

263 ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

УДК 614.89:001.894.01.012.3

doi: 10.31498/2225-6733.47.2023.300066

© Кухар В.В.¹, Кас'яненко С.Ф.², Бурко В.А.³**УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ВІД
ПАДІННЯ З ВИСОТИ МЕТОДАМИ ФОКАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА
КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ**

Мета дослідження – удосконалити засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) від падіння з висоти. В процесі дослідження виявити основні причини невикористання працівниками ЗІЗ від падіння з висоти, проаналізувати загальні запропоновані вимоги діючого законодавства України. Проаналізувати публікації, які стосуються даної проблеми, та розглянути аналогічні запропоновані шляхи удосконалення існуючих систем. Методами фокальних об'єктів та контрольних запитань запропоновано рішення по удосконаленню поясу запобіжного лямкового шлямком об'єднання його функцій та функцій захисної куртки.

Ключові слова: падіння з висоти, засоби індивідуального захисту, пояс запобіжний лямковий, працівники, які працюють на висоті, удосконалення, метод фокальних об'єктів, метод контрольних запитань.

V.V. Kukhar, S.F. Kasianenko, V.A. Burko. Improvement of individual protection equipment against falls from a height using the methods of focal objects and control questions. The article discusses the issues of improving methods of individual protection against falls from a height using the methods of focal objects and control questions. Work at heights comes to work with increased insecurity, and behind the statistics there are great indicators of viral injuries both in Ukraine and in the world in many areas of activity. Specialists from all over the world are working hard on the problem of reducing the number of viral injuries in the workplace. During the study, the main reasons for non-compliance with fall protection PPE by workers will be identified, and an analysis of the general requirements of the current legislation of Ukraine will be conducted. Publications addressing this issue will be reviewed, and similar proposed methods for enhancing existing systems will be examined. Using the methods of focal objects and control questions, a solution is proposed to improve the safety harness by combining its functions with those of a protective jacket. The method of focal objects is a fairly common heuristic method for improving the processes of objects, but it is not universally accepted for monitoring nutritional defense and improving the methods of individual protection. A review of the literature showed positive results from the use of the focal lens method with a high level of objective refinement, design processes and non-standard and associative design. The methods developed in the research made it possible to refine the webbing side belt, replacing its design with the same purpose. The duties of the guard, who will be in charge of the worker and will stand up to him for recognition when he rises to heights, have been thoroughly confirmed, in order to change the certainty that the worker will not be taken advantage of by him.

Key words: fall from height, personal protective equipment, safety harness, workers at height, improvement, focal objects method, control questions method.

¹ д-р техн. наук, професор, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, ORCID: 0000-0002-4863-7233, kvv.mariupol@gmail.com

² магістрант, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, serhiy.kasyanenko@mipolytech.education

³ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-7384-4226, burko_v_a@pstu.edu

Постановка проблеми. Роботи на висоті відносяться до робіт з підвищеною небезпечністю та за статистикою мають великі показники виробничого травматизму як в Україні, так і в світі в багатьох сферах діяльності. Над проблемою зниження виробничого травматизму при виконанні робіт на висоті працюють спеціалісти зі всього світу, про що свідчать результати наукових публікацій [1-4]. Проте, статистичні показники виробничого травматизму Державної служби України з питань охорони праці за період 2021-2023 рр. (див. рис. 1 та рис. 2) залишаються без особливих змін та свідчать про займання смертельними випадками в наслідок падіння з висоти «сумного» другого місця у загальному статистичному переліку [5].

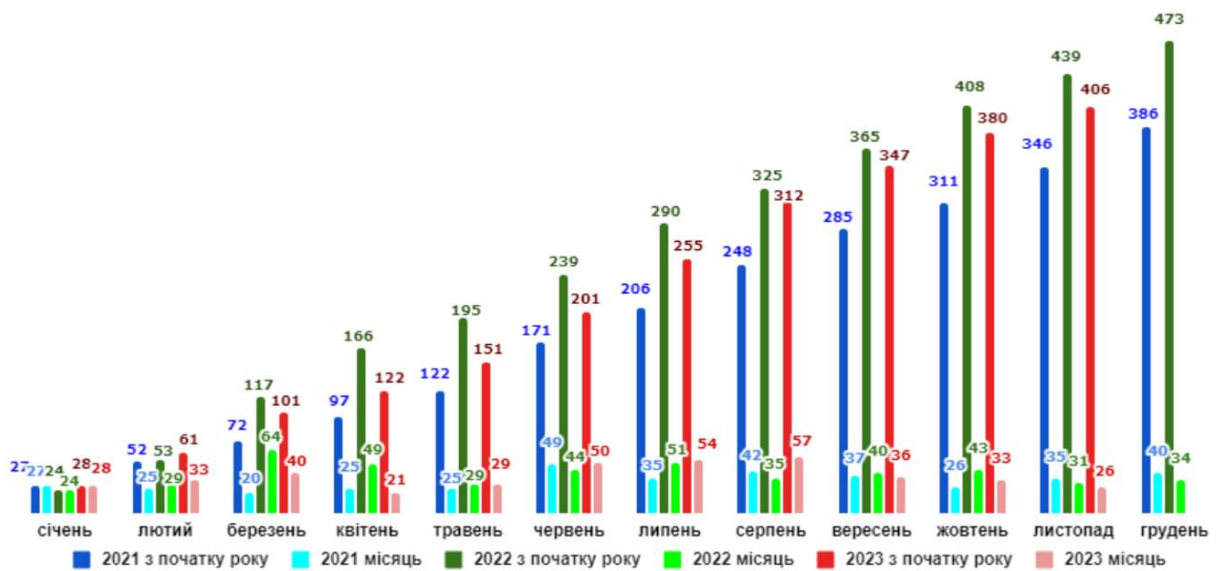


Рис. 1 – Стан виробничого травматизму зі смертельними наслідками в Україні у 2021-2023 рр. (кількість осіб) [5]

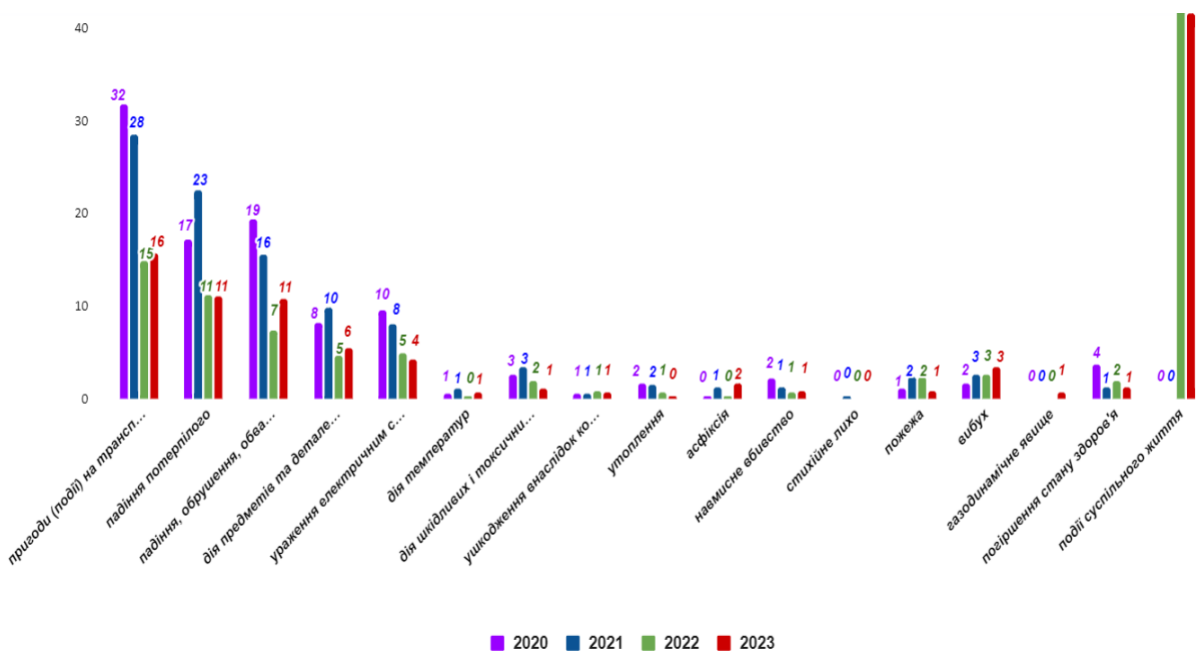


Рис. 2 – Динаміка подій, що призвели до нещасних випадків зі смертельним наслідком за 11 місяців 2022–2023 рр. (% від загальної кількості загиблих) [5]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зменшення ризиків виробничого травматизму при виконанні робіт на висоті (далі РНВ) всесторонньо розглядалося багатьма авторами, при цьому особлива увага приділялася використанню запобіжних поясів [6-12]. У вказаних працях враховували фактори розробки безпечної технології виконання робіт, вибору та модернізації засобів доступу на висоту, характеристик матеріалів поясів, навчання персоналу і відпрацювання практичних навичок виконання робіт. У дослідженнях [3, 13-15] запропоновано проводити оцінку ризиків перед виконанням робіт різноманітними методиками, аналіз виконання робіт та різні види контролю застосування працівниками ЗІЗ при роботі на висоті. При цьому слід відзначити обмежену кількість робіт, які стосуються зміни та/або модернізації конструкцій ЗІЗ для РНВ, а саме лямкових запобіжних поясів, що запропоновувались би для доповнення вимог [16] стосовно конструкцій та ергономіки.

В процесі дослідження було проаналізовано публікації автоматизованих перевірок безпечності будівельних моделей та графіків під час планування та проектування будівництва [17], використання вбудованих у смартфон акселерометрів для виявлення ознак падіння [18], методи сканування Python для визначення використання працівниками ЗІЗ, які виконують РНВ [19], більшість розглянутих наукових публікацій направлені на здійснення контролю за виконанням робіт, а не на самому виконанні. При виконанні РНВ найефективнішими способами забезпечення безпеки є уникнення виконання робіт або мінімізація перебування працівника на висоті. Якщо ми не можемо це змінити, в нас залишається використання ЗІЗ, які повинні забезпечувати/унеможливити падіння працівника, тобто працівник повинен знаходитись в безперервному страхуванні при підйомі, виконанні та спуску з висоти. Якщо працівник не використовує ЗІЗ, це означає, що цей ЗІЗ робітнику незручний та заважає виконувати роботу або відсутній в потрібний час на робочому місці. В ДСТУ EN 363:2017 [16] в загальних вимогах до систем обмежування, утримування, канатного доступу, зупинення падіння та порятунку однією з вимог є «ергономічні рекомендації, наприклад, відповідні ремені та кріпильні елементи для мінімізації дискомфорту та стресу організму». Тобто якщо працівник його не використовує, то необхідна модернізація ЗІЗ. В дослідженні китайських вчених [20], що присвячено аналізу критичних факторів використання чи невикористання засобів індивідуального захисту будівельниками, також підкреслено, що факти незастосування ЗІЗ мають вирішальне значення для розробки ефективних стратегій, політики та заходів щодо розширення використання працівниками відповідних ЗІЗ на робочих місцях. В огляді [21], що присвячено питанням падіння з висоти у галузі будівництва, австралійськими дослідниками розглянуто 297 статей і виділено провідні чинники настання нещасних випадків, серед яких на другому місці індивідуальні характеристики, які включають людську поведінку (неправильна оцінка, ставлення, небезпечна поведінка та недбалість тощо), до якої слід віднести також прийняття рішення про застосування ЗІЗ.

Метою даної роботи є вдосконалення засобів індивідуального захисту для виконання робіт на висоті, а саме удосконалення конструкції лямкового запобіжного поясу для покращення його зручності й функціональності, забезпечення функції постійності перебування з працівником та покращення виконання основної функції – захисту від падіння.

Виклад основного матеріалу. Метод фокальних об'єктів (МФО) є достатньо розповсюдженим евристичним методом удосконалення процесів чи об'єктів [22], але він не є загальноприйнятим для дослідження питань охорони праці чи удосконалення ЗІЗ. При проведенні дослідження було розглянуто основні результати статті [23], в якій показано позитивні результати використання методу фокальних об'єктів при вирішенні завдань удосконалення об'єктів, процесів та проектування за допомогою нестандартного та асоціативного мислення.

Використання МФО для вдосконалення. Фокальний об'єкт: Пояс запобіжний лямковий (рис. 3). В якості випадкових об'єктів (та їх властивостей) обрано: фрак (має вузькі фалди); органайзер (відзначається багатфункціональністю); крісло (має підлокітники, зручне для відпочинку); лінь (характеризується бажанням виконувати меншу кількість операцій); час (має характеристики плину, спливає). Шляхом використання вільних асоціацій або навіть зворотних асоціацій отримуємо нові сполучення властивостей, які потрібно мати поясу запобіжному лямковому.

Пояс: (1) Комбінований; (2) Зручний; (3) Завжди з робітником; (4) Швидко вдягається.

Для удосконалення конструкції пропонується удосконалення монтажного поясу розміщенням у захисну куртку. Для цього необхідно:

- в захисну куртку вшити лямки поясу (зробити багатофункціональну куртку) з виводом двох анкерних точок на грудях та між лопатками;
- конструктивно виконати облегшений кістяк ременів, який буде вшитий до куртки, щоб працівник не відчував дискомфорт при його використанні;
- з двома вшитими ременями ззаду (хвостами фрака), які перед виконанням робіт на висоті одним кінцем би відстібувались від задньої частини куртки та заводились би через ноги, охоплюючи їх, та кріпились за передню частину куртки;
- в захисних куртках всі виконують роботи, вдягнувши їх на початку зміни, а перед виконанням робіт треба йти за поясом та вдягати його, тобто завдяки вдосконаленню не треба буде витрачати час на доставку поясу та його вдягання, що багатьом виконувати ліньки.



Рис. 3 – Фокальний об'єкт, випадкові об'єкти та етапи застосування методу

Таким чином, змінюючи тип ЗІЗ шляхом об'єднання властивостей двох старих об'єктів, ми отримуємо новий об'єкт, який виконує декілька захисних функцій.

Метод контрольних запитань (МКЗ). Винахідники намагалися сформулювати такі списки питань, які дозволили б інтенсифікувати процес мислення для вирішення поставлених задач, тому на сьогоднішній день раціональним шляхом є уточнення постановки задачі з використанням спеціально сконструйованої сукупності питань [24]. Серед відомих переліків запитань отримали розповсюдження контрольні запитання за списком А. Осборна та Т. Ейлоарта. Використовували вибірково запитання і записували відповіді на них.

Використання списку запитань за А. Осборном:

1. *Яке нове застосування технічному об'єктові Ви можете запропонувати? Чи можливі нові способи застосування? Як модифікувати відомі способи застосування?*

Інтегрувати лямки поясу в захисну куртку, вшити (зробити багатофункціональну куртку). Об'єднати функції куртки та лямкового поясу. Тим самим змінивши спосіб застосування, з цільового використання на комбіноване.

2. Чи можливо розв'язати винахідницьку задачу шляхом пристосування, спрощення, скорочення? Що нагадує даний технічний об'єкт? Чи викликає аналогія нову ідею? Чи відомі в минулому аналогічні проблемні ситуації, які можна використати? Що можна скопіювати? Який технічний об'єкт необхідно випереджати?

З двох засобів захисту зробити один, спростити спосіб застосування, вдягання. Пояс нагадує підтяжки для підтримки штанів, в нашій ситуації працівника. Проблеми в використанні: перед виконанням робіт треба йти або готувати заздалегідь та вдягати його.

3. Що можна збільшити в технічному об'єкті? Що можна приєднати? Чи можливим є збільшення терміну використання пристрою, взаємодії? Чи є потреба збільшувати частоту, розміри, міцність, підвищити якість? Чи можливо приєднати новий інгредієнт, продублювати? Чи можливі мультиплікації робочих органів чи інших елементів? Чи є доцільним збільшення, гіперболізація елементів чи всього об'єкта?

При об'єднанні двох засобів захисту технічний об'єкт буде інший. Захисну куртку, запобіжний пояс з двома ременями ззаду, які перед виконанням робіт на висоті одним кінцем будуть відстібуватись від задньої частини куртки та заводитись через ноги, охоплюючи їх, закріплюватись за передню частину куртки.

4. Що можна в технічному об'єкті зменшити або замінити? Чи можна що-небудь уцілювати, стиснути, згустити, сконденсувати, застосувати методом мініатюризації, вкоротити, звузити, відокремити, роздрібнити?

Змінити конструктив запобіжного лямкового поясу, завдяки вшиттю лямок поясу в куртку, при падінні працівника зміниться розподіл динамічних навантажень на тіло працівника (не лямки будуть врізатись навколо плечей та ніг, а вся захисна куртка буде охоплювати працівника, якщо ремені вшити вздовж рукавів, поясу та навхрест спини). Довжина ременів зменшиться, отже стане легше. Недоліком буде проведення випробувань куртки/поясу, з'явиться необхідність розробки методики випробувань. Також необхідно буде розглянути для яких саме робіт та у якій сфері використання даного об'єкту актуальне.

5. Що в технічному об'єкті можна змінити? Що і наскільки можна замінити в ньому: використати інший інгредієнт, матеріал, процес, джерело енергії, розташування, колір, звук, освітлення?

Для досягнення мети необхідно об'єднати два об'єкта захисну куртку та лямковий пояс, при цьому необхідно замінити матеріал куртки на більш міцніший, зменшити кількість швів при крою куртки, що також вплине на підвищення міцності. Зменшиться довжина ременів.

Використання списку запитань за Т. Ейлоартом:

1. Сформулювати задачі зрозуміло. Спробувати нові формулювання. Визначити другорядні та аналогічні задачі. Виділити головні.

Модернізувати засоби захисту для виконання робіт на висоті. Спростити існуючі засоби.

2. Вказати недоліки вже відомих розв'язків, їх основні принципи, нові припущення.

Для виконання робіт на висоті використовуються лямкові запобіжні пояси, недоліками яких є незручність у використанні та в їх вдяганні.

3. Навести фантастичні, біологічні, економічні, молекулярні та інші аналогії.

Виконувати роботи на висоті у повітрі за допомогою реактивних ранців (jet pack, rocket pack, rocket belt) чи їх модифікацій, щоб працівник літав у повітрі. Роботизувати виконання робіт на висоті, без необхідності підйому працівника на висоту.

4. Побудувати математичну, гідравлічну, електронну, механічну та інші моделі (вони точніше виражають ідею, ніж аналогії).

На рис. 4 схематично зображено запропоноване технічне рішення.

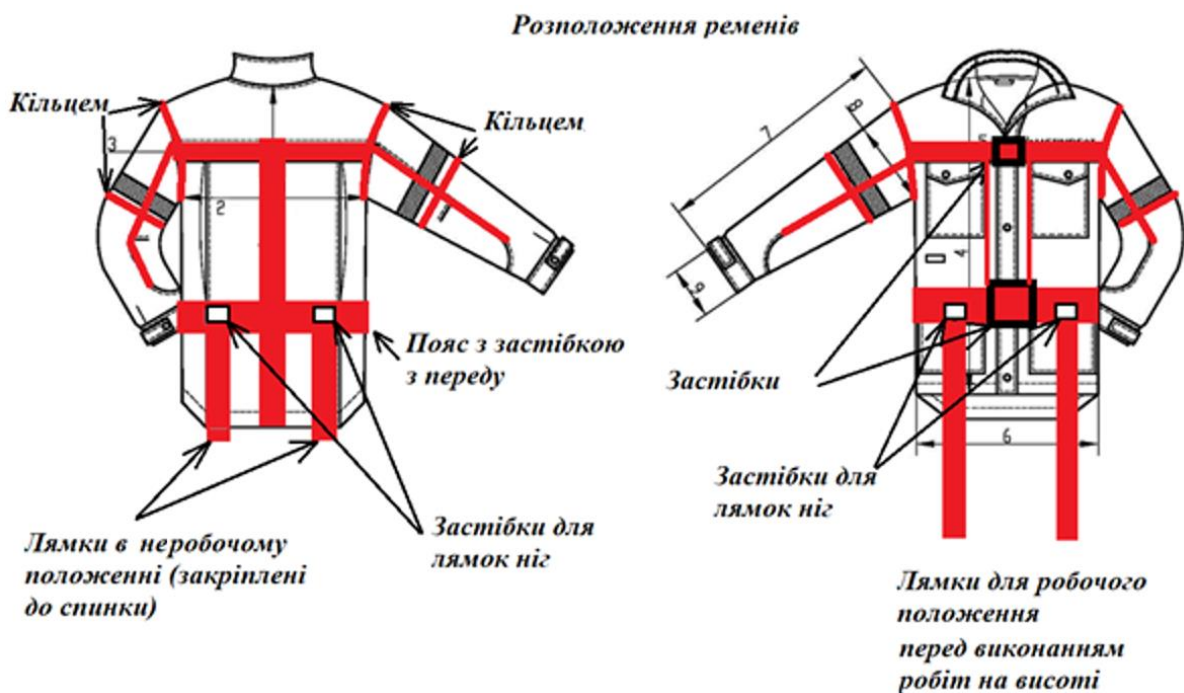


Рис. 4 – Технічне рішення (Примітка: Анкерні точки на грудях та між лопатками на схемі не зображені)

5. Спробувати різні види матеріалів та енергії: газ, рідину, тверде тіло, піну, пасту тощо; тепло, магнітну енергію, світло, силу удару і т. д.; різну довжину хвилі, поверхневі властивості та ін.; перехідні стани – замерзання, конденсацію, перехід через точку Кюрі тощо; ефекти Джоуля-Томсона, Фарадея та ін.

Тканини бавовняні і змішані для одягу повинні відповідати характеристикам, наведеним у табл. 1 [25].

Таблиця 1

Розривне навантаження та стійкість до стирання готових тканин [25]

Найменування тканини	Розривне навантаження смужки тканини розміром 50 x 200 мм, Н (кгс), не менше		Стійкість до стирання по площині, цикли, не менше
	по основі	по утку	
Одяг з поверхневою щільністю, г/м ² :			
до 220 включ.	490 (50)	255 (26)	1500
понад 220 > 275 >	569 (58)	343 (35)	1700
> 275 > 300 >	638 (65)	392 (40)	2000
> 300	785 (80)	490 (50)	2500

Костюми від загальних виробничих забруднень та механічних впливів (ЗМВ) виготовляються з тканин, у яких щільність в середньому 250 г/м², згідно табл. 1, розривне зусилля якої 569/343 Н (для стрічки завширшки 50 мм без швів). Пояс лямок з поліамідної стрічки чи поліефірних волокон проходить випробування з зусилля 15 000 Н для кожного кріпильного елемента, а повний комплект лямок повинен витримувати 10 000 Н [16].

Можна розглянути арамідну тканину замість поліамідної стрічки чи поліефірних волокон. Це синтетичне волокно з високою міцністю та модулем. Його вага становить 1/5 сталі, міцність у 5-6 разів більше сталі, модуль міцності в 2-3 рази більше за сталь. Його плетуть переважно з пара-арамідного (Kevlar, Twaron) волокна 200D, 400D, 600D, 800D, 1000D, 1500D, 3000D, яке має такі властивості: хороші показники ізоляції; теплостійкість, стійкість до старіння, вогнестійкий, висока міцність, високий модуль, стійкість до корозії, гарне у в'язанні [26].

Порівняти ці характеристики складно, оскільки даних про випробування захисних курток не знайдено.

Додаткові пропозиції. В захисній куртці необхідно змінити розташування кишень або зменшити їх кількість, в залежності від способу реалізації ідеї. Необхідно проведення експериментів, адже з'явилося декілька варіантів вирішення задачі:

1. Змінити матеріал захисної куртки з монтажем анкерних точок на грудях та поміж лопаток, вшити ножні ремені та при необхідності посилити елементи куртки.
2. Вшити ремені, як показано на рис. 4
3. Існуючі конструкції поясів типу ПЛ-2 вшити в захисну куртку, не проводячи зміни у конструкції поясу, а змінюючи тільки конструкцію куртки.

Таким чином контрольні запитання дозволили поглянути на поставлену задачу з різних ракурсів та виконали роль підказок по її вирішенню. В процесі формулювання відповідей на питання з'явилися нові технічні рішення (тобто питання виступили як каталізаторами для вирішення задач).

Висновки

Використані в дослідженні методи дозволили удосконалити лямковий запобіжний пояс, замінивши його конструкцію та призначення. Через те, що на сьогоднішній день в нормативних документах є чіткі вимоги до конструкцій поясів, проведений аналіз виявив необхідність розширення класифікації засобів захисту від падіння з висоти. Запропоноване вдосконалення ЗІЗ, яке буде знаходитись на працівнику та використовуватись за призначенням при його підйомі на висоту, зменшить ймовірність того, що працівник не буде користуватись ним. При цьому працівнику перед підйомом на висоту необхідно виконати менше операцій. В перспективі, для подальшого впровадження ідеї, необхідно провести випробування захисної куртки на динамічні навантаження (наприклад, за відомою методикою [27]) для отримання числових значень характеристик міцності, що дасть підстави для прийняття рішення щодо заміни матеріалу куртки або посилення її елементів ременями. Запропоноване рішення дасть змогу виконувати роботи на висоті зручніше та безпечніше.

Перелік використаних джерел:

1. Chetan S., Malaviya R. Review of occupational health and safety management system and hazards controls in the motion & industrial automation products manufacturing industries. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2023. Vol. 3. Iss. 3. Pp. 342-358. DOI: <https://doi.org/10.48175/ijarsct-11456>.
2. Analysis of falls from height variables in occupational accidents / Rey-Merchán M.d.C., Gómez-de-Gabriel J.M., López-Arquillos A., Choi S.D. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. Iss. 24. Pp. 13417. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph182413417>.
3. FMEA method application based on occupational risks in the construction industry on work at height: A theoretical contribution / Uchoa J.G.L., Sousa M.J.A. de, Silva L.H.V., Cavaignac A.L.D.O. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*. 2019. Vol. 6. Iss. 10. Pp. 261-278. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijaers.610.40>.
4. Preventing fall-from-height injuries in construction: Effectiveness of a regulatory training standard / L.S. Robson, H. Lee, B.C. Amick III, V. Landsman, P.M. Smith, C.A. Mustard. *Journal of Safety Research*. 2020. Vol. 74. Pp. 271-278. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.06.007>.
5. Державна служба України з питань праці. Стан виробничого травматизму в Україні 2021-2023 pp. URL: <https://dsp.gov.ua/stan-vyrobnychoho-travmatyzmu> (дата звернення: 15.09.2023).
6. Craciun N. The personal protective equipment against falls from height at the limit between risk and security. *Sustainable development through quality and innovation in engineering and research* : Proceedings of the 7-th International Multidisciplinary Symposium, Bucharest, 11-14 January 2017. Vol. 18. Iss. S1. Pp. 140-145. Режим доступу: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/personal-protective-equipment-against-falls/docview/1855034701/se-2>.
7. Baszczyński K. Effects of safety harnesses protecting against falls from a height on the user's

- body in suspension. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20. Iss. 1. Pp. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20010071>.
8. Crăciun N. Behaviour of the ropes constituents under the action of risk factors that exist in the work environment. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*. 2016. Vol. 7. Iss. 3. Pp. 77-86. URL: <http://www.iaeme.com/IJARET/issues.asp?JType=IJARET&VType=7&IType=3>.
 9. Singh J.P., Uttam M., Shakyawar D.B. Designing high performance safety belts. *Journal of Textile Science & Engineering*. 2016. Vol. 6. Iss. 5. Pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000275>.
 10. Baszczyński K. Modelling the performance of selected textile elements of personal protective equipment protecting against falls from a height during fall arrest. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2013. Vol. 21. Iss. 4(100). Pp. 130-136. URL: <http://www.fibtex.lodz.pl/article963.html>.
 11. Baszczyński K. Effect of safety harness design on the pressures exerted on the user's body in the state of its suspension. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2022. Vol. 28. Iss. 3. Pp. 1894-1903. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2024707>.
 12. Design and test of self-rescue safety belt for power line operation at heights / Z. Zhao, J. Zhang, Y. Hua, C. Fei, J. Fu, J. Wu, J. Gao, H. Fang. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 729. Pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/729/1/012053>.
 13. Nguyen L.D., Tran D.Q., Chandrawinata M.P. Predicting safety risk of working at heights using bayesian networks. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2016. Vol. 142. Iss. 9. Pp. 04016041. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001154](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001154).
 14. A review and assessment of technologies for addressing the risk of falling from height on construction sites / M.T. Newaz, M. Ershadi, L. Carothers, M. Jefferies, P. Davis. *Safety Science*. 2022. Vol. 147. Pp. 105618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105618>.
 15. Risk assessment of fatal accidents due to work at heights activities using fault tree analysis: Case study in Malaysia / Zermane A., Tohir M.Z.M., Baharudin M.R., Yusoff H.M. *Safety Science*. 2022. Vol. 151. Pp. 105724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105724>.
 16. ДСТУ EN 363:2017. Індивідуальне спорядження для захисту від падіння. Системи індивідуального захисту від падіння (EN 363:2008, IDT). [На заміну ДСТУ EN 363:2006; чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 14 с.
 17. BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning / S. Zhang, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, I. Romo, C.M. Eastman, J. Teizer. *Safety Science*. 2015. Vol. 72. Pp. 31-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001>.
 18. Dzung R.-J., Fang Y.-C., Chen I.-C. A feasibility study of using smartphone built-in accelerometers to detect fall portents. *Automation in construction*. 2014. Vol. 38. Pp. 74-86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.11.004>.
 19. YOLOv5s-gnConv: detecting personal protective equipment for workers at height / Chen H., Li Y., Wen H., Hu X. *Frontiers in public health*. 2023. Vol. 11. Pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1225478>.
 20. Wong T.K.M., Man S.S., Chan A.H.S. Critical factors for the use or non-use of personal protective equipment amongst construction workers. *Safety science*. 2020. Vol. 126. Pp. 104663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104663>.
 21. Falls from height in the construction industry: a critical review of the scientific literature / E.A. Nadhim, C. Hon, B. Xia, I. Stewart, D. Fang. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016. Vol. 13. Iss. 7. Pp. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13070638>.
 22. Струмінська Т.В., Прасол С.І. Метод пошуку творчих рішень, як засіб створення нових дизайн-об'єктів. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки*. 2015. № 2. С. 172-176. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtm_2015_2_27.
 23. Angelova D. Experimental application of the method of focal objects in design education. *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*. 2021. Vol. 2. Iss. 20. Pp. 82-87. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20220215904>.
 24. Глущенко Л.Д. Передпланові заходи у науково-технологічних проектах. *Наукові праці*

- Кіровоградського національного технічного університету. *Економічні науки*. 2012. Вип. 22 (2). С. 211-217. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkntu_e_2012_22\(2\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkntu_e_2012_22(2)_37).
25. ДСТУ ГОСТ 21790:2008. Тканини бавовняні і змішані для одягу. Загальні технічні умови. [На заміну ДСТУ ГОСТ 21790:2003; чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. ДП «УкрНДНЦ», 2008. 11 с.
 26. Специфікація ткани арамідної тканини. URL: <https://guodunarmor.com/uk/продукт/ткане-арамідне-полотно-шолома> (дата звернення: 10.07.2023).
 27. ДСТУ EN 361:2017. Індивідуальне спорядження для захисту від падіння з висоти. Спорядження для всього тіла (EN 361:2002, IDT). [На заміну ДСТУ EN 361-2001; чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 12 с.

References:

1. S. Chetan, and R. Malaviya, «Review of occupational health and safety management system and hazards controls in the motion & industrial automation products manufacturing industries», *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, vol. 3, iss. 3. pp. 342-358, 2023. doi: **10.48175/ijarsct-11456**.
2. M.d.C. Rey-Merchán, J.M. Gómez-de-Gabriel, A. López-Arquillos, and S.D. Choi, «Analysis of falls from height variables in occupational accidents», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, iss. 24. pp. 13417, 2021. doi: **10.3390/ijerph182413417**.
3. J.G.L. Uchoa, M.J.A. de Sousa, L.H.V. Silva, and A.L.D.O. Cavaignac, «FMEA method application based on occupational risks in the construction industry on work at height: A theoretical contribution», *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 6, iss. 10, pp. 261-278, 2019. doi: **10.22161/ijaers.610.40**.
4. L.S. Robson, H. Lee, B.C. Amick III, V. Landsman, P.M. Smith, and C.A. Mustard, «Preventing fall-from-height injuries in construction: Effectiveness of a regulatory training standard», *Journal of Safety Research*, vol. 74, pp. 271-278, 2020. doi: **10.1016/j.jsr.2020.06.007**.
5. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan pratsi. Stan vyrobnychoho travmatyzmu v Ukraini 2021-2023 rr (State Service of Ukraine on Labor Issues. The state of industrial injuries in Ukraine in 2021-2023) [Online]. Available: <https://dsp.gov.ua/stan-vyrobnychoho-travmatyzmu>. Accessed on: September 15, 2023. (Ukr.)
6. N. Craciun, «The personal protective equipment against falls from height at the limit between risk and security», in Proceedings of the 7-th International Multidisciplinary Symposium «Sustainable development through quality and innovation in engineering and research», Bucharest, 2017, vol. 18, iss. S1, pp. 140-145.
7. K. Baszczyński, «Effects of safety harnesses protecting against falls from a height on the user's body in suspension», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, iss. 1, pp. 1-14, 2023. doi: **10.3390/ijerph20010071**.
8. N. Crăciun, «Behaviour of the ropes constituents under the action of risk factors that exist in the work environment», *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, vol. 7, iss. 3, pp. 77-86, 2016.
9. J.P. Singh, M. Uttam, and D.B. Shakyawar, «Designing high performance safety belts», *Journal of Textile Science & Engineering*, vol. 6, iss. 5. pp. 1-6, 2016. doi: **10.4172/2165-8064.1000275**.
10. K. Baszczyński, «Modelling the performance of selected textile elements of personal protective equipment protecting against falls from a height during fall arrest», *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol. 21, iss. 4 (100), pp. 130-136, 2013.
11. K. Baszczyński, «Effect of safety harness design on the pressures exerted on the user's body in the state of its suspension», *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 28, iss. 3, pp. 1894-1903, 2022. doi: **10.1080/10803548.2021.2024707**.
12. Z. Zhao, J. Zhang, Y. Hua, C. Fei, J. Fu, J. Wu, J. Gao, and H. Fang, «Design and test of self-rescue safety belt for power line operation at heights», *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 729, pp. 1-6, 2019. doi: **10.1088/1757-899X/729/1/012053**.
13. L.D. Nguyen, D.Q. Tran, and M.P. Chandrawinata, «Predicting safety risk of working at heights using bayesian networks», *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 142, iss. 9, pp. 04016041, 2016. doi: **10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001154**.
14. M.T. Newaz, M. Ershadi, L. Carothers, M. Jefferies, and P. Davis, «A review and assessment of

- technologies for addressing the risk of falling from height on construction sites», *Safety Science*, vol. 147, pp. 105618, 2022. doi: [10.1016/j.ssci.2021.105618](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105618).
15. A. Zermane, M.Z.M. Tohir, M.R. Baharudin, and H.M. Yusoff, «Risk assessment of fatal accidents due to work at heights activities using fault tree analysis: Case study in Malaysia», *Safety Science*, vol. 151, pp. 105724, 2022. doi: [10.1016/j.ssci.2022.105724](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105724).
 16. *Indywidualne sportazhennia dlia zakhystu vid padinnia. Systemy individualnoho zakhystu vid padinnia* [Personal fall protection equipment. Personal fall protection systems], State standart EN 363:2017, 2019. (Ukr.)
 17. S. Zhang, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, I. Romo, C.M. Eastman, and J. Teizer, «BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning», *Safety Science*, vol. 72, pp. 31-45, 2015. doi: [10.1016/j.ssci.2014.08.001](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001).
 18. R.-J. Dzeng, Y.-C. Fang, and I.-C. Chen, «A feasibility study of using smartphone built-in accelerometers to detect fall portents», *Automation in construction*, vol. 38, pp. 74-86, 2014. doi: [10.1016/j.autcon.2013.11.004](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.11.004).
 19. H. Chen, Y. Li, H. Wen, and X. Hu, «YOLOv5s-gnConv: detecting personal protective equipment for workers at height», *Frontiers in public health*, vol. 11, pp. 1-13, 2023. doi: [10.3389/fpubh.2023.1225478](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1225478).
 20. T.K.M. Wong, S.S. Man, and A.H.S. Chan, «Critical factors for the use or non-use of personal protective equipment amongst construction workers», *Safety science*, vol. 126, pp. 104663, 2020. doi: [10.1016/j.ssci.2020.104663](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104663).
 21. E.A. Nadhim, C. Hon, B. Xia, I. Stewart, and D. Fang, «Falls from height in the construction industry: a critical review of the scientific literature», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 13, iss. 7, pp. 1-20, 2016. doi: [10.3390/ijerph13070638](https://doi.org/10.3390/ijerph13070638).
 22. T.V. Struminska, and S.I. Prasol, «Metod poshuku tvorchykh rishen, yak zasib stvorennia novykh dyzain-objektiv» [«Method find creative solutions, as a means of creating new design objects»], *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriya: Tekhnichni nauky – Bulletin of the Kyiv National University of Technology and Design. Series: Technical sciences*, № 2, pp. 172-176, 2015. Available: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2015_2_27. (Ukr.)
 23. D. Angelova, «Experimental application of the method of focal objects in design education», *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, vol. 2, iss. 20, pp. 82-87, 2021. Available: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20220215904>.
 24. L.D. Hlushchenko, «Peredplanovi zakhody u naukovo-tekhnolohichnykh proektakh» [«Preplanning activities in science and technology projects»], *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ekonomichni nauky – Scientific works of the Kirovohrad National Technical University. Economic sciences*, iss. 22(2), pp. 211-217, 2012. Available: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkntu_e_2012_22\(2\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkntu_e_2012_22(2)_37). (Ukr.)
 25. *Tkanyny bavovniiani i zmishani dlia odiahu. Zahalni tekhnichni umovy* [Cotton and blended fabrics for clothing. General technical conditions], State standart 21790:2008, 2008. (Ukr.)
 26. Spetsyfikatsiia tkanoi aramidnoi tkanyny (Specification of woven aramid fabric) [Online]. Available: <https://guodunarmor.com/uk/product/tkane-aramid-cloth-helmet>. Accessed on: July 10, 2023. (Ukr.)
 27. *Indywidualne sportazhennia dlia zakhystu vid padinnia z vysoty. Sportazhennia dlia vsoho tila* [Individual equipment for protection against falling from a height. Full body equipment], State standart EN 361:2017, 2019. (Ukr.)

Рецензент: О.А. Хлестова
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 13.09.2023
Стаття прийнята 20.10.2023