формування безпечного середовища для здоров'я та життя людини через створення ефективних механізмів реалізації державної політики в цьому напрямку; зокрема, ролі сучасних держав та органів державної влади у системі захисту здоров'я людини та визначення основних сучасних підходів до формування та реалізації світової політики у означеній сфері [1, 2, 3, 9, 14, 21, 23];

– аналізі питання щодо принципів, методів і критеріїв оцінки ризику для створення контрольованих умов, які здатні прогнозувати розвиток небезпечних чинників і мінімізують можливі наслідки дії шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища та трудового процесу працівників [1, 3, 5, 12, 15, 23, 24];

– виявленні об'єктивних закономірностей виникнення небезпек у професійній діяльності працівників підприємств [1, 9, 19];

– запропонованні єдиного підходу до розрахунку виробничого ризику в залежності від параметрів робочого середовища з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів на основі алгоритму перетворення параметрів середовища в показник виробничого ризику [3, 10, 12, 14, 22, 25, 26];

– встановленні, що основним напрямком підвищення безпеки умов праці є системний підхід, заснований на аналізі та оцінюванні ризиків, обумовлених специфікою процесів у будь-якій галузі [4, 5, 6, 9, 14, 16, 24];

– запропонованні методу визначення рівня небезпеки для працівників у робочій зоні за умови сумісної дії шкідливих факторів різних класів [5, 13, 15, 18, 20, 21];

– розробленні методичного підходу до використання ризик-орієнтованого підходу до реалізації топографічного методу прогнозування виробничого травматизму в сучасних умовах, основою якого є оцінювання виробничих ризиків для забезпечення системи управління гігієною та безпекою праці та циклу постійного удосконалення Шухарта-Демінга [7];

– визначенні залежності ризику для параметрів якості середовища – виробничих факторів, які входять до переліку небезпечних і шкідливих виробничих факторів, для розрахунку потенційного ризику при одночасній дії різнорідних факторів на працюючих [4, 6, 10, 11, 16, 17, 26];

– за допомогою розробленої моделі визначення інтегрального виробничого ризику проведенні кількісної оцінки потенційної шкідливості виробничих процесів для працівників ремонтного цеху [6, 7, 10, 19, 26];

– вдосконаленні системи атестації робочих місць на основі впровадження інтегрального показника шкоди, що дозволив врахувати взаємний вплив шкідливих факторів різної природи, провести оцінку значень потенційного виробничого ризику при будь-якій кількості шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях [7, 9, 10, 11, 17, 24, 26].

Апробація матеріалів дисертації. Результати, отримані в дисертаційній роботі, доповідалися і обговорювалися на науково-практичних конференціях: міжнародній науковій конференції «Безпека в сучасному світі» (м. Дніпро, 2019 р.), VI International scientific and practical conference «Topical issues of the development of modern science» (м. Софія, 2020 р.), 6 International scientific and practical conference «Dynamics of the development of world science» (м. Ванкувер, 2020 р.), 2 International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress» (м. Барселона, 2020 р.), VII International scientific and practical conference «Scientific achievements of modern society» (м. Ліверпуль, 2020 р.), VI Всеукраїнській заочній науково-практичній конференції «Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України» (м. Київ, 2020 р.), XI International scientific and practical conference «Theoretical foundations of modern science and practice» (м. Мельбурн, 2020 р.), I International scientific and practical conference «Modern science: problems and innovations» (м. Стокгольм, 2020 р.), II Всеукраїнській науковій конференції «Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України» (м. Миколаїв, 2020 р.), 10-

11 міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (м. Харків, 2020-2021 рр.), VII International scientific and practical conference «Modern science: problems and innovations» (м. Стокгольм, 2020 р.), II International scientific and practical conference «Fundamental and applied research in the modern world» (м. Бостон, 2020 р.), X International scientific and practical conference «Eurasian scientific congress» (м. Барселона, 2020 р.), I International scientific and practical conference «World science: problems, prospects and innovations» (м. Торонто, 2020 р.), I International Scientific and Practical Conference «Science and education: problems, prospects and innovations» (м. Кіото, 2020 р.), VIII міжнародній науково-практичній конференції «Людина, суспільство, комунікативні технології» (м. Харків, 2020 р.), XI Всеукраїнській науково-практичній конференції викладачів та фахівців-практиків «Охорона праці: освіта і практика» (м. Львів, 2021 р.), XIX International scientific and practical conference «Innovative technologies in construction, civil engineering and architecture» (м. Дніпро, 2021 р.).

Публікації. Результати дисертаційного дослідження відображено в 27 публікаціях, зокрема у 10 статтях, з яких 4 – у наукових фахових виданнях України, 1 – у науковому виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 2 – у наукових періодичних виданнях держав, які входять до Європейського Союзу, 16 тезах доповідей, 1 праці, яка додатково відображає матеріали дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків. Повний обсяг дисертації – 318 сторінок, у тому числі обсяг основного тексту – 156 сторінок (6,5 авторських аркушів). Дисертація містить 28 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел включає 311 найменувань на 37 сторінках. Додатки викладено на 94 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження та її актуальність, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, визначено мету і завдання дослідження, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, визначено основні наукові положення, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо апробації матеріалів дисертації та публікації.

В **першому розділі** виконано аналіз нормативно-правової бази та наукових досліджень щодо нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці, впливу на зміну показників здоров'я професійних та виробничих факторів, зокрема у будівельній галузі. Найбільш вагомий внесок в галузі управління охороною праці зроблено у працях А. С. Белікова, Г. Г. Гогіташвілі, В. Д. Гогунського, К. Н. Ткачука, А. А. Романчука, В. В. Зацарного. Вагомий внесок у розв'язання проблем поліпшення умов праці, питання вдосконалення нормативно-правової бази охорони праці, розроблення ефективних комплексних заходів стосовно

поліпшення умов праці, використання передових методик аналізу і прогнозування стану охорони праці на підприємствах і виробництві на сучасному етапі зробили вчені: В. Д. Афанасьєв, П. В. Бересневич, А. П. Бочковський, Ю. Г. Вілкул, О. Г. Вільсон, Г. Г. Гогіташвілі, Є. І. Гойзман, О. Є. Лапшин, О. І. Полукаров, О. В. Третьяков. Основний науковий внесок у розв'язання проблем, пов'язаних із оцінюванням та підвищенням соціально-економічної ефективності заходів стосовно поліпшення умов праці, зробили такі вчені, як А. М. Амоша, М. М. Зінковський, О. М. Костенко, О. Є. Кружилко та інші. Дослідженням у галузі оцінювання й управління ризиками присвячено роботи Е. Дж. Хенлі, Г. Г. Гогіташвілі, А. О. Водяника. Проведено аналіз стратегії безпеки праці та охорони здоров'я у законодавстві ЄС. Встановлено, що тільки застосування критеріїв для оцінки ризиків при оцінюванні умов праці дозволять уникнути суб'єктивізму, який міститься у нормативних документах України, дозволить усунути невідповідність підходу вимогам ISO 45001. На основі проведеного аналізу системи управління охороною праці сформульовано мету і завдання дослідження, обґрунтовано необхідність зміни існуючих нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці в Україні на основі критеріїв для оцінки ризиків. Управління охороною праці потребує науково обґрунтованого підходу на всіх рівнях, тому удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника є актуальною науково-прикладною задачею.

У **другому розділі** встановлено, що дослідження стосовно характеру дії шкідливих речовин і інших факторів, які проводились попередньо, не враховували взаємного впливу факторів. Існуючі методи, що призначені для визначення рівня небезпеки від сумісної дії шкідливих факторів у виробничих умовах, засновані на врахуванні тільки тих факторів, які мають максимальний вплив. Пропонується визначення рівня небезпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику, що дозволить автоматизувати процес атестації робочих місць (РМ). До цього часу при отриманні інтегральної оцінки складність полягала в тому, що складові мають якісні відмінності і часто відсутні їхні кількісні показники. Запропоновано вирішувати питання про перетворення «доза – ефект» через зведення окремих показників до єдиного критерію якості системи в цілому засобом впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки виробничого середовища шляхом визначення рівня небезпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику. Відповідно до закону Вебера-Фехнера, під час забруднення атмосферного повітря в загальному випадку, існує деяка функціональна залежність між відчуттям, рівнем забруднення і ризиком:

$$r = 1/k \cdot \lg C/C_0, \quad (1)$$

де r – рівень ризику;

C – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м³;

k – коефіцієнт пропорційності;

C_0 – найменша концентрація, при якій відчувається дія.

Якщо взяти за основу нормативні показники, які визначаються експериментально для кожної окремої речовини, можна встановити дві

закріплені точки залежності (1). Виконаємо заміну $1/k$ на λ для спрощення перетворень:

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \text{ГДК}_{\text{сд}} / C_0 \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \text{ЛК}_{50} / C_0 \\ r = \lambda \cdot \lg C / C_0. \end{cases} \quad (2)$$

Розв'язання системи рівнянь (2) для концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують $\text{ГДК}_{\text{сд}}$, матиме наступний вигляд:

$$r = (0,5 - 1 \cdot 10^{-6}) / [\lg(\text{ЛК}_{50} / \text{ГДК}_{\text{сд}})] \cdot \lg(C / \text{ГДК}_{\text{сд}}) + 1 \cdot 10^{-6}. \quad (3)$$

Відмінність (3) від класичного виразу для залежності Вебера-Фехнера полягає в тому, що (3) містить вільний член 10^{-6} , який характеризує верхню границю дії. Іншою відмінністю виразу (3) є введення нормування ризику в координатах ЛК_{50} і $\text{ГДК}_{\text{сд}}$, яке дозволить обчислити тангенс кута нахилу лінійної залежності ризику від логарифма нормованого відносно $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ діючої речовини. Отримана залежність (3) є узагальненням закону Вебера-Фехнера в частині дії хімічних речовин на організм людини. Аналогічним чином визначаємо залежності ризику для іонізуючого випромінювання, шуму та електромагнітних коливань для розрахування потенційного ризику при дії різнорідних факторів (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахунок потенційного ризику при дії різнорідних факторів

Параметри якості середовища	Одиниці вимірювання	Норматив прийнятого рівня	Надмірний рівень	Формула для розрахунку ризику
Хімічні речовини	мг/м ³	ГДК _{сд} , залежить від речовини	ЛК ₅₀	$r = 10^{-6} + b \cdot \lg \frac{C}{\text{ГДК}}$
Шум	дБА	ГДР	130 дБА	$r = 10^{-6} + 0,038 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$
Іонізуюче випромінювання	мЗв рік ⁻¹	Ліміт дози, ГДР=20	>50	$r = 10^{-6} + 0,358 \cdot \lg \frac{D_E}{\text{ГДР}}$
Електромагнітні коливання	Вт/м ²	ГДЕЕ, залежить від частоти	>500	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{\text{ГДЕЕ}}$

Вибір коефіцієнтів b відбувається для кожної діючої речовини, за аналогією коефіцієнт k – для відповідного інтервалу частот електромагнітних коливань.

При застосуванні ризик-орієнтованого підходу вираз (3) взятий за основу для розрахунку потенційного ризику на основі даних, отриманих при дослідженні факторів виробничого середовища і трудового процесу під час атестації РМ будівельників. Вирази, що наведені у табл. 1, при застосуванні під

час визначення відповідних параметрів якості виробничого середовища, потребують уточнення і коригування коефіцієнтів.

Вищенаведене свідчить про отримання єдиного підходу до розрахунку оцінки параметрів робочої зони, при якому не має потреби у введенні множини шкал для характеристики якості середовища. Оскільки працівники підприємств, зайнятих у будівельній галузі, підпадають під багатофакторний вплив шкідливих факторів, такий підхід значно спрощує оцінку ступеня реального професійного і виробничого ризику для конкретного РМ. Застосування запропонованого підходу дозволяє проводити оцінку значень потенційного виробничого ризику при будь-якій кількості шкідливих і небезпечних факторів на РМ працівників будь-якої галузі.

Доза є інтегральною величиною і визначається з урахуванням часу дії. Але представлений алгоритм перетворення параметрів середовища в показник виробничого ризику не можна визначити як абсолютно вірний, тому що не має урахування імовірності перебування зайнятого в будівельній галузі працюючого у зоні дії i -го шкідливого фактору. Для такого урахування визначаємо імовірність наявності i -го шкідливого фактору в робочій зоні за допомогою наступного виразу:

$$P_{v_i} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (4)$$

де P_i^v – імовірність дії i -го шкідливого фактору;

P_i^p – імовірність перебування працюючого у зоні дії i -го шкідливого фактору.

Також імовірність дії i -го шкідливого фактору та імовірність перебування робітника у зоні його дії визначаються за формулами:

$$P_i^v = t_i^v / T_{CM} \quad \text{і} \quad P_i^p = t_i^p / T_{CM}, \quad (5)$$

де t_i^v – час дії i -го шкідливого фактору;

t_i^p – час перебування робітника у зоні дії i -го шкідливого фактору;

T_{CM} – тривалість зміни.

Підставляючи ці вирази у формулу (4), отримаємо імовірність дії i -го шкідливого фактору на працюючого:

$$P_{v_i} = \frac{1}{T_{CM}^2} (t_i^v \cdot t_i^p). \quad (6)$$

Імовірність дії j -го небезпечного фактору може бути визначена за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (7)$$

де P_j^b – імовірність наявності у робочій зоні будівельників j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^p – імовірність перебування робітника у зоні дії j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^{nc} – уражуюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини).

Імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини) та імовірність перебування робітника у зоні дії цього фактору

визначається за формулою (7), а уражуюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини) визначається як:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j}, \quad (8)$$

де d_j – фактичний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини);
 D_j – граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини).
 Якщо підставити у формулу (7) вирази для P_j^b , P_j^p і P_j^{nc} , отримаємо:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (9)$$

Визначаємо за наступною формулою імовірність шкідливої дії m факторів:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (10)$$

Якщо відома імовірність дії шкідливих факторів на робітників, можна визначити в цілому шкідливість виробничого процесу:

$$P_m^b = \frac{N_1 P_b(1) + N_2 P_b(2) + \dots + N_m P_b(m)}{N}. \quad (11)$$

Таким чином, удосконалено методику визначення потенційного ризику при дії різнорідних факторів із застосуванням підходу до розрахунку оцінки параметрів робочої зони на основі розрахунку потенційного ризику на базі даних, отриманих при дослідженні факторів виробничого середовища і трудового процесу, для вдосконалення системи атестації РМ. Удосконалено методику розрахунку кількісної оцінки потенційної шкідливості виробничих процесів. Запропоновано впровадження інтегрального показника шкоди, який дозволить врахувати взаємний вплив, проводити оцінку значень потенційного виробничого ризику при будь-якій кількості шкідливих і небезпечних факторів на РМ.

Для розроблення заходів, що дозволяють запобігати зниженню працездатності, виникненню професійних захворювань і випадків виробничого травматизму будівельників, необхідно об'єктивно оцінювати вплив умов праці на працівника. Отже, необхідні засоби якісної і кількісної оцінки, що дозволили б із достатньою об'єктивністю та точністю визначити ступінь того впливу з боку несприятливих умов праці на організм людини.

Відомо, що дія шкідливих і небезпечних виробничих факторів не обмежується тільки робочою зоною, яка визначається як простір, у якому розташовано РМ постійного або тимчасового (непостійного) перебування працівників під час їхньої трудової діяльності, а розповсюджується у просторі відповідно до встановлених закономірностей.

Роботу будівельників можна прирівняти до роботи високо механізованих виробничих підприємств. Хоча у будівельників є свої специфічні особливості, що потребують певного підходу до питання вирішення проблем безпеки. Такі особливості умов праці зайнятих у будівництві працівників визначають специфіку і роль гігієни і безпеки праці в означеній сфері. Всі небезпечні і

шкідливі виробничі чинники, що зустрічаються в будівництві, можна об'єднати в єдину систему, на яку поширюється дія системи стандартів безпеки праці. У повітрі робочої зони працюючих на підприємстві під час атестації РМ були виявлені шкідливі хімічні речовини у концентраціях, що перевищують нормативні, пил фіброгенної дії у концентраціях, що перевищують гранично-допустиму концентрацію (ГДК), перевищення нормативних показників шуму, вібрації, інтенсивності інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, а також за показниками важкості та напруженості праці. Показники санітарно-гігієнічних чинників визначалися за відомими методиками. Застосування ризик-орієнтованого підходу передбачає використання залежності (3) для розрахунку потенційного ризику на основі значень фактичного вмісту параметрів якості середовища, отриманих під час атестації РМ.

Основним джерелом кількісної інформації про наявність у робочій зоні співробітників підприємства шкідливих факторів є офіційні статистичні дані (дані з карти умов праці конкретного РМ). Кількісна оцінка ризику здійснюється методами математичної статистики. Дані, на базі яких відбуваються дослідження причинно-наслідкових зв'язків виникнення ризиків і їхнього прогнозування, мають складну тривимірну структуру. Одним з найбільш ефективних методів є метод матричного прогнозування ризиків, що визнає істотність багатовимірності аналізованої статистичної інформації та проводиться із урахуванням різноманіття взаємозв'язків між аналізованими ознаками та їхньою структурою: його доцільно застосовувати при визначенні співвідношення між нормативним значенням шкідливого фактору виробничого середовища і дійсним значенням, а також при визначенні залежностей щодо впливу таких показників на подальше значення виробничого ризику.

Запропоновано модифікацію топографічного методу аналізу стану умов праці шляхом визначення тих закономірностей зниження рівня виробничого ризику при віддаленні від робочого місця з урахуванням сумісної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів від різних РМ і у будівельній галузі зокрема. Завдяки прогнозуванню потенційного виробничого ризику, значення якого можна отримати під час кількісної оцінки потенційної шкідливості виробничих процесів на основі даних оцінки факторів виробничого середовища, можна оцінити рівні виробничого ризику між робочими місцями і в будь-якому місці приміщення з урахуванням взаємного впливу шкідливих і небезпечних факторів. Розраховуються значення величини ризику для кожного шкідливого і небезпечного виробничого фактору r_i , що представлений на робочому місці, з подальшим обчисленням величини інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i). \quad (12)$$

Тобто запропоновано змінити існуючий на даний час підхід до топографічного методу аналізу виробничого травматизму і застосовувати його в якості попереджувального.

Встановлено, що на основі даних про потенційний виробничий ризик, який можна отримати під час кількісної оцінки потенційної шкідливості

виробничих процесів на основі даних оцінки факторів виробничого середовища і трудового процесу, можна спрогнозувати зони підвищеного травматизму у окремому приміщенні або на підприємстві в цілому. Розроблено реальний механізм кількісної оцінки професійного і виробничого ризику у підрозділах підприємства для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001.

У **третьому розділі** теоретично обґрунтовано, що вплив на здоров'я робітника професійних та різнорідних виробничих факторів із урахуванням часу дії та впливу їхньої сумісної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера-Фехнера. Мінімальна інтенсивність подразника, дія якого дає відчуття та є кількісною мірою чутливості органів чуття, називають пороговою інтенсивністю. Існують різні види успадкованого сенсорного сприйняття, які підкоряються основному психофізіологічному закону Вебера-Фехнера: зір, слух, нюх, дотик. Отже, його можна використовувати в якості оціночного параметра при дослідженні впливу цих видів сенсорного сприйняття. Основною перевагою закону Вебера-Фехнера є той факт, що встановлюється наявність порога відчуття.

У результаті проведеного аналізу виникнення професійних небезпек будівельників в системі «людина – машина – середовище» встановлено, що під потенційною небезпекою або шкідливістю виробничих процесів мається на увазі наявність небезпечних і шкідливих факторів, які (діючи на людину) можуть призвести до виробничої травми або професійного захворювання. Для підвищення достовірності отриманих результатів оцінювання умов праці потрібно враховувати всі фактори, які оточують людину в системі «людина – машина – середовище». Єдиний об'єктивний закон, який це дозволяє – закон Вебера-Фехнера. Саме його взято за основу для удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника.

Оскільки Україна заявила про входження до європейського простору, необхідно усунути невідповідність вимог Гігієнічної класифікації праці вимогам ISO 45001. Встановлено, що принципова відмінність Гігієнічної класифікації праці полягає у тому, що при атестації робочих місць реагування організму працюючої людини не враховується. До того ж, не має можливості розрахувати інтегральний показник шкідливості при встановленні класу умов праці.

Практикою доведено, що будь-яка діяльність людини є небезпечною. Особливо праця будівельників у промислових умовах на РМ, яке характеризується шкідливими умовами. Існуючі мінімальне та граничне значення ризику надають інтервал їхнього допустимого рівня $10^{-8} \dots 10^{-5}$, в якому має спостерігатись стійка картина стану безпеки виробничої діяльності працівників, зайнятих у ремонтних цехах та крановому господарстві. Але під час проведення аудиту з безпеки праці необхідним є встановлення поля потенційної небезпеки для конкретного РМ. У зв'язку з цим, допустимо, що існує неперервна величина ризику в довільному інтервалі, яка може бути описана залежністю:

$$R = R(x), \quad (13)$$

де $R(x)$ – функція зміни величини ризику.

Тоді для визначення поля потенційної небезпеки на інтервалі часу $[a, b]$ може бути застосований наступний вираз:

$$\Omega = \int_a^b (R_{cp} - R(x) - R_{min}) dx, \quad \text{якщо } R_{cp} \geq R_{min}. \quad (14)$$

Якщо розглянути випадок, коли $R_{cp} < R$ на інтервалі часу $[a, b]$, то отримаємо поле критичної (недопустимої) небезпеки, яке визначається виразом:

$$\Omega = \int_a^b (R(x) - R_{cp}) dx, \quad \text{якщо } R_{cp} < R. \quad (15)$$

Використовуючи вирази (14)–(15), можна надати оцінку безпеки на РМ у вигляді потенційного чи критичного поля небезпеки, відповідно до значень якого мають бути визначені заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації, яка існує чи прогнозується, для безпеки РМ при зовнішньому контролі.

Адресне інвестування дозволяє своєчасно виключати збої в роботі технічних засобів. Для цього необхідне створення стратегічної моделі прогнозування виробничих ризиків або рівня безпеки з використанням сучасних математичних методів і алгоритмів. Одним із найбільш поширених інструментів прогнозування є побудова множинної лінійної регресії з подальшим аналізом впливу змінних моделі на кінцевий результат (число випадків порушень безпеки).

Завдання прогнозування безперервної величини Y за змінними X_1, \dots, X_n вирішується за допомогою лінійної моделі у вигляді:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_n \cdot X_n + \varepsilon, \quad (16)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – коефіцієнти регресійної моделі;

ε – випадкова величина, що є помилкою прогнозування.

Параметри рівняння множинної регресії можна визначити за допомогою методу найменших квадратів, при яких мінімізується сума квадратів відхилень емпіричних (фактичних) значень результативної ознаки, від теоретичних, отриманих за обраним рівнянням регресії, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_{1i} - a_2 \cdot X_{2i} - \dots - a_n \cdot X_{ni})^2 \Rightarrow \min, \quad (17)$$

де Y_i – фактичні значення прогнозованих величин;

\hat{Y}_i – прогнозоване значення.

Вихідними даними для прогнозування кількості порушень безпеки на РМ можуть бути наступні показники:

- продуктивність праці – P ;
- інвестиційні вкладення в модернізацію робочого місця – IB ;
- експлуатаційні витрати на утримання робочого місця – E .

Оскільки використовується метод множинної лінійної регресії, лінійна регресійна модель стану безпеки на робочому місці прийме наступний вигляд:

$$N = a_1 \cdot P + a_2 \cdot IB + a_3 \cdot E, \quad (18)$$

де a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти рівняння регресії.

Для оцінки якості отриманої моделі можна використати множинний коефіцієнт кореляції. У зв'язку з тим, що постійна складова моделі прийнята рівною нулю, нецентрований коефіцієнт детермінації може бути обрахований за формулою:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \hat{N}_i)^2}{\sum_{i=1}^n N_i^2}, \quad (19)$$

де N_i – фактична кількість небажаних подій на робочому місці;

\hat{N}_i – розрахункова кількість небажаних подій на робочому місці, отримана у відповідності з рівнянням регресії.

Шляхом збільшення факторів впливу удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками, яка дозволить здійснювати прогнозування кількості порушень безпеки на РМ на необхідний період, а при варіюванні показників продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат – здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі.

У **четвертому розділі** було проведено кількісну оцінку потенційної шкідливості виробничих процесів на основі даних оцінки факторів виробничого середовища з використанням моделі визначення інтегрального ризику R_{int} . В результаті проведених досліджень було встановлено, що жодний окремий показник r_i не відповідає концепції допустимого ризику. Привертає увагу той факт, що на даний час в Україні ймовірність виникнення потенційного професійного ризику з урахуванням усіх виявлених шкідливих факторів не враховується при віднесенні РМ до класу шкідливості за умовами праці. Наведені дані досліджень дають можливість дійти висновку, що отримані значення потенційного ризику істотно скоригують ймовірність виникнення професійного ризику на РМ співробітника підприємства, де виявлено шкідливі чинники виробництва.

Таблиця 2 – Значення показників виробничого ризику і встановлений клас умов праці для робочих місць із шкідливими умовами праці

№ з/п	Клас умов праці	Діапазон зміни інтегрального ризику, R_{int}
1	3.1	0,0002 ÷ 0,698
2	3.2	0,0006 ÷ 0,877
3	3.3	0,070

Застосування механізму перетворення параметрів середовища в показник виробничого ризику показало, що 43 РМ із шкідливими умовами праці підприємства мають надмірні показники інтегрального ризику ($R_{int} \geq 10^{-1}$), що

складає 74,14 % від загальної кількості досліджуваних карт умов праці. 9 РМ, що за розрахунками мають показник інтегрального ризику $R_{int} \approx 10^{-2}$. І тільки 2 РМ мають показник $R_{int} \approx 10^{-4}$ (гранично-допустимий), а 4 РМ із показником інтегрального ризику $R_{int} \approx 10^{-3}$. 23 робочих місця, які за даними атестації визначені як такі, що відповідають класу умов праці 3.1 (39,7 % від загальної кількості робочих місць із шкідливими умовами праці), мають надмірний показник інтегрального ризику ($R_{int} \geq 10^{-1}$).

Таблиця 3 – Результати розрахунку оцінки параметрів робочої зони підприємства

№ РМ	Робоче місце, професія	Клас умов праці	Фактори виробничого середовища	Потенційний ризик, r_i	Інтегральний ризик, R_{int}
11	Електрозварювальник ручного зварювання	3.2	ШХР, марганець	0,009003	0,774952
			ШХР, оксид заліза	0,008205	
			ГЧ випром. Вт/м ²	0,156705	
			Робоча поза	0,728481	
12	Електрозварювальник ручного зварювання	3.2	ШХР, марганець	0,012955	0,612467
			ШХР, оксид заліза	0,011461	
			ГЧ ви пром. Вт/м ²	0,170137	
			Робоча поза	0,521402	
13	Електрозварювальник ручного зварювання	3.2	ШХР, марганець	0,011019	0,723631
			ШХР, оксид заліза	0,011461	
			ГЧ ви пром. Вт/м ²	0,149074	
			Робоча поза	0,667787	
16	Машиніст крана	3.2	Шум, дБА	0,000609	0,000609
33	Слюсар з ремонту рухомого складу	3.1	Шум, дБА	0,001945	0,001945

Проведене оцінювання умов праці свідчить про те, що РМ, які відповідно до Гігієнічної класифікації праці відносяться до різних класів, мають однакові значення показників інтегрального ризику або їхні значення суттєво

коливаються у діапазоні (табл. 2). Проведені розрахунки свідчать про недосконалість української нормативної бази щодо обґрунтування віднесення РМ до категорії зі шкідливими умовами праці. Оцінка параметрів робочої зони для співробітників із шкідливими умовами праці, які зайняті у ремонтних цехах і крановому господарстві, наведені у табл. 3.

Аналіз даних, отриманих в результаті проведеної кількісної оцінки потенційної шкідливості виробничих процесів із використанням моделі визначення інтегрального ризику для підприємства, дозволяє стверджувати, що значення показників виробничого ризику не залежать від їхнього ступеня, визначеного за Гігієнічною класифікацією праці.

Надмірні показники виробничого ризику, що були отримані в результаті розрахунку оцінки параметрів робочої зони підприємства, визначені для 39,7 % від загальної кількості РМ зі шкідливими умовами праці, які віднесені до 3.1 класу умов праці (рис. 1).

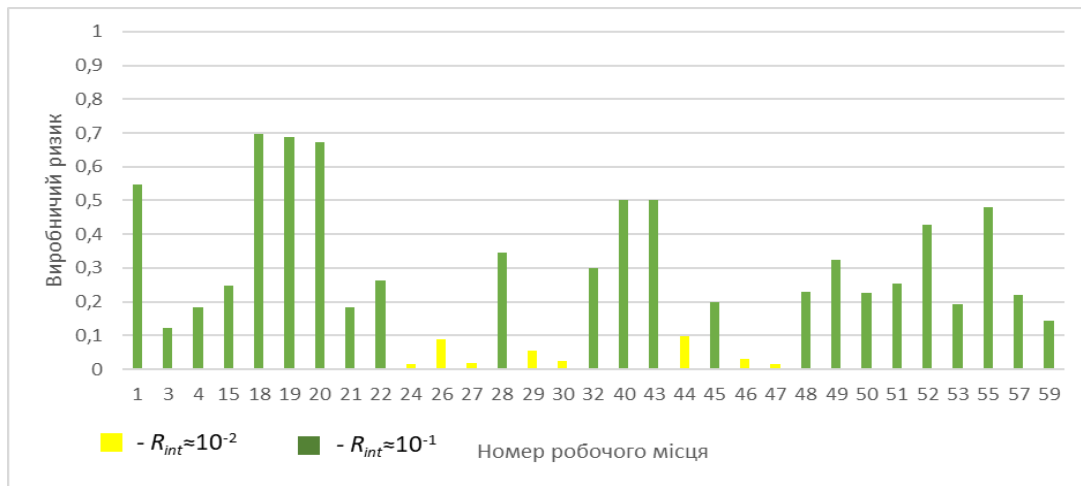


Рисунок 1 – Значення показників виробничого ризику для робочих місць зі шкідливими умовами праці, які відповідають 3.1 класу

Аналіз проведених розрахунків для співробітників ремонтного цеху (зварювальне відділення) свідчить про взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища на електрозварювальників, РМ яких розташовані поряд.

Отримані без урахування взаємного впливу значення інтенсивності ІЧ випромінювання в залежності від відстані від РМ № 11а до РМ № 11б суттєво відрізняються від тих значень, де взаємний вплив від означених РМ врахований (рис. 3). Так, отримані значення потенційного ризику на відстані 0,8 м від РМ електрозварювальників є надмірними ($R_{int} > 10^{-1}$). З огляду на те, що їхні РМ розташовані впритул, у приміщенні зварювального відділення немає проміжку для проходження, отже, кожний із співробітників виробничого підрозділу опиняється у зоні дії професійного ризику зварювальників (рис. 2). Експериментально встановлено закономірності прояву потенційного виробничого ризику з урахуванням розміщення РМ та дії шкідливих та небезпечних факторів для зварювальників.

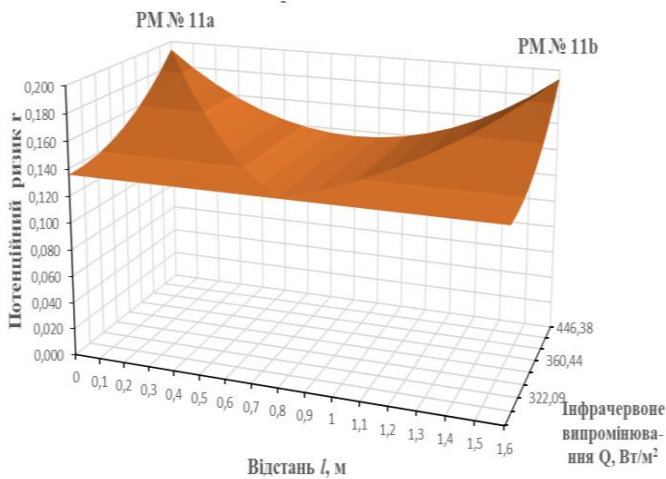


Рисунок 2 – Рівень обумовленого ІЧ випромінювання виробничого ризику для суміжних РМ електрозварювальників (РМ №11а, РМ №11b)

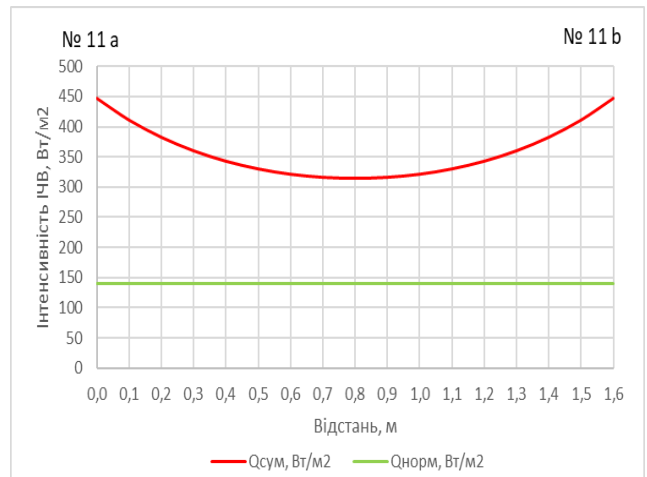


Рисунок 3 – Графік зміни інтенсивності ІЧ випромінювання в залежності від відстані на РМ електрозварювальників (РМ №11а, РМ №11b)

Було проведено розрахунок рівнів звукового тиску в залежності від відстані із урахуванням взаємного впливу від суміжних РМ працівників ремонтного цеху (дизельне відділення). Для того, щоб характеризувати реальний взаємний шумовий вплив за час робочої зміни для співробітників ремонтного цеху (дизельне відділення), було враховано вплив і від прямого, і від відбитого звуку.

На рис. 4 та рис. 5 наведені отримані результати перетворення параметрів середовища в показник виробничого ризику для працівників ремонтного цеху (дизельне відділення).

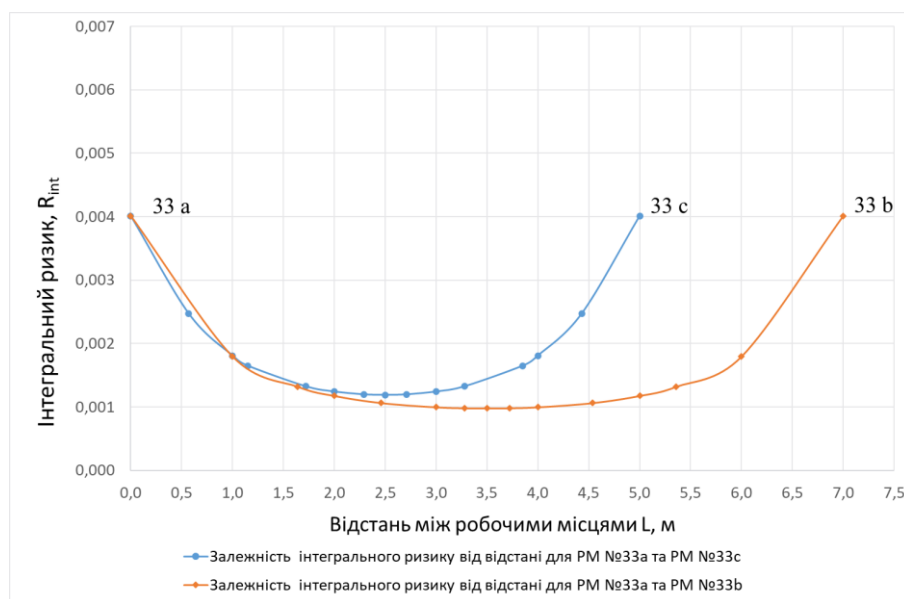


Рисунок 4 – Зміна значення показника виробничого ризику в залежності від відстані для РМ працівників ремонтного цеху (дизельне відділення)

Експериментально підтвержені установлені закономірності, що дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив у виробничий ризик та обґрунтувати заходи зниження травматизму та професійних захворювань.

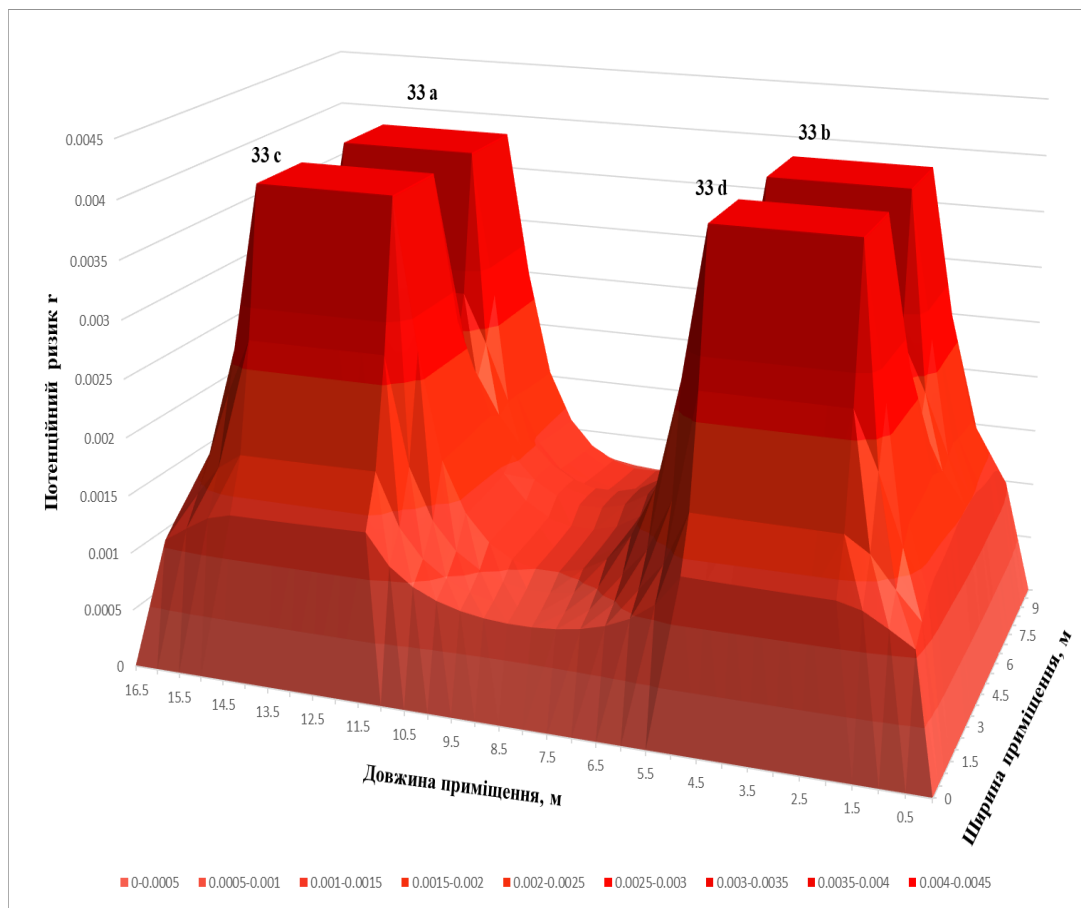


Рисунок 5 – Рівень виробничого ризику, обумовленого рівнем шуму, для суміжних РМ (РМ №33а, РМ №33б, РМ №33с, РМ №33д)

Проведено визначення інвестиційних вкладень у модернізацію РМ електрозварювальників ручного зварювання, оцінка інтегрального ризику яких була проведена (табл. 3) із застосуванням моделі управління виробничими ризиками на робочих місцях. Напрями інвестування обрані, виходячи із внеску небезпечного фактору до значення інтегрального ризику за результатами атестації РМ ($r_i=0,156705$):

- уникнення дії шкідливих речовин на дихальну систему електрозварювальників;
- зменшення дії ГЧ випромінювання від сусідніх зварювальних постів на окремого електрозварювальника;
- модернізація зварювального столу для зменшення ергономічного навантаження на електрозварювальника.

Інвестиційні витрати при застосуванні означених пристроїв на одне РМ становлять – 29800 грн. Використовуючи обчислені за допомогою Microsoft

Excel значення регресійних коефіцієнтів експлуатаційної моделі, отримали наступне значення коефіцієнтів рівняння (18):

$$N = R_{\text{int}} = 0,022 \cdot P - 2,48 \cdot 10^{-5} \cdot IB + 0,0164 \cdot E. \quad (20)$$

За результатами розрахунків регресійні коефіцієнти для показника інвестиційних вкладень вийшли негативними. Це означає, що збільшення зазначеного показника позитивно впливає на стан безпеки на РМ. Встановлено, що коефіцієнт детермінації дорівнює $R^2=0,9891$. Таким чином, запропонований критерій визначення інтегрального ризику є важливим параметром при визначенні потенційного ризику на РМ: він дозволяє оцінити умови праці на робочих місцях і визначити клас умов праці з урахуванням сумісної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів від суміжних РМ.

На основі проведених досліджень встановлено, що умови праці на робочих місцях можуть бути об'єктивно оцінені на основі закону Вебера-Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

У **п'ятому розділі** наведено алгоритм встановлення класу умов праці на основі запропонованої моделі на базі оцінки виробничого ризику і визначення імовірності дії на працюючих шкідливих та небезпечних факторів. За допомогою розробленого алгоритму на основі отриманих значень потенційного інтегрального ризику можна визначити зони виникнення ризиків для РМ зі шкідливими умовами праці, що зайняті на конкретній ділянці або розташовані в одній споруді, для об'єктивного визначення рівня виробничого ризику і умов праці працюючих інших категорій. Запропонований алгоритм проведення атестації робочих місць на основі оцінки виробничого ризику відповідає міжнародним стандартам у сфері безпеки праці та охорони здоров'я і має на меті підвищення достовірності оцінки рівнів професійного і виробничого ризиків на конкретних РМ, а в подальшому, на основі означеної оцінки – більш об'єктивне встановлення класу умов праці. Вихідними даними для оцінки виробничого ризику пропонується вважати результати проведеної на основі наведеного алгоритму атестації РМ. Результати оцінки за ступенем вагомості можливо ранжувати відповідно до критеріїв ООН на наступні категорії доведеності ризику:

- категорія 1 А – доведений професійний ризик;
- категорія 1 Б – імовірний професійний ризик;
- категорія 2 – підозрюваний професійний ризик.

Мірою ризику необхідно вважати встановлений клас умов праці. Мірою доведеності ризику є категорія 1 А (доведений), 1 Б (імовірний) або 2 (підозрюваний). При прийнятті управлінських рішень у будь-якій галузі щодо зниження ризику (управління ризиком або його профілактика) та вибору пріоритетів необхідно враховувати категорію доведеності ризику, його рівень, кількість працівників, зайнятих на конкретній ділянці або в підрозділі у цілому.

Одержані результати досліджень впроваджено на виробничому підприємстві «Локомотивне депо Основа» регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Українська залізниця»: за розробленою методикою були

розраховані величини інтегральних ризиків для РМ із шкідливими умовами праці і для РМ із найбільшими значеннями ризику; користуючись можливістю колективного договору, було введено додаткові компенсації; результати досліджень були прийняті до уваги при розробленні річних заходів із охорони праці. Також результати досліджень використовуються при викладанні навчальної дисципліни «Атестація робочих місць» при підготовці здобувачів вищої освіти за освітньою програмою «Безпека та охорона праці на залізничному транспорті» в Українському державному університеті залізничного транспорту.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою з охорони праці, у якій вирішена актуальна науково-прикладна задача, що полягає в удосконаленні ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника, що дозволило обґрунтувати та розробити механізм, який дозволяє визначити зони перетворення професійного ризику у виробничий ризик через їхній взаємний вплив, модифікувати топографічний метод аналізу стану умов праці засобом визначення закономірностей зниження рівня виробничого ризику при віддаленні від робочого місця, враховуючи сумісну дію шкідливих і небезпечних виробничих факторів від поряд розташованих РМ, а також розробити реальний механізм кількісної оцінки професійного і виробничого ризику у підрозділах будь-якого підприємства.

1. На підставі виконаного аналізу науково та практично обґрунтовано необхідність зміни існуючих нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці в Україні на основі критеріїв для оцінки ризиків.

2. Встановлено закономірності прояву потенційного виробничого ризику з урахуванням розміщення робочих місць та дії шкідливих і небезпечних факторів, та запропоновано критерій визначення інтегрального ризику, що дозволяє оцінити умови праці на робочих місцях і визначити клас умов праці.

3. Модифіковано топографічний метод аналізу стану умов праці через визначення закономірностей зниження рівня виробничого ризику при віддаленні від робочого місця з урахуванням сумісної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів від суміжних робочих місць.

4. Теоретично доведено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різнорідних виробничих факторів із урахуванням часу дії та впливу їхньої сумісної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера-Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

5. Розроблено математичну модель оцінки безпеки на робочому місці у вигляді потенційного чи критичного поля безпеки, відповідно до значень якого мають бути визначені заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації, що існує чи прогнозується, для безпеки робочого місця при зовнішньому контролі.

6. В результаті моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі розроблено алгоритм, який дозволяє за допомогою методу скінченних елементів графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу та забезпечує побудову тривимірної моделі рівнів потенційних інтегральних ризиків на промислових об'єктах.

7. Розроблено алгоритм встановлення класу умов праці на основі запропонованої моделі на базі оцінки виробничого ризику і визначення імовірності дії на працюючих шкідливих та небезпечних факторів, за допомогою якого на основі отриманих значень потенційного інтегрального ризику можна визначити зони виникнення професійних і виробничих ризиків для робочих місць зі шкідливими умовами праці, що зайняті на конкретній ділянці або розташовані в одній споруді, та для об'єктивного визначення рівня виробничого ризику і умов праці працюючих інших категорій.

8. Запропоновано критерій визначення інтегрального ризику, що дозволяє оцінювати умови праці на робочих місцях та визначати клас умов праці з урахуванням сумісної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів від суміжних робочих місць.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Адаменко М. І., Кацман М. Д., Білецька Є. С. Аналіз існуючих математичних моделей і комп'ютерних програм для прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері. *Системи обробки інформації*. 2018. № 1 (152). С. 155–162. DOI: 10.30748/soi.2018.152.22.

2. Krukov A. I., Radchenko O. V., Radchenko O. O., Garmash B. K., Biletska Ye. S., Ponomarenko R. V., Sysoieva S. I., Stankevych S. V., Vynohradenko S. O. Experience of developed countries in environmental safety policy. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, is. 2. P. 190–194. DOI: 10.15421/2020_84 (видання включено до міжнародної наукометричної бази *Web of Science*).

3. Tretyakov O., Harmash B., Biletska Ye. The assessment of labor conditions according to hazard indicators on the basis of production risk determination. *World Science*. Warsaw, 2020. № 1 (53), vol. 2. P. 28–33. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/31012020/6901 (видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

4. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Халмурадов Б. Д., Білецька Є. С. Ризик-орієнтований підхід до визначення умов праці окремих категорій працівників транспортної галузі. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2020. № 59 (1). С. 120–126. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.1.120.

5. Tretyakov O., Harmash B., Biletska Ye. Determination of the potential danger in the working zone of the railway workers on the basis of the integral index. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*. New York, 2020. Vol. 10, Is. 5, Ser. I. P. 33–38. DOI: 10.9790/7388-1005013338.

6. Tretyakov O., Harmash B., Biletska Ye. Methodology for determining potential industrial risks on the basis of mutual influence of harmful factors of the industrial environment and labour process. *European Journal of Advances in Engineering & Technology*. Shriganganagar, 2020. Vol. 7, is. 10. P. 26–32.

7. Tretyakov O., Hryhorieva Ye., Sankov P., Mkrtychian D., Harmash B. Methodical basis of risk-oriented approach to the implementation of topographic method of industrial traumatism forecasting. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*. New York, 2021. Vol. 11, is. 1, ser. I. P. 18–26. DOI: 10.9790/7388-1101011826.

8. Григор'єва Є. С. Підхід до реалізації топографічного методу аналізу стану умов праці через визначення закономірностей зниження рівня виробничого ризику. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 2. С. 51–62. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.51.751.

9. Беліков А. С., Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Григор'єва Є. С. Оцінювання виробничого ризику працівників будівельної галузі. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 3. С. 7–18. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010721.7.762.

10. Belikov A., Tretyakov O., Hryhorieva Ye., Harmash B., Katkovnikova L. Development of a methodical approach to the rationing of various factors in their combined action in the industrial environment of employees of enterprises. *The scientific heritage*. Budapest, 2022. Vol. 1, № 84. P. 40–44. DOI: 10.24412/9215-0365-2022-84-1-40-44 (видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні за умови врахування сумісної дії шкідливих факторів на основі інтегрального показника. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of the VI International scientific and practical conference, february 12–14, 2020*. Sofia: Publishing House «ACCENT», 2020. P. 914–924.

12. Tretyakov O. V., Harmash B. K., Biletska Ye. S. Industrial risk is the main indicator of the assessment of working conditions. *Dynamics of the development of world science: abstracts of the 6 International scientific and practical conference, february 19–21, 2020*. Vancouver: Perfect Publishing, 2020. P. 292–302.

13. Tretyakov O. V., Harmash B. K., Biletska Ye. S. Production risk assessment methods and criteria of workers in the transport industry. *Eurasian scientific congress: abstracts of the 2 International scientific and practical conference, february 24–25, 2020*. Barcelona: Barca Academy Publishing, 2020. P. 162–166.

14. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Підхід до розрахунку виробничого ризику в залежності від параметрів робочого середовища. *Scientific achievements of modern society: abstracts of the VII International scientific and practical conference, march 4–6, 2020*. Liverpool: Cognum Publishing House, 2020. P. 891–901.

15. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Підхід до розрахунку параметрів робочої зони працівників виробничих підприємств. *Modern science:*

problems and innovations: abstracts of the I International scientific and practical conference, april 5–7, 2020. Stockholm: SSPG Publish, 2020. P. 275–282.

16. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Оцінка виробничого ризику працівників транспортної галузі. *Theoretical foundations of modern science and practice*: abstracts of the XI International scientific and practical conference, april 6–7, 2020. Melbourne: Bookwire, 2020. P. 460–463.

17. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Ризик-орієнтований підхід визначення рівня небезпеки для працівників у робочій зоні. *Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України*: зб. матеріалів VI Всеукр. заоч. наук.-практ. конф., 28 квіт. 2020 р. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2020. С. 154.

18. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Оцінка умов праці за показниками шкідливості окремих категорій працівників транспортної галузі. *Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України*: зб. матеріалів II Всеукр. наук. конф., 21–22 вересня 2020 р. Миколаїв: Видавець Торубара В. В., 2020. С. 117–120.

19. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Білецька Є. С. Оцінка умов праці працівників транспортної галузі на основі інтегрального показника. *Modern science problems and innovations*: abstracts of the VII International scientific and practical conference, september 20–22, 2020. Stockholm: SSPG Publish, 2020. P. 118–125.

20. Tretyakov O. V., Harmash B. K., Biletska Ye. S. Determining the level of danger in the working zone of railway transport workers. *Fundamental and applied research in the modern world* : abstracts of the II International scientific and practical conference, september 23–25, 2020. Boston: BoScience Publisher, 2020. P. 113–122.

21. Tretyakov O. V., Harmash B. K., Biletska Ye. S. Identification of potential hazard taking into account the joint impact of harmful factors in the working area of employees of the railway transport. *World science: problems, prospects and innovations*: abstracts of the 1 International scientific and practical conference, october 1–3, 2020. Toronto: Perfect Publishing, 2020. P. 36–47.

22. Tretyakov O. V., Harmash B. K., Biletska Ye. S. Application of parameters of work zone of railway transport employees. *Eurasian scientific congress*: abstracts of the 10 International scientific and practical conference, october 4–6, 2020. Barcelona: Barca Academy Publishing, 2020. P. 113–119.

23. Biletska Ye. S., Tretyakov O. V., Harmash B. K., Hovorova K. V., Dyumin E. S. Approach to assessment of working conditions with the use of methods for determining potential industrial risk in the working zone of railway employees. *Science and education: problems, prospects and innovations*: abstracts of the I International scientific and practical conference, october 7–9, 2020. Kyoto, 2020. P. 10–21.

24. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Григор'єва Є. С., Говорова К. В., Дюмін Е. С. Підхід до оцінки умов праці за показниками шкідливості на основі визначення виробничого ризику. *Людина, суспільство, комунікативні технології*: зб. матеріалів VIII міжнар. наук.-практ. конф., 15–16 жовт. 2020 р. Харків: УкрДУЗТ, 2020. С. 249–252.

25. Третьяков О. В., Гармаш Б. К., Григор'єва Є. С. Підвищення безпеки умов праці для працівників транспортної галузі на основі розрахунку сумарного ризику. *Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління*: зб. матеріалів 11 міжнар. наук.-техн. конф., 8–9 квіт. 2021 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. Т. 2. С. 103.

26. Belikov A. S., Tretyakov O. V., Harmash B. K., Hryhorieva Ye. S. Implementation of the risk-based approach as a criterion for improving safety in construction. *Innovative technologies in construction, civil engineering and architecture*: abstracts of the XIX International scientific and practical conference, september 19–22, 2021. Dnipro: SHEE PSACEA, 2021. P. 27–28.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

27. Білецька Є. С. Вплив негативних факторів і надзвичайних подій на функціонування залізничного транспорту. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. № 169 (додаток). С. 147–149.

АНОТАЦІЯ

Григор'єва Є. С. Удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці. – Український державний університет залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України, Харків, 2022.

На основі проведеного аналізу сучасних підходів до оцінки професійного і виробничого ризику в Україні обґрунтовано необхідність удосконалення нормативно-правової бази охорони праці у державі для приведення національного законодавства у відповідність із законодавством ЄС. Встановлено, що тільки застосування критеріїв для оцінки ризиків при оцінюванні умов праці дозволять уникнути суб'єктивізму, який міститься у нормативних документах України, дозволить усунути невідповідність підходу вимогам ISO 45001. Обґрунтовано необхідність зміни існуючих нормативних вимог до визначення умов праці за показниками шкідливості, важкості і напруженості праці в Україні на основі критеріїв для оцінювання ризиків.

Обґрунтовано застосування підходу до розрахунку оцінки параметрів робочої зони на основі розрахунку потенційного ризику на базі даних, отриманих при дослідженні факторів виробничого середовища і трудового процесу, для вдосконалення системи атестації робочих місць. Запропоновано впровадження інтегрального показника шкоди, який дозволить врахувати взаємний вплив, проводити оцінку значень потенційного виробничого ризику при будь-якій кількості шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях. Теоретично доведено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різнорідних виробничих факторів із урахуванням часу дії та впливу їхньої сумісної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера-Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

Розроблено математичну модель оцінки безпеки на робочому місці у вигляді потенційного чи критичного поля небезпеки, відповідно до значень якого мають бути визначені заходи або невідкладні дії щодо поліпшення ситуації, що існує чи прогнозується, для безпеки робочого місця при зовнішньому контролі. Удосконалено експлуатаційну модель управління ризиками, яка дозволить здійснювати прогноз кількості порушень безпеки на робочому місці на необхідний період, а при варіюванні показників продуктивності праці, обсягів інвестицій і експлуатаційних витрат – здійснювати управління ризиками при зовнішньому контролі.

Обґрунтовано використання запропонованого критерію визначення інтегрального ризику, що дозволяє оцінювати умови праці на робочих місцях та більш об'єктивно визначати клас умов праці. Експериментально доведено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різнорідних виробничих факторів у кількісній формі може бути об'єктивно оцінений на основі закону Вебера-Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

В результаті моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі розроблено алгоритм, що дозволяє за допомогою методу скінченних елементів графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу. Експериментально підтверджено установлені закономірності, які дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив у виробничий ризик та обґрунтувати заходи зниження травматизму і професійних захворювань. Розроблено заходи щодо модернізації робочих місць електрозварювальників ручного зварювання з урахуванням фактичних значень продуктивності праці, які дозволяють знизити професійний ризик електрозварювальників до допустимих значень і суттєво знизити виробничий ризик для робітників, що працюють на суміжних робочих місцях. Запропоновано методологічну основу для вирішення питання про перетворення «доза – ефект» через зведення окремих показників до єдиного критерію якості системи в цілому шляхом впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки виробничого середовища визначенням рівня небезпеки у робочій зоні за допомогою функції інтегрального ризику.

Розроблено алгоритм встановлення класу умов праці на базі оцінки виробничого ризику і визначення імовірності дії на працюючих усіх шкідливих та небезпечних факторів. Впроваджено одержані результати та висновки у розроблення методики ризик-орієнтованого підходу при атестації робочих місць. Створено механізм, який дозволить визначати зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив у виробничий ризик. Розроблено реальний механізм кількісної оцінки професійного і виробничого ризику у підрозділах підприємства для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001.

Ключові слова: професійний ризик, виробничий ризик, шкідливий фактор, небезпечний фактор, топографічний метод прогнозування виробничого травматизму, умови праці, атестація робочих місць.

SUMMARY

Hryhorieva Ye. S. Improvement of the risk-based approach to assessing working conditions through the introduction of an integral index. – As a manuscript.

Thesis for the scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.26.01 – labour protection. – Ukrainian State University of Railway Transport of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2022.

On the basis of the analysis of modern approaches to the assessment of occupational and industrial risk in Ukraine, the need to improve the regulatory framework of labor protection in the state to bring national legislation into conformity with EU legislation has been substantiated. It has been established that only the application of risk evaluation criteria in evaluation of working conditions will allow to avoid subjectivism, contained in the normative documents of Ukraine, to eliminate the inconsistency of approach to the requirements of ISO 45001. The need to change the existing regulatory requirements for determining working conditions based on indicators of harmfulness, difficulty and intensity of work in Ukraine based on criteria for risk assessment is substantiated.

The application of the approach to the calculation of the assessment of the parameters of a working zone on the basis of potential risk calculation on the basis of the data obtained in the study of factors of the industrial environment and the labour process to improve the system of certification of workplaces is substantiated. The paper proposes the introduction of an integral index of harm, which will allow to take into account the mutual influence, to estimate the values of potential industrial risk at any number of harmful and hazardous factors in the workplace. It was theoretically proved that the influence of professional and heterogeneous industrial factors on the health of a worker taking into account the time of action and the impact of their combined action in quantitative form can be quite objectively estimated on the basis of the Weber-Fechner law by calculating the integral index – the potential risk. A mathematical model of the workplace safety assessment in the form of a potential or critical hazard field, in accordance with the values of which should be determined measures or urgent actions to improve the situation exists for the safety of the workplace under external control, has been developed. The operational risk management model has been improved, which will make it possible to forecast the number of workplace safety violations for the required period, and at variation of labor productivity indicators, investment volumes and operating costs to carry out risk management at external control. The use of the proposed criterion for determining the integral risk has been substantiated, it allows to assess working conditions at workplaces and more objectively determine the class of working conditions. It has been experimentally proved that the impact of occupational and heterogeneous industrial factors on a worker's health in quantitative form can be objectively assessed on the basis of Weber-Fechner law through calculation of an integral index – the potential risk.

As a result of modeling the emergence of zones of potential production risk in the multidimensional space, the algorithm was developed which allows, using the finite element method, to graphically determine the ratio of normative and actual values of the production environment and the labor process. The established

regularities have been experimentally confirmed, which allow to determine the zones of transformation of occupational risk due to mutual influence into an occupational risk and substantiate the measures of traumatism and occupational diseases reduction. Measures have been developed to modernize the workplaces of electric welders of manual welding, taking into account the actual values of labor productivity, which allow to reduce the occupational risk of electric welders to permissible values and significantly reduce the occupational risk for workers working at adjacent workplaces. A methodological basis for solving the problem of turning «dose-effect» through the elevation of individual indicators to a single criterion of quality of the system as a whole by implementing probabilistic assessments of the level of hazard of the working environment by determining the level of hazard in the workplace using the function of integral risk has been proposed. An algorithm of determining the class of working conditions based on the assessment of occupational risk and the probability of exposure of workers to all harmful and hazardous factors has been developed. The obtained results and conclusions were implemented in the development of risk-oriented approach methodology in the certification of workplaces. A mechanism was created to determine the zones of transformation of occupational risk due to mutual influence into an occupational risk. A real mechanism of quantitative assessment of occupational and industrial risk in the company's units to prepare for ISO 45001 certification has been developed.

Keywords: occupational risk, industrial risk, harmful factor, hazardous factor, topographic method of industrial traumatism forecasting, working conditions, workplace assessment.