

УДК 677.07

**КУРГАНСЬКИЙ А.В.\***, **САКОВЕЦЬ В.В.\*\***, **ГОНЧАРОВ О.С.\***,  
**ВАСИЛЕНКО В.М.\***, **НОВАК Д.С.\***, **АСТІСТОВА Т.І.**,  
**КУРГАНСЬКА М.М.\***

\* Київський національний університет технологій та дизайну

\*\* Головне управління розвитку та супроводження матеріального забезпечення ЗСУ

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗИМОВИХ КОМПЛЕКТІВ ОДЯГУ**

**Мета.** Визначення впливу холоду на параметри підодягового простору зимових комплектів у контрольованих умовах за участю людей.

**Методика.** Порівняльні тестування впливу якісних та кількісних характеристик предметів верхнього шару зимового комплекту Збройних Сил України за участю людей в умовах холоду.

**Результати.** Проаналізовано вплив предметів верхнього шару зимового комплекту та визначено вплив структури його пакетів матеріалів на стабільність на параметри підодягового простору в умовах холоду.

**Наукова новизна.** Отримано залежності параметрів підодягового простору, температури та відносної вологості, від структури пакетів матеріалів предметів верхнього шару зимових комплектів із застосуванням бездротової сенсорної натільної системи ІБК3.4 в умовах холоду у статистиці за участю людей.

**Практична значимість.** Отримано базові показники підодягового простору зимових комплектів для порівняльних тестувань по удосконаленню предметів верхнього захисного шару. Результати досліджень є вагомими для прогнозування максимального часу комфортного стану військовослужбовця та оптимізації кількісного та якісного складу датчиків бездротової сенсорної натільної системи.

**Ключові слова:** комфорт, спеціальний одяг, захист від холоду, температура, відносна вологість, мембрана, WBAN.

**Вступ.** Значну роль у зниженні несприятливих дій в умовах холоду відіграють раціональні види одягу, взуття та предметів комплектів загалом. Участь людей як суб'єктів у дослідженнях вимагає відповідного їх відбору та урахування вимог до циклу проведення серії досліджень. Дослідження при цьому повинні проводитись у контрольованих лабораторних умовах за участю людей (рівень 3) з метою максимального урахування динамічних характеристик ізоляції предметом верхнього шару комплекту зимового [1].

Ефективним комплектом вважається такий, що не порушує природню терморегуляцію суб'єкту через забезпечення необхідного ступеню повітропроникності кожного шару та предмету вцілому [2].

Сучасний єдиний індивідуальний бойовий комплект військовослужбовця ЗСУ є модульного типу для досягнення максимальної адаптивності окремо взятого військовослужбовця до різних потреб місії та умов навколишнього середовища. На теперішній час є потреба в удосконаленні структури модулів комплектів, уточнення вимоги до пакетів матеріалів окремих модулів [3].

**Постановка завдання.** Певні види обов'язків військовослужбовців вимагають перебування в умовах, які максимально наближені до статичних, при наявності значного негативного впливу холоду. Для цього у комплекті передбачено застосування кожуху для вартових. На теперішній час кожух для вартових не є продуктом масового виробництва, у зв'язку зі згортанням виробництва на базових підприємствах у період 2014-2016 років, тому постало питання пошуку альтернативного спеціального одягу для захисту від холоду.

**Результати дослідження.** За результатами аналізу альтернативними варіантами було обрано куртку волого-вітрозахисну подовжену, прямого силуету з пінним мікропористим покриттям тканини верху з утеплювачем та кожух для варткових з тканини верху та утеплювача-підкладки – штучне хутро (таблиця 1).

Таблиця 1

**Характеристика пакетів матеріалів предметів зовнішнього шару комплектів**

Код предмету	Назва предмету	Тип тканини	Волокнистий склад, %	Нормативні значення		
				Поверхнева густина, г/м <sup>2</sup>	Повітропроникність, л/м <sup>2</sup> ·с	Гіроскопічність, %
P1	Кожух для варткових	Основна	65 Бавовна, 35 ПЕ	260	> 20	> 10,0
		Утеплювач-підкладка	Штучне хутро	-	-	-
P2	Куртка зимова подовжена	Основна	100 ПЕ	260	> 20	> 6,0
		Утеплювач	100 ПЕ	135	> 50	> 6,0
		Підкладкова	100ПЕ	110	-	-

Дослідження проводились у два етапи за затвердженим протоколом (рис. 1) протягом часу порівняльних тестувань (Т, хв) 80 хв., з них: 20 хв. – сидіння при температурі 20±0,5°C та відносній вологості 58±4%; 60 хв. – ходьба до 2 км/год при температурі -18±1°C та відносній вологості 15±10%.

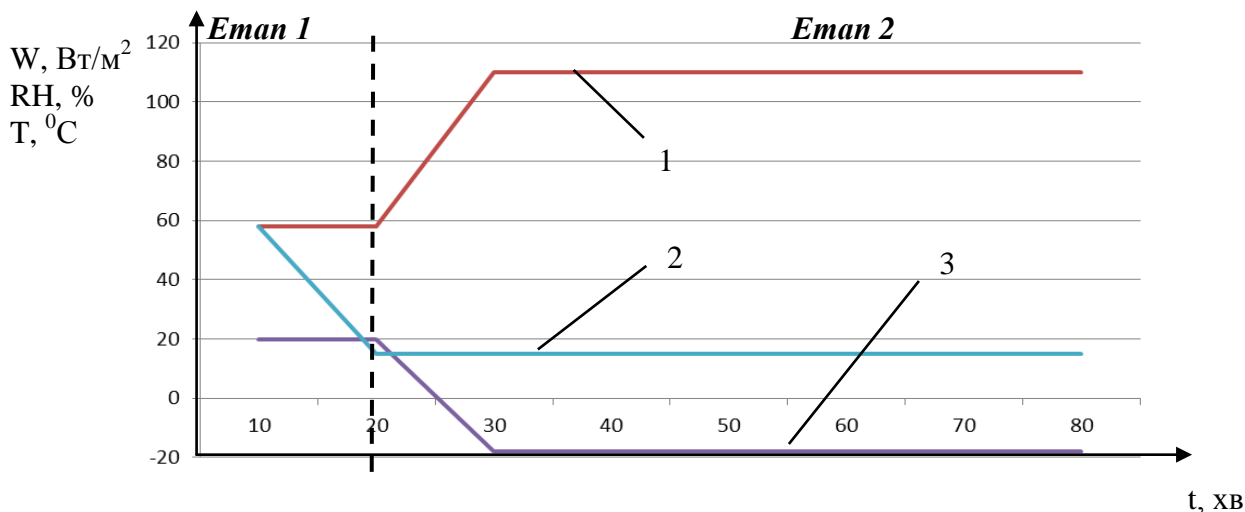


Рис. 1. Протокол порівняльних тестувань: 1 – енерговитрати суб’єкту W, Вт/м<sup>2</sup>; 2 – відносна вологість навколишнього середовища RH, %; 3 – температура навколишнього середовища T, °C

До складу дослідного комплекту зимового входять: шапка зимова, штани вітро-вологозахисті зимові (штани утеплені польові), рукавички зимові, шарф-труба зимовий, білизна для холодної погоди (сорочка зимова та кальсони зимові), шкарпетки зимові

(трекінгові), черевики з високими берцями зимові, куртка костюму утеплювача, шолом балістичний. Всі зразки комплекту були відібрані у встановленому прядку.

Для проведення досліджень обрано натільну бездротову систему (WBAN) типу ІБКЗ.4 та програмне забезпечення WBIM Soft 6.0 [4]. Застосування такої системи дозволяє у режимі реального часу отримувати параметри підодягового простору, температура та відносна вологість. Для досліджень обрано 8 точкову модель розташування датчиків дуального типу (рис. 2). Слід зауважити, що подальше розширення площ вимірювання параметрів підодягового мікроклімату можливе за рахунок більш широкого застосування струмопровідних полімерів у структурі біометричних пакетів матеріалів [5,6].

За протоколом волонтери-випробувачі перебували вдягнені у комплекти протягом 20 хв. з метою стабілізації показників параметрів підодягового простору.

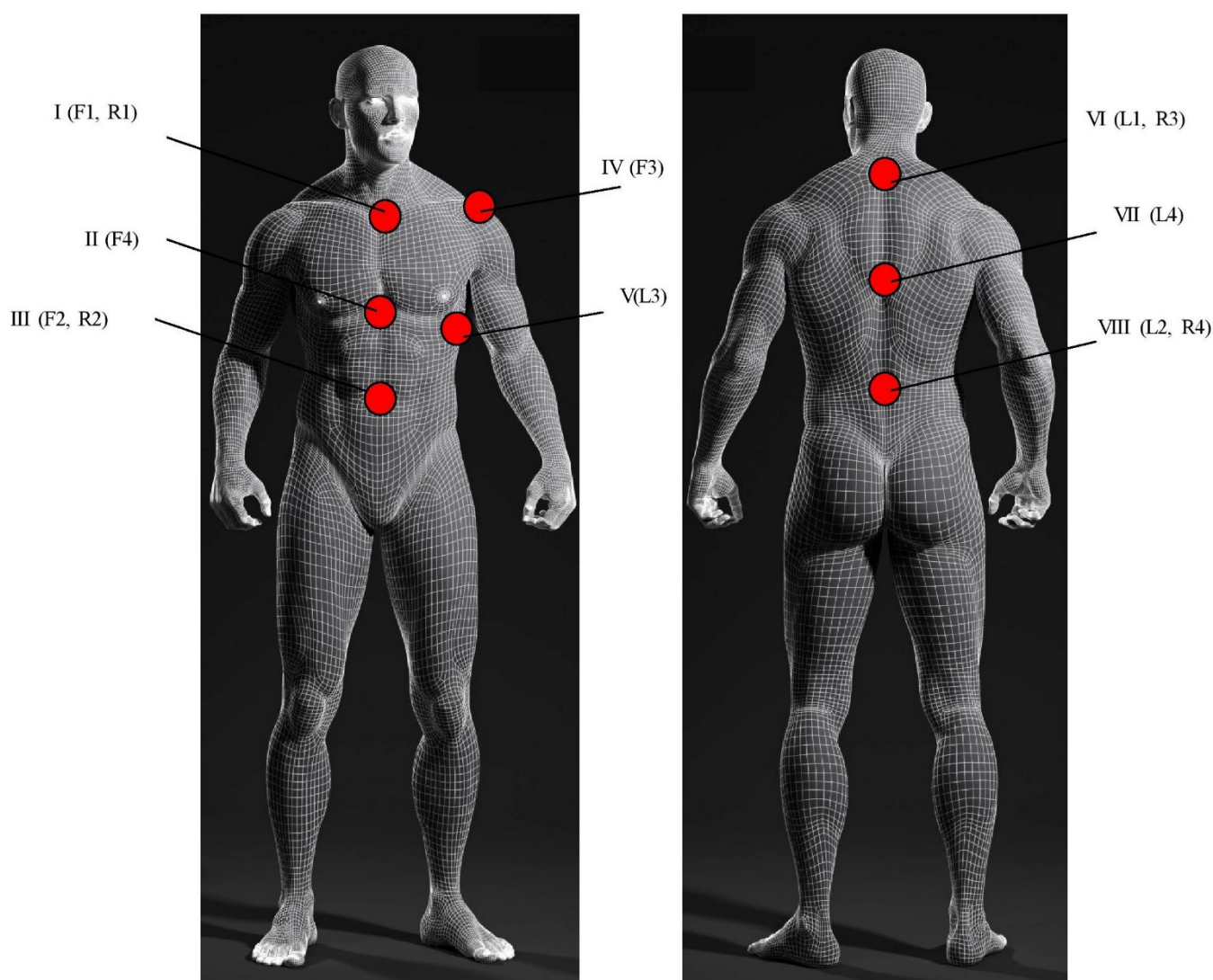


Рис. 2. Восьми точкова модель розташування датчиків дуального типу модулів ІБКЗ.4

За встановленою методикою, визначальним у порівняльних дослідженнях є друга половина (30 хв.) етапу 2. Для аналізу отриманих результатів випробувань із використанням

програмного забезпечення Statistica 10 [7] було побудовано діаграми середніх значень та середньоквадратичного відхилення показників температури та вологості (рис. 3, рис. 4).

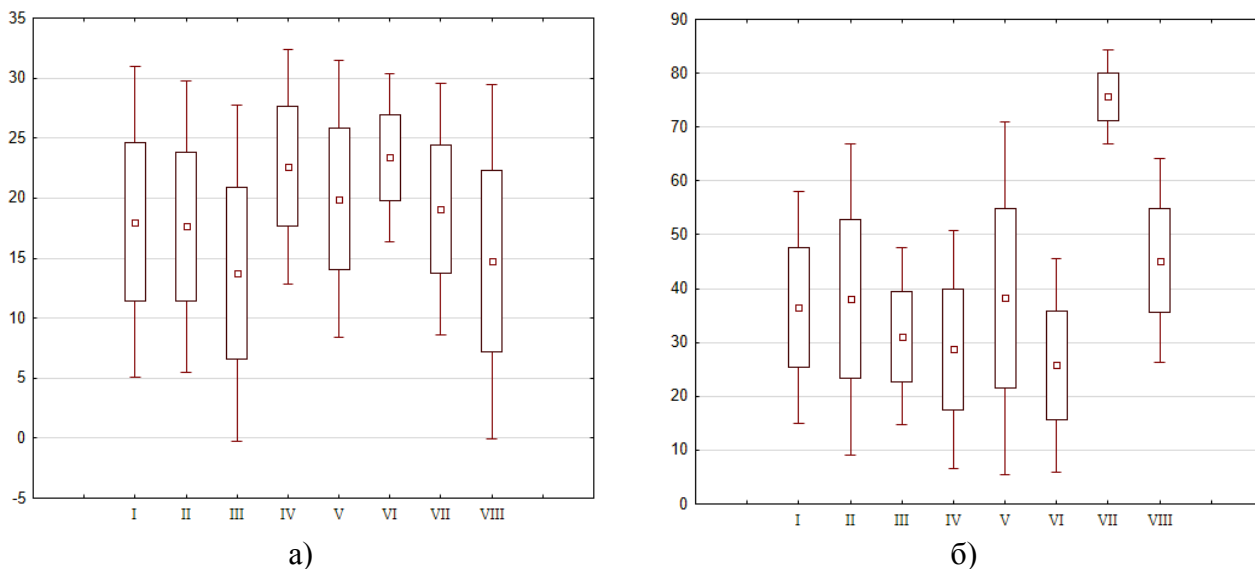


Рис. 3. Порівняння середніх значень та середньоквадратичного відхилення температури (а) та вологості (б) у восьми точках піддягового простору предмету P1

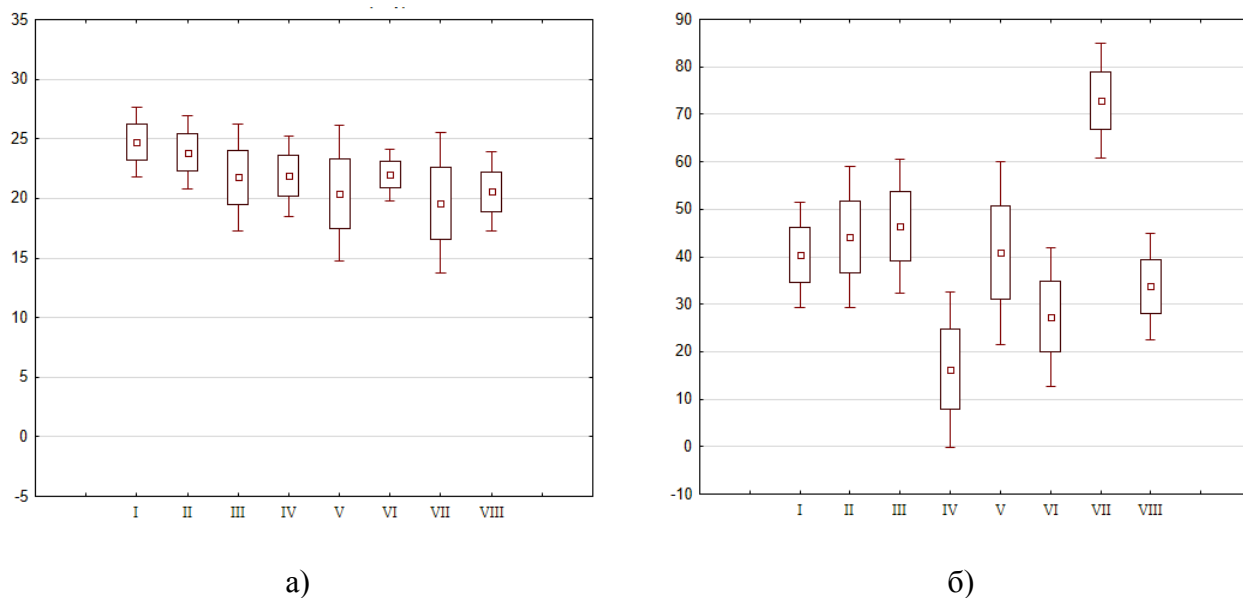


Рис. 4. Порівняння середніх значень та середньоквадратичного відхилення температури (а) та вологості (б) у восьми точках піддягового простору предмету P2

Аналіз графіків (рис. 3, рис. 4) показує, що середні значення температури у восьми точках піддягового простору знаходяться в межах 14-24 °С для предмета одягу P1 та 21-25 °С для предмета одягу P2, а середні значення вологості – в межах 25-75 % та 15-73 % відповідно. При цьому, величина середньоквадратичного відхилення як за температурою так і за вологістю для предмету P2 значно менша у порівнянні з P1. Отримані результати свідчать про те, що куртка зимова подовжена, на відміну від кожуха для вартових, створює

більш комфортні умови та мінімізує перепади температури та вологості в різних точках підодягового простору.

За результатами аналізу етапу 2 відзначено, що наявність поперекового фіксатора у курточці подовженій, дозволило на 47,94% підвищити температуру на ділянках I, II, III та VII, що повністю знівелювано у конструкції кожуху. Також за рахунок коміра стійки у курточці на ділянці VIII температура на 25% вища ніж у кожуха. Значна подовженість кожуху для варткових та відсутність конструктивного обмеження руху повітря спричиняє зниження температури на нижніх точках вимірювання, що не компенсується теплопродукцією рухів суб'єкту. За рахунок використання для куртки тканини верху з пінним мікропористим покриттям (табл.2), відзначено на 11% менше вологонакопичення.

Таблиця 2

**Результати порівняльних тестувань зразків P1 та P2**

Код предмету	Кількість отриманих дискретизованих сигналів з датчиків	Середнє значення вибірки		Мінімальне значення вибірки	
		Температура, °C	Відносна вологість, %	Температура, °C	Відносна вологість, %
P1	19688	14,4	34,1	7,52	11
P2	12000	17,7	32,5	10,3	12

**Висновки.** За результатами випробувань встановлено, що куртка зимова подовжена має на 18.6% вище середнє значення по температурі та на 4,9% нижчі показники відносної вологості у підодяговому просторі к порівнянні і з кожухом для варткових. Мінімальне значення показників температури у кожуха для варткових на 27% нижче, відносна вологість – нижча на 8,3% .

Таким чином, у подальших дослідженнях доцільно приділити значну увагу об'єму та масі комплектів зимових, з метою їх оптимізації.

*Погляди, думки та результати досліджень належать авторам і не повинні розцінюватись як офіційна позиція чи рішення Міністерства оборони України доки це не буде відзначено у інших офіційних документах.*

**Література**

1. Курганська М. М. Прогнозування динамічних характеристик ізоляції комплектів одягу в умовах низьких температур / М. М. Курганська, В. М. Василенко, А. В. Курганський, В. В. Саковець, А. О. Малій, К. В. Опанасенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2017. - № 4 (112). - С. 82-88.

**References**

1. Kurganska, M. M., Vasylenko, V. M., Kurhanskyi, A. V., Sakovets, V. V., Maliy A. O., Opanasenko K. V. (2017). *Prohnozuvannya dynamichnykh kharakterystyk izolyatsiyi kompletiv odyahu v umovakh nyz'kykh temperatur* [Prediction of dynamic characteristics of thermal insulation properties of winter clothing sets]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical sciences», Vol. 112, No. 4, pp. 82–88 [in Ukrainian].

2. Potter A. W. et al. Mathematical prediction of core body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA) //Journal of Thermal Biology. – 2017. – Т. 64. – С. 78-85.

3. Оленев В. М., Гончарук А. А., Азаров І. С. Визначення напрямків удосконалення комплексів бойового екіпування військовослужбовців високомобільних десантних військ, підрозділів військової розвідки та спеціального призначення Збройних Сил України //Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). Технічні науки. – 2016. – №. 1. – С. 47-52.

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

5. Graphic modeling of conductive filler spatial distribution in polymer matrix / Novak, D., Budash, Y., Berezenko, N. // Vlakna a Textil. – 2016. –Vol. 23. – P. 37-42.

6. Новак Д.С. Композиційні матеріали електротехнічного призначення на основі термопластів: монографія / Д.С. Новак, Н.М. Березненко, А.В. Курганський. – М.: Lulu Press, Inc., 2017. – 181 с.

7. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов //СПб.: Питер. – 2003. – Т. 688. – С. 2.

2. Potter A. W. et al. Mathematical prediction of core body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA). Journal of Thermal Biology. – 2017. – Т. 64. – С. 78-85. [in English]

3. Olenev V. M., Goncharuk A. A., Azarov I.S. (2016) Definition of directions for improvement of combat equipment complexes of high-ammunition troops, units of military intelligence and special purpose of the Armed Forces of Ukraine. Collection of scientific works of the Military Academy (Odessa) Technical sciences. no. 1. P. 47-52. [in Ukrainian].

4. Kurhanskyi A.V., Berezenko S.M., Kurganska M.M. (2016) *Pryntsyp zonalno- dyferentsiiovanoho rozstahuvannia elementiv bezdrotovykh sensorynykh merezh monitorynhu mikroklimatu pid odiahom* The principle of area-differentiated arrangement of wireless sensor network for microclimate monitoring under clothing space] Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Serii Tekhnichni nauky – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical sciences», No. 5, pp. 118–125 [in Ukrainian].

5. Graphic modeling of conductive filler spatial distribution in polymer matrix / Novak, D., Budash, Y., Berezenko, N. Vlakna a Textil. – 2016. –Vol. 23. – P. 37-42.[in English]

6. Novak D. S., Berezenko N.M., Kurgan A.V. (2017) Composite materials for electrotechnical purposes on the basis of thermoplastics: monograph. Lulu Press, Inc., 2017. - 181 p.

7. Borovikov V. (2003) STATISTICA: the art of data analysis on a computer. For Professionals. SPb .: Peter. Vol. 688. - P. 2. [in Ukrainian].

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗИМНИХ КОМПЛЕКТОВ ОДЕЖДЫ

КУРГАНСКИЙ А.В.\*, САКОВЕЦ В.В.\*\*\*, ГОНЧАРОВ А.С. \*, ВАСИЛЕНКО В.Н. \*,  
НОВАК Д.С.\*, АСТИСОВА Т.И., КУРГАНСКАЯ М.М. \*

\*Киевский национальный университет технологий и дизайна

\*\* Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ

**Цель.** Определение влияния холода на параметры микроклимата одежды зимних комплектов для военнослужащих в контролируемых условиях с участием людей.

**Методика.** Сравнительное тестирование влияния качественных и количественных характеристик верхнего слоя зимнего комплекта для военнослужащих Вооруженных Сил Украины с участием людей.

**Результаты.** Проанализировано влияние предметов верхнего слоя зимнего комплекта боевого на параметры микроклимата одежды в условиях холода.

**Научная новизна.** Получено зависимости параметров микроклимата предметов одежды, температуры и относительной влажности, от структуры пакета материалов верхнего слоя зимних комплектов с использованием беспроводной сенсорной системы ИВКЗ.4 в условиях холода.

**Практическая значимость.** Получены основные показатели микроклимата зимнего комплекта для сравнительных испытаний по улучшению предметов верхнего защитного слоя. Результаты исследования важны для прогнозирования максимального времени комфортного состояния военнослужащего и оптимизации количественного состава датчиков в беспроводной сенсорной системе.

**Ключевые слова:** смарт одежда, специальная одежда, комфортность, беспроводные сенсорные сети, мониторинг микроклимата.

**THE EFFECTS OF COLD WEATHER CLOTHING SYSTEMS ON MICROCLIMATE**  
KURGANSKIY A.V. \*, SAKSOVETS V.V. \*\*, GONCHAROV O.S. \*, VASILENKO V.M. \*,  
NOVAK D.S. \*, ASTISTOVA T.I., KURGANSKA M.M. \*

\* Kiev National University of Technologies and Design

\*\* General Directorate for Development and Monitoring of Material Support of the Armed Forces of Ukraine

**Purpose.** Determination of the influence of cold on the parameters of the inner-clothing space of warfighter winter kits in controlled conditions with the participation of people.

**Methodology.** Comparative testing of the influence of qualitative and quantitative characteristics of the upper layer of the warfighter winter kit of the Ukrainian Armed Forces with the participation of people.

**Findings.** The influence of the pieces of the upper layer of the warfighter winter kit on the parameters of the inner-clothing space in the conditions of the cold is analyzed.

**Scientific novelty.** Dependences of parameters of the inner-clothing space, temperature, and relative humidity, on the structure of the packages of materials of pieces of the upper layer of warfighter winter kits with the use of wireless body sensor system IBK3.4 in cold conditions, were obtained.

**Practical value.** Basic indices of the winter space kit inner space for the comparative tests on the improvement of the pieces of the upper protective layer are obtained. The results of the research are important for predicting the maximum time of a warfighter comfortable state and optimizing the quantitative composition of sensors in the WBAN.

**Keywords:** comfort, special clothes, protection from cold, temperature, relative humidity, membrane.