

Дослідження ергономічних ризиків під час виконання аварійно-рятувальних робіт

Research into ergonomic risks during emergency and rescue operations

Богдан Цимбал ^{A B}

доктор наук з державного управління, доцент, професор кафедри охорони праці та екологічної безпеки / доцент кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем, e-mail: tsymbal_bohdan@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2317-3428

Bohdan Tsymbal ^{A B}

Doctor of Public Administration, Associate Professor, Professor of the Department of Occupational Health and Environmental Safety, e-mail: tsymbal_bohdan@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-2317-3428

^A Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна

^B Товариство з обмеженою відповідальністю технічний університет "Метінвест політехніка", м. Запоріжжя, Україна

^A National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

^B Limited liability company "Technical University "Metinvest Polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine

Received: February 13, 2025 | Revised: February 24, 2025 | Accepted: February 28, 2025

DOI: 10.33445/sds.2024.15.1.24

Мета роботи: є зменшення та/або усунення ергономічних ризиків під час виконання аварійно-рятувальних робіт.

Метод дослідження: Абстрагування, аналізу й синтезу, порівняння, спостереження та експертний метод оцінки ергономічних ризиків.

Результати дослідження: Було встановлено, що найбільш вразливими частинами тіла рятувальників під час здійснення аварійно-рятувальних робіт є спина та шия. Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 7. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є високий. Були виявлені небезпеки: тривале згинання та незручне положення тіла під час роботи з уламками; підйом та робота на нестабільних поверхнях; повторювані рухи та перенапруження; тривале згинання шиї; незручні пози для лівої руки; повторювані завдання та сильні навантаження; повторювані нахили та підйоми в незручних позах; підйом та робота на нестабільних поверхнях та ін.

Теоретична цінність дослідження: Теоретичні дослідження розширили теорію ризиків та доповнили її особливостями ергономічних ризиків в екстремальних умовах, у не виробничій сфері.

Практична цінність. Практичні результати досліджень, а саме розроблені заходи для зменшення або усунення ергономічних ризиків дадуть можливість підвищити рівень безпеки рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт та будуть корисними для практичної діяльності органів та підрозділів ДСНС України.

Обмеження дослідження: Під час проведення досліджень використовувалась тільки одна методика, що не надало можливість порівняти отримані результати. Проведені дослідження не виробничих ергономічних ризиків стали основою для удосконалення існуючої технології та адаптації до не виробничої та екстремальної сфери.

Тип статті: Науково-практична.

Purpose: The goal of the work is to reduce or eliminate ergonomic risks during emergency and rescue operations.

Method: Abstraction, analysis and synthesis, comparison, observation and expert method of ergonomic risk assessment.

Findings: It was found that the most vulnerable parts of the body of rescuers during emergency rescue operations are the back and neck. The maximum ergonomic risk score according to the REBA method is 7. Ergonomic risk indicators according to the Soter method: the overall risk is high. The following hazards were identified: prolonged bending and awkward body positions when working with debris; lifting and working on unstable surfaces; repetitive movements and overexertion; prolonged neck bending; awkward postures for the left hand; repetitive tasks and heavy loads; repetitive bending and lifting in awkward postures; lifting and working on unstable surfaces, etc.

Theoretical implications: Theoretical studies have expanded the theory of risks and supplemented it with the features of ergonomic risks in extreme conditions, in the non-production sphere.

Practical implications: The practical results of the research, namely the developed measures to reduce or eliminate ergonomic risks, will make it possible to increase the level of safety of rescuers during emergency rescue operations and will be useful for the practical activities of the bodies and units of the State Emergency Service of Ukraine.

Research limitations: During the research, only one methodology was used, which did not allow comparing the results obtained. The conducted research on non-production ergonomic risks became the basis for improving the existing technology and adapting it to the non-production and extreme sphere.

Paper type: Scientific and practical.

Ключові слова: ергономічні ризики, охорона праці, аварійно-рятувальні роботи, оцінка ризиків, ергономічні заходи.

Key words: ergonomic risks, occupational safety, emergency and rescue operations, risk assessment, ergonomic measures.

Вступ

Населені пункти України такі як Харків, Краматорськ, Мирноград, Суми, Глухів, Полтава, Київ та ін., перебувають під постійними обстрілами, що призводить до великої кількості руйнувань будинків та споруд, що збільшує фізичне навантаження на рятувальників ДСНС України, які здійснюють аварійно-рятувальні роботи. Екстремальні умови виконання завдань призводять до професійних захворювань та/або травматизму під час рятувальних дій. Тому для

збереження життя та здоров'я, опорно-рухового апарату рятувальників є актуальним завданням.

Теоретичні основи дослідження

Надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру, такі як промислові аварії, пожежі, вибухи та викиди небезпечних хімічних речовин, спричиняють серйозні загрози для здоров'я людей, можуть мати летальні наслідки, забруднювати довкілля, а також призводити до руйнування будівель, споруд і промислових об'єктів [1].

Сучасна оцінка ризиків травмування рятувальників під час розбирання завалів будівельних конструкцій відбувається за рахунок матриці оцінки ризиків, яка передбачає ідентифікацію небезпек, оцінку ймовірності та важкості наслідків, що є кількісною оцінкою професійного ризику. Ризик від важкості та напруженості процесу складу під час ліквідації наслідків обрушень будівельних конструкцій, розборів завалів має високе значення та дорівнює 6 [2]. Але якість результатів оцінки професійних ризиків за даною методикою залежить від кваліфікації та досвіду експерту, який здійснює оцінку професійних ризиків, не враховує більшість ергономічних ризиків.

Фактори ризику соціальних аварійно-рятувальних організацій визначаються з п'яти аспектів: персонал, обладнання та засоби, управління, середовище та завдання. Метод оцінки відповідно до моделі сірої хмари для ефективної боротьби з фазифікацією межі рівня ризику та випадковістю даних індексу оцінки. Стратегія управління та контролю ризиків містить п'ять аспектів: інженерна технологія, системний механізм, освіта та навчання, індивідуальний захист та екстрена допомога. Система оцінки ризику, раннє попередження ризику та стратегія контролю мають сильну застосовність та практичність, що може керувати практикою контролю ризику соціальних аварійно-рятувальних організацій [3].

Зсуви, викликані рясними дощами, є одними з найпоширеніших геологічних небезпек. Крутий схил зсуву, низька стійкість слизького ґрунту та гірської породи, а також постійне збільшення вмісту води внаслідок сильних дощів значно полегшують виникнення вторинних похідних катастроф під час аварійно-рятувальних операцій, що серйозно загрожує життю рятувальних команд та постраждалих людей. Для оцінки даних ризиків використовується комплексний кількісний метод оцінки аварійно-рятувальних ризиків зсувних катастроф. Існує три виміри кількісного методу: можливість зсувів, серйозність наслідків, а також часова та просторова чутливість [4], але даний метод не враховує ергономічні ризики рятувальників.

Процес оцінки ризиків надає можливість встановити відповідні заходи профілактики та захисту на безпечній роботі, що відповідають прийнятному рівню прийнятого ризику [5].

Для оцінки ризику розвитку професійних захворювань опорно-рухового апарату використовується метод швидкої оцінки робочої пози працівників — Rapid Entire Body Assessment («REBA»). Ця методика дозволяє запобігти виникненню захворювань, які негативно впливають на продуктивність праці та якість життя. Тому важливим завданням є пошук ефективних рішень для забезпечення безпеки рятувальників та вдосконалення ергономіки аварійно-рятувальних операцій [6].

Результативне керування ергономічними ризиками включає облік професійних небезпек, можливість робітників звертатися до групи реагування, обговорення заходів зі зниження ризиків та профілактику небезпечних ситуацій через нагляди, аудити й самооцінку [7]. Існуюча методика оцінки індексу професійного ризику вальника лісу враховує ергономічність пози, психосоціальні та гігієнічні чинники. Авторами було визначено, що основними факторами ризику є незручна поза та психосоціальний чинник, а при трелюванні й навантаженні – психосоціальні та гігієнічні чинники [8].

У процесі управління професійними та ергономічними ризиками необхідно враховувати небезпечні фактори фізичних перевантажень, які пов'язані з роботою: напрямок

руху суглобів, величину зусиль, рівень навантаження і стан активності; робоче середовище, обладнання (інфраструктура); пристосованість працівника до фізичних перевантажень; фізичний стан здоров'я та стать працівника [9].

Традиційна ергономічна оцінка ризиків може бути суб'єктивною, залежно від досвіду та рівня знань оцінювачів. Ергономічна оцінка ризику шляхом застосування системи захоплення руху на основі маркерів для забезпечення точності відхилення кута тіла можливо оцінити кінематичну змінну швидкості для виявлення рухів, які можуть збільшити ризик виникнення опорно-рухового апарату [10].

Виявлення ергономічних змінних ризику та керування ними під час оцінки ризику має вирішальне значення для розробки та планування робочих дій для зменшення ризику травм [11]. Ергономічна оцінка фізичної активності працівника за допомогою бездротової мультисенсорної системи Captiv, особливо фіксація робочої пози, може допомогти покращити якість та швидкість аналізу для профілактики захворювань опорно-рухового апарату. Система оцінки Captiv дозволяє надавати швидкі та точні аналізи для робочих місць із захворюваністю опорно-рухового для всього організму [12]. Але відсутність єдиного підходу у стандартах призводить відмінності в методах оцінки ергономічних ризиків.

Працівники різних галузей промисловості, де матеріали обробляються вручну, піддаються великому ризику страждань від скелетно-м'язових розладів та пов'язаних з ними болів у тілі. Ці працівники відчувають різні професійні захворювання через незручні робочі пози, які вони приймають під час виконання завдань. Деякі з цих робочих поз включають піднімання, повороти тіла або згинання. Ручне переміщення матеріалів, тобто будь-які завдання, що передбачають важку роботу, можуть мати високий ризик професійної шкідливості. Лазіння, підйом, штовхання та поворот можуть призвести до захворювань опорно-рухового апарату організму [13].

Рівні фізичного ризику, пов'язані з поставою, можливо розрахувати за допомогою ергономічних інструментів оцінки ризику RULA, REBA та OWAS. Вищий рівень ризику виникає під час роботи в положенні над головою для RULA та REBA, тоді як положення навпочіпки визначено вищий рівень ризику для OWAS. Плече та шия відповідальні за найвищий рівень ризику для RULA, плече, шия та тулуб для REBA, а параметр пози спини для OWAS [14].

Існує методологія оцінки ергономічного ризику – Ergonomics Risk Assessment Methodology in Industry (ERAi) – яка враховує низку аспектів, які мають значний вплив на фізичний стан і здоров'я працівників, а також на їх ефективність. ERAi визначає рівень опромінення шиї, тулуба, плечей/рук, зап'ястьків / кистей і стоп і може використовуватися за допомогою друкованих форм, але краще використовувати програмне забезпечення, яке реалізує цей метод, щоб уникнути помилок. Результати, отримані за допомогою ERAi, забезпечують правильний діагноз, сприяючи ефективним ергономічним втручанням для зменшення рівня впливу [15].

Профілактичні програми, які засновані на управлінні охороною праці та безпекою (OHS), для оцінки ризиків охорони праці (OHS) у всій Європі. Однак перехід від мінімальних законодавчих вимог щодо охорони праці до ергономіки передбачає комплексний підхід до ризиків на робочому місці. Завдяки швидким темпам розвитку технологій ергономісти можуть використовувати нові програмні рішення на основі штучного інтелекту (AI) для управління ризиками на робочому місці та розробки концепції ергономічних втручань [16].

Методи, як швидка оцінка верхніх кінцівок (RULA) та швидка оцінка всього тіла (REBA) є неточними і трудомісткими. Програмне забезпечення штучного інтелекту з MediaPipe, виявляє пози у режимі реального часу, ідентифікує 33 анатомічні точки, що дозволяє детально аналізувати рухи та поставу. ШІ перевершує RULA та REBA у виявленні вимушених поз. Крім того, він забезпечує швидшу та точнішу оцінку. Штучний інтелект може є цінним інструментом у ергономіці, потенційно перевершуючи традиційні методи [17].

Методологія оцінки ергономічних ризиків RERA виявилася корисною, з високим ступенем точності та охоплення в багатьох сферах діяльності, але, зокрема, вона ' ефективною у забезпеченні належної діагностики оцінюваної ситуації за допомогою штучного інтелекту, що сприяє легшій належній ідентифікації заходів щодо покращення та усунення ергономічних ризиків. На відміну від інших встановлених методів оцінки ергономічних ризиків, RERA використовує логарифмічний розрахунок, нормалізуючи значення параметрів для більш зручного порівняння, отже, підвищуючи точність методу [18].

Традиційні, суб'єктивні методи ергономічної оцінки є недостатніми для динамічних налаштувань, що підкреслює потребу в доступних автоматичних інструментах для безперервного моніторингу поз працівників для ефективної оцінки ергономічних ризиків під час виконання завдань. Системи 2D RGB Motion Capture (MoCap), засновані на комп'ютерному зорі, в даний час здаються технологіями вибору, враховуючи їх низьку нав'язливість, вартість та зусилля впровадження. Точність оцінки ризиків варіюється в залежності від конкретних умов навколишнього середовища та установок робочих станцій. Хоча ці системи ще не оптимізовані для сертифікації ризиків на рівні експертів, вони пропонують значний потенціал для підвищення безпеки та ефективності на робочому місці завдяки безперервному моніторингу стану постави [19].

Постановка проблеми

Аналіз літературних досліджень показав, що існуючі методики можуть бути неточними щодо оцінки ергономічних ризиків, в тому числі для рятувальників під час аварійно-рятувальних роботах, бо є суб'єктивними та направлені на виробничу сферу. Ефективність та точність методик оцінки ергономічних ризиків для рятувальників під час аварійно-рятувальних роботах після обстрілів є невстановленою. Крім цього специфічні ергономічні ризики рятувальників під час даних робіт не були досліджені та заходи щодо їх зменшення та/або усунення не впроваджені.

Методологія дослідження

З метою перевірки гіпотез, вирішення дослідницьких завдань була використана система прийомів та способів таких, як метод абстрагування, аналізу й синтезу, порівняння, спостереження та експертний метод оцінки ергономічних ризиків. Експериментальні дані були отримані за рахунок відеоматеріалів 16 реальних подій в Україні під час аварійно-рятувальних робіт після ворожого обстрілу.

Для оцінки рівнів ризику, пов'язаного з різними завданнями, було використано Ergonomic Assessment, який містить кілька усталених інструментів та методологій оцінки ергономіки.

RULA (Швидка оцінка верхніх кінцівок), яка направлена на оцінку постурального навантаження на верхні кінцівки, шию та тулуб. Надає можливість оцінити ризик, пов'язаний із незручними позами, повторюваними рухами та силовими навантаженнями. Надає оцінку, яка вказує на рівень ризику та потребу втручання.

REBA (швидка оцінка всього тіла) призначена для оцінки всього тіла, включаючи шию, тулуб, верхні та нижні кінцівки. Надає можливість оцінити пози, силові навантаження, тип руху або дії, повторення та зчеплення. Надає можливість оцінити ризик та допомагає визначити пріоритетність ергономічних заходів.

Рівняння підйому NIOSH було використано для оцінки ризику, пов'язаного з ручним підйомом. Враховує такі фактори, як вага вантажу, відстань, на яку він піднімається, частота підйому та поза під час підйому. Забезпечує рекомендоване обмеження ваги та визначає завдання, які перевищують безпечні межі підйому.

OWAS (Система аналізу робочої пози Ovako) надає можливість проаналізувати робочі пози та класифікує їх на основі рівня навантаження на кістково-м'язову систему. Допомогає визначити пози високого ризику, які потребують коригувальних дій.

Індекс деформації надає можливість оцінити ризик розвитку захворювань опорно-рухового апарату верхніх кінцівок. Враховує такі фактори, як інтенсивність навантаження, тривалість навантаження, зусилля за хвилину, положення руки/зап'ястка, швидкість роботи та тривалість завдання на день.

Ергономічні контрольні точки надають можливість визначити комплексний контрольний список, який охоплює різні аспекти ергономіки робочого місця, включаючи дизайн робочої станції, використання інструментів та організацію роботи. Допомогає визначити потенційні ергономічні проблеми та надає практичні рішення.

Ці інструменти інтегровані в робочий процес Ergonomic Assessment для забезпечення ретельної та систематичної оцінки ергономічних ризиків. Робочий процес використовує ці інструменти для аналізу відео завдання, виявлення факторів ризику та створення практичних рекомендацій для покращення ергономіки робочого місця.

Результати та обговорення

Фото експериментальних досліджень ергономічних ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Києві після обстрілу: розбирання кам'яних завалів зображено на рис. 1.а; підняття дерев'яних перекриттів – рис. 1.б; використання лому для аварійного відкриття дверей автомобіля – 1.в та використання сокири – 1.г.



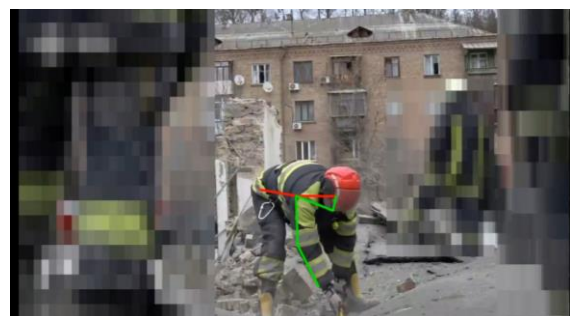
а



б



в



г

Рисунок 1 – Фото ергономічного дослідження ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Києві після обстрілу: а – розбирання кам'яних завалів; б – підняття дерев'яних перекриттів; в – використання лому для аварійного відкриття дверей автомобіля та г – використання сокири

Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 7. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є високий. Група ризиків по

частинах тіла: спина, шия – високий ризик, права та ліва рука – середній ризик, права та ліва нога – низький ризик (рис. 2).



Рисунок 2 – Рівні ризиків за частинами тіла рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Києві після обстрілу: а – група ризику за частинами тіла та б – розподіл часу за ризиком положення тіла

Першою небезпекою є підйом та перенесення важкого сміття. Рятувальники, які піднімають та переносять важкі уламки, що може призвести до травм опорно-рухового апарату, особливо спини та рук. Повторюваність цього завдання збільшує ймовірність розтягнення та травми, при цьому рівень ризику є високий (частий, критичний). Заходами контролю є застосування механічних підйомних засобів, таких як підйомники або крани, щоб зменшити ручне переміщення. Необхідно проводити тренування щодо правильної техніки підйому та робити часті перерви, щоб мінімізувати втому.

Другою небезпекою є згинання та повороти під час роботи в незручних позах. При цьому ризиком є те, що працівники часто згинаються та викручуються під час розбирання завалів, що може спричинити значне навантаження на спину та шию. Тривале перебування в цих позах може призвести до хронічного болю та травм. Рівень ризику є серйозним (частим, незначним). Необхідно перепланувати робочий процес, щоб мінімізувати потребу в згинанні та скручуванні. Використовувати регульовані інструменти та обладнання, щоб дозволити рятувальникам зберігати більш нейтральну позу. Заохочувати вправи на розтяжку та забезпечити тренування з ергономіки.

Третьою небезпекою є повторне використання ручних інструментів. Ризиком є використання ручних інструментів, таких як молотки та ломы, у повторюваних рухах може призвести до травм, що повторюються, у кистях, зап'ястях та руках. Це може призвести до таких захворювань, як тендиніт або синдром зап'ястного каналу. При цьому рівень ризику є середній (ймовірний, граничний). Необхідно чергувати завдання між рятувальниками, щоб зменшити повторне напруження. Використовувати ергономічні інструменти, які зменшують необхідну силу та забезпечують кращий хват. Робити регулярні перерви та вправи, щоб зменшити ризик RSI, ризику болю в зап'ясті та кисті.

Фото експериментальних досліджень ергономічних ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Полтава після обстрілу: використання лопати зображено на рис. 3.а; ручне розбирання завалів на висоті – рис. 3.б; пошукові роботи на висоті – рис. 3.в.



а



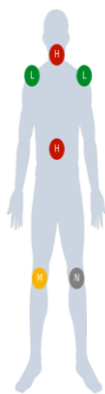
б



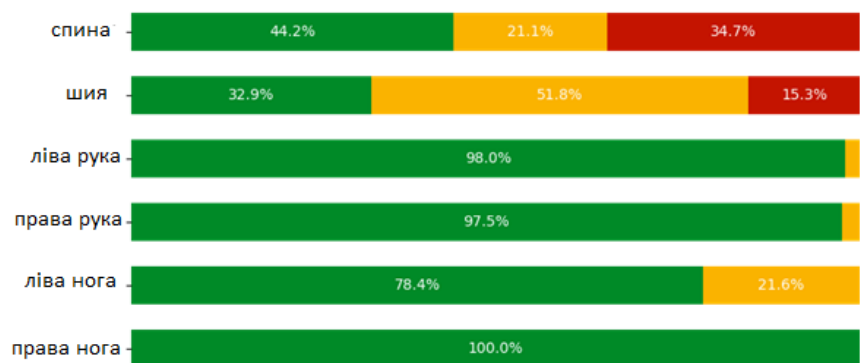
в

Рисунок 3 – Фото ергономічного дослідження ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Полтава після обстрілу: а – використання лопати; б – ручне розбирання завалів на висоті; в – пошукові роботи на висоті

Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 7. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є високий. Група ризиків по частинах тіла: спин, шия – високий ризик; права та ліва рука – низький ризик; права нога – жодного ризику та ліва нога – середній ризик (рис. 4).



а



б

Рисунок 4 – Рівні ризиків за частинами тіла рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Полтава після обстрілу: а – група ризику за частинами тіла та б – розподіл часу за ризиком положення тіла

Перша небезпека – тривале згинання та незручне положення тіла під час роботи з уламками. Ризиком є те, що рятувальники є зігнутими та працюють у незручних позах, що може призвести до серйозних розладів опорно-рухового апарату, зокрема спини та шиї. Це

ускладнюється рейтингом високого ризику для цих частин тіла. Рівень ризику є високий (частий, критичний). Необхідно запровадити інженерні засоби контролю, такі як регульовані робочі платформи, щоб мінімізувати вигин. Забезпечити навчання ергономіці та заохочувати часті перерви, щоб зменшити навантаження. Використовувати механічні засоби для обробки сміття, коли це можливо.

Другою небезпекою є підйом та робота на нестабільних поверхнях. Ризиком є підйом та робота на нестабільних уламках і конструкціях, що створює значний ризик падіння і серйозних травм. Нестійкість поверхонь може призвести до раптового ковзання або обвалення. Рівень ризику є високий (частий, катастрофічний). Необхідно використовувати системи захисту від падіння, такі як ремені та сітки безпеки. Переконайтеся, що всі рятувальники навчені техніці безпечного підйому та використання засобів індивідуального захисту.

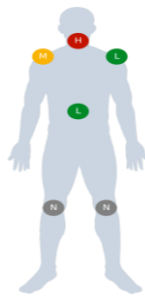
Третьою небезпекою є повторювані рухи та перенапруження. Ризиком є повторюваний характер підйому, перенесення та переміщення уламків може призвести до травм від перенапруження, зокрема рук та ніг. На це вказує середній рейтинг ризику для лівої ноги. Рівень ризику є серйозний (ймовірний, незначний). До заходів безпеки можливо віднести чергування завдань між працівниками, щоб запобігти травмам, що повторюються. Надати механічні засоби підйому та переконайтеся, що працівники користуються належними методами підйому. Застосувати адміністративний контроль, наприклад графік роботи та відпочинку, щоб зменшити ризик перенапруження.

Фото експериментальних досліджень ергономічних ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт у м. Запоріжжя, з використанням болгарки, зображено на рис. 5.

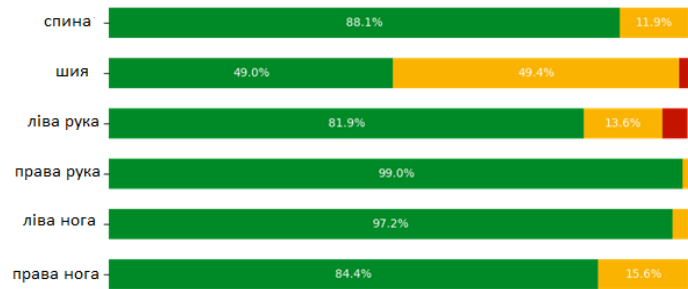


Рисунок 5 – Фото ергономічного дослідження ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт у м. Запоріжжя, з використанням болгарки

Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 6. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є низький. Група ризиків по частинах тіла: спина – низький ризик; шия – високий ризик; права рука – низький ризик; ліва рука – середній ризик; права та ліва нога – жодного ризику (рис. 6).



а



б

Рисунок 6 – Рівні ризиків за частинами тіла рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в м. Полтава після обстрілу: а – група ризику за частинами тіла та б – розподіл часу за ризиком положення тіла

Першою небезпекою є тривале згинання шиї. Ризиком є те, що працівники часто згинають шию вперед під час виконання таких завдань, як різання та рятування. Така поза може з часом призвести до розтягнення шиї та розладів опорно-рухового апарату. Рівень ризику є високий (частий, критичний). Необхідно запроваджувати ергономічні тренування, щоб заохочувати нейтральне положення шиї, використовувати регульоване обладнання, щоб мінімізувати потребу в згинанні шиї, і планувати регулярні перерви, щоб зменшити навантаження.

Другою небезпекою є незручні пози для лівої руки. Ризиком є те, що ліва рука часто знаходиться в положенні середнього ризику, що вказує на повторювані або стійкі незручні пози. Це може призвести до м'язової втоми, напруги та потенційних довгострокових проблем з опорно-руховим апаратом. Рівень ризику є серйозний (ймовірний, незначний). Необхідно перепланувати завдання, щоб забезпечити більш нейтральне положення рук, надати інструменти, які зменшують потребу в незручних позах, і забезпечувати працівникам часті перерви, щоб відпочивали руки.

Третьою небезпекою є повторювані завдання та сильні навантаження. Ризиком є те, що працівники рятувальники повторювані завдання та застосовують силу, наприклад ріжуть та піднімають уламки. Це може призвести до травм при надмірному навантаженні та розладів опорно-рухового апарату. Рівень ризику є середній (іноді, незначний). Необхідно чергувати завдання між працівниками, щоб зменшити повторення, використовувати механічні засоби, щоб звести до мінімуму силові навантаження, і забезпечити навчання належним технікам підйому, щоб запобігти травмам.

Фото експериментальних досліджень ергономічних ризиків рятувальників під час аварійно-рятувальних роботах на Харківщині після обстрілу під час гасіння пожежі представлено на рис. 7.а та ручного розбирання дерев'яних завалів – рис. 7.б; ручне розбирання кам'яних завалів рис. 7.в та за допомогою лопати рис. 7.г.

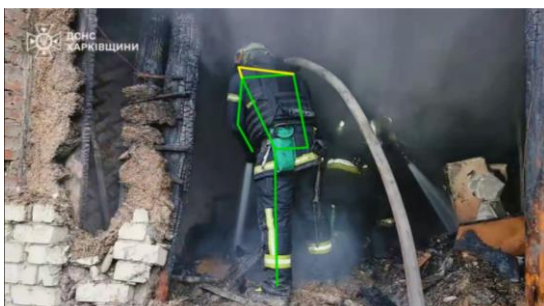




Рисунок 7 – Фото ергономічного дослідження ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт на Харківщині після обстрілу: а – гасіння пожежі; б – ручне розбирання дерев'яних завалів; в – ручне розбирання кам'яних завалів; г – за допомогою лопати

Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 4. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є низький. Група ризику по частинах тіла: спина – низький ризик; шия – високий ризик; руки та ноги – жодного ризику (рис. 8).

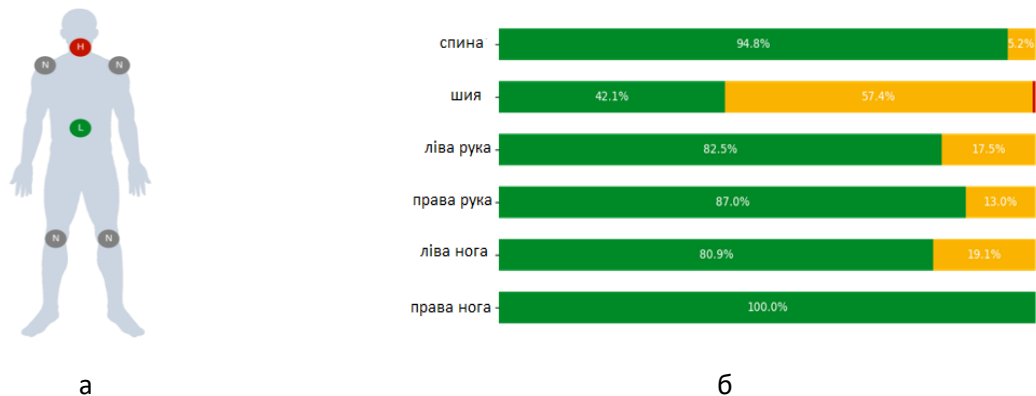


Рисунок 8 – Рівні ризиків за частинами тіла рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт на Харківщині після обстрілу: а – група ризику за частинами тіла та б – розподіл часу за ризиком положення тіла

Небезпекою є тривале розгинання шиї при погляді вгору. Ризиком є те, що пожежники дивляться вгору, особливо коли піднімаються по драбині або направляють водяні шланги до вищих частин будівлі. Така поза може з часом призвести до розтягнення шиї та потенційних розладів опорно-рухового апарату. Рівень ризику є високий (частий, критичний). Необхідно робити регулярні перерви та вправи для шиї, щоб зменшити навантаження. Використання регульованого обладнання, яке дозволяє пожежним зберігати більш нейтральне положення шиї під час виконання завдань.

Наступною небезпекою є повторювані нахили та підйоми в незручних позах. Ризиком є те, що пожежники згинаються та піднімають уламки в незручних позах, що може призвести до травм нижньої частини спини та розладів опорно-рухового апарату. Рівень ризику є серйозним (частим, незначним). Необхідно проводити навчання належним технікам підйому та

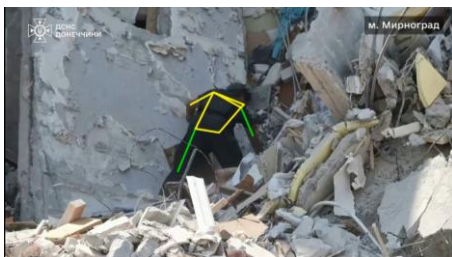
використанню механічних засобів, де це можливо. Заохочувати групове підняття важких предметів, щоб розподілити навантаження та зменшити індивідуальне напруження.

Наступною небезпекою є підйом та робота на нестабільних поверхнях. Ризиком є те, що пожежники піднімаються по драбинах та працюють на потенційно нестійких поверхнях, що може призвести до падінь і серйозних травм. Рівень ризику є серйозним (ймовірним, критичним). Перед використанням необхідно переконатися, що драбини та інше обладнання для скелелазіння належним чином закріплено. Забезпечити навчання техніці безпечного підйому та використання засобів захисту від падіння, якщо це необхідно. Регулярно перевіряти та обслуговувати обладнання для забезпечення стабільності та безпеки.

Фото експериментальних досліджень ергономічних ризиків рятувальників під час аварійно-рятувальних роботах у м. Мирноград, Донецької обл. після обстрілу під час ручного розбирання завалів, що зображено на рис. 9а; розбирання завалів за допомогою лопати – рис. 9б та розбирання завалів за допомогою крану – рис. 9в.

Максимальна оцінка ергономічного ризику за методикою REBA становить 6. Показники ергономічного ризику за методикою Soter: загальний ризик є середній. Група ризику по частинах тіла: спин, шия, права рука – високий ризик; ліва рука – середній ризик; права нога – жодного ризику та ліва нога – низький ризик (рис. 10).

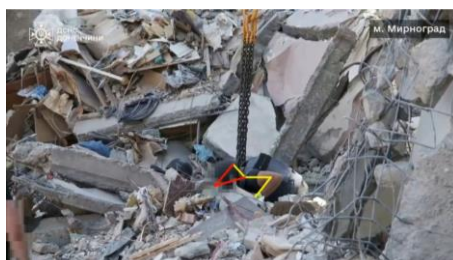
Небезпекою є тривале нахилання та незручне положення тіла під час роботи серед уламків. Ризиком є те, що працівники згинаються та працюють у незручних позах, що може призвести до серйозних розладів опорно-рухового апарату, зокрема спини та шиї. Рівень ризику: високий (частий, критичний). Запровадити інженерні засоби контролю, такі як регульовані робочі місця або інструменти, які дозволяють працівникам зберігати більш нейтральну позу. Забезпечити навчання правильній техніці підйому та заохочувати регулярні перерви, щоб зменшити навантаження.



а



б



в

Рисунок 9 – Фото ергономічного дослідження ризиків рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт у м. Мирноград, Донецької обл. після обстрілу: а – ручного розбирання завалів; б – розбирання завалів за допомогою лопати та в – розбирання завалів за допомогою крану



Рисунок 10 – Рівні ризиків за частинами тіла рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт у м. Мирноград, Донецької обл. після обстрілу: а – група ризику за частинами тіла та б – розподіл часу за ризиком положення тіла

Іншою небезпекою є повторювані рухи руками та сильні навантаження. Ризиком є те, що працівники неодноразово використовують руки для переміщення сміття та керування важкою технікою, що може призвести до повторних травм, особливо рук і плечей. Рівень ризику: високий (частий, критичний). Необхідно запровадити механічні засоби, щоб зменшити потребу в ручній праці. Чергувати завдання між рятувальниками, щоб мінімізувати навантаження, що повторюються, і надати ергономічні інструменти, призначені для зменшення зусилля, необхідного для виконання завдань.

Наступною небезпекою є те, що робота на нерівних та нестійких поверхнях. Ризиком є те, що рятувальники працюють на уламках та нерівній землі, що підвищує ризик послизнутися, спіткнутися та впасти, що може призвести до травм від незначних до серйозних. Рівень ризику: серйозний (ймовірний, критичний). Необхідно переконатися, що робоча зона є максимально стабільною та рівною. Використовувати відповідне взуття з хорошим зчепленням та навчатися безпечному пересуванню по нерівній місцевості. Застосувати засоби адміністративного контролю, такі як спеціальні доріжки та бар'єри, щоб мінімізувати вплив нестабільних поверхонь.

Висновки

У ході дослідження встановлено, що аварійно-рятувальні роботи супроводжуються значними ергономічними ризиками, зокрема пов'язаними з незручною робочою позою, фізичним навантаженням та впливом психосоціальних чинників.

Оцінка ергономічного ризику за методиками REBA та Soter показала, що найбільш вразливими частинами тіла рятувальників є спина та шия. Визначено ключові небезпеки, серед яких тривале згинання та скручування корпусу, підйом важких предметів, робота на нестабільних поверхнях та повторювані рухи, що можуть призводити до професійних захворювань та травматизму.

Розроблені заходи щодо зниження ергономічних ризиків включають впровадження механізованих засобів для підйому важких предметів, оптимізацію робочих поз, використання ергономічних інструментів, навчання технікам безпечної роботи та організацію періодичних перерв для зниження фізичного навантаження.

Апробована методика з використанням штучного інтелекту показала свою ефективність та точність для оцінки ергономічних ризиків у критичних ситуаціях у не виробничій сфері, під час здійснення аварійно-рятувальних робіт рятувальниками ДСНС України. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення безпеки праці рятувальників, вдосконалення методів оцінки ергономічних ризиків та розробки

рекомендацій для мінімізації їхнього впливу.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Romanishyna, O. V., & Mysliborskyi, V. V. (2022). Introduction of a risk-oriented approach to the definition of the occurrence threat and potential consequences of the typical situations influence in the civil safety management system. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, (2), 68–74. <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.260422.68.853>.
2. Kostenko, T., Tsvirkun, S., Udovenko, M., Ishchenko, I., & Hrechka, N. (2023). Proposals for assessing the risk of injury to rescuers during the dismantling of rubble of building structures in the context of military operations. *Naukovyi visnyk Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, (2(11)), 90–97. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-2-11-90-97>.
3. Wang, M., Zhang, H., Luo, Y., & Xu, M. (2024). Comprehensive risk management of health, safety and environment for social emergency rescue organization. *Heliyon*, 10(1), e23021. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23021>.
4. Wang, M., Wang, W., Dai, C., Ma, C., Luo, Y., & Xu, M. (2024). Risk analysis and evaluation of emergency rescue in landslide disaster. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06811-x>.
5. Vasilescu, G.-D. (2018). Risk assessment in rescue activity. In *18th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2018*. Stef92 Technology. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/1.3/s03.100>.
6. Чеберячко, С., Дерюгін, О., Третьак, О., & Муха, О. (2020). Оцінка ергономічних ризиків здоров'ю робітників автосервісу. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2(15), 155–164. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.403>.
7. Yavorska, O., Arkhirei, M., Sharovatova, O., & Borovytskyi, O. (2022). Ergonomics of professional risks management. *Municipal Economy of Cities*, 6(173), 170–177. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-170-177>.
8. Deryugin, O. V., Nehrii, T. O., Borovytskyi, O. M., Stolbchenko, O. V., & Arkhirei, M. M. (2023). Evaluation of the occupational risk index of the forest faller. *Environmental Safety and Natural Resources*, 47(3), 59–74. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.3.59-74>
9. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., & Lozynskyi, V. (2023). Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>
10. Zhao, Y. S., Jaafar, M. H., Mohamed, A. S. A., Azraai, N. Z., & Amil, N. (2022). Ergonomics risk assessment for manual material handling of warehouse activities involving high shelf and low shelf binning processes: Application of marker-based motion capture. *Sustainability*, 14(10), 5767. <https://doi.org/10.3390/su14105767>
11. Zen, Z. H., Mirta, W., Sukadarin, E. H. (2024) Ergonomics risk assessment tools: A systematic review. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 20 (5). 289-300. <https://doi.org/10.47836/mjmhs20.5.35>
12. Onofrejova, D., Andrejiova, M., Porubcanova, D., Pacaiova, H., & Sobotova, L. (2024). A case study of ergonomic risk assessment in slovakia with respect to EU standard. *International*

Journal of Environmental Research and Public Health, 21(6), 666.
<https://doi.org/10.3390/ijerph21060666>

13. Ogedengbe, T. S., Abiola, O. A., Ikumapayi, O. M., Afolalu, S. A., Musa, A. I., Ajayeoba, A. O., & Adeyi, T. A. (2023). Ergonomics postural risk assessment and observational techniques in the 21st century. *Procedia Computer Science*, 217, 1335–1344.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.331>.
14. Sardar, S. K., Lim, C. H., Yoon, S. H., & Lee, S. C. (2023). Ergonomic risk assessment of manufacturing works in virtual reality context. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2201558>.
15. Ispășoiu, A., Milosan, I., Gabor, C., & Oancea, G. (2023). A new methodology for validation of the ergonomics risk assessment in industry. *Processes*, 11(12), 3261.
<https://doi.org/10.3390/pr11123261>.
16. Neag, N. P., Boatca, M.-E., & Draghici, A. (2023). Occupational safety with artificial intelligence application for ergonomic risk assessment. In *Proceedings of the 9th international ergonomics conference* (pp. 251–258). Springer Nature Switzerland.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-33986-8_27.
17. Varas, M., Chang, L., Garcia, J.-C., & Moreira, E. (2024). Risk assessment of musculoskeletal disorders using artificial intelligence. *E3S Web of Conferences*, 532, 02001.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453202001>.
18. Ispășoiu, A., Milosan, I., & Gabor, C. (2024). Improving workplace safety and health through a rapid ergonomic risk assessment methodology enhanced by an artificial intelligence system. *Applied System Innovation*, 7(6), 103. <https://doi.org/10.3390/asi7060103>.
19. Agostinelli, T., Generosi, A., Ceccacci, S., & Mengoni, M. (2024). Validation of computer vision-based ergonomic risk assessment tools for real manufacturing environments. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79373-4>.

References

1. Romanishyna, O. V., & Mysliborskyi, V. V. (2022). Introduction of a risk-oriented approach to the definition of the occurrence threat and potential consequences of the typical situations influence in the civil safety management system. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, (2), 68–74. <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.260422.68.853>.
2. Kostenko, T., Tsvirkun, S., Udovenko, M., Ishchenko, I., & Hrechka, N. (2023). Proposals for assessing the risk of injury to rescuers during the dismantling of rubble of building structures in the context of military operations. *Naukovyi visnyk Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, (2(11)), 90–97. <https://doi.org/10.31474/2415-7902-2023-2-11-90-97>.
3. Wang, M., Zhang, H., Luo, Y., & Xu, M. (2024). Comprehensive risk management of health, safety and environment for social emergency rescue organization. *Heliyon*, 10(1), e23021.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23021>.
4. Wang, M., Wang, W., Dai, C., Ma, C., Luo, Y., & Xu, M. (2024). Risk analysis and evaluation of emergency rescue in landslide disaster. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06811-x>.
5. Vasilescu, G.-D. (2018). Risk assessment in rescue activity. In *18th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2018*. Stef92 Technology.
<https://doi.org/10.5593/sgem2018/1.3/s03.100>.
6. Cheberiyachko, S., Deriuhin, O., Tretiak, O., & Mukha, O. (2020). Otsinka erhonomichnykh ryzykiv zdoroviu robitnykiv avtoservisu. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti*, 2(15), 155–164. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.403>.

7. Yavorska, O., Arkhirei, M., Sharovatova, O., & Borovytskyi, O. (2022). Ergonomics of professional risks management. *Municipal Economy of Cities*, 6(173), 170–177. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-6-173-170-177>.
8. Deryugin, O. V., Nehrii, T. O., Borovytskyi, O. M., Stolbchenko, O. V., & Arkhirei, M. M. (2023). Evaluation of the occupational risk index of the forest faller. *Environmental Safety and Natural Resources*, 47(3), 59–74. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.3.59-74>
9. Bazaluk, O., Tsopa, V., Cheberiachko, S., Deryugin, O., Radchuk, D., Borovytskyi, O., & Lozynskyi, V. (2023). Ergonomic risk management process for safety and health at work. *Frontiers in Public Health*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1253141>
10. Zhao, Y. S., Jaafar, M. H., Mohamed, A. S. A., Azraai, N. Z., & Amil, N. (2022). Ergonomics risk assessment for manual material handling of warehouse activities involving high shelf and low shelf binning processes: Application of marker-based motion capture. *Sustainability*, 14(10), 5767. <https://doi.org/10.3390/su14105767>
11. Zen, Z. H., Mirta, W., Sukadarin, E. H. (2024) Ergonomics risk assessment tools: A systematic review. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 20 (5). 289-300. <https://doi.org/10.47836/mjmhs20.5.35>
12. Onofrejova, D., Andrejiova, M., Porubcanova, D., Pacaiova, H., & Sobotova, L. (2024). A case study of ergonomic risk assessment in slovakia with respect to EU standard. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(6), 666. <https://doi.org/10.3390/ijerph21060666>
13. Ogedengbe, T. S., Abiola, O. A., Ikumapayi, O. M., Afolalu, S. A., Musa, A. I., Ajayeoba, A. O., & Adeyi, T. A. (2023). Ergonomics postural risk assessment and observational techniques in the 21st century. *Procedia Computer Science*, 217, 1335–1344. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.331>.
14. Sardar, S. K., Lim, C. H., Yoon, S. H., & Lee, S. C. (2023). Ergonomic risk assessment of manufacturing works in virtual reality context. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2201558>.
15. Ispășoiu, A., Milosan, I., Gabor, C., & Oancea, G. (2023). A new methodology for validation of the ergonomics risk assessment in industry. *Processes*, 11(12), 3261. <https://doi.org/10.3390/pr11123261>.
16. Neag, N. P., Boatca, M.-E., & Draghici, A. (2023). Occupational safety with artificial intelligence application for ergonomic risk assessment. In *Proceedings of the 9th international ergonomics conference* (pp. 251–258). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33986-8_27.
17. Varas, M., Chang, L., Garcia, J.-C., & Moreira, E. (2024). Risk assessment of musculoskeletal disorders using artificial intelligence. *E3S Web of Conferences*, 532, 02001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453202001>.
18. Ispășoiu, A., Milosan, I., & Gabor, C. (2024). Improving workplace safety and health through a rapid ergonomic risk assessment methodology enhanced by an artificial intelligence system. *Applied System Innovation*, 7(6), 103. <https://doi.org/10.3390/asi7060103>.
19. Agostinelli, T., Generosi, A., Ceccacci, S., & Mengoni, M. (2024). Validation of computer vision-based ergonomic risk assessment tools for real manufacturing environments. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79373-4>.