

О. М. Гумен, Г. О. Кушнарџова

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В РОЗРОБЛЕННІ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОСТОРОВИХ МОДЕЛЕЙ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ З ОБМЕЖЕНИМ ПРОСТОРОМ У ВІЙСЬКОВІЙ ТЕХНІЦІ

Стаття присвячена дослідженню простору параметрів мікроклімату в приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин озброєння та військової техніки. Розроблено комп'ютерні просторові моделі із залученням проєктно-орієнтованого підходу. Наведено особливості реалізації компонентів нового методичного підходу до процесу дослідження параметрів мікроклімату в приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин озброєння та військової техніки. Поєднання фізичного і математичного моделювання з використанням апарату прикладної багатовимірної геометрії може скласти інструментальну основу для цільового дослідження подібних процесів у приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, апаратних машин з обмеженим простором у військовій техніці, а також унаочнення засобами інформаційних графічних технологій впливу окремих параметрів теплового чи вентиляційного режиму на мікроклімат із замкнутим простором.

Показано, що результативним є використання фізичного моделювання із залученням відповідного експериментального устаткування та застосування одержаних експериментальних результатів для геометричного моделювання на засадах прикладної багатовимірної геометрії. Виділено основні температурний і вентиляційний режими. Побудовано моделі із залученням графічних інформаційних технологій для досліджуваних режимів із застосуванням методів проєкціювання у фазові площини різних розмірностей, які дозволяють на основі фізичного аналізу конкретного режиму оцінювати результативність роботи запропонованих технічних засобів підвищення ефективності системи інфрачервоного опалення і вентиляції в приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень з обмеженим простором у військовій техніці.

Запропонований алгоритм дослідження дозволяє з достатньою точністю для інженерних розрахунків визначати залежно від умов технологічного процесу параметри мікроклімату в приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин озброєння та військової техніки, які здатні враховувати зазначені особливості. Розроблені комп'ютерні моделі унаочнюють взаємодію різномірних параметрів, сприяють ефективності вирішення завдань аналізу, керування, діагностики показників мікроклімату.

Ключові слова: комп'ютерна модель; приміщення бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин озброєння та військової техніки; мікроклімат; параметри; фізичне і геометричне моделювання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Забезпечення результативного проведення технологічних процесів є важливим завданням на сучасному етапі розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ), яке передбачає раціональне використання ресурсів

© О. М. Гумен, Г. О. Кушнарџова, 2021

з одночасним забезпеченням належної якості. Головними елементами необхідних умов у приміщенні бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин з обмеженим простором у військовій техніці є такі складові комфорту, як температура повітря і його чистота. Для забезпечення нормативних вимог застосовують нагрівачі та вентиляційні системи. Результативна їх робота можлива за умови використання раціональних режимів експлуатації відповідного технологічного устаткування.

Розроблення належних підходів до створення систем опалення та вентиляції приміщень бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин з обмеженим простором у військовій техніці, вибір засобів та дослідження їх режимів є одним із перспективних напрямків подальшого розвитку та вдосконалення військової техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, що стосуються наукових досліджень мікроклімату приміщень різного призначення, вказує на прямий вплив технологічної системи забезпечення мікроклімату на перебіг процесу. Параметри мікроклімату, зокрема температура повітря й вентиляція, досліджуються в наукових розвідках окремо. Так, у [1] розглянуто процес утилізації теплоти витяжним зонтом. Наукові праці [2, 3] подають результати дослідження у вигляді ізотерм температурного поля в приміщеннях з урахуванням роботи системи місцевої вентиляції.

Наукові публікації дещо розрізнені, стосуються тих чи інших аспектів дослідження комфортного перебування в приміщенні та техніці; у них відсутній методологічно обґрунтований науковий підхід до процесу організації та вибору засобів опрацювання одержаних експериментальних результатів з урахуванням комплексного підходу до організації та реалізації технологічного процесу. Недостатньо висвітленим виявилось питання розроблення засобів оброблення графічних експериментальних даних із залученням апарату геометричного моделювання [4–7].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми вказує на обмежену кількість наукових публікацій з її окремого напрямку, що стосується забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях та робочих місцях спеціальної (військової) техніки [8, 9].

Формулювання завдання дослідження. Мета статті полягає в тому, щоб запропонувати універсальні образні геометричні моделі процесів теплових і вентиляційних режимів на засадах залучення засобів математичного моделювання для дослідження параметрів мікроклімату бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень з обмеженим простором апаратних машин.

Виклад основного матеріалу. У процесі ініціації проєкту ухвалюються принципові рішення про створення й облаштування бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин з обмеженим простором у військовій техніці відповідно до її призначення. Планування проєкту визначає його мету й особливості ресурсного забезпечення технологічного процесу в бойових відділеннях броньованої техніки, відділень з обмеженим простором апаратних машин [6]. На цьому етапі важливо розробити відповідні заходи і вжити їх для забезпечення належних умов технологічного процесу. Зрозуміло, що одним із важливих моментів у його реалізації є забезпечення проведення пріоритетних наукових досліджень щодо впливу параметрів мікроклімату

(основними виділимо температуру повітря в приміщенні і вентиляцію) на технологічний процес, передусім надання рекомендацій з метою забезпечення раціональних значень параметрів мікроклімату відповідно до нормативних документів. Для проведення досліджень лабораторне устаткування повинно бути універсальним і забезпечувати їх реалізацію в повному обсязі.

Відповідно до завдань змонтовано універсальну лабораторну установку, здатну слугувати інструментарієм для проведення досліджень (рис. 1).

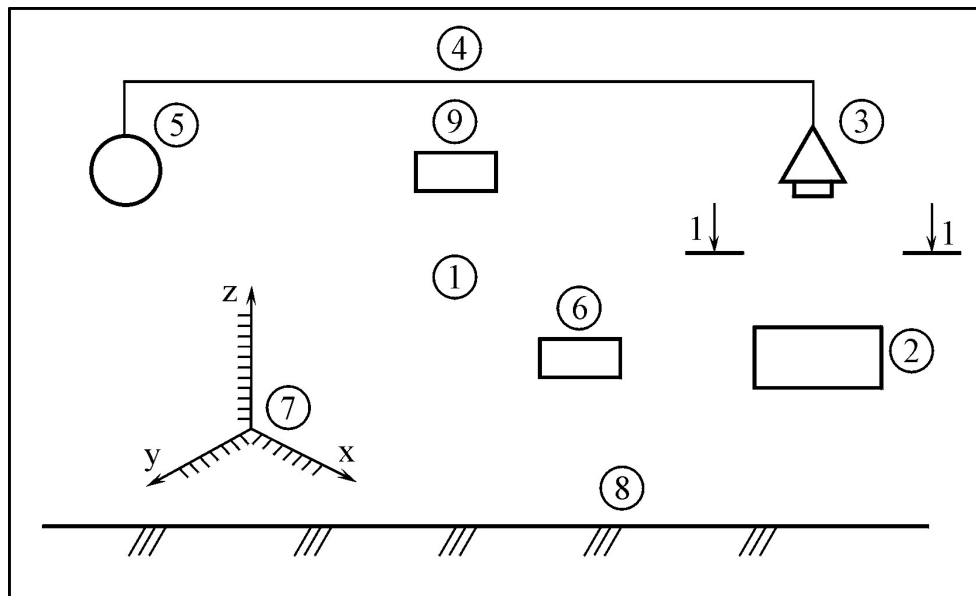


Рис. 1. Схема лабораторної установки

Лабораторна установка, розташована в приміщенні 1, містить інфрачервоний нагрівач 2, над яким встановлено витяжний зонтик 3, з'єднаний трубопроводом 4 із вентилятором 5. Для вимірювання температури в довільній точці простору приміщення 1 передбачений термометр 6 з координатором 7, встановленим на підлозі 8. Комутуючі пристрої, потрібні для формування із наведеного устаткування схеми цільового призначення, умовно не зображені.

Для довільного перерізу 1-1 (рис. 1) під витяжним зонтом проводилася січна площина, паралельна одній із площин xz координатора 7. Результати вимірювань подані ізотермами в січній площині з вимірами висоти приміщення h та координати x приміщення 1 у разі сталого значення координати y , тобто ширини кімнати (рис. 2). Порівняльний аналіз графічних залежностей вказує на суттєвий вплив роботи місцевої витяжної вентиляції на характер температурного поля в приміщенні бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин у військовій техніці.

Порівняльний аналіз рис. 2а, б дає можливість визначити характер ізотерм, тобто вплив місцевої витяжної вентиляції на їх розташування у січній площині. Розглянемо зміни Δh висоти ізотерми на певному проміжку Δx . Спільним для даних ізотерм є проміжок $\Delta x = 0,3 \dots 0,8$ м.

Наступним етапом процесу досліджень теплового і вентиляційного режиму бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин ОВТ є визначення кількості утилізованої теплоти. Це можна реалізувати на експериментальній лабораторній установці (рис. 1): за увімкненого інфрачервоного нагрівача 2 повітря утилізувалося через

витяжний зонт 3 і трубопровід 4. Зафіксовано експериментальні залежності кількості локалізованої зонтом 3 теплоти від витрати витяжного повітря. Аналогічно аналізуємо всі потрібні параметри мікроклімату приміщення бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин ОБТ.

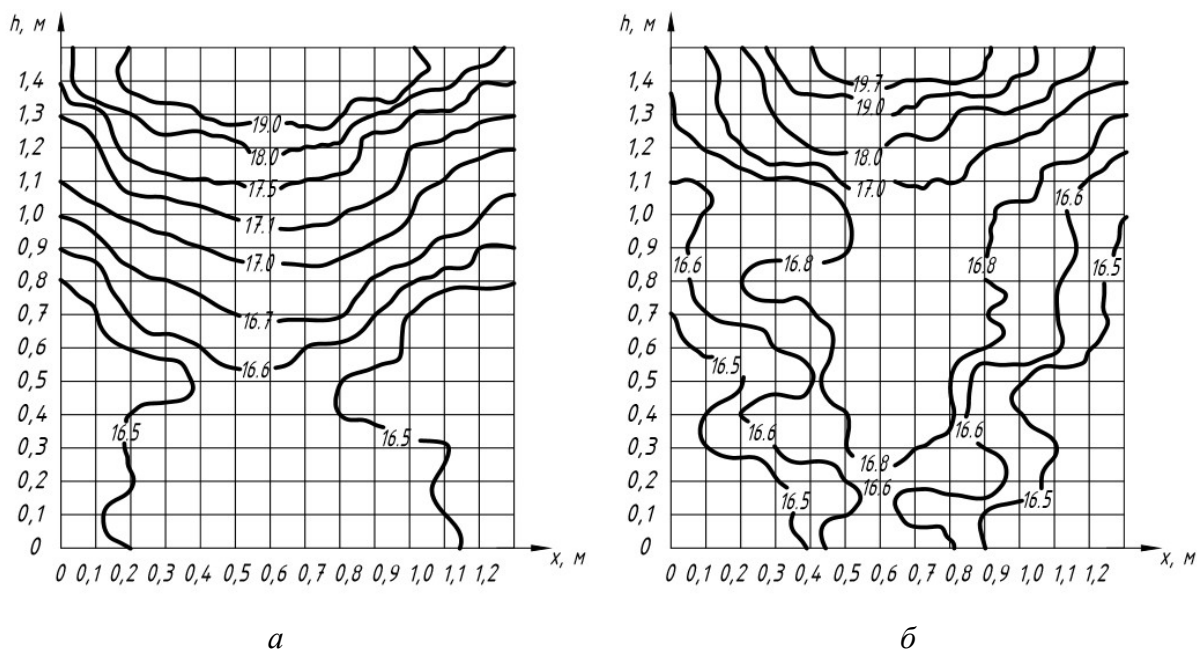


Рис. 2. Ізотерми січної площини 1-1

Графічні залежності, побудовані за експериментальними даними, дають можливість визначити результативність витяжної вентиляції (рис. 3).

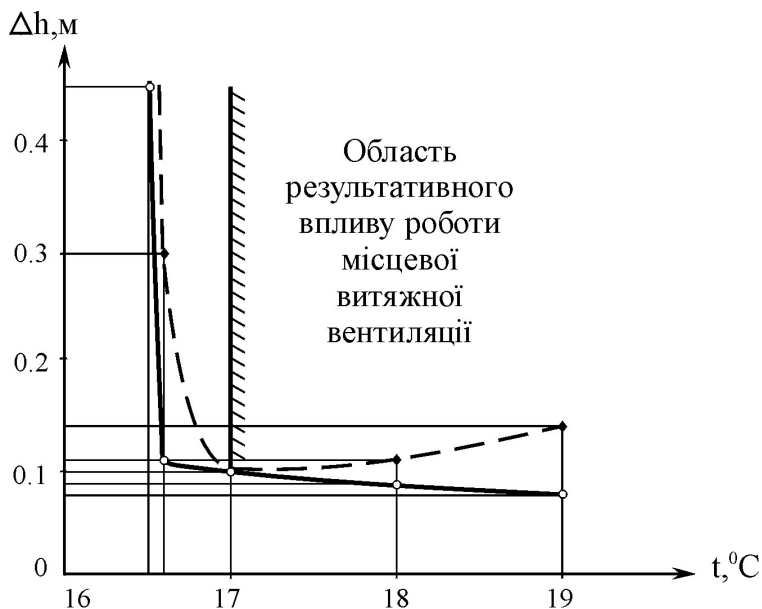


Рис. 3. Визначення області результативного впливу роботи місцевої витяжної вентиляції:

- без роботи місцевої витяжної вентиляції;
- з роботою місцевої витяжної вентиляції

У процесі наукових досліджень теплового поля з використанням експериментально одержаних ізотерм (рис. 2) виникає необхідність використання тих ізотерм, які відсутні на графіку. Побудувати їх можна, якщо вважати такі лінії результатом перетину поверхні температурного поля січними горизонтальними площинами рівня при заданому необхідному значенні температури.

Покажемо послідовність побудови ізотерми для значення температури, наприклад, $18,5^{\circ}$ у випадку роботи системи місцевої витяжної вентиляції.

Виділимо дві сусідні ізотерми, в даному випадку це ізотерми із значеннями температури $18,0^{\circ}$ і $19,0^{\circ}$ (рис. 4).

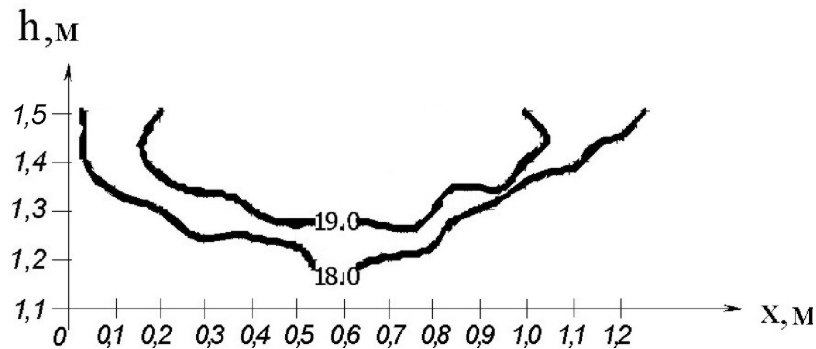


Рис. 4. Вибір ізотерм температурного поля

Будуємо комплексний графік частини температурного поля зі значеннями ізотерм $18,0^{\circ}$ і $19,0^{\circ}$ (рис. 5).

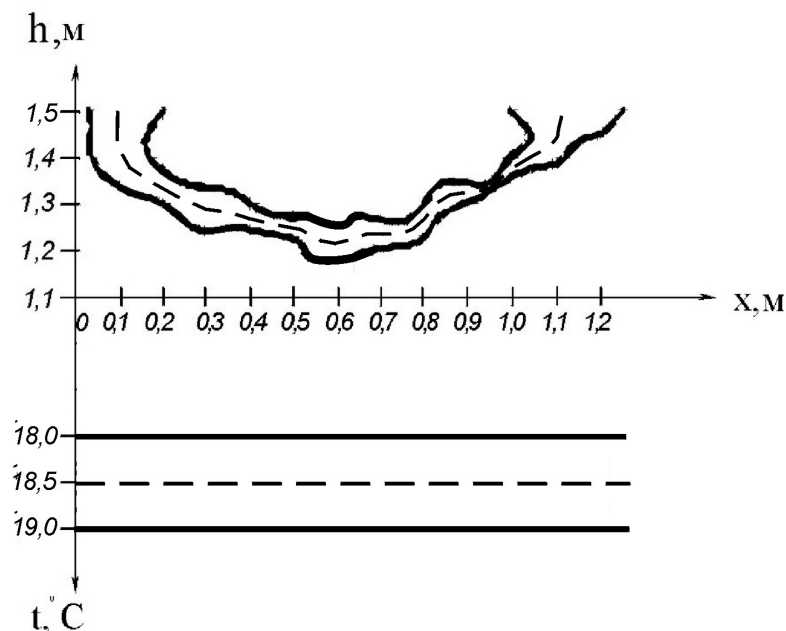


Рис. 5. Комплексний графік частини температурного поля приміщення бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин ОБТ

Зазвичай необхідні лінії рівня поверхні температурного поля будують, провівши січну площину рівня $18,5$ посередині між площинами зі слідами $18,0$ і $19,0$ (рис. 5).

Враховуючи, що поверхня температурного поля гладка, лінія перетину поверхні температурного поля січною площиною рівня 18,5 є еквідистантною відносно ліній, ізотерм зі слідами 18,0 і 19,0 (на рис. 5 вказано штриховою лінією).

Запропонований комплексний графік дає можливість визначати температуру повітря в довільній точці поверхні теплового поля.

Комплексний графік на рис. 5 подає дві проєкції температурного поля в просторі $Oxht$. За такими проєкціями засобами графічних інформаційних технологій можна будувати 3D модель температурного поля досліджуваного приміщення бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин ОВТ (рис. 6).

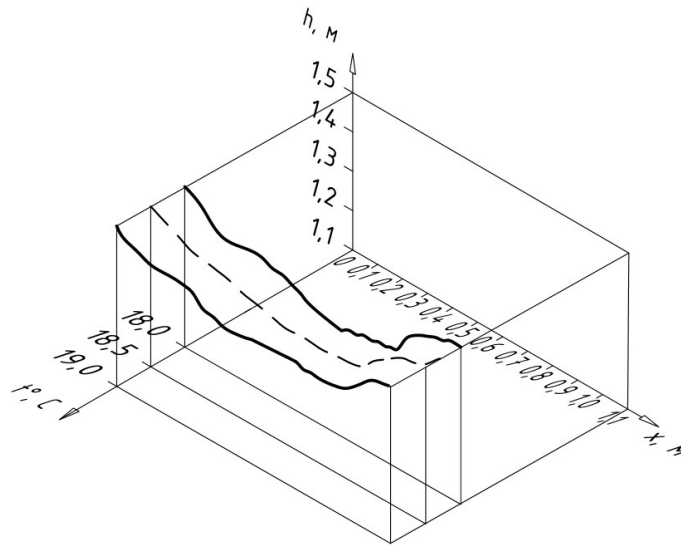


Рис. 6. 3D модель частини температурного поля досліджуваного приміщення бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин ОВТ

Комп'ютерна модель розподілу температур у приміщенні бойових відділень броньованої техніки, робочих відділень апаратних машин з обмеженим простором дозволяє здійснювати аналіз і діагностику показників мікроклімату, керування зміною різних параметрів технологічного процесу.

Висновки. Розроблені моделі на основі експериментально-аналітичної ідентифікації процесів у приміщеннях бойових відділень броньованої техніки, відділень апаратних машин з обмеженим простором у військовій техніці забезпечують широкий діапазон розрахунку режимів і параметрів мікроклімату, точність і адекватність результату. З урахуванням багатопараметричності процесу запропоновано засоби багатовимірної прикладної геометрії для побудови образної геометричної моделі у вигляді комплексного графіка багатовимірного евклідового простору. Розроблені комп'ютерні моделі простору параметрів мікроклімату можуть бути використані для облаштування систем вентиляції в приміщенні бойових відділень броньованої техніки з обмеженим простором апаратних машин.

Перспектива подальших досліджень – моделювання в приміщеннях бойових відділень броньованої військової техніки за допомогою одержаних геометричних моделей із залученням графічних інформаційних технологій для досліджуваних режимів інфрачервоного опалення і вентиляції.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Gumen O., Spodyniuk N., Ulewicz M., Martyn Ye. Research of thermal processes in industrial premises with energy-saving technologies of heating // *Diagnostyka*. 2017. Vol. 18. № 2. P. 43–49.
2. Сподинюк Н. А., Желих В. М. Дослідження ефективності роботи витяжного зонтика конструкції інфрачервоного нагрівача // *Теорія і практика будівництва : Вісник НУ «Львівська політехніка»*. 2010. № 664. С. 235–238.
3. Сподинюк Н. А., Желих В. М. Забезпечення мікроклімату в приміщеннях пташників // *Теорія і практика будівництва: Вісник НУ «Львівська політехніка»*. 2008. № 627. С. 197–200.
4. Гумен О. М., Мартин Є. В. Гіперповерхні траєкторій фазових n -просторів // *Сучасні проблеми моделювання*. 2019. № 15. С. 66–72.
5. Гумен О. М., Ляковська С. Є. Геометрія проєктивних n -просторів щодо перебігу технологічних процесів у дослідженнях багатопараметричних систем // *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Мелітополь, 2011. Вип. 4, Т. 49. С. 89–94.
6. Мартин Є. В., Герговський О. І., Ляковська С. Є. Інформаційні технології в геометричному моделюванні технічних об'єктів // *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. № 20 (3). С. 218–230.
7. Гумен О. М., Ляковська С. Є., Мартин Є. В. Багатовимірна геометрія у прикладних задачах // *Вісник Херсонського нац. техн. ун-ту*. 2016. Вип. 3 (58). С. 497–500.
8. Bauer D., Heeger M., Gebhard M., Benecke W. Design and fabrication of a thermal infrared emitter // *Sensors and Actuators a-Physical*. 1996. Vol. 55, No. 1. P. 57–63.
9. Bolotskih N. N. Improvement of the method of experimental investigation of the temperature distribution in the room with radiation heaters // *Journal of Building*. 2007. № 43. P. 276–279.

Стаття надійшла до редакції 27.08.2021.

REFERENCES

1. Gumen, O., Spodyniuk, N., Ulewicz, M., & Martyn, Ye. (2017). Research of thermal processes in industrial premises with energy-saving technologies of heating. *Diagnostyka [Diagnostics]*, Vol. 18, № 2, 43–49.
2. Spodyniuk, N. A., & Zhelykh, V. M. (2010). Doslidzhennia efektyvnosti roboty vytyazhnoho zontika konstruktsii infrachervonoho nahrivacha [Research of efficiency of work of an exhaust umbrella of a design of an infrared heater]. *Teoriia i praktyka budivnytstva: Visnyk NU «Lvivska politekhnika» [Theory and practice of construction: Bulletin of Lviv Polytechnic National University]*, № 664, 235–238 [in Ukrainian].
3. Spodyniuk, N. A., & Zhelykh, V. M. (2008). Zabezpechennia mikroklimatu v prymishchenniakh ptashnykiv [Providing a microclimate in poultry houses]. *Teoriia i praktyka budivnytstva: Visnyk NU «Lvivska politekhnika» [Theory and practice of construction: Bulletin of Lviv Polytechnic National University]*, № 627, 197–200 [in Ukrainian].

4. Gumen, O. M., & Martyn, Ye. V. (2019). Hiperpoverkhni traiektorii fazovykh n-prostoriv [Hypersurfaces of trajectories of phase n-spaces]. *Suchasni problemy modeliuвання [Modern problems of modeling]*, № 15, 66–72 [in Ukrainian].
5. Gumen, O. M., & Liaskovska, S. Ye. (2011). Heometriia proektyvnykh n-prostoriv shchodo perebihu tekhnolohichnykh protsesiv u doslidzhenniakh bahatoparmetrychnykh system [Geometry of projective n-spaces in relation to the course of technological processes in studies of multiparameter systems]. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika [Applied Geometry and Engineering Graphics]*, Vol. 4, Iss. 49, 89–94. Melitopol [in Ukrainian].
6. Martyn, Ye. V., Herhovskiyi, O. I., & Liaskovska, S. Ye. (2020). Informatsiini tekhnolohii v heometrychnomu modeliuvanni tekhnichnykh ob'iektiv [Information technologies in geometric modeling of technical objects]. *Naukovyi visnyk TDATU [Scientific herald of TSATU]*, № 20 (3), 218–230 [in Ukrainian].
7. Gumen, O. M., Liaskovska, S. Ye., & Martyn, Ye. V. (2016). Bahatovymirna heometriia u prykladnykh zadachakh [Multidimensional geometry in applied problems]. *Visnyk Khersonskoho nats. tekhn. un-tu [Bulletin of the Kherson National Technical University]*, Vol. 3 (58), 497–500 [in Ukrainian].
8. Bauer, D., Heeger, M., Gebhard, M., & Benecke, W. (1996). Design and fabrication of a thermal infrared emitter. *Sensors and Actuators a-Physical*, Vol. 55, № 1, 57–63.
9. Bolotskiy, N. N. (2007). Improvement of the method of experimental investigation of the temperature distribution in the room with radiation heaters. *Journal of Buildin*, № 43, 276–279.

O. M. Gumen, G. O. Kushnarova

APPLICATION OF A PROJECT-ORIENTED APPROACH IN THE DEVELOPMENT OF COMPUTER SPATIAL MODELS OF MICROCLIMATE PARAMETERS WITH LIMITED SPACE IN MILITARY EQUIPMENT

The article is devoted to the study of the space of parameters of the microclimate of premises in the fighting compartments of armored vehicles, working compartments of hardware vehicles of weapons and military equipment. Development of computer spatial models using a project-oriented approach. The article presents the features of the implementation of the components of a new methodological approach to the process of studying the microclimate parameters in the rooms of the fighting compartments of armored vehicles, the working compartments of the hardware vehicles of weapons and military equipment. Structurally made on the basis of a combination of physical and mathematical modeling using the apparatus of applied multidimensional geometry, which constitutes the instrumental basis for the targeted study of such processes in the rooms of the combat compartments of armored vehicles, the working compartments of the military hardware machines, as well as illustration by means of information graphic technologies of the influence of individual parameters of thermal or ventilation regime for the microclimate in a confined space.

It is shown that the use of physical modeling with the involvement of appropriate experimental equipment and the use of the obtained experimental results for geometric modeling based on applied multidimensional geometry is effective. The main modes that provide a proper microclimate, that is, temperature and ventilation conditions, are highlighted. The constructed models with the involvement of graphic information technologies for the modes under study

using methods of projection into phase planes of various dimensions, which allow, on the basis of a physical analysis of a specific mode, to evaluate the performance of the proposed technical means of increasing the efficiency of the infrared heating and ventilation system in the rooms of the fighting compartments of armored vehicles, working compartments hardware weapons and military equipment.

The proposed research algorithm allows, with sufficient accuracy for engineering calculations, to determine, depending on the conditions of the technological process, the microclimate parameters in the rooms of the combat compartments of armored vehicles, the working compartments of hardware vehicles of weapons and military equipment, which are able to take into account these features. The developed computer models illustrate the interaction of heterogeneous parameters that contribute to the effectiveness of solving problems of analysis, control, diagnostics of microclimate indicators.

Keywords: *computer model, rooms for fighting compartments of armored vehicles, working compartments of hardware weapons and military equipment, microclimate, parameters, physical and geometric modeling.*