МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЧАСУ РОБОТИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ГІРСЬКИХ У ГІРСЬКИХ УМОВАХ ЗА РІЗНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ТЕМПЕРАТУР ВПЛИВУ

О. Токарський¹, Б. Болібрух²

¹Державний вищий навчальний заклад «Донецький Національний технічний університет»,
м. Покровськ, Донецька обл., Україна

²Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail для листування: bolibrykh@ukr.net

Отримано: 01 вересня 2021; Прийнято: 14 вересня 2021

Цитувати як: Токарський, О., Болібрух, Б. (2021). Методичні основи дослідження оптимального часу роботи рятувальників гірських у гірських умовах за різних навантажень і температур впливу. *Проблеми охорони праці в Україні*, 37(3), 14–20.

Метою статті є обґрунтування основних критеріїв для розроблення методики визначення оптимального часу роботи рятувальників гірських за різних навантажень та температур впливу. Проведено аналіз умов праці рятувальників гірських у весняний період. Здійснено експериментальні дослідження процесу метаболізму рятувальників без захисного одягу. Проведено експериментальні дослідження та моделювання впливу інтенсивності виконання робіт за температури навколишнього середовища в діапазоні +16 – -24°C. Досліджено динаміку процесу метаболізму рятувальника гірського під час проведення пошуково-рятувальних робіт у гірській місцевості. Визначено температурні режими серцевини тіла рятувальника за умов навантажень різної інтенсивності. Визначено енергетичний діапазон виконання завдань в гірській місцевості за трьома видами навантажень. Побудовано алгоритм дослідження процесу метаболізму в гірській місцевості, що дає можливість класифікувати умови проведення пошуково-рятувальних робіт за ступенем важкості видів робіт. Отримані показники навантажень, метаболізму, інтенсивності виконання пошуково-рятувальних робіт дають можливість сформувати базову модель дослідження процесу нормування строків виконання завдань. Застосування програмного комплексу ANSYS FLUENT та уточнених критеріїв оцінки процесу метаболізму дозволило удосконалити методологію моделі визначення енергетичних затрат рятувальника гірського під час виконання робіт у гірській місцевості. **Висновки.** Обґрунтовано необхідність створення розрахункової моделі запровадження санітарно-гігієнічних вимог для регламенту безпечних режимів роботи рятувальників гірських. Визначено базові чинники моделі для подальших досліджень.

Ключові слова: умови праці, метаболізм, температури серцевини тіла, регламент робіт.

METHODICAL BASES ON RESEARCH OF OPTIMUM TIME OF WORK OF RESCUERS IN MOUNTAIN CONDITIONS AT VARIOUS LOADINGS AND TEMPERATURES OF INFLUENCE

O. Tokarsky¹, B. Bolibrykh²

¹Donetsk National Technical University State Higher Educational Institution, Pokrovsk, Donetsk region, Ukraine

²National University "Lviv Polytechnic", Lviv, Ukraine

E-mail for correspondence: bolibrykh@ukr.net

Received: 01 September 2021; Accepted: 14 September 2021

Cite as: Tokarsky, O., Bolibrykh, B. (2021). Methodical bases on research of optimum time of work of rescuers in mountain conditions at various loadings and temperatures of influence. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 37 (3), 14–20

The purpose of the article is to substantiate the main criteria for developing a method for determining the optimal operating time of mountain rescuers at different loads and temperatures. The analysis of working conditions of mountain rescuers in the spring period is carried out. Experimental studies of the metabolism of rescuers without protective clothing have been carried out. Experimental researches and modeling of influence of intensity of performance of works at ambient temperature in the range +16 - -24°C are carried out. The dynamics of the process of metabolism of a mountain rescuer during search and rescue operations in a mountainous area has been studied. The temperature regimes of the rescuer's body core under conditions of different load intensity are determined. The energy range of tasks in mountainous terrain for three types of loads is determined. Practical consequences: The built algorithm of research of process of metabolism in mountain area gives the chance to classify conditions of carrying out search and rescue works on degree of difficulty of kinds of works. The obtained indicators of loads, metabolism, intensity of search and rescue operations make it possible to form a basic model for studying the process of rationing the deadlines for tasks. The use of the ANSYS FLUENT software package, refined criteria for assessing the metabolic process allowed to improve the methodology of the model for determining the energy costs of a mountain rescuer in a mountainous area. **Conclusions.** The necessity of creating a calculation model for the introduction of sanitary and hygienic requirements for the regulation of safe modes of operation of mountain rescuers is substantiated. The basic factors of the model for further research are determined.

Key words: working conditions, metabolism, body core temperatures, work regulations.

1. Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

У контексті євроінтеграційних процесів, зокрема, запровадження стандартів і регламентів у галузі безпеки

праці, необхідно зазначити, що значна їх кількість потребує детального опрацювання та спонукає до перегляду формату функціонування правового поля

діяльності відповідних структур [1–4]. У випадку, що розглядається, це стосується системи пошуково-рятувальних операцій в гірській місцевості, які здійснюються за будь-яких погодних умов та часу доби. Досліджуючи умови виконання завдань рятувальниками гірськими в гірській місцевості та регламент проведення рятувальних робіт в країнах Євросоюзу, можна зробити висновок, що захист самих рятувальників має не вирішені дотепер проблеми [5–9]. Під час проведення пошуково-рятувальних робіт рятувальник гірський зазнає впливу широкого спектру небезпечних і шкідливих факторів (НШФ) [14]. Домінуючими НШФ є кліматичні умови (низька температура, висока температура), фізичні навантаження та ненормований робочий режим виконання робіт [15]. На сьогодні в Україні рятувально-пошукові роботи в гірській місцевості здійснюють у п'яти областях: Закарпатській, Львівській, Івано-Франківській, Чернівецькій та Тернопільській. Понад 200 рятувальників гірських цілодобово здійснюють чергування в гірській місцевості. Беручи до уваги відсутність нормативно-правового забезпечення функціонування рятувально-пошукових операцій в гірській місцевості в Україні, постає логічне завдання щодо визначення оптимальних режимів роботи рятувальників, обґрунтування методів та способів мінімізації впливу НШФ, розроблення системи регламентів застосування відповідних засобів індивідуального заходу (ЗІЗ).

2. Постановка завдання та його вирішення. Методи дослідження.

Забезпечення безпечних умов виконання пошуково-рятувальних робіт рятувальниками гірськими є довготривалим науковим пошуком і передбачає здійснення багатофакторних комплексних досліджень. Визначальним завданням є визначення ризиків та зниження їх до рівня допустимих, враховуючи

зобов'язання відповідних структур в царині політики гігієни та безпеки праці (ГіБП).

Особливо важливим, у зазначеному науковому пошуку, є визначення нормованого часу здатності рятувальника гірського ефективно виконувати завдання. З метою створення системи нормативно-правового поля функціонування рятувальників в гірській місцевості, відповідно до міжнародних норм з безпеки праці, маємо застосувати модель з факторами впливу: параметри навколишнього середовища (температура, швидкість вітру) висота сніжного шару, рельєф місцевості, параметри ЗІЗ, фізичне навантаження. Окремого і обов'язкового дослідження заслуговує процес метаболізму рятувальника гірського за фактичних факторів впливу і засобів їх мінімізації.

Деталізація функціоналу процесу метаболізму вимагає врахування активних компонентів: кровотік, вміст кисню в крові, площа поверхні тіла, серцевий викид, рівень дегідратації (зневоднення), ударний об'єм та об'єм поглинання кисню. До пасивних компонентів віднесемо індекси, що моделюють серцевину, м'язи, жир, судини шкіри та шкіру без судин. У разі визначення енергії витраченої рятувальником, доцільно застосувати формулу [11]:

$$M = (10 \cdot m + 6,25 \cdot h - 5 \cdot n + 5) \cdot \frac{4184}{24 \cdot 60^2}, \quad (1)$$

де m – маса тіла в кілограмах, h – зріст у сантиметрах, n – вік у роках, а частка в кінці – перетворення між кілокалоріями та ватами. Потім розраховане перше значення округляли до найближчого цілого числа. Вибране максимальне значення M становило 900 Вт, оскільки вважалось, що цей показник перевищує істинний M для всіх рятувальників гірських. Спрощений приклад оцінки процесу швидкості метаболізму представлено на рис. 1.

Рисунок 1 – Спрощений приклад оцінки швидкості метаболізму від температури ядра за допомогою моделі терморегуляції

За форматом цього експерименту, а також за відповідними джерелами [8–17], було запропоновано модель та проведені розрахунки процесу метаболізму рятувальника гірського під час роботи за різної інтенсивності навантажень.

Для побудови моделі застосовано програмний комплекс ANSYS FLUENT. Запропонована модель містить об'єми моделі серцевини тіла рятувальника гірського, поверхневого шару шкіри, а також шари захисного одягу (в зимовий період). Такий вид моделі дає змогу врахувати нерівномірність температури різних частин тіла, а також вплив початкового розподілу температур на тепловий стан організму. Схема представлена на рисунку 2.

Підкостюмний простір для розрахунків не урахувався. Натільний одяг урахується в моделі як термічний опір на поверхні контакту об'єму поверхневого шару тіла. Його величина була визначена виходячи з величини температур шкіри, виміряних під час експерименту, а саме при виконанні пошуково-рятувальних робіт поблизу трьох населених пунктів Закарпатської області в гірській місцевості: Лазещина, Н.Ворота, Пилипець (таблиця 1) в травні місяці. При цьому температура оточуючого середовища була, у більшості випадків, комфортною.

Рисунок 2 – Схема теплообміну рятувальника гірського з навколишнім середовищем: t_{n1} – температура поверхні тіла; t_{n2} – не покриті захисним одягом; x_1-x_4 – координати меж шарів прогнозованого захисного одягу (зимовий період)

Таблиця 1 – Середні значення умов навколишнього середовища відповідно місця проведення пошуково-рятувальних робіт у Закарпатській області

дислокація	день	Температура повітря (°C)	Відносна вологість (%)
Лазещина	1	23.7	55.2
	2	24.1	54.9
Н.Ворота	1	21.2	34.2
	2	15.7	69.2
	3	16.5	47.4
Пилипець	1	18.2	45.9
	2	18.4	49.7

У зазначеному випадку проведення пошуково-рятувальних робіт у гірській місцевості враховувались як інтенсивність пересування груп, так і рельєф місцевості.

Було взято середній ступінь навантаження. Результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Моделювання температури серцевини тіла рятувальника гірського і швидкості метаболізму

Швидкість метаболізму (Вт)	Моделювана температура тіла рятувальника гірського (°C)	ПКК (показник коефіцієнта кореляції)
270	37.51	0.02
272	37.54	0.01
274	37.56	0.03
277	37.60	0.05
278	37.61	0.06

Пошукові роботи здійснювались у лісистій місцевості з чагарниками, що не давало змоги збільшити швидкість пересування груп. Одяг рятувальника гірського складався з літнього комплексу: натільна білизна, куртка та брюки (бавовняні), кепі та берцовки. Необхідно зазначити, що базову модель терморегуляції та процесу метаболізму в подальшому маємо розглядати з урахуванням конвекції,

випромінювання, випаровування, теплопровідності шарів захисного одягу та температурного режиму підкостюмного простору. На рисунку 2 представлено схему теплообміну рятувальника гірського з навколишнім середовищем.

У процесі проведення досліджень температури тіла рятувальників гірських у кожній із трьох локацій було задіяно 8 осіб із двох рятувально-пошукових відділень. Необхідно зазначити, що дослідження здійснювались як у зимовий період, так і весняний – у травні. В представленій роботі надаються результати досліджень, які здійснювались під час травневих пошуково-рятувальних робіт. (табл. 3).

За базові параметри та метод дослідження було взято основні критерії моделі ANSYS FLUENT – це модель терморегуляції, розроблена для прогнозування теплового навантаження, яке відчуває людина в спортивних, промислових і військових умовах. Ця програма моделює фізіологічні зміни температури тіла, реакції термоелектронів і зміни кровообігу для суб'єктів, які мають різні типи одягу і виконують роботи в умовах низьких чи підвищених температур зовнішнього середовища, де метаболічне розсіювання тепла може бути ускладнене.

Програмний комплекс ANSYS FLUENT прогнозує внутрішню температуру з урахуванням ряду вхідних

Таблиця 3 – Результати дослідження параметрів рятувальника: температура серцевини тіла (T_c) та максимальна зміна температури в ядрі ($\Delta T_c, \max$), розрахункова швидкість метаболізму (M) та загальні витрати енергії G , а також середньоквадратична похибка між спостережуваними та розрахунковими значеннями температури ядра для кожного виміру

Локація	I. роботи	Кількість вимірів	T_c (°C)	$T_{\text{Cpн}}$ (°C)	Obs. v.Mod. T_c (°C)	$\Delta T_c, \max$ (°C)	M (Вт)	E (МДж)
Лазещина	незначна	6	37.4±0.2	37.4±0.2	0.06±0.05	0.8±0.4	225±55	1.7±0.3
	помірна	2	38.2	38.2	0.02	0.6	325	1.9
	висока	0	-	-	-	-	-	-
	незначна	4	37.3±0.2	37.4±0.2	0.10±0.10	1.0±0.4	223±143	1.8±0.5
	помірна	4	37.9±0.5	37.9±0.4	0.05±0.02	1.7±0.5	319±177	2.4±0.5
	висока	0	-	-	-	-	-	-
	незначна	3	37.1±0.4	37.2±0.3	0.12±0.04	1.2±0.5	247±178	1.5±0.1
Н.Ворота	помірна	2	37.3	37.4	0.08	1.1	301	1.5
	висока	3	37.9±0.5	37.9 ±0.5	0.03±0.02	1.6±0.2	515±178	2.5±0.1
	легка	6	37.3±0.1	37.3±0.1	0.08±0.07	0.4±0.1	184±66	1.3±0.2
	помірна	0	-	-	-	-	-	-
	висока	0	-	-	-	-	-	-
	незначна	6	37.2±0.1	37.3±0.1	0.08±0.10	0.5±0.5	217±140	1.2±0.3
	помірна	0	-	-	-	-	-	-
Пилипець	висока	0	-	-	-	-	-	-
	незначна	3	37.3 ±0.2	37.4 ±0.2	0.13±0.01	0.8±0.1	260±175	1.3±0.1
	помірна	2	37.4 ±0.3	37.5 ±0.3	0.08±0.08	1.0±0.3	363±266	1.8±0.2
	висока	2	38.4±0.3	38.3±0.3	0.01±0.01	0.9±0.8	542±142	2.6±0.4
	незначна	2	37.3±0.2	37.3±0.2	0.13±0.06	0.6±0.3	232±158	1.2±0.2
	помірна	3	37.5±0.3	37.6±0.3	0.04±0.02	1.0±0.1	392±231	2.0±0.3
	висока	2	38.3±0.2	37.9±0.2	0.02±0.00	0.6±0.4	494±149	2.2±0.1

даних, включаючи швидкість метаболізму (M); параметри навколишнього середовища (температура повітря (T_n), середню температуру випромінювання T_v , швидкість вітру V_v і відносну вологість; біофізичні характеристики одягу (утеплювач (clo), паропроникність (i m)); індивідуальні антропометричні параметри (зріст, вага і % жиру в організмі).

Модель поділяється на пасивну і активну складові. Пасивні компоненти можна подавати у вигляді 4 або 6 концентричних циліндрів, кожен з яких моделюватиме відповідну частину іншого макрокомпонента людського тіла:

- 1) центральне ядро, яке представляє серце, легені та внутрішні органи;
- 2) м'язовий шар;
- 3) підшкірно-жировий шар;
- 4) судинний шкірний шар;
- 5) поверхневий без судинний шкірний шар;
- 6) центральний компартмент крові.

Інтенсивність роботи визначається як «легка»: $\dot{M} < 300$ Вт; «помірна»: $300 \text{ Вт} \leq \dot{M} < 450 \text{ Вт}$; «висока»: $\dot{M} \geq 450 \text{ Вт}$.

Швидкість метаболізму оцінювали шляхом генерації оцінюваних значень та порівнянних оцінок із спостережуваними значеннями для кожного рятувальника гірничого. Генерування діапазону оцінювання значень було здійснено шляхом утримання всіх вхідних параметрів постійними і вводили діапазон M для кожного кроку часу (від 1 секунди до 1 хвилини). Після того як діапазон M та інші вхідні дані було опрацьовано ANSYS FLUENT і сформовано діапазон оцінювання значень T_c , розраховували кореневу квадратну похибку між кожним оціненим значенням T_c та спостереженим значенням. Потім було обрано M , яке дало розрахункове значення T_c з найменшою похибкою, як найкращий показник для цього кроку часу ($t=n$), а процедуру повторили для наступного кроку часу ($t=n+1$).

Обговорення результатів

На нашу думку, беручи до уваги вимоги [18–20], в державах Європи – членах ЄС та Україні, не визначено та чітко не прописано норми безпеки і гігієни праці рятувальників гірських в гірській місцевості. Проведеним дослідженням обґрунтовано методологію побудови моделі для визначення впливу НШФ роботи рятувальників гірських під час пошуково-рятувальних робіт в гірській місцевості. В роботі визначено енергетичні витрати (E) рятувальника гірського під час навантажень різного ступеня. Існуючі методи обчислення та моделювання [21–24] дають можливість обчислювати температурні та дифузійні процеси в матеріалах або пакетах матеріалів, що для випадку процесів теплопереносу в тілі людини недостатньо інформативні.

М'язові навантаження можуть збільшувати метаболізм до 15 разів у порівнянні з базовим показником. Втрата-передача тепла відбувається як випаровуванням, так і конвективним механізмом. За варіанту моделювання «серцевина-тіло-поверхня», зазвичай застосовують підхід, де тепловий потік на поверхні тіла з координатою X_n і температурою $t_{нов} = t(X_n, \tau)$ сумарно становить три складові теплового потоку:

$$\sum q = q_{нагр} - q_{конв} - q_{рад}, \quad (2)$$

де $q_{нагр}$ – тепловий потік серцевини, $q_{рад}$ – радіаційний тепловий потік від поверхні тіла $t_{ос}$, який обчислюється за законом Стефана-Больцмана:

$$q_{рад} = 5,67 \cdot \varphi \cdot \xi \cdot \left(\left(\frac{t_{нов} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{ос} + 273}{n} \right)^4 \right), \quad (3)$$

У випадку, що розглядається, для досягнення мети необхідні конкретні налаштування дискретизації та визначення параметрів з оптимальною точністю при мінімальних чисельних зусиллях. Слід враховувати вихідну точку нашої конкретної програми потоку тепла (конвекційний тепловий), що не є загальним у моделі, який подано в нестислому однофазному потоці без хімічних реакцій. У подальшому, варіант методології, що пропонується, передбачає збільшення в моделі кількості параметрів, зокрема, дослідження впливу швидкості кровотоку, зменшення часового кроку, збільшення ітераційного циклу. Запропонований метод дозволить прогнозувати процеси у терморегуляторному центрі у гіпоталамусі, через який здійснюється взаємозв'язок вегетативної нервової системи щодо контролю передачі тепла від серцевини тіла рятувальника гірського до поверхні тіла завдяки кровообігу.

Висновки

Проведене дослідження фактичного процесу метаболізму у рятувальників гірських під час проведення пошуково-рятувальних робіт у гірській місцевості за різних навантажень дозволяє стверджувати таке. Для оцінки M -профілів, здатних генерувати фіксовані температурні режими як вхідні дані, в моделі терморегуляції використовувались максимальні значення T_c та значення навколишнього середовища, для кожного рятувальника гірського – M . Показники об'єднувались в одну з трьох груп інтенсивності праці. Інтенсивність визначалась із розрахунку меж від 110 до 500 Вт. Середні значення M мали коливання в межах від 180 ± 70 Вт до 510 ± 152 Вт. Загальні витрати енергії для кожного періоду роботи коливались від $1,1 \pm 0,2$ МДж до $2,4 \pm 0,5$ МДж.

Результати аналізу отриманих показників засвідчили підвищення температури тіла рятувальника гірського до $1,6^\circ\text{C}$ упродовж двох годин пошуково-рятувальних робіт. Зазначені результати дозволяють формувати методологію створення алгоритму виконання пошуково-рятувальних робіт у гірській місцевості. Показники підвищення температури серцевини тіла рятувальника гірського за відповідних навантажень та температури зовнішнього середовища без додаткових засобів індивідуального захисту можна застосовувати як базову платформу формування нормативних вимог щодо класифікації умов праці рятувальника гірського в гірській місцевості та подальшого дослідження мінімізації впливу небезпечних і шкідливих факторів.

Конфлікт інтересів

У авторського колективу немає конфліктів інтересів, пов'язаних з цим дослідженням.

Висловлення подяки

Автори висловлюють подяку рятувальникам гірським Закарпатського гарнізону за надану можливість проведення досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). [Чинний від 2016-04-01]. Вид. Офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
2. ДСТУ EN 12280-3:2018 (EN 12280-3:2002, IDT).
3. ДСТУ EN 1077:2017 Шоломи для гірськолижників і сноубордистів (EN 1077:2007, IDT). Київ, 2017. 27 с.

4. DIN EN 12492-2012 Спорядження альпіністське. Каски для альпіністів. Вимоги безпеки і методи випробовування. Берлін, 2012. 24 с.
5. Birkeland, K.W. 2021. When the cracks begin to show: Cutting edge avalanche research from the Colorado Snow and Avalanche Workshop. The Avalanche Review. 39(3), 30–33.
6. Occupational Safety and Health Administration May [cited 2012 Jan 31]. Construction Safety and Health Outreach Program. Available from: <http://www.osha.gov/doc/outreachtraining/htmlfiles/hazglos.html>.
7. <https://www.onthesnow.com/news/a/15157/does-elevation-affect-temperature,2021>.
8. Giacomo Strapazzon, Dimitri Ambühl, Volker Lischke, Simon Rauch, Jürgen Knapp. Challenges of helicopter mountain rescue missions by human external cargo: need for physicians onsite and comprehensive training. Pietsch et al. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine (2019) 27:17 <https://doi.org/10.1186/s13049-019-0598-2>.
9. Міжнародна наукова конференція «Безпека, Екстремізм, Тероризм», 07-08.10 2019, м. Подгайск, Словачка Республіка.
10. Givoni B., Goldman RF. Predicting metabolic energy cost. Journal of Applied Physiology. 1971; 30(3). 429–433.
11. Mifflin MD, St. Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, and Koh YO (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in health individuals. The American Journal of Clinical Nutrition, 51(2). 241–247.
12. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 «Керування ризиками. Методи загального оцінювання ризику».
13. Hayashi, Y., Okura, T., Nakagaichi, M. and Tanaka, K. (2003). The influence of moderate and high-intensity exercise on perception of exercise intensity and physiological variables during self-selected aerobic exercise. Japanese Society of Physical Education, 48. 299–312.
14. Okura, T., Hayashi, Y., Wada, M. and Tanaka, K. (2000). Effect of exercise habit on the cardiorespiratory and psychological responses to self-prescribed intensities. Japanese Society of Physical Education, 45. 201–212.
15. Bailey D. M. and Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: A review. British Journal of Sports Medicine, 31, – P. 183– 190. doi:10.1136/bjism.31.3.183.
16. Roels, B., Bentley, D. J., Coste, O., Mercier, J. and Millet, G.P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. European Journal of Applied Physiology, 101. 359–368. doi: 10.1007/s00421-007-0506-8.
17. Bert, P. (1943). Barometric pressure: Researches in experimental physiology. College Book Co., Columbus. doi: 10.5962/bhl.title.6434.
18. Bailey, D.M. and Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: A review. British Journal of Sports Medicine, 31, 183–190. doi: 10.1136/bjism.31.3.183.
18. Imakawa, S. (2008). Molecular biology on high altitude hypoxic training. Igakuno Ayumi, 225. 1287–1292.
19. Kacin, A., Golja, P. and Eiken, O., Tipton, M.J. and Mekjavic, I.B. (2007). The influence of acute and 23 days of intermittent hypoxic exposures on the exercise-induced forehead sweating response. European Journal of Applied Physiology, 99. 557–566. doi: 10.1007/s00421-006-0364-9.
20. Asano, K. and Kobayashi, K. (2004). Science of altitude training. Kyorin, Tokyo.
21. Директиви Ради 89/391/ЄЕС від 12 червня 1989 р. про впровадження заходів для заохочення вдосконалень у сфері безпеки і охорони здоров'я працівників під час роботи.
22. Директиви Ради 89/654/ЄЕС від 30 листопада 1989 р. про мінімальні вимоги стосовно безпеки і охорони здоров'я на робочому місці.
23. Директиви Ради 92/58/ЄЕС від 24 червня 1992 р. про мінімальні вимоги до забезпечення позначень безпеки та/або гігієни на робочому місці.
24. Кваско М. З. Числові методи комп'ютерного моделювання автоматичних систем. Алгоритми і програми : навч. посібник / Кваско М.З., Кубрак А.І., Жученко А.І. Київ: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. 360 с.
25. Орлов А. И. Экспертные оценки : учебное пособие / А.И. Орлов. 2002. 31 с.

REFERENCE

1. DSTU OHSAS 18002: 2015. Occupational health and safety management systems. Basic principles of compliance with the requirements of OHSAS 18001: 2007 (OHSAS 18002: 2008, IDT). [Effective from 2016-04-01]. View. Officer. Kyiv: UkrNDNC.
2. DSTU EN 12280-3: 2018 (EN 12280-3: 2002, IDT).
3. DSTU EN 1077: 2017 Helmets for skiers and snowboarders (EN 1077: 2007, IDT). - К.: 2017. - 27 с.
4. DIN EN 12492-2012 Mountaineering equipment. Helmets for climbers. Safety requirements and test methods. - Berlin, 2012. - 24 p.
5. Birkeland, K.W. 2021. When the cracks begin to show: Cutting edge avalanche research from the Colorado Snow and Avalanche Workshop. The Avalanche Review. 39(3), 30–33.
6. Occupational Safety and Health Administration May [cited 2012 Jan 31]. Construction Safety and Health Outreach Program. Available from: <http://www.osha.gov/doc/outreachtraining/htmlfiles/hazglos.html>.
7. <https://www.onthesnow.com/news/a/15157/does-elevation-affect-temperature,2021>.
8. Giacomo Strapazzon, Dimitri Ambühl, Volker Lischke, Simon Rauch, Jürgen Knapp. Challenges of helicopter mountain rescue missions by human external cargo: need for physicians onsite and comprehensive training. Pietsch et al. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine (2019) 27:17 <https://doi.org/10.1186/s13049-019-0598-2>.
9. International Scientific Conference "Security, Extremism, Terrorism", 07-08.10 2019, Podgaisk, Slovak Republic.
10. Givoni B., Goldman RF. Predicting metabolic energy cost. Journal of Applied Physiology. 1971; 30(3). 429–433.
11. Mifflin MD, St. Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, and Koh YO (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in health individuals. The American Journal of Clinical Nutrition, 51(2). 241–247.
12. DSTU ІЕС / ISO 31010: 2013 "Risk management. Methods of general risk assessment".
13. Hayashi, Y., Okura, T., Nakagaichi, M. and Tanaka, K. (2003). The influence of moderate and high-intensity exercise on perception of exercise intensity and physiological variables during self-selected aerobic exercise. Japanese Society of Physical Education, 48. 299–312.
14. Okura, T., Hayashi, Y., Wada, M. and Tanaka, K. (2000). Effect of exercise habit on the cardiorespiratory and psychological responses to self-prescribed intensities. Japanese Society of Physical Education, 45. 201–212.

15. Bailey D. M. and Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: A review. *British Journal of Sports Medicine*, 31, – P. 183– 190. doi:10.1136/bjsm.31.3.183.
16. Roels, B., Bentley, D. J., Coste, O., Mercier, J. and Millet, G.P. (2007). Effects of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 101. 359–368. doi: 10.1007/s00421-007-0506-8.
17. Bert, P. (1943). *Barometric pressure: Researches in experimental physiology*. College Book Co., Columbus. doi: 10.5962/bhl.title.6434.
18. Bailey, D.M. and Davies, B. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: A review. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 183–190. doi: 10.1136/bjsm.31.3.183.
18. Imakawa, S. (2008). Molecular biology on high altitude hypoxic training. *Igakuno Ayumi*, 225. 1287–1292.
19. Kacin, A., Golja, P. and Eiken, O., Tipton, M.J. and Mekjavic, I.B. (2007). The influence of acute and 23 days of intermittent hypoxic exposures on the exercise-induced forehead sweating response. *European Journal of Applied Physiology*, 99. 557–566. doi: 10.1007/s00421-006-0364-9.
20. Asano, K. and Kobayashi, K. (2004). *Science of altitude training*. Kyorin, Tokyo.
21. Council Directive 89/391 / EEC of 12 June 1989 on the implementation of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work.
22. Council Directive 89/654 / EEC of 30 November 1989 concerning the minimum safety and health requirements for the workplace.
23. Council Directive 92/58 / EEC of 24 June 1992 on the minimum safety and / or hygiene requirements in the workplace.
24. Kvasko MZ Numerical methods of computer modeling of automatic systems. Algorithms and programs: textbook. manual / Kvasko MZ, Kubrak AI, Zhuchenko AI - Kyiv: Polytechnic Publishing House, 2003. –360 p.
25. Orlov AI Expert assessments: a textbook / AI Orlov. Orlov - M., 2002. - 31 p.

А. Токарский, Б. Болибрух

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ РАБОТЫ СПАСАТЕЛЕЙ ГОРНЫХ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИ РАЗНЫХ НАГРУЗКАХ И ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Целью статьи является обоснование основных критериев для разработки методики определения оптимального времени работы спасателей горных при различных нагрузках и температурах воздействия. Проведен анализ условий труда спасателей горных в весенний период. Осуществлены экспериментальные исследования процесса метаболизма спасателей без защитной одежды. Проведены экспериментальные исследования и моделирование влияния интенсивности выполнения работ при температуре окружающей среды в диапазоне +16 – -24°C. Исследована динамика процесса метаболизма спасателя горного при проведении поисково-спасательных работ в горной местности. Определены температурные режимы сердцевинны тела спасателя в условиях нагрузок различной интенсивности. Определены энергетический диапазон выполнения задач в горной местности по трем видам нагрузок. Построен алгоритм исследования процесса метаболизма в горной местности, что дает возможность классифицировать условия проведения поисково-спасательных работ по степени тяжести видов работ. Полученные показатели нагрузок, метаболизма, интенсивности выполнения поисково-спасательных работ дают возможность сформировать базовую модель исследования процесса нормирования сроков выполнения задач. Применение программного комплекса ANSYS FLUENT и уточненных критериев оценки процесса метаболизма позволило усовершенствовать методологию модели определения энергетических затрат спасателя горного при выполнении работ в горной местности. Выводы. Обоснована необходимость создания расчетной модели внедрения санитарно-гигиенических требований для регламента безопасных режимов работы спасателей горных. Определены базовые факторы модели для дальнейших исследований.

Ключевые слова: условия труда, метаболизм, температуры сердцевинны тела, регламент работ.