УДК 677.07: 612

КУРГАНСЬКА М.М.*, БЕРЕЗНЕНКО С.М.*, МАЛІЙ А.О., КУРГАНСЬКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.М.***
*Київський національний університет технологій та дизайну
** Головне управління розвитку та супроводження матеріального забезпечення ЗСУ

ОЦІНЮВАННЯ СУМІСНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ КОМПЛЕКТІВ БОЙОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ: АЕРОБНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОРГАНІЗМУ СУБ'ЄКТІВ

Мета. *Визначити вагомість застосування показника аеробної продуктивності організму VO2 max та методів його визначення при оцінюванні сумісності елементів бойового єдиного комплекту ЗСУ і одягу спеціального призначення та їх відповідності тактико-технічним характеристикам.*

Методика. *Застосовано аналітичний огляд і загальну методологію системного підходу до проектування та оцінювання відповідності речового майна тактико-технічним вимогам та сумісності його елементів.*

Результати. *Встановлено вагомість застосування показника максимальної аеробної продуктивності при відборі суб'єктів для проведення досліджень та оцінювання ступеню їх тотожної навантаження.*

Наукова новизна. *Запропоновано шляхи удосконалення методу оцінювання відповідності комплектів одягу спеціального призначення тактико-технічним вимогам як інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів.*

Практична значимість. *Застосування показника аеробної продуктивності VO2 max при відборі суб'єктів та контролю інтенсивності їх навантаження дозволить підвищити відтворюваність результатів досліджень відповідності комплектів одягу спеціального призначення як безпосередньо його елементів конструкції так і зміни динамічних характеристик текстильних пакетів матеріалів.*

Ключові слова: *одяг спеціального призначення, бойовий єдиний комплект, комфортність, ЗСУ, аеробна продуктивність, VO2 max.*

Вступ. Оцінювання ступеню відповідності комплектів речового майна підрозділів ЗСУ та інших силових структур тактико-технічним характеристикам потребує розширення переліку критеріїв з урахуванням інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів. На теперішній час дослідження проводяться за залишковим принципом, що спричинено здебільшого відсутністю підходів та критеріїв оцінювання.

Постановка завдання. Для характеристики функціонального стану та аеробної продуктивності використовується системний підхід, відповідно до якого функціональні можливості організму інтегрально відображають взаємодію чинників, що і є основою для проведення комплексних досліджень.

На теперішній час, в частині розробки речового майна, не проводиться оцінювання із застосуванням відповідного лабораторного обладнання або прогнозування значень аеробної продуктивності VO_2 max. Такий показник доцільно оцінювати за здатністю зберігати оптимальні функціональні параметри в умовах впливу декількох чинників. Пряме вимірювання максимального споживання кисню VO_2 max вважається найбільш точним методом оцінки аеробної здатності суб'єкта. Слід зауважити, що пряме вимірювання коштує дорого, забирає багато часу, вимагає високої мотивації суб'єкта, і не дозволяє проводити дослідження за участю великої кількості суб'єктів [1]. Так для оцінювання ступеню

відповідності параметрів мікроклімату в підодяговому просторі, величини теплового опору комплекту одягу, як критерію сумісності, застосовують системи вимірювання та моніторингу [2]. Відповідно, у ці системи можливо інтегрувати підсистему з оцінювання аеробної продуктивності суб'єкта. Показник VO_2 max застосовується для оцінювання ступеню відповідності та теплового стану взагалі [3,4] та при використанні засобів індивідуального РХБ захисту, ізолювальних костюмів, радіаційно-захисного одягу [5]. Показник застосовується також в роботах [4], де розглянуто вплив конструкції снігоступів на працездатність військовослужбовця та теплове навантаження від ступеню покриття одягом тіла (без одягу, частково та повністю вдягнений). З огляду на необхідність оцінювання інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників комплектів бойового спорядження авторами [6] рекомендується застосування автоматизованого комплексу дистанційного моніторингу параметрів у системі «військовослужбовець-бойове екіпірування» неруйнівним методом.

Результати дослідження. Споживання кисню при м'язовій роботі збільшується, як відомо, пропорційно навантаженню. На показник VO_2 max впливають значна кількість факторів. З них найбільш важливими є такі [7]: інтенсивність вправ, спадковість, стан підготовки, стать, будова тіла, вік. Тому авторами [8] запропоновано суб'єктів розподілити на групи за показником VO_2 max, що відображає найвище фізіологічно досяжне значення спожитого кисню. Також слід враховувати, що вікова динаміка аеробної продуктивності організму, за якими оцінюють фізичне здоров'я людини, суперечлива .

Існує значна кількість способів прогнозування показника VO_2 max. Так, наприклад, для оцінювання впливу носіння костюму пожежника, на відміну від звичайного робочого одягу, проводиться за методикою Bruce Treadmill Test [9,10]. За цим тестом суб'єкти виконують вправи до знемоги на біговій доріжці за фіксованим протоколом трьох хвилинних етапів підвищення швидкість і кута нахилу. Оцінкою тесту є тривалість часу на біговій доріжці і може бути використана для оцінювання величини VO_2 max. Під час випробування також реєструються: частота серцевих скорочень, артеріальний тиск і рейтинги сприйманого навантаження [11]. Цей тест не використовується для проведення досліджень у статиці.

За протоколом цього тесту рівняння для визначення VO_2 max [9,10]:

Для чоловіків:

$$VO_2\,max = 14{,}8 - (1{,}379 \times T) + (0.451 \times T^2) - (0.012 \times T^3) \quad [1]$$

Для жінок:

$$VO_2\,max = 4{,}38 \times T - 3{,}9, \quad [2]$$

де Т - загальний час на біговій доріжці, вимірюється в частках хвилини.

Тест також використовується у педіатричній практиці та відноситься до непрямих тестів, який оцінює VO_2 max, використовуючи рівняння, а не за допомогою прямих вимірювань, які вимагають збору і вимірювання об'єму та концентрації вдихуваного кисню і повітря, що видихається. Так визначається кількість кисню спожитого спортсменом.

В таблиці 1 наведено норми VO_{2max} для чоловіків [10].

Таблиця 1

Норми VO2 max для чоловіків [10]

Вік, років	Норми VO_2 max для чоловіків, мл•кг$^{-1}$•хв$^{-1}$					
	Дуже погано	Погано	Добре	Дуже добре	Відмінно	Покращений
13-19	<35.0	35.0-38.3	38.4-45.1	45.2-50.9	51.0-55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0-36.4	36.5-42.4	42.5-46.4	46.5-52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5-35.4	35.5-40.9	41.0-44.9	45.0-49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2-33.5	33.6-38.9	39.0-43.7	43.8-48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1-30.9	31.0-35.7	35.8-40.9	41.0-45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5-26.0	26.1-32.2	32.3-36.4	36.5-44.2	>44.2

Також застосовується 1-Mile Walking Test, який вимірює аеробний рівень фізичної підготовки на основі того, наскільки швидко суб'єкт можете пройти одну милю в субмаксимальній (помірної) інтенсивності [12]. Цей тест дозволяє прогнозувати показник VO_2 max. Застосовується також The Rockport Walking Test (RW) для прогнозування значення аеробної продуктивності VO_2 max. Тест ідеально підходить для використання з великими групами суб'єктів [13].

$$VO_2\ max = 132{,}853\ (0{,}0769 \times W)\ (0{,}3877 \times A) + (6{,}315 \times G)\ (3{,}2649 \times T1)\ (0{,}1565 \times HRpeak), \quad [3]$$

де W = маса тіла у фунтах;

A = вік, роки;

G = стать; 0 = жінки, 1 = чоловіки;

T1 = час для 1-mile track walk виражається в хвилинах і сотих частках хвилини;

HRpeak = пік частоти серцевих скорочень в уд/хв в кінці ¼ милі.

Відбір суб'єктів для випробувань пропонується проводити на основі показника VO_2 max [7,4]. Так для досліджень впливу величини вентиляційних отворів одягу на терморегуляцію під час тренування було обрано суб'єкти з показником VO_2 max рівним 51,0±1,5 мл•кг$_{-1}$•хв$^{-1}$. За результатами встановлено ступінь впливу окремих параметрів конструкції на тепловіддачу організму, але нажаль не встановлено залежності між ними та розмірними ознаками суб'єкта.

Авторами [14] проведено дослідження впливу матеріалу одягу на параметри дихання і значення частота серцевих скорочень під час фізичних зусиль. Дослідження також супроводжувались передуючим анкетним опитуванням з метою оцінювання суб'єктивного сприйняття фізіологічного комфорту в залежності від типу одягу під час тесту на біговій доріжці та оцінки загального настрою і самопочуття суб'єктів в цей конкретний день.

Рис.1. **Дослідження максимальної аеробної продуктивності VO_2 max [13,15]**

Суттєвим є дотримання певного діапазону енерговитрат в залежності від величини максимального споживання кисню VO_2 max для досягнення максимальної відтворюваності досліджень. Цей діапазон може бути застосований для тестування одягу спеціального призначення та відповідно його удосконалення. Також це дозволить більш точно визначати межі та інтенсивність навантажень на організм суб'єкта при застосуванні принципу зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж, щоб врахувати анатомію, біомеханіку людини та визначати ступінь його навантаження.

Висновки. Аналіз досліджень та наукових публікацій свідчить про існуючу проблему розробки одягу спеціального призначення та речового майна, що має передбачати поняття сумісності з виробами, що використовуються у поєднанні. Застосування VO_2 max дозволить розширити базу показників для аналізу відповідності їх тактико-технічним вимогам та сумісності виробів у системі та підвищити відтворюваність результатів досліджень. Запропоновано інтегрувати показник максимальної аеробної продуктивності організму до методу оцінювання відповідності комплектів одягу спеціального призначення тактико-технічним вимогам як інтегрованої сукупності кількісних і якісних показників (параметрів) його елементів.

Список використаних джерел

1. Kline G. M. et al. Estimation of VO_{2max} from a one-mile track walk, gender, age, and body weight //Med Sci Sports Exerc. – 1987. – Т. 19. – №. 3. – С. 253-259

2. Курганський А. В. Принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу мікроклімату під одягом / А. В. Курганський, С. М. Березненко, М. М. Курганська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. - 2016. - № 5 (102). - С. 118-125.

3. Douglas L., Krahenbuhl C. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes //Medicine and science in sports and exercise. – 1980. – Т. 12. – №. 5. – С. 357-360.

4. Montain S. J. et al. Physiological tolerance to uncompensable heat stress: effects of exercise intensity, protective clothing, and climate //Journal of Applied Physiology. – 1994. – Т. 77. – №. 1. – С. 216-222.

5. Patton J. F. et al. Energy cost of wearing chemical protective clothing during progressive treadmill walking //Aviation, space, and environmental medicine. – 1995. – Т. 66. – №. 3. – С. 238-242.

6. Курганський А. В. Інноваційні біометричні пакети текстильних матеріалів та виробів для комплексного оцінювання тактико-технічних властивостей речового майна військовослужбовців / А. В. Курганський. — Наука: безпека країни та розвиток військово-промислового комплексу: Інформаційно-комунікативний захід (м. Київ, 12-13 жовтня 2016) / відп. ред. В.С.Шовкалюк. — К.: ТОВ «Міжнародний виставковий центр», 2016. — С. 85-86.

7. Gavin T. P. et al. Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat //Medicine and science in sports and exercise. – 2001. – Т. 33. – №. 12. – С. 2124-2130.

8. Day J. R. et al. The maximally attainable VO2 during exercise in humans: the peak vs. maximum issue //Journal of applied physiology. – 2003. – Т. 95. – №. 5. – С. 1901-1907.

9. Bruce R. A. Multi-stage treadmill test of submaximal and maximal exercise //Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians. – 1972. – С. 32-34.

10. Bruce treadmill test protocol – Glendale [Електронний ресурс]: Bruce treadmill test protocol.:Режим доступу: http://www.glendaleaz.com/HealthCenter/documents/Bruce_treadmill_ test_protocol.pdf. – Назва з екрана.

11. Borg G. A. Psychophysical bases of perceived exertion //Med sci sports exerc. – 1982. – Т. 14. – №. 5. – С. 377-381.

12. Widrick J. et al. Treadmill validation of an over-ground walking test to predict peak oxygen consumption //European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1992. – Т. 64. – №. 4. – С. 304-308.

13. VO2 Arena? - The Woodland Clinic [Електронний ресурс]: VO2 Arena.: Режим доступу: http://www.thewoodlandclinic.co.uk/blog/vo2-arena. – Назва з екрана

14. Ciesielska I., Mokwiński M., Orłowska-Majdak M. Influence of different kind of clothing material on selected cardiovascular, respiratory and psychomotor parameters during moderate physical exercise //International journal of occupational medicine and environmental health. – 2009. – Т. 22. – №. 3. – С. 215-226.

15. Patterson M. J. et al. Gender and physical training effects on soldier physical competencies and physiological strain. – Defence science and technology organisation victoria (australia) human protection and performance div, 2005. – №. DSTO-TR-1875

References

1. Kline G. M. et al. [*Estimation of VO2max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight Med Sci Sports Exerc*] 1987. Т. 19. №. 3. 253-259 pp [in English].

2. Kurganskii A. V., Bereznenko S. M., Kurganska M.M. [*Princip zonal'no-diferencijovanogo roztashuvannya elementiv bezdrotovix sensornix merezh monitoringu mikroklimatu pid odyagom*] Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. Engineering. 2016. № 5 (102). 118-125 pp [in Ukrainian].

3. Douglas L., Krahenbuhl C. S. [*Running economy and distance running performance of highly trained athletes*] Medicine and science in sports and exercise. 1980. Т. 12. №. 5. 357-360 pp [in English].

4. Montain S. J. et al. [Physiological tolerance to uncompensable heat stress: effects of exercise intensity, protective clothing, and climate] Journal of Applied Physiology. 1994. Т. 77. №. 1. 216-222 pp [in English].

5. Patton J. F. et al. [*Energy cost of wearing chemical protective clothing during progressive treadmill walking*] Aviation, space, and environmental medicine. 1995. Т. 66. №. 3. 238-242 pp.

6. Kurganskii A. V. [*Innovacijni biometrichni paketi tekstil'nix materialiv ta virobiv dlya kompleksnogo ocinyuvannya taktiko-texnichnix vlastivostej rechovogo majna vijs'kovosluzhbovciv*] Science: security and development of military-industrial complex. 2016. 85-86 pp [in Ukrainian].

7. Gavin T. P. et al. Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat / Medicine and science in sports and exercise. 2001. Т. 33. №. 12. 2124-2130 pp.

8. Day J. R. et al. The maximally attainable VO2 during exercise in humans: the peak vs. maximum issue //Journal of applied physiology. – 2003. Т. 95. №. 5. 1901-1907 pp [in English].

9. Bruce R. A. Multi-stage treadmill test of submaximal and maximal exercise //Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians. – 1972. – 32-34 pp [in English].

10. Bruce treadmill test protocol – Glendale: Bruce treadmill test protocol.:Режим доступу: http://www.glendaleaz. com/HealthCenter/ documents/Bruce _treadmill_test _protocol.pdf.

11. Borg G. A. Psychophysical bases of perceived exertion //Med sci sports exerc. – 1982. – Т. 14. – №. 5. 377-381 pp [in English].

12. Widrick J. et al. Treadmill validation of an over-ground walking test to predict peak oxygen consumption //European journal of applied physiology and occupational physiology. – 1992. – Т. 64. – №. 4. 304-308 pp [in English].

13. VO2 Arena? - The Woodland Clinic [Електронний ресурс]: VO2 Arena.: http:// www. The woodlandclinic.co.uk/blog/vo2-arena [in English].

14. Ciesielska I., Mokwiński M., Orłowska-Majdak M. Influence of different kind of clothing material on selected cardiovascular, respiratory and psychomotor parameters during moderate physical exercise / International journal of occupational medicine and environmental health. – 2009. – Т. 22. – №. 3. –215-226 pp [in English].

15. Patterson M. J. et al. Gender and physical training effects on soldier physical competencies and physiological strain. – Defence science and technology organisation victoria (australia) human protection and performance div, 2005. – №. DSTO-TR-1875[in English].

ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ ЕЛЕМЕНТОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКТОВ БОЕВОЙ ЭКИПИРОВКИ: АЭРОБНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ОРГАНИЗМА СУБЪЕКТОВ

КУРГАНСКАЯ М.Н.*, БЕРЕЗНЕНКО С.Н.*, МАЛИЙ А.О., КУРГАНСКИЙ А.В.*, ВАСИЛЕНКО В.Н.***

** Киевский национальный университет технологий и дизайна*
*** Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ*

Цель. *Определить весомость использования показателя аэробной продуктивности организма VO_{2max} и методов его определения при оценке совместимости элементов боевого единого комплекта ВСУ и одежды специального назначения и их соответствия тактико-техническим характеристикам.*

Методика. *Использовано аналитический обзор и общую методологию системного подхода к проектированию и оцениванию соответствия вещевого имущества тактико-техническим характеристикам.*

Результаты. *Определенно весомость использования показателя максимальной аэробной продуктивности при отборе субъектов для проведения исследований и оценивания их тождественной нагрузке.*

Научная новизна. *Предложено пути усовершенствования метода оценивания соответствия комплектов одежды специального предназначения тактико-техническим требованиям как интегрированной совокупности количественных и качественных показателей (параметров) его элементов.*

Практическая значимость. *Использование показателей аэробной продуктивности (VO_2 max) при отборе субъектов и контроле интенсивности их нагрузке разрешит повысить воспроизводимость результатов исследований соответствия комплектов одежды специального назначения как непосредственно его элементов конструкции, так и изменений динамических характеристик текстильных пакетов материалов.*

Ключевые слова: *одежда специального назначения, боевой единый комплект, комфортность, ВСУ, аэробная продуктивность, VO_2 max.*

THE FUTURE COMBAT UNIFORM SYSTEMS: INTEROPERABILITY EVALUATION OF SUBSYSTEMS WITH SOLDIER'S AEROBIC CAPACITY

KURGANSKA M.M.*, BEREZNENKO S.M.*, MALIY A.O., KURHANSKYI A.V.*, VASYLENKO V.M.***

**Kiev National University of Technologies and Design*
*** Headquarters of the Development and Maintenance, Armed Forces of Ukraine*

Purpose. *It is to determine the importance of target aerobic performance VO2 max and methods of its determination in assessing the compatibility of the elements of combat uniform and sets of the Armed Forces of Ukraine special purpose and their compliance with tactical and technical characteristics.*

Methodology. *There has been applied analytical overview and general methodology of systematic approach to design and conformity assessment of real property tactical and technical requirements and interoperability of its elements.*

Findings. *It has been found out the application importance of the maximum aerobic performance in the selection of subjects for research and evaluation of the degree of their identical loading.*

Scientific novelty. *There have been suggested some ways of improving the method of assessing compliance with a set of clothes special purpose tactical and technical requirements as an integrated set of quantitative and qualitative indicators (parameters) of its elements.*

Practical value. *The use of indicator aerobic performance VO2max in the selection and control of their loading intensity will increase the reproducibility of research results matching sets of special purpose clothing* directly its structural elements and changes the dynamic characteristics of textile materials packages.

Keywords: *VO_2 max, wireless sensor network, protective clothing, military clothing, comfort, maximal oxygen consumption.*