

УДК 697.1:621.178:697.34

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.29.927

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИМІЩЕНЬ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД УРАЗІ АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

КОЛЕСНИК І. О.², *канд. техн. наук, доц.*,

ЖЕЛЕЗНЯКОВ Є. О.^{3*}, *асп.*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра опалення, вентиляції, кондиціонування та теплогазопостачання, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, e-mail: kolesnik.inna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{3*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 045-51-22, e-mail: e.zheleznyakov1996@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-6124-201X

Анотація. Нові технології сучасного будівництва прискорюють і здешевлюють зведення будівель та споруд. Але одночасно в Україні спостерігається проблема старіння інфраструктури систем теплопостачання, яка ускладнюється бойовими діями на території країни. Це спричинює виникнення критичних умов мікроклімату. Для визначення критичних умов мікроклімату приміщень у разі порушень системи теплопостачання одним з актуальних завдань є дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій. **Мета статті** – дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій з метою визначення критичних умов мікроклімату та забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання за їх аварійних відключень. **Висновки.** 1. На основі проведених досліджень установлено динаміку зміни температури внутрішніх поверхонь у приміщеннях залежно від конструктивних особливостей будівель та споруд та впливу зовнішніх кліматичних факторів (температура навколишнього середовища, вплив сонячної радіації, вітровий вплив). 2. На основі проведеного моделювання впливу зовнішніх кліматичних факторів у разі аварійних відключень систем теплопостачання визначено критичний час досягнення граничних умов мікроклімату та підтримання безпеки експлуатації систем теплопостачання.

Ключові слова: аварійні відключення; мікроклімат; зовнішні кліматичні умови; конструктивні особливості

INVESTIGATIONS OF THE TEMPERATURE CHANGE DYNAMICS OF THE INTERNAL SURFACES OF THE ENVELOPE STRUCTURES FOR PREMISES OF MODERN BUILDINGS AND STRUCTURES DURING EMERGENCY SHUTDOWNS OF THE HEAT SUPPLY

BELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

KOLESNYK I.O.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

ZHELEZNYAKOV Ye.O.^{3*}, *Postgrad. Stud.*

¹ Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Heating, Ventilation, Air Conditioning and Heat and Gas Supply, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, e-mail: kolesnik.inna@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{3*} Department of Life Safety, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 045-51-22, e-mail: e.zheleznyakov1996@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-6124-201X

Abstract. New technologies of modern construction speed up and make the construction of buildings and structures cheaper. But at the same time, there is a problem of aging infrastructure of heat supply systems in Ukraine, which is

complicated by hostilities on the territory of the country and the introduction of power supply regulation regimes. This leads to the emergence of accidents and significant violations of the thermal regime in premises and buildings, which for an indefinite period of time worsen the conditions of the microclimate, until its parameters reach extreme values dangerous for human life. The basis for ensuring the safety of human life in buildings and structures is the observance of optimal/acceptable microclimate conditions. To determine the critical conditions of the microclimate for the premises in case of the heat supply systems violations, one of the urgent tasks is to study the dynamics of temperature changes for the internal surfaces of the envelope structures. **The purpose of the article.** To study the dynamics of temperature changes for the internal surfaces of the envelope structures in order to determine the critical conditions of the microclimate and ensure the safety of heat supply systems operation in the case of emergency shutdowns of heat supply systems. **Conclusions.** 1. On the basis of the conducted research, the dynamics of temperature changes for the internal surfaces in the premises are established depending on the structural features of buildings and structures and the influence of external climatic factors (ambient temperature, influence of solar radiation, influence of wind). 2. On the basis of modeling the influence of external climatic factors during emergency shutdowns of heat supply systems, a critical time is determined for reaching the limit conditions of the microclimate and preserving the safety of heat supply systems operation.

Keywords: emergency shutdown; microclimate; external climatic conditions; structural features

Актуальність дослідження. Основа забезпечення безпеки життєдіяльності людини в будівлях та спорудах – це дотримання оптимальних/допустимих умов мікроклімату. Обставиною, що безпосередньо впливає на умови мікроклімату у сьогоденні, стало впровадження новітніх технологій у сучасну будівельну галузь. Новітні технології сучасного будівництва забезпечують прискорення та здешевлення процесів зведення будівель та споруд, внаслідок чого значне поширення отримали нові їх серії [1; 5–7; 9].

Але одночасно в Україні спостерігається ігнорування проблеми старіння інфраструктури систем теплопостачання, що додатково ускладнюється через її пошкодження внаслідок війни та введення режимів регулювання подачі електроенергії. Це спричинює виникнення аварійних ситуацій та значних порушень теплового режиму в приміщеннях і будівлях, що на невизначений час погіршують умови мікроклімату, аж до досягнення його параметрами екстремальних, небезпечних для життєдіяльності людини значень.

У результаті досліджень [2; 3; 11] з'ясовано, що в разі забезпечення нормативних показників повітрообміну приміщень за рахунок зовнішнього повітря в будівлях підтримуються такі вологість і рухливість внутрішнього повітря, які не здійснюють визначального впливу на теплові умови. Тому в розрахунках забезпеченості теплового режиму особливо важливим

бачиться врахування температурного фактора мікроклімату.

Таким чином, актуальним стало дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій сучасних будівель та споруд за аварійних відключень систем теплопостачання з метою визначення критичних умов мікроклімату та забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання.

Постановка проблеми. Процес дослідження умов мікроклімату приміщень потребує врахування як значного комплексу зовнішніх кліматичних факторів, котрі через огорожувальні конструкції забезпечують взаємодію між замкнутим простором приміщення та навколишнім середовищем, так і архітектурно-планувальних рішень і призначення приміщень.

Як відомо з експлуатаційної практики, кутові приміщення та приміщення з великою площею зовнішніх огорожувальних конструкцій відрізняються значними температурними коливаннями на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій та внутрішнього повітря. Значні температурні коливання несприятливо впливають на самопочуття людей [16–19]. Отож виникає потреба у проведенні досліджень та визначенні коливань $\tau, ^\circ\text{C}$ температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій і $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$ температури внутрішнього повітряного середовища [1–3].

Мета статті – дослідження динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь

огороджувальних конструкцій для визначення критичних умов мікроклімату та забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання за аварійних відключень систем теплопостачання.

Результати досліджень. Мікрокліматом приміщення називають стан внутрішнього середовища певного обмеженого простору, що впливає на відчуття комфорту, здоров'я та продуктивність людини й може бути охарактеризований із використанням наступних параметрів: температури повітря та огорожувальних конструкцій, вологості й рухливості повітря [13–15].

Протягом періоду експлуатації приміщення параметри мікроклімату залежно від впливу зовнішніх кліматичних факторів, теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій та особливостей просторового розташування можуть сягати оптимальних, допустимих та критичних значень.

Під час дослідження впливу зовнішніх кліматичних факторів на замкнутий простір приміщень і будівель ми виділили чотири можливі ситуації:

1. Виключний вплив фактора температури навколишнього середовища.
2. Сумісний вплив фактора температури навколишнього середовища та фактора впливу сонячної радіації.
3. Сумісний вплив фактора температури навколишнього середовища та фактора вітрового впливу.
4. Сумісний вплив фактора температури навколишнього середовища, фактора впливу сонячної радіації та фактора вітрового впливу.

Оскільки фактор температури навколишнього середовища – це єдиний фактор постійної дії, тобто такий, чийм впливом неможливо знехтувати, ми прийняли припущення про визнання його як базового фактора для всіх вищенаведених ситуацій впливу навколишнього середовища на мікроклімат приміщень.

Таким чином перша ситуація, що має місце за виключної дії базового фактора в подальшому буде позначатися як «Б-випадок». Оскільки визначальним

фактором, що відрізняє другу ситуацію впливу навколишнього середовища на мікроклімат приміщень від інших, є дія фактора сонячної радіації, то і в подальшому будемо позначати її як «С-випадок». Аналогічним чином позначаємо третю ситуацію як «В-випадок», а четверту – «СВ-випадок».

Якщо параметри зовнішнього середовища та теплоакумулювальна здатність огорожувальних конструкцій відомі, виникає можливість оптимізувати кількість і якість теплової енергії, необхідної для підтримання всередині будівлі оптимальних параметрів мікроклімату [4–6].

У свою чергу, за підтримання нормативного значення повітрообміну приміщень за рахунок зовнішнього повітря будівлі мають такі значення вологості та рухливості внутрішнього повітря, котрі не змінюють визначального впливу температурних показників на теплові умови. Завдяки цьому в розрахунках забезпеченості теплового режиму можна враховувати тільки температурний фактор мікроклімату.

Залежність температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій t , °C від заданого часу Z , год. [5]:

$$t(Z) = \frac{v}{v_0} (t_{\text{нач}} - t_c) + t_c. \quad (1)$$

При цьому значення v/v_0 обчислюється за графіком на рисунку 1, де у параметрі $\frac{a \cdot Z}{\sigma^2}$ [5]:

$a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коефіцієнт температуро-провідності $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;

c – питома теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$;

ρ – густина, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

Z – час, год;

σ – товщина стінки, м^2 .

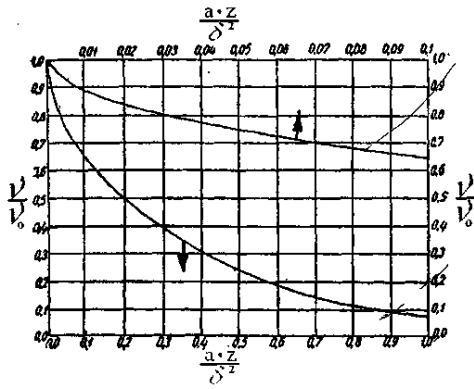


Рис. 1. Значення v/v_0 для внутрішньої поверхні стінки за постійної температури середовища з моменту $Z = 0$.

При цьому під час розрахунків за формулою (1) зроблено такі допущення:

- $t_{нач} = t_в$ – температура внутрішнього повітря в приміщенні відповідно;
- для «Б-випадку» $t_c = t_3^{mic}$ – середня місячна температура опалювального періоду;
- для «СВ-випадку» $t_c = t_3^{mic} + \Delta t_{рад}^{mic} - \Delta t_{вітер}^{mic}$ ($\Delta t_{рад}^{mic}$ – середньомісячна добавка тепла за рахунок сонячної радіації; $\Delta t_{вітер}^{mic}$ – середньомісячна втрата тепла від вітру);
- для «С-випадку» $t_c = t_3^{mic} + \Delta t_{рад}^{mic}$;

- для «В-випадку» $t_c = t_3^{mic} - \Delta t_{вітер}^{mic}$.

Ми провели оціночний розрахунок динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, виконаних із трьох поширених варіантів будівельного матеріалу у всіх чотирьох ситуаціях впливу зовнішніх кліматичних факторів для місяця січня. Вихідні дані для розрахунку наведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Можливі матеріали огорожувальної конструкції та їх теплотехнічні характеристики

Матеріал	$\sigma, \text{м}^2$	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
Газобетон	0,3	500	0,84	0,5
Залізобетон	0,18	2500	0,84	2,04
Бетон ніздрюватий	0,3	700	0,84	0,18

Таблиця 2

Фактори впливу зовнішнього середовища

Місяць	Фактор		
	$t_3^{mic}, \text{°C}$	$\Delta t_{рад}^{mic}, \text{°C}$	$\Delta t_{вітер}^{mic}, \text{°C}$
Січень	-4,7	4	2

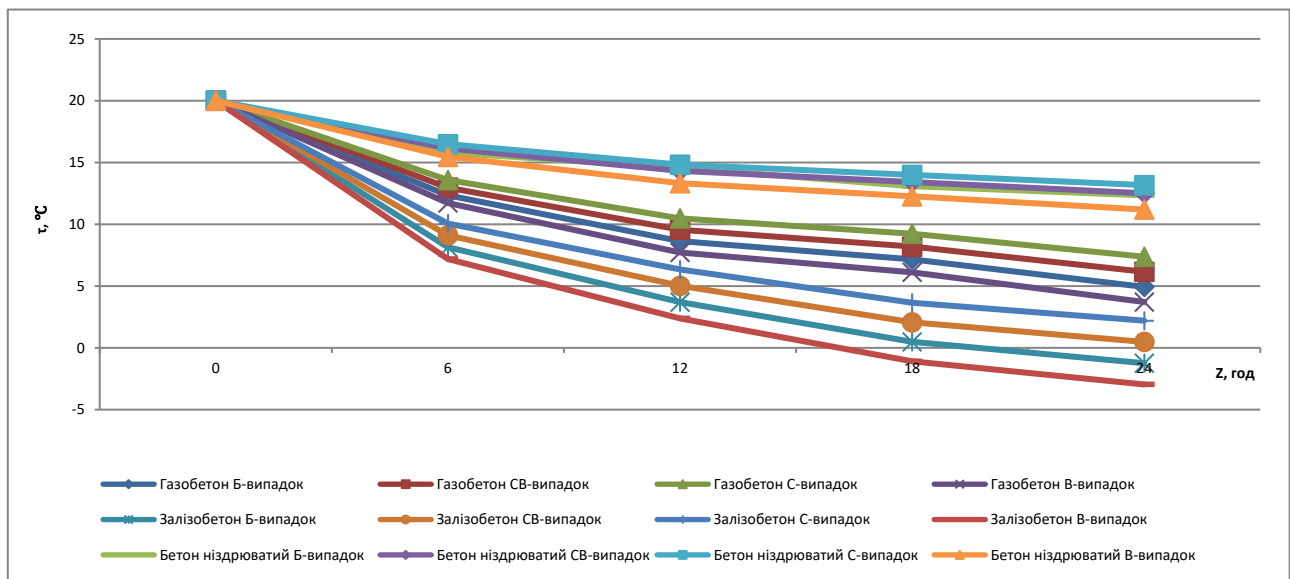


Рис. 2. Добова динаміка зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій за аварійного відключення системи теплостачання у всіх чотирьох випадках впливу зовнішніх кліматичних факторів для січня

У результаті розрахунку отримано дані добової динаміки зміни температури внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій за аварійного відключення системи теплопостачання у всіх чотирьох випадках впливу зовнішніх кліматичних факторів для січня (рис. 2).

Висновки.

1. На основі проведених досліджень встановлено динаміку зміни температури внутрішніх поверхонь у приміщеннях

залежно від конструктивних особливостей будівель та споруд та впливу зовнішніх кліматичних факторів (температура навколишнього середовища, вплив сонячної радіації, вітровий вплив).

2. На основі проведеного моделювання впливу зовнішніх кліматичних факторів у разі аварійних відключень систем теплопостачання визначено критичний час досягнення граничних умов мікроклімату та підтримання безпеки експлуатації систем теплопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беликов А. С., Кожушко А. П., Сафонов В. В. Охрана труда на предприятиях строительной индустрии. Днепропетровск : ЧП Федоренко А. А., 2010. 528 с.
2. Грудзинский М. М., Ливчак В. Н., Поз М. Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. Москва : Стройиздат, 1982. 256 с.
3. Губернский Е. Д., Кореневская Е. И. Гигиенические основы кондиционирования микроклимата жилых и общественных зданий. Москва : Медицина, 1978. 192 с.
4. Дуганов Г. В., Чистяков В. Л., Стрежекуров Э. Е. Новые приборы, применяемые для измерения теплофизических характеристик горных пород. *Приборостроение*. Вып.12. Киев, 1972. С. 3–5.
5. Данилов М. П., Ветвицкий И. Л., Чесанов Л. Г., Колесник И. А. Теплоустойчивость зданий в экосистеме «Окружающая среда – здание – человек» (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты). Днепропетровск : «Полиграфіст», 2005. 263 с.
6. Ветвицкий И. Л., Каспийцева В. Ю., Колесник И. А., Шевченко А. А. Исследование влияния теплопроводных включений на параметры микроклимата помещений при отключении системы отопления. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2013. Вып. 70. С. 65–69.
7. Беликов А. С., Колесник И. А., Рагимов С. Ю., Маладыка И. Г., Вовк Д. В. Исследование влияния теплопроводных включений на микроклимат помещений при аварийных ситуациях в системах теплоснабжения. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. 2017. Вып. 98. С. 20–24.
8. Стрежекуров Э. Е., Гашко С. В. Исследование терморadiационной напряженности в горячих цехах металлургического производства. *Гигиена и санитария*. 1980. Вып. 9. С. 62–64.
9. Табунщиков Ю. А. Строительные концепции зданий XXI века в области теплоснабжения и климатизации. *АВОК*. 2005. № 4. С. 4–7.
10. Борхерт Р., Юбиц В. Техника инфракрасного нагрева. Ленинград : Госэнергоиздат, 1963. 278 с.
11. Шкловер А. М., Васильев В. Ф., Ушаков Ф. В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий. Москва : Стройиздат, 1982. 256 с.
12. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Общие требования : стандарт. Введ.01.01.89. Система стандартов безопасности труда. Ч. 1. Изм. 1 (ИУС.2000.N9). Москва, 1996. С. 165–239.
13. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. (Державні будівельні норми України). URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
14. ДСТУ Б EN ISO 7730. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. (Державні будівельні норми України). URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28002
15. ДСТУ Б EN 15251. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенні до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. (Державні будівельні норми України). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28004
16. Кононович Ю. В. Тепловой режим зданий массовой застройки. Москва : Стройиздат, 1986. 158 с.
17. Veronica Lucia Castaldo, Ilaria Pigliautile, Federica Rosso, Anna Laura Pisello, Franco Cotana. Investigation of the impact of subjective and physical parameters on the indoor comfort of occupants : a case study in central Italy. *ScienceDirect: web-site*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217336184> (Accessed: 01 September 2020).

18. Kostantinos Gobakis, Dionysia Kolokotsa. Coupling building energy simulation software with microclimatic simulation for the evaluation of the impact of urban outdoor conditions on the energy consumption and indoor environmental quality. *ScienceDirect: web-site*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817304735> (Accessed : 01 September 2020).

19. Braian M. Beker, Camila Cervellera, Antonella De Vito, Carlos G. Musso. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. *ClinMed International Library: web-site*. URL: <https://clinmedjournals.org/articles/iacph/international-archives-of-clinical-physiology-iacph-1-001.php>

REFERENCES

1. Belikov A.S., Kozhushko A.P. and Safonov V.V. *Okhrana truda na predpriyatiyakh stroitel'noy industriyi* [Protection of labour on the enterprises of build industry]. 2010, Dnipropetrovsk, 528 p. (in Russian).

2. Grudzynsky M.M., Livchak V.N. and Poz M.Ya. *Otopstselvo-ventilyatsionniye sistemy zdaniy povyshennoy etazhnosti* [Heating-ventilation systems of buildings of the promoted floor]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1982, 256 p. (in Russian).

3. Gubernsky Ye.D. and Korenevskaya Ye.I. *Gigiyenicheskiye osnovy konditsionirovaniya mikroklimate zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Hygienic bases of conditioning of microclimate of dwelling and public buildings]. Moscow : Medicine Publ., 1978, 192 p. (in Russian).

4. Duganov G.V., Chistyakov V.L. and Strezhekurov T.Ye. *Novyye pribory, primenyayemye dlya izmereniya teplofizicheskikh kharakteristik gornykh porod* [New instruments used to measure the thermophysical characteristics of rocks]. *Pryborostroeniye* [Instrumentation]. 1972, no. 12, pp. 3–5. (in Russian).

5. Danilov M.P., Vetvitskiy I.L., Chesanov L.G. and Kolesnik I. A. *Teplovaya ustoychivost' zdaniy v ekosisteme "Sreda – zdaniye – chelovek"* (avariyno-defitsitnyye teplovyye rezhimy, solnechnyy i vetrovoy aspekt) [Thermal stability of buildings in the ecosystem “Environment – building – man” (emergency-deficient thermal regimes, solar and wind aspects)]. Dnipropetrovsk, 2005, 263 p. (in Russian).

6. Vetvitskiy I.L., Kaspiytseva V.Yu., Kolesnik I.A. and Shevchenko A.A. *Issledovanie vliyaniya teploprovodnykh vkluychenii na parametry mikroklimate pomeshchenii pri otklyuchenii sistemy otopeniya* [Investigation of the influence of heat-conducting inclusions on the parameters of the microclimate of premises when the heating system is turned off]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. 2013, iss. 70, pp. 65–69. (in Russian).

7. Belikov A.S., Kolesnik I.A., Ragimov S.Yu., Maladyka I.G. and Vovk D.V. *Issledovaniye vliyaniya teploprovodnykh vkluychenii na mikroklimate pomeshchenii pri avariynnykh situatsiyakh v sistemakh teplosnabzheniya* [Study of the influence of heat-conducting inclusions on the microclimate of premises in emergency situations in heat supply systems.]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. 2017, iss. 98, pp. 20–24. (in Russian).

8. Strezhekurov E.Ye. and Gashko S.V. *Issledovaniye termoradiatsionnoy napryazhennosti v goryachikh tsekhakh metallurgicheskogo proizvodstva* [Investigation of thermo-radiation stress in hot shops of metallurgical production]. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 1980, iss. 9, pp. 62–64. (in Russian).

9. Tabunshchikov Yu. A. *Stroitel'nyye kontseptsii zdaniy KHKHÍ veka v oblasti teplosnabzheniya i klimatizatsii* [Construction concepts for buildings of the XXI century in the field of heat supply and air conditioning]. *ABOK* [ABOK]. 2005, iss. 4, pp. 4–7. (in Russian).

10. Borkhert R. and Yubits V. *Tekhnika infrakrasnogo nagreva* [Infrared heating technique]. Moscow : Gosenergoizdat Publ., 1963, 278 p. (in Russian).

11. Shklover A.M., Vasil'yev V.F. and Ushakov F.V. *Osnovy stroitel'noy teplotekhniki zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Fundamentals of building heat engineering for residential and public buildings]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1982, 256 p. (in Russian).

12. GOST 12.1.005-88. *Obshchiye sanitarno-gigiyenicheskiye trebovaniya k vozdukhу rabochey zony* [GOST 12.1.005-88. General sanitary and hygienic requirements for the air in the working area]. Part 1. Valid from 1989-01-01. Official edition. Moscow, 1996, pp. 165–239. (in Russian).

13. DBN V.2.5-67:2013. *Opalennya, ventilyatsiya ta kondytsionuvannya* [SCN V.2.5-67:2013. Heating, ventilation, air conditioning]. Valid from 2013-01-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2013. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).

14. DSTU B EN ISO 7730. *Erhonomika teplovoho seredovyscha. Analitichne vyznachennya ta interpretatsiya teplovoho komfortu na osnovi rozrakhunkiv pokaznykiv PMV i PPD i kryteriyiv lokal'noho teplovoho komfortu* [DSTU B EN ISO 7730. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria]. Valid from 2012-01-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2012. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).

15. DSTU B EN 15251. *Rozrakhunkovi parametry mikroklimate prymishchen' dlya proektuvannya ta otsinky enerhetychnykh kharakterystyk budivel' po vidnoshenni do yakosti povitrya, teplovoho komfortu, osvittennya ta akustyky* [DSTU B EN 15251. Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of

buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics]. Valid from 2012-01-01. Official edition. Kyiv : Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2012. (State Building Codes of Ukraine). (in Ukrainian).

16. Kononovich Yu.V. *Teplovoiy rezhim zdaniy massovoy zastroyki* [Infrared heating technique]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1986, 158 p. (in Russian).

17. Veronica Lucia Castaldo, Ilaria Pigliautile, Federica Rosso, Anna Laura Pisello and Franco Cotana. Investigation of the impact of subjective and physical parameters on the indoor comfort of occupants: a case study in central Italy. Science Direct: web-site. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217336184> (Accessed: 01 September 2020).

18. Kostantinos Gobakis and Dionysia Kolokotsa. Coupling building energy simulation software with microclimatic simulation for the evaluation of the impact of urban outdoor conditions on the energy consumption and indoor environmental quality. ScienceDirect: web-site. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778817304735> (Accessed: 01 September 2020).

19. Braian M. Beker, Camila Cervellera, Antonella De Vito and Carlos G. Musso. Human Physiology in Extreme Heat and Cold. ClinMed International Library: web-site. URL : <https://clinmedjournals.org/articles/iacph/international-archives-of-clinical-physiology-iacph-1-001.php>

Надійшла до редакції: 12.04.2023.