

УДК 677.07: 612

**КУРГАНСЬКИЙ А.В.\*, ВАСИЛЕНКО В.М. \*,  
КУРГАНСЬКА М.М.\*, САКОВЕЦЬ В.В.\*\***

\*Київський національний університет технологій та дизайну

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

### **СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ ТА ТИСКУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ НА БАЗІ НАТІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ**

***Мета.** Розробка системи з моніторингу інтегрованої сукупності кількісних і якісних біофізичних параметрів взаємодії комплектів спеціального призначення з суб'єктом та підсистеми моніторингу змін положення їх елементів в операційному просторі.*

***Методика.** Застосовано аналітичний огляд і загальну методологію системного підходу до проектування систем дистанційного моніторингу мікроклімату, тиску та змін положення об'єктів у просторі.*

***Результати.** Апробовано принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових натільних сенсорних мереж для моніторингу тиску, мікроклімату у системі «людина-спеціальний одяг».*

***Наукова новизна.** Запропоновано шляхи удосконалення методу оцінювання відповідності комплектів спеціального призначення із застосуванням системи дистанційного моніторингу інтегрованої сукупності біофізичних параметрів комплектів та контролю змін положення їх елементів у просторі.*

***Практична значимість.** Розроблено елементи системи натільного моніторингу (ІБК2, ІБК2.5, ІБК3.6), застосування яких дозволяє дистанційно отримувати параметри мікроклімату, тиску та зміни положення елементів комплекту у просторі в реальному часі.*

***Ключові слова:** WBAN, мікроклімат, вологість, тиск, температура, комфортність, біофізика, датчики.*

**Вступ.** Застосування комплектів спеціального одягу як єдиної системи з інтегрованою сукупністю кількісних та якісних показників (параметрів) дозволяє досягти максимальної його відповідності функціональним та службовим вимогам. На теперішній час основними критеріями оцінювання є відповідність матеріалів встановленим вимогам на основі лабораторних досліджень матеріалів та пакетів з них. Здебільшого застосовуються для визначення термічного комфорту два підходи [1]: дослідження у польових умовах; дослідження у кліматичних камерах. Дослідження проводяться переважно у статичних лабораторних умовах [2], особливо, що стосується термічного опору, тощо.

На теперішній час українськими розробниками спеціального одягу частково враховуються вплив критеріїв, зокрема тих, що впливають на збільшення термоізоляції [1,3]: збільшення товщини; зменшення щільності (або збільшення пористості); збільшення кількості волокон, що лежать паралельно лінії утку; зменшення кількості раз застосування тканини; суха чистка або прання; зменшення швидкості вітру; зниження температури; зменшення вмісту вологи в волокнах. Слід звернути увагу на відсутність досліджень по дослідженню взаємозв'язків між цими критеріями та визначення їх оптимальності.

**Постановка завдання.** Основним завданням розробки системи бездротового моніторингу мікроклімату та тиску в режимі реального часу на базі натільних сенсорних мереж є проведення досліджень у польових умовах, Найпростішим їх застосуванням є дослідження у лабораторних умовах. Тому система має врахувати базову кількість факторів,

з можливістю їх нарощування, та забезпечити реєстрацію даних у реальному часі з урахуванням характеру оперативного простору.

**Результати дослідження.** На основі аналізу існуючих засобів моніторингу біомеханіки та біофізики тіла людини спираючись на дослідження [4,5] пропонується використовувати базову кількість точок вимірювання (рис. 1). Збільшення їх кількості та типу залежить від особливостей протоколу та характеру досліджень.

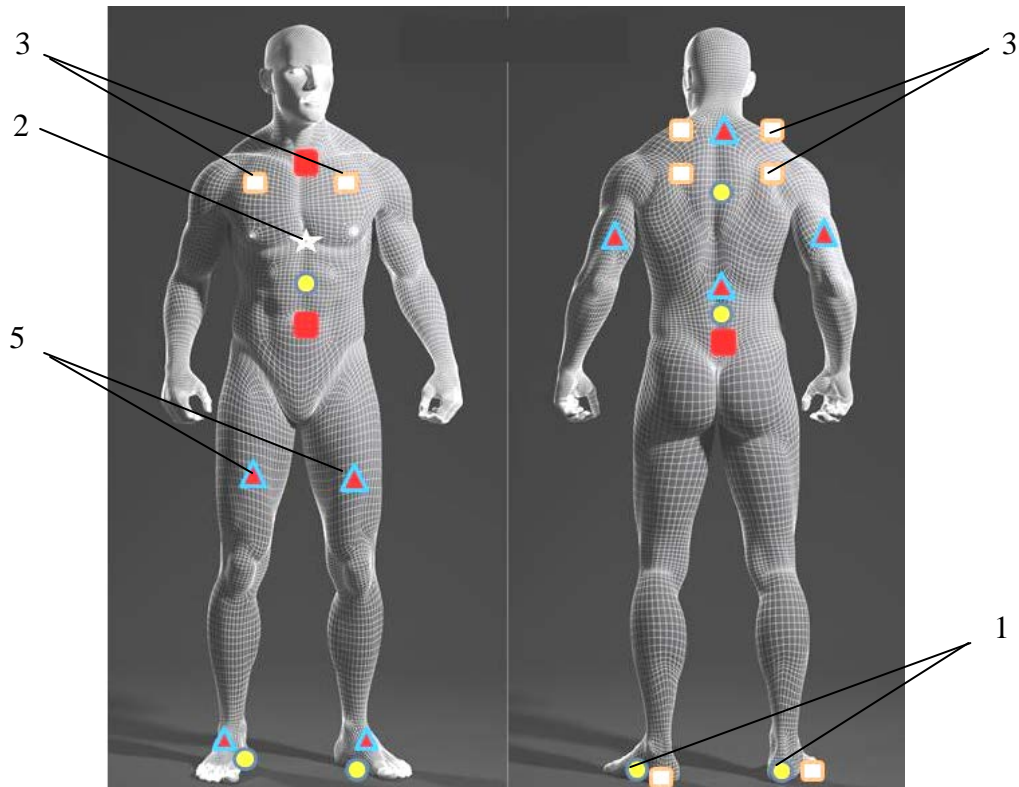


Рис. 1. Принципова схема базового розташування датчиків на тілі людини:  
1 – температури та вологості; 2- серцевого ритму; 3- тиску; 4 – гіроскоп-акселерометри; 5 –  
EMG

Авторами пропонується застосовувати бездротову натільну сенсорну мережу (WBAN) у такій базовій комплектації: головний дистанційний модуль; локальні спеціалізовані модулі; датчики температури; датчики вологості; гіроскоп-акселерометр; датчики тиску; спеціалізоване програмне забезпечення WBIMSoft. Процес дистанційного обміну та зберігання даних у системі можна відобразити наступною схемою (рис. 2). З метою синхронізації поведінкової складової системи до її складу включено гіроскоп-акселерометри.

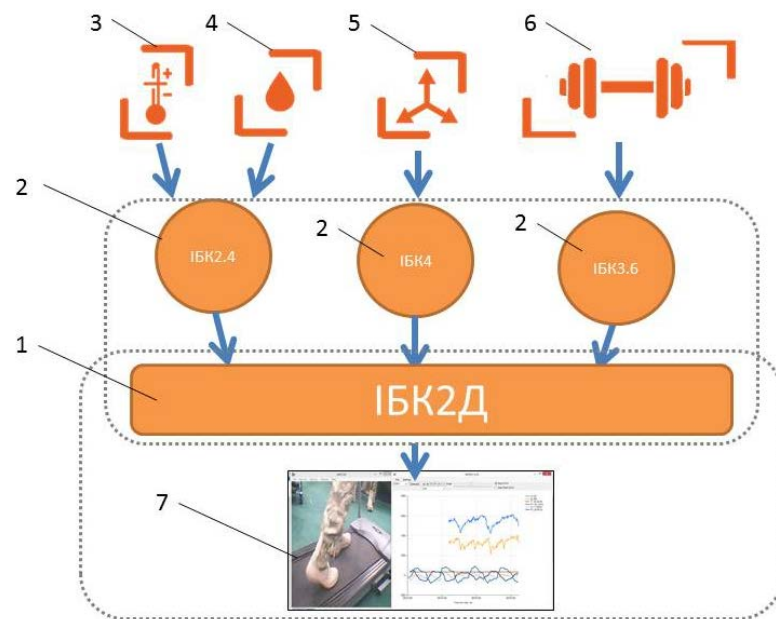


Рис. 2. Принципова схема передачі та зберігання даних: 1 – головний дистанційний модуль; 2 – локальні спеціалізовані модулі; 3 – датчики температури; 4 – датчики вологості; 5- гіроскоп-акселерометр; 6 – датчики тиску; 7 – спеціалізоване програмнезабезпечення WBIMSoft

Розроблено спеціалізовані модулі (ІБК2.5, ІБК2, ІБК3.6,) для вимірювання тиску, вологості, температури та контролю змін положення їх елементів у просторі (рис. 3).

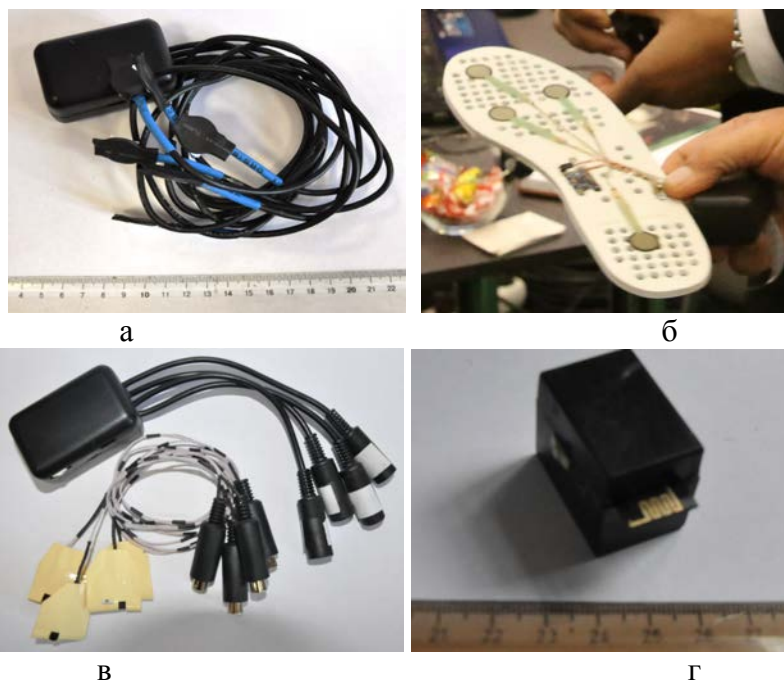


Рис. 3. Зображення дистанційних модулів вимірювання тиску: а –модуль ІБК2.5; б – модуль ІБК2; в – ІБК3.6; в – ІБК4

Для візуалізації та збереження даних при базовому комплекті датчиків пропонується застосування спеціалізованого програмного забезпечення WBIMSoft 5.0 (рис.4). Дане програмне забезпечення дозволяє опрацьовувати дані з понад 20 датчиків, з частотою опитування 20мс.

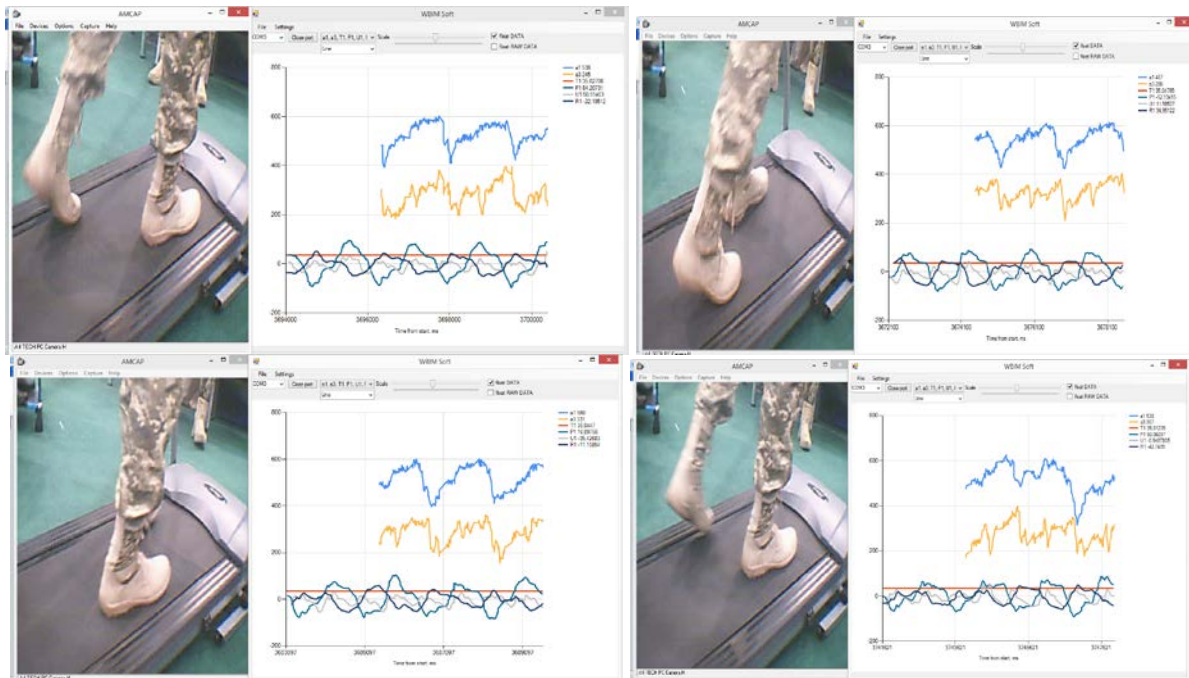


Рис. 4. Візуалізація даних у програмі WBIMSoft із застосуванням дистанційного модуля ІБК2

Також застосування цієї системи має відгук не тільки у легкій, а і в автомобілебудівній промисловості для аналізу активності водія [6].

**Висновки.** Розроблена система дозволяє дистанційно обробляти данні з датчиків, що відкриває шлях до аналізу взаємодії системи та її оцінювання у реальному часі за певними сценаріями. Такий підхід дозволить отримати звіти щодо відповідності зразків вимогам із максимальною затримкою у 10-15хв у польових умовах в автоматизованому режимі. Це дозволить зменшити вплив суб'єкта на результати та відповідно напрацювати оціночні данні щодо відповідності результатів анкетного опитування реальним фізичним показникам.

#### Список використаних джерел

1. Crow R. M. Heat and Moisture Transfer in Clothing Systems. Part 1. Transfer Through Materials, A Literature Review. – Defence research establishment Ottawa (ONTARIO), 1974. – №. DREO-TN-74-27..
2. Potter A. W. et al. Biophysical Characteristics of Chemical Protective Ensemble With and Without Body Armor. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2015. – №. USARIEM-T15-8.
3. Potter A. W. Method for estimating evaporative potential (im/clo) from ASTM standard single wind velocity measures. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2016. – №. USARIEM-T16-14.
4. 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. Серія : Технічні науки. - 2016. - № 5. - С. 118-125. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn\\_2016\\_5\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2016_5_16).
5. Bogdan A., Zwolińska M. Future trends in the development of thermal manikins applied for the design of clothing thermal insulation //Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2012.
6. Курганський А. В. Моніторинг активності водія із застосуванням бездротових сенсорних мереж / А. В. Курганський, Н. М. Защепкіна // Вісник Житомирського державного

технологічного університету. Серія : Технічні науки. - 2016. - № 2. - С. 143-147. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu\\_2016\\_2\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_2016_2_24).

### References

1. Crow R. M. Heat and Moisture Transfer in Clothing Systems. Part 1. Transfer Through Materials, A Literature Review. – Defence research establishment Ottawa (ONTARIO), 1974. – №. DREO-TN-74-27..
2. Potter A. W. et al. Biophysical Characteristics of Chemical Protective Ensemble With and Without Body Armor. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2015. – №. USARIEM-T15-8.
3. Potter A. W. Method for estimating evaporative potential (im/clo) from ASTM standard single wind velocity measures. – Army research inst of environmental medicine natick ma biophysics and biomedical modeling div, 2016. – №. USARIEM-T16-14.
4. Kurhanskyi A. V. Pryntsyp zonal'no-dyferentsiyovanoho rozdashuvannya elementiv bezdrovnykh sensorykh merezh monitorynhu mikroklimatu pid odyahom / A. V. Kurhanskyi, S. M. Bereznenko, M. M. Kurganska // Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu. Seriya : Tekhnichni nauky. - 2016. - № 5. - S. 118-125. - Rezhym dostupu:[http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn\\_2016\\_5\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2016_5_16).
5. Bogdan A., Zwolińska M. Future trends in the development of thermal manikins applied for the design of clothing thermal insulation //Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2012.
6. Kurhanskyi A. V. Monitorynh aktyvnosti vodiya iz zastosuvanniam bezdrovnykh sensorykh merezh / A. V. Kurhanskyi, N. M. Zashchepkina // Visnyk Zhytomyrs'koho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya : Tekhnichni nauky. - 2016. - № 2. - S. 143-147. - Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu\\_2016\\_2\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhdtu_2016_2_24).

### СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА МИКРОКЛИМАТА И ДАВЛЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА БАЗЕ НАТЕЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

КУРГАНСКИЙ А.В.\*, ВАСИЛЕНКО В.Н.\*, КУРГАНСКАЯ М.Н.\*, САКОВЕЦ В.В.\*\*

\* Киевский национальный университет технологий и дизайна

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

**Цель.** Разработка системы по мониторингу интегрированной совокупности количественных и качественных биофизических параметров взаимодействия комплектов специального назначения с субъектом и подсистемы мониторинга изменений положения их элементов в операционном пространстве.

**Методика.** Применен аналитический обзор и общую методологию системного подхода к проектированию систем дистанционного мониторинга микроклимата, давления и изменений положения в пространстве объектов.

**Результаты.** Апробирован принцип зонально-дифференцированного расположения элементов беспроводных нательных сенсорных сетей для мониторинга давления, микроклимата в системе «человек-специальная одежда».

**Научная новизна.** Предложены пути совершенствования метода оценки соответствия комплектов специального назначения с применением системы дистанционного мониторинга интегрированной совокупности биофизических параметров комплектов и контроля изменений положения их элементов в пространстве.

**Практическая значимость.** Разработаны элементы системы нательного мониторинга (ИБК2, ИБК2.5, ИБК3.6), применение которых позволяет дистанционно

получать параметры микроклимата, давления и изменения положения элементов комплекта в пространстве в реальном времени.

**Ключевые слова:** WBAN, микроклимат, влажность, давление, температура, комфортность, биофизика, датчики.

**A SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF MICROCLIMATE AND PRESSURE  
BASED ON WEARABLE SENSOR NETWORKS IN REAL TIME  
KURHANSKYI A.V.\*, VASYLENKO V.M.\*, KURGANSKA M.M.\*,  
SAKOVETS V.V.\*\***

*\*Kiev National University of Technologies and Design*

*\*\* Headquarters of the Development and Maintenance, Armed Forces of Ukraine*

**Purpose.** *The development of monitoring systems of integrated qualitative and quantitative biophysical parameters of personal protective equipment with the human body and monitoring subsystem of changing its position in operational space.*

**Methodology.** *Applied analytical survey methodology and overall systems approach to the design of remote monitoring of microclimate, pressure and objects position change in space.*

**Findings.** *The principle of the zone-differentiated layout of wireless wearable sensor networks for monitoring of pressure and microclimate in "man-special clothing" system were tested.*

**Scientific novelty.** *The ways of improving the method of conformity assessment of personal protective equipment by using remote monitoring of integrated biophysical parameters and changing its position in operational space were offered.*

**Practical value.** *The elements of the wearable monitoring system (IBK2, IBK2.5, IBK3.6) were developed and its application allows remotely monitoring of microclimate parameters, pressure and real time changing in operational space.*

**Keywords:** *WBAN, microclimate, humidity, pressure, temperature, comfort, biophysics, protective clothing.*