

УДК 614.8.084(477)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.33.1021

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОВИМ НАПРУЖЕННЯМ

БЄЛІКОВ А. С.¹, докт. техн. наук, проф.,
ТРЕТЬЯКОВ О. В.², докт. техн. наук, проф.,
ГРИГОР'ЄВА Є. С.^{3*}, канд. техн. наук.,
ГАРМАШ Б. К.⁴, канд. техн. наук, доц.,
РАГІМОВ С. Ю.⁵, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: belikov@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

^{3*} Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел. +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

⁴ Кафедра охорони праці та навколишнього середовища, Український державний університет залізничного транспорту, площа Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна, тел.: +38 (050) 343-19-63, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁵ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (050) 582-59-87, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8639-3348

Анотація. Постановка проблеми. Розглядається дослідження умов праці із підвищеним тепловим напруженням: спровоковані шкідливими умовами праці захворювання мають достатньо довгий інкубаційний період, тому їх прояв не завжди легко своєчасно розпізнати і виникають труднощі у встановленні першопричини професійного захворювання. **Мета** – розроблення і впровадження методики оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. **Методика.** Вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу дії та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути досить об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику. Застосовано структурний аналіз для визначення структури та причин виникнення професійних захворювань. Проведено кореляційний аналіз для з'ясування характеру зв'язків між рівнями впливу факторів виробничого середовища для оцінювання умов та характеру праці робітників, на робочих місцях яких встановлено підвищене теплове напруження. Для обробки даних застосовано імовірнісно-статистичні методи – для визначення алгоритму перетворення параметрів середовища на показник виробничого ризику для працівників із шкідливими умовами праці. Розроблення моделі визначення зон перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик оброблення результатів досліджень вимагали застосування методів формалізації. Використано програмну систему формування агрегованих для багатовимірного аналізу інформації, яка дозволила побудувати тривимірну модель зміни значень показника виробничого ризику в просторі між робочими місцями робітників у зварювальному відділенні. **Наукова новизна.** Ризик-орієнтований підхід із застосуванням методів оцінювання професійного і виробничого ризику для робочих місць електрозварників дозволяє врахувати шкоду організму працівника з боку чинників виробничого середовища. Встановлені закономірності дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик, що стало обґрунтуванням заходів щодо зниження травматизму і професійних захворювань. **Практична значимість.** На прикладі умов праці на робочих місцях електрозварників розроблено та апробовано методику оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. Наведений ризик-орієнтований підхід дозволяє виконати всі вимоги та рекомендації, викладені в ISO 45001: його застосування до умов праці робітників гарячих професій (зварників) дозволяє провести кількісну оцінку професійного і виробничого ризику на їхніх РМ, зокрема, для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001. **Висновки.** Розроблено і впроваджено методику оцінювання ризиків на основі фундаментального закону Вебера–Фехнера для об'єктивної оцінки впливу на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів у кількісній формі через розрахунок інтегрального показника (потенційного ризику), яка дозволить оцінювати умови праці на робочих місцях та об'єктивно визначати клас умов праці.

Ключові слова: ризик-орієнтований підхід; умови праці; шкідливі виробничі чинники; теплове випромінювання

RISK-ORIENTED APPROACH TO THE ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS OF WORKERS WITH INCREASED THERMAL EXPOSURE

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TRETYAKOV O.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
HRYHORIEVA Y.S.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.)*,
HARMASH B.K.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RAHIMOV S.Yu.⁵, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

¹ Department of Occupational Safety, Civil and Technogenic Security, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel.: +38 (0562) 47-03-25, e-mail: belicov@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-0457-9553

^{3*} Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (050) 401-33-91, e-mail: biletska@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9525-7399

⁴ Department of Human Engineering and Environmental Protection, Ukrainian State University of Railway Transport, 7, Feuerbach Square, Kharkiv, 61050, Ukraine, tel.: +38 (050) 343-19-63, e-mail: garmash@kart.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-2115-1994

⁵ Department of Logistics and Technical Support of Rescue Operations, National University of Civil Protection of Ukraine, 94, Chernyshevska St., Kharkiv, 61023, Ukraine, tel.: +38 (050) 582-59-87, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-8639-3348

Abstract. Problem statement. The issue of studying the working conditions of workers with increased heat exposure is considered. Diseases provoked by harmful working conditions have a rather long incubation period, so their manifestation is not always easy to recognize and there are difficulties in establishing the root cause of occupational disease. **The purpose of the article.** Development and implementation of risk assessment methodology based on the joint action of harmful and hazardous industrial factors and regularities of their intensity decrease with distance from the source. **Methodology.** The impact of occupational and heterogeneous industrial factors on the employee's health, taking into account the time of action and the impact of their joint action in quantitative form, can be fairly objectively assessed on the basis of the Weber-Fechner law through the calculation of the integral index of potential risk. Structural analysis was used to determine the structure and causes of occupational diseases. Correlation analysis was carried out to find out the nature of relationships between the levels of influence of factors of the industrial environment to assess the conditions and nature of labor at the workplaces of workers, at whose workplaces the increased thermal stress was installed. Probabilistic-statistical methods were used for data processing - to determine the algorithm of transformation of environmental parameters into an indicator of occupational risk for workers with harmful working conditions. Development of a model for determining the zones of transformation of occupational risk through mutual influence on the industrial risk of the processing of research results needed the application of formalization methods. A software system for the formation of aggregated for multivariate analysis of information was used, which made it possible to build a three-dimensional model of changes in the values of the indicator of occupational risk in the space between the workplaces of employees located in the welding department. **Scientific novelty.** The applied risk-oriented approach using the methods of occupational and industrial risk assessment for electric welders' workplaces allows to take into account the harm to the worker's organism from the factors of the industrial environment. The established regularities allow to determine the zones of transformation of occupational risk through mutual influence into production risk, which is the justification of measures to reduce injuries and occupational diseases. **Practical value.** On the example of labor conditions at the workplaces of electric welders the methodology of risk assessment is developed and tested taking into account the joint action of harmful and hazardous industrial factors and regularities of their intensity decrease with distance from the source. The given risk-oriented approach allows to fulfill all the requirements and recommendations set forth in ISO 45001: its application to the working conditions of workers of hot professions (welders) allows to carry out a quantitative assessment of occupational and industrial risk at their workplaces, in particular for preparation for certification under ISO 45001. **Conclusions.** An effective tool for theoretical analysis of pollution zones formed during an extreme situation at gas stations has been created. The results of computational experiments are presented. The methodology of risk assessment based on the fundamental Weber-Fechner law for objective assessment of the impact of occupational and heterogeneous industrial factors on the employee's health in quantitative form through the calculation of the integral index (potential risk), which will allow to assess the working conditions at workplaces and objectively determine the class of working conditions, has been developed and implemented.

Keywords: risk-oriented approach; working conditions; harmful industrial factors; thermal exposure

Постановка проблеми

Головною ознакою наявності безпеки у професійній діяльності людини є зниження ймовірності виникнення ризику пошкодження її здоров'я. Право на безпечні і нешкідливі умови праці визнано в Україні одним із конституційних прав людини і громадянина [1]. Реалізація даного права здійснюється за допомогою загальноприйнятої системи, що включає в себе правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, організаційно-технічні, і лікувально-профілактичні заходи та засоби. І всі вони спрямовані на збереження здоров'я та працездатності людини під час виконання нею трудових обов'язків [2–5].

У нашій державі існує правова та нормативна основа для оцінювання ризиків [3; 4; 6]. Частіше за все застосовується матричний метод оцінювання ризику (метод експертних оцінок), який дає умовне числове значення ризику, що ґрунтується на суб'єктивній оцінці. До того ж у визначенні умов праці реагування організму людини на дію шкідливих виробничих факторів не враховується. Виникає необхідність розробити та впровадити методіку оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела.

Тому впровадження ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою праці робітників в умовах підвищеного теплового напруження становить актуальну проблему, розв'язання якої досі не віднайдено.

Аналіз останніх досліджень.

Дослідження питань, пов'язаних з оцінкою, аналізом і управлінням професійними та виробничими ризиками, – це актуальне наукове і практичне завдання. Поряд із вивченням їх сутності, основних характеристик і функцій, велике значення мають причини і сфера виникнення професійних і виробничих ризиків, а також ступінь тяжкості наслідків у результаті їх впливу.

Історичні аспекти розвитку термінологічної бази професійних і виробничих ризиків, їх класифікація за

характерними галузевими критеріями та ознаками, сутністю і змістом, а також підходи до оцінювання, аналізу й управління професійними ризиками розглядаються в численних наукових роботах [7–11].

Розвиток міжнародної практики стосовно питань забезпечення безпеки праці відбувається через менеджмент професійними ризиками, створення і вдосконалення ефективної системи управління охороною праці на підприємствах, мінімізацію соціальних і економічних втрат, пов'язаних із нещасними випадками та професійними захворюваннями. З урахуванням вимог ДСТУ ISO 45001:2018 [3].

Обґрунтування застосування методів оцінювання професійного і виробничого ризику означатиме на практиці розширення можливостей забезпечення конституційного права людини на працю в умовах, які відповідатимуть вимогам безпеки [12–15]. Зазначимо, що людина, яка працює у шкідливих умовах, має право на пільги і компенсації, передбачені відповідними нормативними документами [16–19].

Означений напрям досліджень потребує ретельного оцінення потенційних ризиків для людини при виконанні професійних обов'язків, важливого в частині визначення вагомості показників виробничого травматизму та професійної захворюваності у загальних збитках підприємства [20], а також і для визначення ціни ризику для прогнозування розвитку підприємства, і для застосування органами державного нагляду для мотивації роботодавця підвищувати рівень безпеки виробництва. Такий підхід стає обґрунтуванням для подальшого удосконалення нормативно-правової бази охорони праці в нашій державі.

Чинні міжнародні норми вимагають від роботодавців оцінювання ризиків для життя і здоров'я працюючої людини, а заходи, що не ґрунтуються на оцінці ризиків, наразі розглядаються як не науково обґрунтовані, або вжиті без достатніх наукових підстав [7].

Мета статті – розроблення і впровадження методіки оцінювання ризиків

з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела.

Опис об'єкта. Відповідно до ДСТУ ISO 31000:2018 [6] управління ризиками – це ітеративний процес, спрямований на визначення стратегії, досягнення поставленої мети і схвалення обґрунтованих і виважених рішень. Ефективна реалізація таких заходів на кожному рівні системи управління охороною здоров'я і безпекою праці дозволить підприємствам і організаціям створювати безпечні умови праці на робочих місцях. Це сприятиме запобіганню травмам, уповільнить загальне погіршення здоров'я працездатного населення, активно підвищуватиме показники діяльності у сфері охорони праці на стадії превентивних та коригувальних дій.

Відомо, що до діапазону завдань з управління безпекою праці кожної організації входить визначення факторів, які сприяють виникненню професійних і виробничих ризиків, дослідження їх рівня впливу на працівників, розроблення цілеспрямованих заходів щодо своєчасного усунення професійних ризиків, а також постійний моніторинг забезпечення безпеки на робочих місцях [1; 19].

Професійні захворювання мають чіткі зв'язки з характером виконуваної роботи. Основну проблему для держави становить нівелювання причин, що являють собою основу для загального зниження здоров'я працездатного населення. Цю проблему поглиблює той факт, що спровоковані шкідливими умовами праці захворювання мають неймовірно довгий інкубаційний період. В результаті цього вони можуть виявлятися у різних формах, які не завжди легко розпізнати і встановити першопричину захворювання.

У дослідженні процесів теплового опромінення необхідно враховувати, що температурний стан нашого тіла не завжди збігається із суб'єктивним тепловим відчуттям. Температурні рецептори не відчують відмінності в довжині хвилі теплового випромінювання, яка

сприймається організмом працівника. Тут має сенс додати, що температура нагріву у більшості виробничих джерел теплового випромінювання підприємств становить від 80 до 1 600 °С, а максимум випромінювання припадає на довжину хвилі від 0,76 до 3–9 мкм.

Для оцінення дії теплового випромінювання на працівника велике значення має інтенсивність опромінення. Таким чином визначається шкода або її відсутність на організм робітника. Встановлено, що інтенсивність теплового опромінення коливається на робочих місцях (РМ) у діапазоні від 60 до 1 000 Вт/м². При цьому кожна частина поверхні тіла людини здійснює променистий теплообмін лише з певними поверхневими частинами навколишніх предметів, розташованих усередині кута тілесного 2π -стерадіан, тобто у півсфері.

Величина опроміненості елементарного майданчика тіла залежить від її орієнтації у просторі щодо джерела теплового випромінювання. Ця величина має векторний характер і багатозначна у кожній точці простору. А біологічний ефект теплової енергії та її вплив на організм людини виявляються тільки при поглинанні тканинами організму енергії, що падає на них. В результаті такі значні теплові навантаження спричинюють прогресивний розвиток професійних захворювань.

Існують суттєві відмінності в умовах праці та стані здоров'я працівників, які зазнають значного впливу інфрачервоного випромінювання (ІЧВ). Частота первинного виходу на інвалідність робітників енергонасичених підприємств за 70–80-ті роки минулого сторіччя становила 8 випадків на 1 000 робітників. Серед встановлених причин означених випадків інвалідності були хвороби, нещасні випадки та травми, а також злякисні новоутворення, що зображено у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.

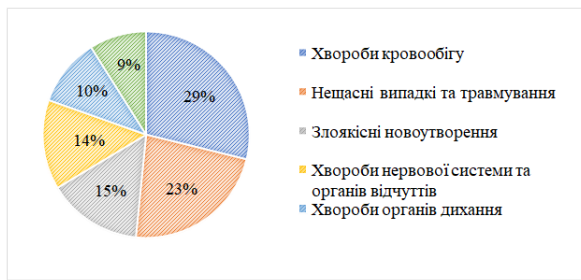


Рис. 1. Причини виникнення первинної інвалідності у робітників енергонасичених підприємств

Привертає увагу той факт, що серед працівників гарячих професій з віком зменшується частка здорових осіб від однієї вікової групи до іншої. Для гарячих професій серед працівників віком від 20 до 29 років цей показник становить 87,1 %, до 50 років та старших – 41,7 %. А для холодних професій такі показники сягають 87,1 і 66,7 % відповідно.

У працівників холодних цехів цей показник на 16 % менший.

Значення показника професійної захворюваності на заводах України для працівників із підвищеним тепловим напруженням на РМ невиправдано вище, ніж для співробітників ремонтно-механічних відділень, залізничників. Структуру професійних захворювань на заводах України зображено на рисунку 2.

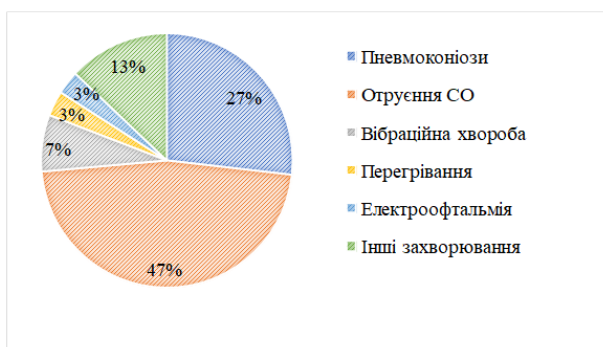


Рис. 2. Структура професійних захворювань на заводах України

За даними проведених досліджень, кількість захворювань і звернень до лікарні серед працівників гарячих професій вища, ніж серед працівників холодних професій. Зварники, оператори гарячих цехів, термісти мають 114,2 випадки та 812 днів непрацездатності на 1 000.

Установлено, що інтенсивність опромінення та її коливання сильно

впливають на організм працівника. Серед тих, хто тривалий час перебував на РМ під тепловим випромінюванням, частота захворюваності вища на 21,2 % порівнянно з іншими професіями. Це становить 60,9–64,8 % від загальної кількості зайнятих на заводі працівників. А в днях непрацездатності – вище на 13,7 %.

Отже, не вирішеною частиною розглянутої проблеми залишається оцінювання професійних та виробничих ризиків на робочому місці з урахуванням реагування організму працівника на дію шкідливих чинників виробничого середовища.

Методика. Вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу дії та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок інтегрального показника – потенційного ризику.

Для розроблення і втілення заходів, що запобігатимуть зниженню працездатності людини, виникненню в неї професійних захворювань і випадків виробничого травматизму, необхідне об'єктивне оцінювання впливу, умов праці на людину.

Умови праці як деяка сукупність психофізіологічних, санітарно-гігієнічних, соціальних та естетичних елементів виробничого середовища проявляються безпосередньо і діють на здоров'я і працездатність людини під час професійної діяльності.

Виникає необхідність застосовувати такі засоби якісної і кількісної оцінки ризиків із боку шкідливих виробничих чинників, що дозволили б із достатньою об'єктивністю та точністю визначити наявний ступінь впливу несприятливих умов праці на організм людини під час виконання професійної діяльності.

Теплове або ІЧ випромінювання – один із несприятливих факторів виробничого середовища для працівників гарячих професій, зокрема, електрозварників. Характерна особливість ІЧВ полягає в тому, що цей фактор формує мікроклімат на РМ одночасно з іншими параметрами. Отже,

здатний самостійно підвищувати шкідливість умов праці на РМ. Зокрема, в працях [7] встановлено, що інтенсивне ІЧВ є окремим параметром якості виробничого середовища, який суттєво впливає не тільки на самих зварників під час виконання ними своїх професійних зобов'язань. Для працівників інших професій, які опиняються у зоні виникнення професійного ризику електрозварників, при цьому виникає вже власний виробничий ризик, на їхньому РМ.

Системна відповідь організму на спільний вплив фізичних факторів виробничого середовища визначається характером означених факторів, їх інтенсивністю та особливостями реагування фізіологічних систем.

Для того, щоб урахувати шкоду для організму зварників, яка виникає під час виконання ними професійної діяльності,

запропоновано застосовувати методику визначення потенційного ризику за дії різномірних факторів [7]. Доведено, що Закон Вебера–Фехнера – це єдиний закон, який дозволяє поєднати систему «людина – машина – середовище» і шкідливі фактори, які впливають на працюючу людину або зумовлені виробничим середовищем.

Застосування означеної методики враховує реагування організму працівника й одночасно математично оцінює шкідливість виробничого процесу.

Через перетворення класичного виразу закону Вебера–Фехнера шляхом уведення до нього нормування ризику в координатах проводиться розрахунок потенційного ризику, виникнення якого можливе з боку будь-якого параметра якості виробничого середовища (табл. 1).

Таблиця 1

Розрахунок потенційного ризику за дії різномірних факторів

Параметри якості середовища	Одиниці вимірювання	Норматив прийнятного рівня	Надмірний рівень	Формула для розрахунку ризику
Хімічні речовини	мг/м ³	ГДК _{сд} , Залежить від речовини	ЛК ₅₀	$r = 10^{-6} + b \cdot \lg \frac{C}{ГДК}$
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	$r = 10^{-6} + 0,358 \cdot \lg \frac{D_E}{ГДР}$
Електромагнітні коливання	Вт/м ²	ПДЕЕ, Залежить від частоти	>500	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{ПДЕЕ}$

Застосування ризик-орієнтованого підходу до умов праці співробітників зварювального відділення полягає в розрахунку потенційного ризику на основі конкретних даних, отриманих дослідженням наявних факторів виробничого середовища і трудового процесу під час чергової атестації РМ.

Таким чином встановлено, що вплив на здоров'я робітника професійних та різномірних виробничих факторів з урахуванням часу та впливу їх спільної дії у кількісній формі може бути достатньо об'єктивно оцінений на основі закону Вебера–Фехнера через розрахунок

інтегрального показника – потенційного ризику.

Результати. У повітрі робочої зони працівників підприємства під час атестації РМ виявлено 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 ІЧВ, а також за показниками важкості та напруженості праці.

Під час роботи на працівників зварювального відділення діють фактори, що входять до переліку небезпечних і

шкідливих виробничих факторів, визначених у Гігієнічній класифікації праці та є характерними для багатьох видів зварювання та споріднених процесів.

На досліджуваному підприємстві РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) розташовані на відстані 1,6 м одне від одного.

Із застосуванням Методики розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля досліджено умови праці робітників зварювального відділення підприємства.

Інтенсивність ІЧВ характеризується густиною потоку енергії і визначається за такими формулами:

при $l \geq \sqrt{S}$

$$Q = \frac{0,91 \cdot S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{l^2}, \quad (1)$$

при $l \leq \sqrt{S}$

$$Q = \frac{0,91 \cdot S \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{l}, \quad (2)$$

де Q – густина досліджуваного потоку енергії, Вт/м²; S – загальна площа випромінювання, м²; T – температура досліджуваної поверхні випромінювання, К; l – відстань від досліджуваного джерела випромінювання, м; A – константа (для шкіри людини та бавовняної тканини $A = 85$; для сукна $A = 110$).

Густина потоку енергії ІЧВ визначали за допомогою вимірювача рівнів електромагнітних випромінювань ПЗ-41. Цей прилад використовується для виявлення і контролю біологічно небезпечних рівнів електромагнітних випромінювань, напруженості, щільності потоку енергії та експозиції для забезпечення виконання вимог Загального технічного регламенту щодо електромагнітної сумісності та безпеки, який діє в країнах ЄС і відповідає вимогам національних та міжнародних стандартів.

Проведені розрахунки встановили взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища на

електрозварників, робочі місця яких розташовані поряд.

Наведені графіки зміни інтенсивності ІЧВ на двох РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) залежно від відстані без урахування взаємного впливу від поряд розташованих РМ (рис. 3, 4) та з урахуванням взаємного впливу між ними надають уяву про реальний стан підвищення теплового напруження на означених РМ.

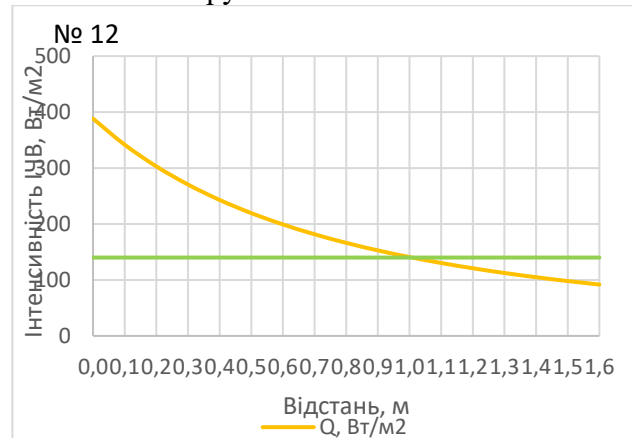


Рис. 3. Зміна інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 12 до РМ № 13

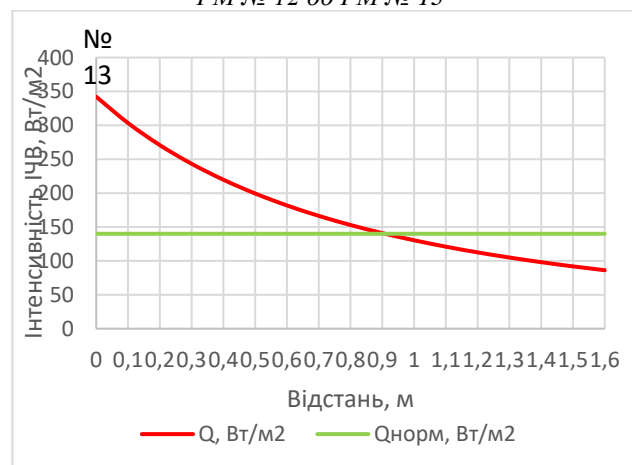


Рис. 4. Зміна інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 13 до РМ № 12

Ризик-орієнтований підхід був застосований до оцінювання умов праці співробітників зварювального відділення.

У відповідності з чинними міжнародними нормами і рекомендаціями [3] на основі методики визначення потенційного ризику за дії різномірних факторів проведено перетворення інтенсивності ІЧВ на виробничий ризик для електрозварників з одночасним урахуванням шкідливого впливу від інших факторів:

шкідливі хімічні речовини (марганець, оксид заліза), робоча поза.

Для оцінення ступеня реального професійного і виробничого ризику на основі отриманих значень ІЧВ для РМ працівників зварювального відділення застосовано залежність (2) для розрахунку потенційного ризику.

Моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі дозволяє графічно визначити співвідношення нормативних та дійсних значень

виробничого середовища і трудового процесу.

Установлено закономірності прояву потенційного виробничого ризику з урахуванням розміщення робочих місць та дії шкідливих та небезпечних факторів.

Отримані значення щодо зміни інтенсивності ІЧВ залежно від відстані без урахування взаємного впливу від РМ № 12 до РМ № 13 істотно відрізняються від тих значень інтенсивності ІЧВ, де взаємний вплив від поряд розташованих РМ врахований (рис. 5).



Рис. 5. Зміна значень інтенсивності ІЧВ на РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13) залежно від відстані

Аналіз даних свідчить про взаємне посилення шкідливої дії факторів виробничого середовища на електрозварників, РМ яких розташовані поряд. Значення інтенсивності ІЧВ $Q_{\text{сум}}$ на відстані 0,8 м від РМ електрозварників у 2,3 рази вище від гранично допустимого (140 Вт/м^2). А отримане значення $Q_{\text{сум}}$ на самому РМ вище у 3,4 рази від гранично допустимого значення і сягає $474,54 \text{ Вт/м}^2$.

На рисунку 6 зображено, яким чином відбувається перетворення професійного ризику на виробничий для співробітників зварювального відділення виробничого підприємства (РМ № 12, РМ № 13).

Відповідно до міжнародної класифікації [6], гранично допустиме значення тотожне значенню потенційного ризику 10^{-4} . Отримані показники виробничого ризику вже на відстані 0,8 м від РМ

електрозварників виявились надмірними ($R_{\text{int}} > 10^{-1}$). Логічно припустити, що відповідно до міжнародних норм таке значення виробничого ризику на РМ за ступенем шкідливості може бути віднесене вже до екстремальних умов праці. Хоча їхні РМ відповідно до чинного законодавства нашої держави віднесені до класу 3.2 умов праці за ступенем шкідливості – до таких умов, які характеризуються певними рівнями шкідливих чинників виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення.

Зазначимо, що умови праці класу 3.2 призводять у більшості випадків до зростання виробничо-зумовленої захворюваності та появи окремих випадків професійних захворювань, що виникають після тривалої експозиції.

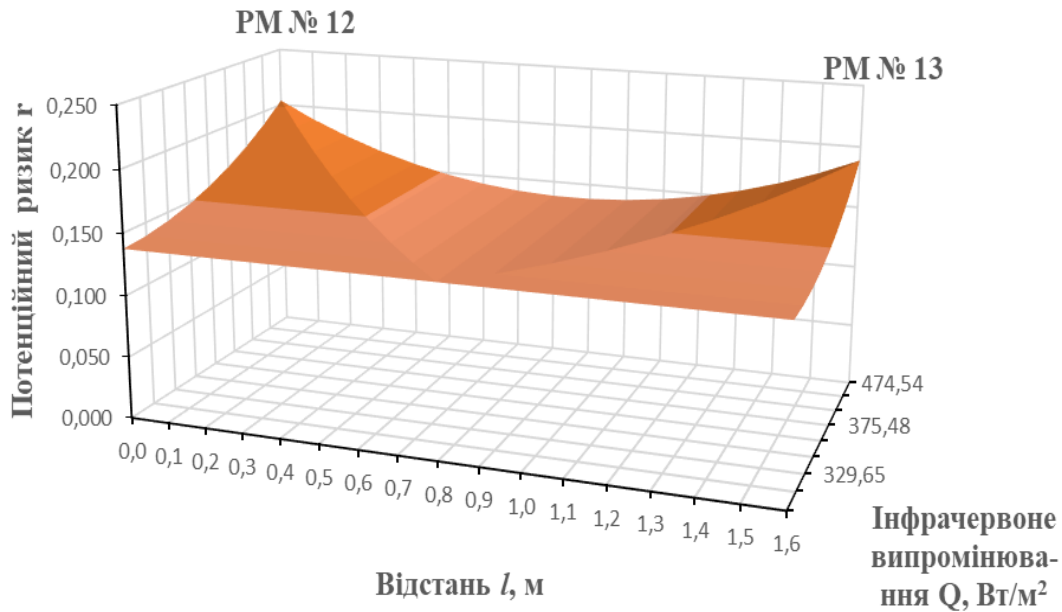


Рис. 6. Рівень виробничого ризику, зумовленого ІЧВ, для поряд розташованих РМ електрозварників (РМ № 12, РМ № 13)

Інший момент, на якому необхідно наголосити: РМ працівників зварювального відділення розташовані впритул, тобто, у цьому приміщенні немає проміжку для проходження. Кожний із співробітників підприємства, хто через виробничу необхідність входить до цього приміщення, опиняється у зоні дії шкідливого фактора.

Таким чином встановлено зону шкідливої дії на організм інших категорій працівників з боку шкідливих чинників виробничого середовища електрозварників.

Отже з'ясовано, що теплове або ІЧВ здатне самостійно підвищувати шкідливість умов праці на РМ. Як видно із графіка на рисунку 6, досліджувані місця зварників – це джерела інтенсивного теплового випромінювання, що спричинює прогресивний розвиток професійних захворювань. Це встановлено шкідливість робочого процесу, не зумовленою професійними обов'язками. Така шкідливість виробничого процесу наразі не враховується, а отже, для робітників немає пільг та компенсацій.

Встановлено закономірності зниження інтенсивності кожного шкідливого фактора за умови віддалення від джерела. Це дозволяє оцінити рівень ризику для інших категорій працівників: майстра дільниці, керівника відділення тощо.

Наведені дані експериментально підтверджують неприховану шкоду організмові працівника за наявності підвищеного теплового напруження на РМ, яке також спричинює розвиток професійних захворювань, що не є властивими для певної категорії працюючих і не зумовлені професійною діяльністю.

Наукова новизна та практична цінність. На прикладі умов праці на робочих місцях електрозварників розроблено та апробовано методику оцінювання ризиків з урахуванням спільної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів та закономірностей зниження їх інтенсивності з відстанню від джерела. Ризик-орієнтований підхід із застосуванням методів оцінювання професійного і виробничого ризику для робочих місць електрозварників дозволяє врахувати шкоду організму людини з боку чинників виробничого середовища. Встановлені закономірності дозволяють визначити зони перетворення професійного ризику через взаємний вплив на виробничий ризик, що стало обґрунтуванням заходів до зниження травматизму і професійних захворювань.

Наведений ризик-орієнтований підхід дозволяє виконати всі вимоги та рекомендації, викладені в ISO 45001: його застосування до умов праці робітників

гарячих професій (зварників) дозволяє провести кількісне оцінення професійного і виробничого ризику на їхніх РМ, зокрема, для підготовки до сертифікації за умовами ISO 45001.

Висновки

1. Оцінення професійних ризиків важливе і в частині визначення вагомості показників виробничого травматизму та професійної захворюваності (у загальних збитках підприємства); і для оцінки вартості ризику для прогнозних оцінок стосовно розвитку підприємства; і в частині застосування органами державного нагляду показників оцінки збитків для мотивації роботодавця підвищувати рівень безпеки виробництва; для обґрунтування поліпшення нормативно-правової бази охорони праці у державі.

2. Працездатність як поняття визначається через здатність людини виконувати певну роботу протягом заданого часу. Вона залежить від певних чинників як суб'єктивного, так і об'єктивного характеру. Розвиток міжнародної практики стосовно питань забезпечення безпеки праці відбувається через менеджмент професійними ризиками, створення і вдосконалення ефективної системи управління охороною праці на підприємствах, мінімізацію соціальних і економічних втрат, пов'язаних із нещасними випадками та професійними захворюваннями. Застосування методів оцінення професійного ризику означатиме на практиці розширення можливостей забезпечення конституційного права людини на працю в таких умовах, які відповідають вимогам безпеки.

3. Розроблено методику оцінювання ризиків на робочому місці, яка враховує реагування організму працівників на шкідливий вплив з боку чинників виробничого середовища. Застосування означеної методики дозволяє обчислити шкідливість виробничого процесу в цілому.

4. Застосування методики оцінювання ризиків на основі розрахунку потенційного ризику дозволило провести кількісне оцінення потенційної шкідливості виробничих процесів на основі даних оцінки факторів виробничого середовища. Отримані дані дозволили побудувати тривимірну модель зони виробничого ризику для робітників зварювального відділення виробничого підрозділу.

5. Моделювання виникнення зон потенційного виробничого ризику у багатовимірному просторі дозволило визначити співвідношення нормативних та дійсних значень виробничого середовища і трудового процесу. Привертає увагу той факт, що робочі місця електрозварників Гігієнічною класифікацією праці віднесені до 3.2 класу умов праці, хоча отримані показники інтегрального ризику для їхніх робочих місць є надмірними ($R_{in} \approx 10^{-1}$). Результати досліджень дозволяють стверджувати, що експериментально встановлені закономірності прояву існуючого потенційного виробничого ризику для робочих місць електрозварників враховують їх розміщення та дію шкідливих та небезпечних факторів. У результаті досліджень експериментально підтверджені закономірності, на основі яких можна визначати зони перетворення професійного ризику на виробничий ризик через взаємний вплив для електрозварників.

6. Актуальним бачиться врахування особливостей функціонального стану організму за одночасного впливу кількох факторів виробничого середовища як основи для подальшого розроблення методичних підходів до нормування різних факторів з урахуванням їх спільної дії. Науково та на практиці обґрунтовано застосування методики на основі критеріїв для оцінювання ризиків до умов праці із підвищеним тепловим напруженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конституція України : станом на 1 верес. 2016 р. Верховна Рада України. Харків : Право, 2016. 82 с.
2. Про охорону праці : Закон України від 27 грудня 2019 р. № 2694-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
3. ISO 45001 Occupational health and safety management systems. Requirements for application. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
4. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2015-05-02]. (Національний стандарт України). URL: http://web.kpi.kharkov.ua/safetyofliving/wp-content/uploads/sites/171/2017/10/dstu_2293_2014.pdf
5. ДСТУ 3138-95. Організація промислового виробництва. Праця та заробітна плата. Терміни та визначення. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1996. 36 с.
6. ISO 31000. Risk management. Principles and guidelines. URL: <https://risk-engineering.org/ISO-31000-risk-management/>
7. Григор'єва Є. С. Удосконалення ризик-орієнтованого підходу до оцінювання умов праці на основі впровадження інтегрального показника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та техн. наук : 05.26.01. Дніпро, 2023. 26 с.
8. Гогіташвілі Г. Г., Лапін В. М. Оцінка ризику – основа управління охороною праці та охорона праці. *Охорона праці*. 2007. № 4. С. 18–19.
9. Гогіташвілі Г. Г., Карчевський Е. Т., Лапін В. М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами. Київ : Знання, 2006. 256 с.
10. Macrae C. Regulation and Risk: Occupational Health and Safety on the Railways. *Risk Analysis*. 2004. № 2. Pp. 509–510.
11. Metzgar C. R. Safety analysis : principles & practices in occupational safety, 2nd edition. *Professional safety – Proquest ABI/INFORM*. 2003. № 8. 12 p.
12. Полукаров О. І., Пімонова К. А. Стандарт ISO 45001 та його роль у формуванні системи управління охороною праці в організації. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки*. 2018. С. 216–218.
13. Кружилко О. Є., Кириченко Ю. А., Демчук Г. В., Полукаров О. І., Сукач С. В. Математичне моделювання коефіцієнта важкості виробничого травматизму на підприємствах вугільної промисловості. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки*. 2013. С. 67–72.
14. Шишова О. В., Філь Х.-Г. Р., Фірман В. М. Управління охороною праці та промисловою безпекою. *Проблеми та перспективи розвитку охорони праці*. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. С. 31–32.
15. Polukarov O. I., Prakhovnik N. A., Polukarov Y. O., Mitiuk L. O., Demchuk H. V. Assessment of occupational risks: New approaches, improvement, and methodology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2021. № 8 (11). Pp. 79–86.
16. Івчук Ю. Ю. Державна політика України у сфері охорони праці: вплив правових стандартів ЄС. *Право та інноваційне суспільство*. 2015. № 1 (4). С. 132–136.
17. Третьяков О. В., Нестеренко С. В., Горстка К. В. Система страхування від нещасних випадків – дієвий важіль управління безпекою праці в країні. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности*. 2016. № 93. С. 37–44.
18. Mollo L. G., Emuze F., Smallwood J. Improving occupational health and safety (OHS) in construction using Training-Within-Industry method. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/368333154.pdf>
19. Лис Ю. С. Оцінка ризиків в системі управління охороною праці. *Системи обробки інформації*. 2016. № 9 (146). С. 193–196.
20. Boyac A. Ç., Selim A. Assessment of occupational health and safety risks in a Turkish public hospital using a two-stage hesitant fuzzy linguistic approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. Pp. 36313–36325. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18191-x>

REFERENCES

1. *Konstytucia Ukrainy* [Constitution of Ukraine]. Verkhovna Rada of Ukraine. Kharkiv : Pravo Publ., 2016, 82 p. (in Ukrainian).
2. *Pro ohoronu praci* [About occupational health and safety]. 2009. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (in Ukrainian).
3. ISO 45001. Occupational health and safety management systems. Requirements for application. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
4. 2293:2014. *Ohorona praci. Terminy ta vyznachennya* [Occupational safety and health. Terms and definitions of basic concepts. (National Standard of Ukraine)] URL: http://web.kpi.kharkov.ua/safetyofliving/wp-content/uploads/sites/171/2017/10/dstu_2293_2014.pdf (in Ukrainian).
5. 3138-95. *Organizaciia promyslovogo vyrobnytva. Pracia ta zarobitna plata. Terminy ta vyznachennya* [Organization of industrial production. Labor and wages. Terms and definitions.] Kyiv, 1996, 36 p. (in Ukrainian).

6. ISO 31000. Risk management. Principles and guidelines. URL: <https://risk-engineering.org/ISO-31000-risk-management/>

7. Hryhorieva Ye.S. *Udoskonalennia risik-orientovanogo pidhodu do ociniuvannia umov praci na osnovi vprovadzhenia integralnogo pokaznyka* [Improvement of the risk-based approach to assessing working conditions through the introduction of an integral index]. Dnipro, 2023, 26 p. (in Ukrainian).

8. Gogitashvili G.G. and Lapin V.M. *Ocinka rysyku – osnova upravlinnia ohoronou praci ta ohorona praci* [Risk assessment is the foundation of occupational health and safety management and occupational health and safety]. *Ohorona praci* [Bulletin of the Occupational Health and Safety]. 2007, no. 4, pp. 18–19. (in Ukrainian).

9. Gogitashvili G.G., Karchevskiy E.T. and Lapin V.M. *Upravlinnia ohoronou praci ta rysykom za mizhnarodnyimi standartami* [Occupational safety and risk management according to international standards]. Kyiv : Knowledge Publ., 2006, 256 p. (in Ukrainian).

10. Marcrac C. Regulation and Risk : Occupational Health and Safety on the Railways. *Risk Analysis*. 2004, no. 2, pp. 509–510.

11. Metzgar C.R. Safety analysis : principles & practices in occupational safety, 2nd edition. Professional safety – Proquest ABI/INFORM. 2003, no. 8, 12 p.

12. Polukarov O.I. and Pimonova K.A. *Standart ISO 45001 ta yogo rol u formuvanni systemy upravlinnia ohoronou praci v organizacii* [ISO 45001 standard and their role in the formation of occupational health and safety management system in the organization.]. *Problemy ohorony praci, promyslovoi ta cyvilnoi bezpeky* [Bulletin of the Problems of Labor Protection, Industrial and Civil Safety]. 2018, pp. 216–218. (in Ukrainian).

13. Kruzhylo O.Ye., Kyrychenko Yu.A., Demchuk H.V., Polukarov O.I. and Sukach S.V. *Matematychni modeluvannia koeficienta vazhkosti vyrobnychogo travmatysmu na pidpriemstvakh vugilnoi promyslovosti* [Mathematical modeling of the coefficient of severity of occupational injury rate at the enterprises of coal industry]. *Problemy ohorony praci, promyslovoi ta cyvilnoi bezpeky* [Bulletin of the Problems of Labor Protection, Industrial and Civil Safety]. 2013, pp. 67–72. (in Ukrainian).

14. Shyshova O.V., Fil H.-G.R. and Firman V.M. *Upravlinnia ohoronou praci ta promyslovoju bezpekou* [Management of labor protection and industrial safety]. *Problemy ta perspektyvy rozvytku ohorony praci* [Bulletin of the Difficulties and Prospects for the Development of Labor Protection]. Lviv, 2019, pp. 31–32. (in Ukrainian).

15. Polukarov O.I., Prakhovnik N.A., Polukarov Y.O., Mitiuk L.O. and Demchuk H.V. Assessment of occupational risks: New approaches, improvement, and methodology. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2021, no. 8 (11), pp. 79–86.

16. Ivchuk Yu.Yu. *Derzhavna polityka Ukrainy u sferi ohorony praci: vplyv pravovykh standartiv YeS* [State policy of Ukraine in the field of labor protection: the impact of EU legal standards]. *Pravo ta innovaciine suspilstvo* [Bulletin of the Law and Innovative Society]. 2015, no. 1 (4), pp. 132–136. (in Ukrainian).

17. Tretiakov O.V., Nesterenko S.V. and Horstka K.V. *Systema strahuvannia vid neschasnuh vypadkiv – diievyyi vazhil upravlinnyia bezpekou praci v kraini* [Accident insurance system - an effective lever of labor safety management in the country]. *Stroitelstvo. Materialovedeniie. Mashynostroeniie. Seria: Besopasnost zhyznediatelnosti* [Civil Construction. Materials Science. Mechanical Engineering. Series: Life Safety]. 2016, no. 93, pp. 37–44. (in Ukrainian).

18. Mollo L.G., Emuze F. and Smallwood J. Improving occupational health and safety (OHS) in construction using Training-Within-Industry method. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/368333154.pdf>

19. Lys Yu.I. *Ocinka rysykv v systemi upravlinnia ohoronou praci* [Risk assessment in the occupational health and safety management system]. *Systemy obrobki informacii* [Bulletin of the Information Processing Systems]. 2016, no. 9 (146), pp. 193–196. (in Ukrainian).

20. Boyac A.Ç. and Selim A. Assessment of occupational health and safety risks in a Turkish public hospital using a two-stage hesitant fuzzy linguistic approach. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022, vol. 29, pp. 36313–36325. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18191-x>

Надійшла до редакції: 21.03.2024.