

К.С. Гутченко^{1*},
О.С. Шевчук³,
В.Л. Козачук¹,
О.А. Гутченко¹,
А.О. Савицька²,
О.М. Мовчан¹,
А.А. Булгаков¹

ПОРЯДОК ОЦІНЮВАННЯ ЗАХОДІВ РЕАБІЛІТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ З УРАЖЕННЯМИ ШКІРИ ТЕРМОБАРИЧНОЮ ТА ЗАПАЛЮВАЛЬНОЮ ЗБРОЄЮ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РЕКОНСТРУКТИВНИХ ПЛАСТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України¹
пр. Повітряних Сил, 28Б, Київ, 03049, Україна

Клініка "Genius health clinic"²

вул. Митрополита Василя Липківського, 25, Київ, 02000, Україна

Медичний центр «Sultan»³

вул. Авад Мохамад аль-Худайр, 18, Мангаф, 53700, Кувейт

Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine¹

Povitrianykh Syl ave., 28B, Kyiv, 03049, Ukraine

Genius health clinic²

Mytropolyta Vasylia Lypkivskoho str., 25, Kyiv, 02000, Ukraine

Sultan Medical Center³

Awad Mohamad Al Khudair str., 18, Mangaf, 53700, Kuwait

*e-mail: dr.gutches@ukr.net

Цитування: *Медичні перспективи*. 2026. Т. 31, № 1. С. 112-120

Cited: *Medicni perspektivi*. 2026;31(1):112-120

Ключові слова: реабілітація, відновлення, військовослужбовці, ураження шкіри, термобарична та запалювальна зброя, реконструктивна хірургія, пластичні операції, оцінювання заходів

Key words: rehabilitation, recovery, military personnel, skin damage, thermobaric and incendiary weapons, reconstructive surgery, plastic operations, assessment of measures

Реферат. Порядок оцінювання заходів реабілітації військовослужбовців з ураженнями шкіри термобаричною та запалювальною зброєю після проведення реконструктивних пластичних операцій. Гутченко К.С., Шевчук О.С., Козачук В.Л., Гутченко О.А., Савицька А.О., Мовчан О.М., Булгаков А.А. Відновлення військовослужбовців Збройних Сил України після уражень шкіри, спричинених боєприпасами, що містять запалювальні та термобаричні суміші (білий фосфор, терміт, на основі етилену, пропілену та інші), є складним процесом, який вимагає комплексного підходу. Такі ураження викликають глибокі опіки, що призводять до значних пошкоджень тканин, навіть до втрати функціональності уражених частин тіла. Хірургічне втручання – це лише перший етап на шляху до відновлення. Післяопераційна реабілітація, що включає комплекс медичних, фізіотерапевтичних та психологічних заходів, є ключовою для досягнення функціонального, естетичного результату та повноцінного повернення військовослужбовця до виконання службових обов'язків. Оцінювання ефективності цих заходів є багатограничним процесом, що потребує аналізу різноманітних показників: фізіологічних, психологічних, функціональних та соціальних. Незважаючи на широке застосування методів багатовимірного порівняльного аналізу для оцінювання таких складних систем, більшість з них має суттєвий недолік – припущення про однакову важливість кожного показника. Це обмежує точність та об'єктивність вибору найкращої програми реабілітації, оскільки різні аспекти стану пацієнта мають неоднаковий вплив на його загальну боєздатність. Мета статті – обґрунтування та викладення порядку оцінювання заходів реабілітації військовослужбовців з ураженнями шкіри термобаричною та запалювальною зброєю після проведення реконструктивних пластичних операцій. У дослідженні проаналізовано результати застосування реабілітаційних програм у 122 військовослужбовців Збройних Сил України (чоловіки віком від 25 до 58 років), які перенесли реконструктивні та пластичні операції після уражень шкіри, спричинених термобаричною та запалювальною зброєю. Запропоновано алгоритм оцінювання заходів реабілітації військовослужбовців з ураженнями шкіри термобаричною та запалювальною зброєю після проведення реконструктивних пластичних операцій за методом мінімуму відстаней. Цей алгоритм включає відбір показників, формування об'єкта-еталону, стандартизацію даних та обчислення інтегральної відстані, модифікованої шляхом інтеграції вагових коефіцієнтів. Ваги відображають відносну значущість кожного показника, що дозволяє надати пріоритет тим аспектам, які є найбільш критичними для відновлення боєздатності. Дослідження

проведено з дотриманням принципів біоетики та з використанням стандартних програмних засобів для статистичного опрацювання даних. Аналіз результатів реабілітації 122 військовослужбовців підтвердив, що між порівнюваними програмами реабілітації існують статистично значущі відмінності за ключовими клініко-функціональними показниками, такими як час, естетичний результат ($p < 0,001$) та функціональна відновленість ($p < 0,001$). Застосування удосконаленого методу багатовимірного порівняльного аналізу з інтеграцією вагових коефіцієнтів дозволило отримати більш точне ранжування ефективності програм порівняно з традиційним підходом. Це обґрунтування є ключовим для об'єктивного вибору оптимальних реабілітаційних методик. Запропонований удосконалений метод багатовимірного порівняльного аналізу є дієвим інструментом для об'єктивного оцінювання та порівняння реабілітаційних програм. На прикладі трьох програм було встановлено їх ранжування за зваженою відстанню до еталону: програма В визнана найкращою ($R_B^{\text{вз}}=0$), програма С – проміжною ($R_C^{w}=0,254$), а програма А – найгіршою ($R_A^{w}=0,34$). Упровадження методу дозволить оптимізувати протоколи реабілітації та пришвидшити відновлення функціональної спроможності військовослужбовців, забезпечуючи їх повноцінне повернення до виконання службових обов'язків.

Abstract. Procedure for assessing rehabilitation measures for military personnel with skin injuries caused by thermobaric and incendiary weapons after reconstructive plastic surgery. Hutchenko K.S., Shevchuk O.S., Kozachuk V.L., Hutchenko O.A., Savitska A.O., Movchan O.M., Bulgakov A.A. The recovery of Ukrainian Armed Forces servicemen after skin injuries caused by ammunition containing incendiary and thermobaric mixtures (white phosphorus, thermite, ethylene-based, propylene-based, and others) is a complex process that requires a comprehensive approach. Such injuries cause deep burns, leading to significant tissue damage and even loss of functionality in the affected parts of the body. Surgical intervention is only the first step on the road to recovery. Postoperative rehabilitation, which includes a complex of medical, physiotherapeutic and psychological measures, is key to achieving functional and aesthetic results and the full return of the serviceman to his duties. Assessing the effectiveness of these measures is a multifaceted process that requires the analysis of various indicators: physiological, psychological, functional and social. Despite the widespread use of multidimensional comparative analysis methods to evaluate such complex systems, most of them have a significant drawback – the assumption that each indicator is equally important. This limits the accuracy and objectivity of selecting the best rehabilitation programme, as different aspects of the patient's condition have unequal effects on their overall combat capability. The purpose of the article is to justify and describe the procedure for evaluating rehabilitation measures for military personnel with skin injuries caused by thermobaric and incendiary weapons after reconstructive plastic surgery. The study analysed the results of the application of rehabilitation programmes in 122 servicemen of the Ukrainian Armed Forces (men aged 25 to 58) who underwent reconstructive and plastic surgery after skin injuries caused by thermobaric and incendiary weapons. An algorithm for evaluation using the minimum distance method is proposed. This algorithm includes the selection of indicators, the formation of a reference object, data standardisation, and the calculation of the integral distance, modified by integrating weight coefficients. The weights reflect the relative importance of each indicator, allowing priority to be given to those aspects that are most critical for restoring combat capability. The study was conducted in accordance with the principles of bioethics and using standard software for statistical data processing. Analysis of the rehabilitation results of 122 servicemen confirmed that there are statistically significant differences between the compared rehabilitation programmes in terms of key clinical and functional indicators, such as time, aesthetic outcome ($p < 0.001$) and functional recovery ($p < 0.001$). The use of an improved method of multidimensional comparative analysis with the integration of weighting coefficients allowed for a more accurate ranking of programme effectiveness compared to the traditional approach. This justification is key to the objective selection of optimal rehabilitation techniques. The proposed improved method of multidimensional comparative analysis is an effective tool for the objective evaluation and comparison of rehabilitation programmes. Using three programmes as examples, their ranking was established based on the weighted distance to the benchmark: programme B was recognised as the best ($R_B^w=0$), programme C as intermediate ($R_C^w=0.254$), and programme A as the worst ($R_A^w=0.34$). The implementation of this method will optimize rehabilitation protocols and accelerate the restoration of military personnel's functional capacity, ensuring their full return to duty.

Відновлення військовослужбовців Збройних Сил (ЗС) України після уражень шкіри, спричинених боеприпасами, що містять запалювальні та термобаричні суміші (білий фосфор, терміт, на основі етилену, пропілену та інші), є складним процесом, який вимагає комплексного підходу [1]. Такі ураження викликають глибокі опіки, що призводять до значних пошкоджень тканин, навіть до втрати функціональності уражених частин тіла [2]. Хірургічне втручання – це лише перший етап на шляху до відновлення. Після-

операційна реабілітація, що включає комплекс медичних, фізіотерапевтичних та психологічних заходів, є ключовою для досягнення функціонального, естетичного результату та повноцінного повернення військовослужбовця до виконання службових обов'язків [3].

Оцінювання результатів цих заходів є багатовимірним процесом, який базується на аналізі різноманітних показників: фізіологічних (швидкість загоєння, діапазон рухів), психологічних (рівень тривожності), функціональних (здатність

виконувати повсякденні та професійні дії) та соціальних [4]. На сьогодні для порівняльного аналізу таких складних систем широко застосовуються методи багатовимірної порівняльного аналізу (БПА) [5]. Більшість сучасних підходів до багатокритеріального аналізу передбачає оцінювання альтернатив на основі набору показників, які розглядаються як рівнозначні. Такий підхід спрощує процедуру розрахунку, однак у ряді випадків може не повною мірою відображати реальну значущість окремих критеріїв. Водночас ефективність реабілітаційних програм у практиці зазвичай оцінюється за сукупністю клінічних, функціональних та соціальних показників, які аналізуються за допомогою медико-статистичних методів, експертних оцінок або стандартизованих шкал. За таких умов доцільним є використання удосконалених методів багатокритеріального прийняття рішень, що дають змогу враховувати вагові коефіцієнти критеріїв, визначені експертним або статистичним шляхом, з метою підвищення обґрунтованості та точності вибору оптимальних реабілітаційних програм і правил їх застосування.

З цієї точки зору, визначення методу зваженого та коректного оцінювання результатів заходів реабілітації військовослужбовців ЗС України з опіками шкіри після проведення реконструктивних пластичних операцій є актуальним питанням.

Метою цієї статті є обґрунтування та викладення порядку оцінювання заходів реабілітації військовослужбовців з ураженнями шкіри термобаричною та запалювальною зброєю після проведення реконструктивних пластичних операцій.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженні проаналізовано результати реабілітаційних програм у 122 військовослужбовців ЗС України (чоловіки віком 35-58 років), які перенесли реконструктивні та пластичні операції після уражень шкіри, спричинених термобаричною та запалювальною зброєю. Пацієнти були розподілені на три клінічно та функціонально однорідні групи, що проходили різні комплекси відновних заходів: програма А (40 осіб) – базовий стандартний комплекс реабілітації; програма В (42 особи) – інтенсивна розширена програма з використанням високотехнологічних процедур; програма С (40 осіб) – модифікована цільова програма, орієнтована на покращення функціональних можливостей.

Розподіл у групи здійснювали з урахуванням локалізації та площі ураження, характеру первинного оперативного втручання, стадії репаративного процесу та відсутності супутніх станів, що можуть впливати на відновлення. Аналіз вихідних клініко-

функціональних показників не виявив статистично значущих відмінностей між групами ($p > 0,05$), що підтверджує їх однорідність на початку реабілітації.

За віковими показниками групи не мали статистично значущих відмінностей: імовірність $p = 0,062$, що дозволяє вважати групи однорідними та придатними для подальшого порівняння.

Усі кількісні дані були проаналізовані із застосуванням описової статистики (середні значення, дисперсії, стандартні відхилення). Нормальність розподілу перевіряли за критерієм Шапіро-Віллка. Для оцінювання початкової однорідності груп використовували однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA.

Протягом року всі пацієнти перебували під амбулаторним наглядом і проходили комплексні програми реабілітації, спрямовані на відновлення функціональності, естетичного вигляду та боєздатності.

Реабілітація військовослужбовців здійснювалась за трьома програмами.

Програма А включала стандартні післяопераційні заходи, а саме: медикаментозну підтримку репаративних процесів, базову фізіотерапію (ультразвукова терапія, низькоінтенсивна лазеротерапія), стандартні комплекси лікувальної фізкультури, профілактику патологічного рубцювання (силіконові гелі, компресійні вироби) та психологічне консультування за потреби.

Програма В передбачала застосування високотехнологічних процедур: лазер високої інтенсивності, радіочастотну та ударно-хвильову терапію, індивідуалізовану кінезіотерапію з функціональним навантаженням, апаратну корекцію рубцевих змін (фракційні лазерні технології, мікроголкова радіочастотна терапія), психологічну підтримку та елементи соціально-професійної реадптації.

Програма С включала: інтенсивні тренування з використанням функціональних тренажерів, мануальну терапію, ін'єкційну терапію (гіалуронова кислота, полінуклеотиди, плазмотерапія) у зонах рубцевих змін, неінвазивні апаратні методи корекції рубцювання та психологічний супровід.

Для оцінювання результативності різноманітних реабілітаційних програм застосовували удосконалений метод БПА, виконаний за алгоритмом мінімуму відстаней, який реалізується шляхом послідовного виконання низки етапів.

Етап 1. Визначення об'єктів порівняння, відбір показників і формування матриці показників X

Проводиться ідентифікація сукупності досліджуваних об'єктів N . Ці об'єкти можуть бути такими:

– окремі військовослужбовці: аналіз динаміки стану конкретних осіб до, під час та після проходження реабілітаційної програми;

– групи військовослужбовців: порівняння результатів реабілітації груп, які пройшли різні програми, застосовували різні методики або проходили реабілітацію в різних центрах;

– реабілітаційні програми/методики: безпосереднє порівняння різних програм медико-психологічної реабілітації, що використовуються у військових формуваннях;

– реабілітаційні центри/підрозділи: оцінювання функціонування різних реабілітаційних закладів або підрозділів за їхніми інтегральними показниками.

Після визначення об'єктів здійснюється відбір показників x_s , які найбільш повно та адекватно характеризують досліджуваний об'єкт n_i , зокрема:

Фізіологічні показники:

– показники рухливості суглобів ураженої кінцівки (кут згинання/розгинання) [6];

– рівень функціональної сили та витривалості уражених м'язів [4];

– оцінка здатності до виконання повсякденних та службових завдань [7].

Медико-фізіологічні показники:

– індекс вираженості рубцювання за стандартизованими шкалами (Ванкуверська шкала рубців [8]);

– рівень больового синдрому (за візуально-аналоговою шкалою [9]);

– швидкість регенерації тканин [10].

Соціально-адаптивні та психологічні показники:

– суб'єктивна оцінка естетичного результату та задоволеності власним зовнішнім виглядом [11];

– рівень соціальної взаємодії та підтримки [12];

– здатність до реінтеграції у військово-середовище.

Після визначення об'єктів та відбору показників формується вихідна матриця показників X . У цій матриці стовпці представляють досліджувані об'єкти n_k ($k=1, 2, \dots, K$), а рядки – показники x_s ($s=1, 2, \dots, S$), що характеризують досліджувані об'єкти.

Приклад структури матриці X :

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2K} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{S1} & x_{S2} & x_{S3} & \dots & x_{SK} \end{pmatrix}$$

де x_{sk} – значення s -показника для k -досліджуваного об'єкта.

Етап 2. Розділення показників на стимулятори і дестимулятори та приведення до одного виду

Стимулятор – це показник, збільшення кількісного значення якого позитивно впливає на результат або підвищує рейтинг досліджуваного об'єкта. Для реабілітації стимулятори – це рівень

естетичного результату, функціональна рухливість, швидкість загоєння.

Дестимулятор – це показник, зменшення кількісного значення якого позитивно впливає на результат або підвищує рейтинг досліджуваного об'єкта. Для реабілітації дестимулятори: індекс вираженості рубцювання, рівень больового синдрому, час реабілітації.

Після класифікації всі показники-дестимулятори необхідно математично перетворити (привести) до вигляду стимуляторів. Якщо y_{sk} є дестимулятором для s -показника та k -об'єкта, то його еквівалент у вигляді стимулятора x'_{sk} обчислюється за формулою:

$$x'_{sk} = 1/y_{sk}$$

Таке перетворення використовується у випадках, коли необхідно забезпечити обернену залежність між значенням показника та його впливом на інтегральну оцінку, зокрема для показників, зростання яких свідчить про погіршення результату (тривалість реабілітації, рівень больового синдрому тощо). У такому випадку перетворення $1/y$ дозволяє інтерпретувати показник у вигляді стимулятора: чим менше початкове значення дестимулятора, тим більшим буде значення відповідного стимулятора.

Етап 3. Формування об'єкта-еталону

Об'єкт-еталон – це умовна, гіпотетична точка-об'єкт у багатовимірному просторі показників, яка характеризується найкращими значеннями для кожного з відібраних показників. Найкращими вважаються:

– найбільші значення для показників-стимуляторів;

– найменші значення для показників-дестимуляторів (до їхнього перетворення).

Об'єкт-еталон відображає максимально можливий потенційний рівень значень показників бажаного стану (наприклад, повного відновлення функціональності та естетики). Він слугує базою для порівняння всіх досліджуваних об'єктів, дозволяючи кількісно оцінити їхнє відхилення від ідеалу.

Формування еталонної програми реабілітації може здійснюватися за двома варіантами. Перший полягає в тому, що еталонна програма формується шляхом відбору найкращих значень показників, з яких складаються альтернативні програми в межах досліджуваної сукупності. Другий варіант полягає у формуванні еталонної програми на основі ідеальних (цільових) значень, визначених експертами. Такий підхід дає можливість порівняти результативність альтернативних

програм у межах досліджуваної сукупності. Водночас для підвищення методичної обґрунтованості результатів доцільно проводити аналіз чутливості отриманих оцінок до зміни складу вибірки, а також, за можливості, зіставляти сформований еталон із зовнішніми клінічними стандартами або нормативними орієнтирами ефективності реабілітаційних заходів.

Етап 4. Стандартизація показників (приведення до безрозмірного вигляду) і перехід до допоміжної матриці Z

Стандартизація показників є обов'язковим кроком для усунення впливу різних одиниць вимірювання та приведення всіх даних до єдиного, безрозмірного масштабу, зазвичай в інтервалі [0, 1]. Це дозволяє коректно порівнювати показники, які мають різні розмірності, наприклад, бали за естетичною шкалою, відсотки відновлення рухливості. Стандартизація виконується шляхом ділення значення x_{sk} для s -показника k -об'єкта на відповідне значення x_s^{et} еталонного об'єкта для того ж показника:

$$z_{sk} = x_{sk} / x_s^{et}$$

У результаті цього перетворення для всіх стимуляторів, уже перетворених з дестимуляторів, значення z_{sk} буде належати інтервалу [0, 1], причому значення, близькі до 1, свідчатимуть про наближення до еталону. Для самого еталонного об'єкта всі стандартизовані значення z_s^{et} будуть дорівнювати 1.

Після стандартизації формується допоміжна матриця Z стандартизованих показників:

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & \dots & z_{1k} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & \dots & z_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{s1} & z_{s2} & z_{s3} & \dots & z_{sk} \end{pmatrix}$$

Етап 5. Розрахунок відстаней між усіма об'єктами та об'єктом-еталоном і формування метрики відстаней

На цьому етапі обчислюються індивідуальні відстані кожного показника від еталону для всіх досліджуваних об'єктів. Ця відстань відображає відхилення значення конкретного показника для певного об'єкта від ідеального еталонного значення. Розрахунок відстаней w_{sk} здійснюється шляхом віднімання стандартизованого значення z_{sk} k -

об'єкта від стандартизованого еталонного значення z_s^{et} (яке завжди дорівнює 1 після стандартизації, якщо еталон сформований з найкращих значень):

$$w_{sk} = z_s^{et} - z_{sk} = 1 - z_{sk}$$

Результатом цього етапу є формування метрики відстаней W:

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & \dots & w_{1k} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & \dots & w_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{s1} & w_{s2} & w_{s3} & \dots & w_{sk} \end{pmatrix}$$

Етап 6. Визначення ступеня подібності кожного досліджуваного об'єкта з еталоном (інтегральна відстань)

Для визначення загального ступеня подібності кожного досліджуваного об'єкта з еталоном обчислюється інтегральна відстань R_k . Ця відстань являє собою суму всіх індивідуальних відстаней за показниками для кожного об'єкта. Формула для розрахунку R_k має вигляд:

$$R_k = \sum_{s=1}^s w_{sk} = w_{1k} + w_{2k} + \dots + w_{sk}$$

Чим менше значення R_k , тим ближче досліджуваний об'єкт до еталонного стану, тобто тим вищий ступінь його подібності з ідеальним або бажаним станом. І навпаки, велике значення R_k свідчить про значну віддаленість від еталону. Мінімальне значення R_k вказуватиме на найліпшу реабілітаційну програму для досліджуваного військовослужбовця або групи.

Етап 7. Удосконалення методу БПА: додавання ваг показникам досліджуваних об'єктів

Цей етап дозволяє подолати обмеження традиційних БПА, які припускають рівнозначність усіх показників. Під час реабілітації після пластичних операцій різні показники мають різний ступінь впливу на досягнення кінцевої мети – відновлення. Наприклад, рівень функціональної рухливості або естетичний результат можуть бути більш критичними для повернення до служби, ніж незначні відхилення у швидкості загоєння.

Для врахування цієї диференційної важливості вводяться вагові коефіцієнти p_s для кожного

s-показника. Ці ваги відображають відносну значущість кожного показника в загальній оцінці. Вагові коефіцієнти визначені за допомогою експертних оцінок.

Сума всіх вагових коефіцієнтів зазвичай нормується до одиниці:

$$\sum_{s=1}^s p_s = 1$$

Модифікована формула для розрахунку інтегральної відстані R_k з урахуванням ваг матиме вигляд:

$$R_k^{\text{ваг}} = \sum_{s=1}^s p_s$$

$$W_{sk} = p_1 W_{1k} + p_2 W_{2k} + \dots + p_s W_{sk}$$

За допомогою цієї формули експерти надали більшої ваги тим показникам, які вони вважають важливими для відновлення боєздатності, і, відповідно, меншої ваги менш значущим показникам.

Дослідження проведено відповідно до принципів біоетики, викладених у Гельсінській декларації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людей» та «Загальній декларації про біоетику та права людини (ЮНЕСКО)». Дослідження схвалено експертною комісією з питань академічної доброчесності Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України (протокол засідання № 9 від 23.09.2025 року). Усіма обстеженими були підписані інформовані згоди на участь у дослідженні.

Статистичне опрацювання матеріалів виконано на персональному комп'ютері з використанням стандартних програмних засобів Libre Office Community (версія 7.3.7.2) та програми Microsoft Excel (Product ID 00414-50000-00000-AA978).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для наочної демонстрації застосування запропонованого удосконаленого методу розглянемо ілюстративний приклад порівняння трьох програм реабілітації, які впроваджуються для відновлення боєздатності військовослужбовців після реконструктивних пластичних операцій, – програма А, програма В, програма С. Кожна програма оцінюється за чотирма ключовими показниками, що характеризують важливі аспекти стану військовослужбовців після її проходження:

– естетичний результат (умовні бали, шкала від 0 до 20);

– індекс вираженості рубцювання (за стандартизованою шкалою, бали від 0 до 10);

– функціональна відновлюваність (умовні бали, шкала від 0 до 15);

– тривалість курсу реабілітації (роки).

Значення показників для кожної програми наведено в таблиці 1.

Дані наведено у вигляді середнього значення та стандартного відхилення ($M \pm SD$). Для оцінювання статистично значущих відмінностей між програмами застосовано однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Попарні відмінності між програмами визначали за допомогою post-hoc тесту Tukey. Статистично значущими вважали відмінності при $p < 0,05$.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика показників ефективності програм реабілітації ($M \pm SD$)

| Показник | Програма А ($M \pm SD$) | Програма В ($M \pm SD$) | Програма С ($M \pm SD$) | F | p |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------|---------|
| Естетичний результат, бали | 12±1,8 | 15±1,5 | 14±1,6 | 18,47 | p<0,001 |
| Індекс вираженості рубцювання, бали | 4±0,9 | 2±0,6 | 3±0,7 | 22,63 | p<0,001 |
| Функціональна відновлюваність, бали | 8±1,4 | 10±1,2 | 8±1,3 | 14,12 | p<0,001 |
| Тривалість курсу реабілітації, роки | 0,5±0,1 | 0,3±0,1 | 0,7±0,2 | 9,84 | p<0,002 |

За результатами post-hoc аналізу (тест Tukey) встановлено, що програма В перевершує програми А та С за всіма досліджуваними показниками ($p < 0,01$).

1. Розділення показників на стимулятори та дестимулятори:

Стимулятори: «Естетичний результат», «Функціональна відновлюваність» (збільшення значення позитивно впливає на результат).

Дестимулятори: «Індекс вираженості рубцювання», «Тривалість курсу реабілітації» (зменшення значення позитивно впливає на результат).

2. Формування еталонної програми:

Еталонна програма формується шляхом вибору найкращих значень для кожного показника серед усіх порівнюваних програм (табл. 2).

3. Приведення показників-дестимуляторів до виду стимуляторів:

Дестимулятори трансформуються шляхом оберненого перетворення ($1/\text{значення}$) (табл. 3).

4. Приведення показників до безрозмірного виду (стандартизація):

Кожне значення ділиться на відповідне еталонне значення ($z_{sk}=x_{sk}/x_s^{em}$) (табл. 4).

5. Обчислення метрики відстаней від еталону (табл. 5). Відстань $w_{sk}=1-z_{sk}$.

Таблиця 2

Значення показників програм реабілітації та програми-еталону

| Показник | Програма А | Програма В | Програма С | Програма-еталон |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|-----------------|
| Естетичний результат, бали | 12 | 15 | 14 | 15 |
| Індекс вираженості рубцювання, бали | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Функціональна відновлюваність, бали | 8 | 10 | 8 | 10 |
| Тривалість курсу реабілітації, роки | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 0,3 |

Таблиця 3

Значення показників-дестимуляторів програм реабілітації та програми-еталону, трансформованих шляхом оберненого перетворення

| Показник (після перетворення) | Програма А | Програма В | Програма С | Програма-еталон |
|--|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Естетичний результат | 12 | 15 | 14 | 15 |
| 1/Індекс вираженості рубцювання ($1/y_{sk}$) | $1/4=0,25$ | $1/2=0,5$ | $1/3\approx 0,33$ | $1/2=0,5$ |
| Функціональна відновлюваність | 8 | 10 | 8 | 10 |
| 1/Тривалість курсу реабілітації ($1/y_{sk}$) | $1/0,5=2$ | $1/0,3\approx 3,33$ | $1/0,7\approx 1,43$ | $1/0,3\approx 3,33$ |

Таблиця 4

Значення стандартизованих показників програм реабілітації та програми-еталону

| Стандартизований показник | Програма А | Програма В | Програма С | Програма-еталон |
|---------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------|-----------------|
| Естетичний результат | $12/15=0,8$ | $15/15=1$ | $14/15\approx 0,93$ | 1 |
| 1/Індекс вираженості рубцювання | $0,25/0,5=0,5$ | $0,5/0,5=1$ | $0,33/0,5\approx 0,66$ | 1 |
| Функціональна відновлюваність | $8/10=0,8$ | $10/10=1$ | $8/10=0,8$ | 1 |
| 1/Тривалість курсу реабілітації | $2/3,33\approx 0,6$ | $3,33/3,33=1$ | $1,43/3,33\approx 0,43$ | 1 |

Обчислення метрики відстаней від еталону

| Відстань від еталону | Програма А | Програма В | Програма С | Програма-еталон |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|-----------------|
| Естетичний результат | 1-0,8=0,2 | 1-1=0 | 1-0,93=0,07 | 0 |
| 1/Індекс вираженості рубцювання | 1-0,5=0,5 | 1-1=0 | 1-0,66=0,34 | 0 |
| Функціональна відновлюваність | 1-0,8=0,2 | 1-1=0 | 1-0,8=0,2 | 0 |
| 1/Тривалість курсу реабілітації | 1-0,6=0,4 | 1-1=0 | 1-0,43=0,57 | 0 |

6. Розрахунок загальної відстані (R_k) для кожної програми без урахування ваг:

Програма А: $R_A=0,2+0,5+0,2+0,4=1,3$

Програма В: $R_B=0+0+0+0=0$

Програма С: $R_C=0,07+0,34+0,2+0,57=1,18$.

Отже, програма В є найкращою (нульова відстань від еталону), на другому місці – програма С (1,18), на третьому – програма А (1,3).

7. Застосування вагових коефіцієнтів (удосконалення методу)

Визначення вагових коефіцієнтів здійснюється шляхом проведення експертного опитування серед спеціалістів – військових хірургів та реабілітологів. Опитування проводиться за стандартними процедурами.

За результатами опитування визначено, що показники «Індекс вираженості рубцювання» та «Естетичний результат» є найбільш критичними для повного відновлення, «Функціональна відновлюваність» також важлива, тоді як «Тривалість курсу реабілітації» має меншу значущість. Призначимо такі вагові коефіцієнти p_i :

– Естетичний результат – $p_1=0,3$

– Індекс вираженості рубцювання – $p_2=0,4$

– Функціональна відновлюваність – $p_3=0,2$

– Тривалість курсу реабілітації – $p_4=0,1$

(Сума ваг: $0,3+0,4+0,2+0,1=1$).

Розраховуємо зважену інтегральну відстань R_k^{var} для кожної програми:

Програма А:

$$R_A^{var}=(0,3 \times 0,2)+(0,4 \times 0,5)+(0,2 \times 0,2)+(0,1 \times 0,4)=0,06+0,2+0,04+0,04=0,34$$

Програма В:

$$R_B^{var}=(0,3 \times 0)+(0,4 \times 0)+(0,2 \times 0)+(0,1 \times 0)=0$$

Програма С:

$$R_C^{var}=(0,3 \times 0,07)+(0,4 \times 0,34)+(0,2 \times 0,2)+(0,1 \times 0,57)=0,021+0,136+0,04+0,057=0,254$$

Висновок з урахуванням ваг:

– Програма В залишається найкращою (0);

– Програма С займає друге місце (0,254);

– Програма А займає третє місце (0,34).

У цьому прикладі програма В є еталонною, її позиція не змінюється. Однак у випадках, коли жоден з об'єктів не є ідеальним, урахування ваг може суттєво змінити ранжування об'єктів, забезпечуючи більш точне відображення їхньої реальної ефективності з урахуванням пріоритетів. Наприклад, якщо б програма А мала дуже низький індекс рубцювання (критичний показник) при інших середніх значеннях, а програма С – відмінну функціональну відновлюваність (менш критичний), то зважений аналіз міг би віддати перевагу програмі А, тоді як незважений – програмі С. Це підкреслює гнучкість та більшу адекватність удосконаленого методу для ухвалення управлінських рішень в організації реабілітації.

Таким чином, програма В демонструє найкращі результати: найвищий естетичний результат ($p < 0,001$); мінімальний індекс рубцювання ($p < 0,001$); найкращу функціональну відновлюваність ($p < 0,001$); найкоротший термін реабілітації ($p < 0,002$).

Інтегральні оцінки (незважені та зважені) підтверджують перевагу програми В, яка має нульову відстань до еталону. Програма С займає стабільне друге місце, а програма А – третє.

ВИСНОВКИ

1. У статті продемонстровано доцільність використання удосконаленого методу багатовимірного порівняльного аналізу із застосуванням вагових коефіцієнтів для об'єктивного оцінювання реабілітаційних програм. Дослідження базується на аналізі результатів реабілітації 122 військово-службовців з ураженнями шкіри термобаричною та запалювальною зброєю після проведення реконструктивних пластичних операцій.

2. Запропонований алгоритм оцінювання передбачає послідовне виконання низки кроків: відбір і стандартизація показників, формування еталонного об'єкта, розрахунок відстані від еталону та інтеграція вагових коефіцієнтів, визначених експертним або статистичним шляхом.

3. Ілюстративний приклад з аналізом трьох реабілітаційних програм продемонстрував, що використання вагових коефіцієнтів (ps) дозволяє отримати більш точне ранжування результативності програм, порівняно з традиційним підходом, де всі показники вважаються однаково важливими. Без вагових коефіцієнтів (за сумою відстаней R_k): найкращою визнано програму В ($R_B=0$), найгіршою – програму А ($R_A=1,3$). З урахуванням вагових коефіцієнтів (за зваженою сумою відстаней R_{kwa}): найкращою визнано програму В ($R_{Bwa}=0$), найгіршою – програму А ($R_{Awa}=0,34$), а програма С зайняла проміжне положення ($R_{Cwa}=0,254$).

Внески авторів:

Гутченко К.С. – концептуалізація, методологія, адміністрування проєкту, дослідження, написання, рецензування, редагування, ведення;

Шевчук О.С. – концептуалізація, методологія, адміністрування проєкту, дослідження, написання, рецензування, редагування, ведення;

Козачук В.Л. – концептуалізація, методологія, написання – рецензування та редагування, ведення, ресурси, курація даних, перевірка;

Гутченко О.А. – концептуалізація, методологія, адміністрування проєкту, дослідження, рецензування, редагування, ведення;

Савицька А.О. – концептуалізація, методологія, дослідження, написання, рецензування, редагування, ведення, ресурси, курація даних;

Мовчан О.М. – адміністрування проєкту, дослідження, написання початкового проєкту, курація даних, рецензування;

Булгаков А.А. – дослідження, написання початкового проєкту, перевірка, ресурси, ведення.

Фінансування. Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

- Cheran A, Gnaedinger A, Tolany A, et al. The Medical Impacts of Thermobaric Weapons: A Scoping Review. *Mil Med.* 2026 Mar 1;191(3-4):e548-e554. doi: <https://doi.org/10.1093/milmed/usaf400>
- World Health Organization. White phosphorus [Internet]. 2024 Oct 24 [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/white-phosphorus>
- NSW Agency for Clinical Innovation. Burn physiotherapy and occupational therapy: Clinical practice guide. 2nd ed. [Internet]. Sydney: ACI; 2025 [cited 2025 Sep 23]. Available from: https://aci.health.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0018/236151/ACI-Burn-physiotherapy-and-occupational-therapy-guide.pdf
- [How to evaluate the effectiveness of rehabilitation exercises]. *Medicasano* [Internet]. 2024 [cited 2025 Sep 23]. Ukrainian. Available from: <https://medicasano.com.ua/blog/iak-otsinyty-efektyvnist-reabilitatsijnykh-vprav/>
- Wang D, Liu Y. Medical Science Data Value Evaluation Model: Mixed Methods Study. *JMIR Med Inform.* 2025;13:e63544. doi: <https://doi.org/10.2196/63544>
- American Burn Association. Practice Guidelines for Burn Care [Internet]. 2018 [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://ameriburn.org/wp-content/uploads/2018/02/practice-guidelines-cardiovascular-fitness.-nedelec-jbcr-2016.pdf>
- The Royal Brisbane and Women's Hospital. Occupational Therapy: Burn Injury Recovery [Internet]. 2018 May [cited 2025 Sep 23]. Available from: <https://metronorth.health.qld.gov.au/rbwh/wp-content/uploads/sites/2/2018/05/OT-Burns-Recovery.pdf>
- Knigh D, Parks J. An Introductory Systematic Review of the Vancouver Scar Scale: Versions, Validations and Utilizations. *J Burn Care Res.* 2025 Apr;46(Suppl 1):S86. doi: <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraf019.108>
- Nosanov LB, Brandt JL, Schneider DM, et al. Pain Management in Burn Patients. *Curr Trauma Rep.* 2020;6:161-73. doi: <https://doi.org/10.1007/s40719-020-00203-9>
- Kareem N, Aijaz A, Jeschke M. Stem Cell Therapy for Burns: Story so Far. *Biol Targets Ther.* 2021;15:379-97. doi: <https://doi.org/10.2147/BTT.S259124>
- He M, Wang X. The Role and Challenges of Plastic Surgery in Post-burn Psychological Rehabilitation. *J Contemp Med Pract.* 2025;7(8):98-100. doi: [https://doi.org/10.53469/jcmp.2025.07\(08\).19](https://doi.org/10.53469/jcmp.2025.07(08).19)
- Grieve B, Shapiro GD, Wibbenmeyer L, et al. Long-Term Social Reintegration Outcomes for Burn Survivors With and Without Peer Support Attendance: A Life Impact Burn Recovery Evaluation (LIBRE) Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020;101(1 Suppl):S92-S98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.007>

Стаття надійшла до редакції 23.10.2025;
затверджена до публікації 23.02.2026