

УДК 697.1:621.178:697.34

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241023.96.997

ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ МІКРОКЛІМАТУ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ У ВИПАДКУ АВАРІЙНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
ЖЕЛЕЗНЯКОВ Є. О.^{2*}, *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@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 045-51-22, e-mail: e.zheleznyakov1996@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-6124-201X

Анотація. *Постановка проблеми.* Умови мікроклімату приміщень будівель та споруд в холодну пору року надзвичайно важливі, оскільки вони є основою безпеки життєдіяльності та здоров'я людей. Аварійні ситуації та значні порушення теплового режиму в приміщеннях і будівлях невизначений час погіршують умови мікроклімату, аж до досягнення його параметрами граничних значень, небезпечних для життя людей. Особливо актуальні ці питання в умовах зростання в Україні чисельності аварійних ситуацій в системах теплопостачання, як через значну зношеність їх інфраструктури загалом, так і через надзвичайні ситуації воєнного часу. Тому дослідження із забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання у разі аварійних відключень через визначення закономірностей зміни температури в приміщеннях, досягнення критичної температури та часу роботи систем теплопостачання з урахуванням просторового розташування приміщень в будівлях та їх конструктивних особливостей бачаться актуальними. **Мета статті** – дослідження ризику досягнення критичних умов експлуатації систем теплопостачання в аварійних ситуаціях з урахуванням конструктивних особливостей будівель та забезпечення необхідних умов мікроклімату. **Висновок.** На основі проведених досліджень встановлено закономірності впливу просторового розташування приміщень всередині будівель та споруд і конструктивних особливостей будівель на підтримання умов мікроклімату приміщень в аварійних ситуаціях у системах теплопостачання. Визначено граничний час досягнення критичних умов мікроклімату в приміщенні внаслідок аварій в системах теплопостачання, що дозволяє прогнозувати граничні умови ліквідації наслідків аварійних ситуацій і оптимізувати діяльність ремонтно-рятувальних служб. Це особливо важливе у зв'язку з виходом із ладу застарілих систем теплопостачання та бойовими діями на території країни.

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

ON THE ISSUE OF ENSURING THE MICROCLIMATE CONDITIONS AND OPERATIONAL SAFETY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS DURING EMERGENCY HEAT SUPPLY SHUTDOWNS

BIELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
ZHELEZNYAKOV Ye.O.^{2*}, *Postgrad. Stud.*

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

^{2*} Department of Civil Engineering, Construction Technologies and Environmental Protection, Dnipro State Agrarian-Economic University, 25, Serhii Efremov St., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (050) 045-51-22, e-mail: e.zheleznyakov1996@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-6124-201X

Abstract. The issue of ensuring the microclimate conditions of the premises in the buildings and structures during cold season are of exceptional importance, as it is the basis for ensuring the safety of human life and health. Emergencies and significant violations of the thermal regime in premises and buildings worsen microclimate conditions for an indefinite period of time, until its parameters reach extreme values dangerous for human life. These issues are particularly relevant in the context of the growing number of emergency situations in heat supply systems in Ukraine, both due to the high level of wear and tear of their infrastructure in general, and wartime emergencies. Therefore, conducting research to ensure the safety of heat supply systems operation during emergency shutdowns by determining

the regularities of temperature changes in rooms, reaching the critical temperature and operating time of heat supply systems, taking into account the spatial location of rooms in buildings and their design features, is an urgent task. **The purpose of the article.** Study of the risk of reaching critical modes of heat supply systems operation in emergency situations, taking into account the structural features of buildings and ensuring the necessary microclimate conditions. **Conclusion.** On the basis of the conducted research, the regularities of the structural features of buildings and structures in emergency situations in heat supply systems to ensure microclimate conditions in the premises have been determined. The limit conditions for achieving critical indoor microclimate conditions due to accidents in heat supply systems are determined, which allows predicting the limit conditions for eliminating the consequences of emergency situations and optimizing the activities of repair and rescue services, which is especially important in connection with the failure of outdated heat supply systems and combat operations on the territory of the country.

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

Постановка проблеми. Забезпечення умов мікроклімату приміщень будівель та споруд у холодну пору року винятково важливе завдання, від них залежить безпека життєдіяльності та здоров'я людей [1; 5–7; 9].

Особливо актуальні ці питання в умовах зростання в Україні числа аварій в системах теплопостачання, як через значну зношеність їх інфраструктури загалом, так і через надзвичайні ситуації воєнного часу.

Ці реалії перешкоджають підтриманню нормального стану здоров'я та життєдіяльності населення і можуть спричинити непоправні порушення та руйнування систем життєдіяльності об'єктів, через вихід систем теплопостачання з ладу.

Тому актуальними стали дослідження із забезпечення безпеки експлуатації систем теплопостачання за аварійних відключень через визначення закономірностей зміни температури в приміщеннях, досягнення критичної температури та часу роботи систем теплопостачання з урахуванням просторового розташування приміщень у будівлях та їх конструктивних особливостей.

Дослідження умов мікроклімату приміщень потребує врахування впливу просторового розташування приміщення у будівлі та дії зовнішніх кліматичних факторів, котрі через зовнішні огорожувальні конструкції забезпечують взаємодію між замкнутим простором приміщення та навколишнім середовищем.

Як встановлено із практики експлуатації будівель та споруд, приміщення, що мають

значну площу зовнішніх огорожувальних конструкцій, та кутові приміщення характеризуються значними температурними коливаннями внутрішнього повітря [2; 3; 5–7]. Такі коливання несприятливо впливають на самопочуття людей [16–19]. Тому проведення досліджень та визначення температури внутрішнього повітряного середовища стало проблемою сьогодення [1–3].

Мета статті – висвітлити теоретичні дослідження визначення критичних умов мікроклімату в аварійних ситуаціях у системах теплопостачання з урахуванням просторового розташування приміщень усередині будівель та споруд і конструктивних особливостей будівель.

Результати досліджень. Мікроклімат приміщень можна охарактеризувати як такий стан внутрішнього середовища деякого обмеженого простору, котрий безпосередньо впливає на відчуття комфорту, здоров'я та продуктивність людини. Його характерні параметри: температура повітря, рухливість повітря, температура огорожувальних конструкцій та вологість [13–15].

Протягом періоду експлуатації приміщення параметри мікроклімату залежно від особливостей їх просторового розташування всередині будівлі, впливу теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій та дії зовнішніх кліматичних факторів можуть набирати як допустимих та оптимальних, так і критичних значень.

Встановлено, що у випадку, коли характер впливу зовнішнього середовища та

теплоакумульовальна здатність огорожувальних конструкцій є величинами відомими, виникає можливість оптимізувати як якість, так і кількість теплової енергії, необхідної для підтримки всередині будівлі оптимальних параметрів мікроклімату [4–6].

Дослідженнями [2; 3; 11] встановлено, що у разі забезпечення нормативного значення повітрообміну приміщень за рахунок зовнішнього повітря в будівлях підтримуються такі вологість і рухливість внутрішнього повітря, які не змінюють визначального впливу температурних показників на теплові умови. Тому у розрахунках забезпеченості теплового режиму можна враховувати тільки температурний фактор мікроклімату.

Таким чином, дослідження змін параметрів мікроклімату приміщень житлових будівель, викликаних аварійними ситуаціями та відключеннями систем теплопостачання, з урахуванням просторового розташування приміщень у будівлях, їх конструктивних особливостей та дії зовнішніх кліматичних факторів, потребує визначення закономірностей зміни температури в приміщеннях, досягнення критичної температури та часу роботи систем теплопостачання.

У разі повного припинення опалення та відсутності внутрішніх тепловиділень для визначення очікуваної температури внутрішнього повітря, яка встановиться в приміщенні через час Z після порушення нормального теплового режиму, визначається за формулою [5]:

$$t_g(Z) = t_{zc} + (t_g - t_{zc}) \times e^{-Z/\beta}, \quad (1)$$

де t_{zc} – температура зовнішнього середовища, °C; t_g – температура внутрішнього повітря до моменту

порушення нормального теплового режиму, °C; Z – кількість часу, що минув з моменту порушення нормального теплового режиму, год.; β – коефіцієнт акумуляції теплової енергії, год.

Як показав проведений нами аналіз, показники коефіцієнта акумуляції теплової енергії β , год визначені [9; 10; 16] для типових серій житлових будинків, однак розвиток будівельної галузі сприяє використанню новітніх та несерійних огорожувальних конструкцій. Тому для досліджень зміни очікуваної температури внутрішнього повітря $t_b(Z)$, °C приміщень під час аварійних ситуацій та відключень систем теплопостачання протягом опалювального періоду виникає необхідність обчислення нових значень коефіцієнта акумуляції теплової енергії β , год для сучасних будівель та споруд. Причому особливу увагу необхідно приділити їх конструктивним особливостям, врахувавши просторове розташування досліджуваних приміщень.

Ми виконали оціночний розрахунок динаміки зміни температури внутрішнього повітря $t_b(Z)$, °C приміщення у жовтні для шести типів стін з урахуванням трьох можливих варіантів просторового розташування приміщення всередині будівлі. Вихідні дані для розрахунку наведені в таблицях 1–2.

У результаті розрахунку нами отримано дані добової динаміки зміни температури внутрішнього повітря приміщень для шести типів стін у разі аварійного відключення системи теплопостачання, при трьох варіантах просторового розташування приміщення всередині будівлі для жовтня (рис. 1–3).

Таблиця 1

Можливі матеріали огорожувальної конструкції та їх теплотехнічні характеристики

Тип	Матеріал	$R_{g,2}$, кг/(м ² *год)	δ , м	ρ , кг/м ³	c , кДж/кгК	λ_p , Вт/(м К)
I	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС	79	0,1	35	1,45	0,032
	Стіна з газобетону	45	0,3	500	0,84	0,5
II	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Мінеральна вата ТЕХНОФАС	4	0,1	110	0,84	0,038
	Стіна з газобетону	45	0,3	500	0,84	0,5
III	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС	79	0,1	35	1,45	0,032
	З/б панель	35 316	0,18	2 500	0,84	2,04
IV	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Вата мінеральна	0	0,1	100	0,84	0,045
	Бетон ніздрюватий	588	0,3	700	0,84	0,18
V	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Екструдований пінополістирол ТЕХНОПЛЕКС	79	0,1	35	1,45	0,032
	Бетон ніздрюватий	588	0,3	700	0,84	0,18
VI	Декоративна штукатурка	124,3	0,005	1 600	0,84	0,81
	Мінеральна вата ТЕХНОФАС	4	0,1	110	0,84	0,038
	З/Б панель	36 297	0,185	2 500	0,84	2,04

Таблиця 2

Коефіцієнт акумуляції теплової енергії, год.

Тип огороження	β , год		
	Розташування приміщення		
	кутове	середнє	кутове на верхніх поверххах
I	66,77	69,21	57,11
II	59,68	61,77	49,53
III	168,06	175,52	168,04
IV	98,38	102,30	99,04
V	118,09	122,76	118,67
VI	149,18	155,66	160,98

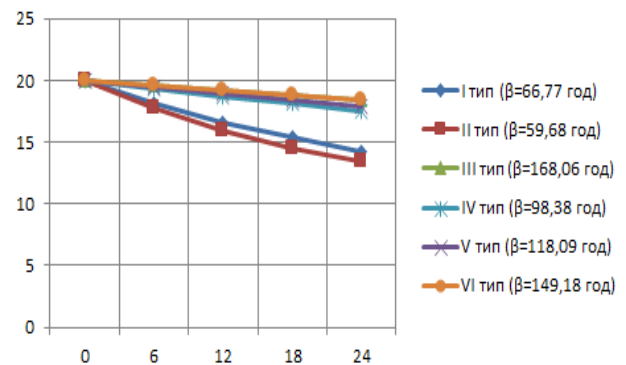


Рис. 2. Залежності динаміки зміни $t_a(Z)$, °C для стін різних типів у жовтні, за кутового розташування приміщення

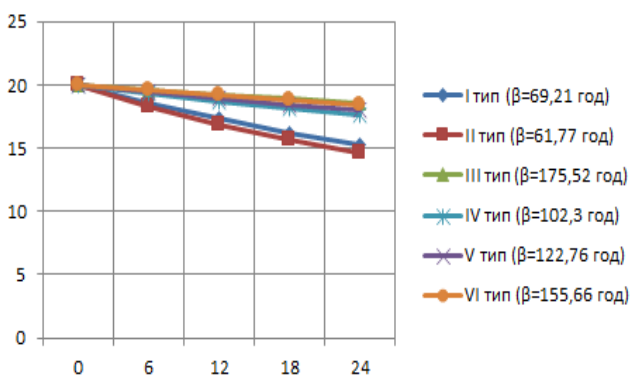


Рис. 1. Залежності динаміки зміни $t_a(Z)$, °C для стін різних типів у жовтні, для середнього розташування приміщення

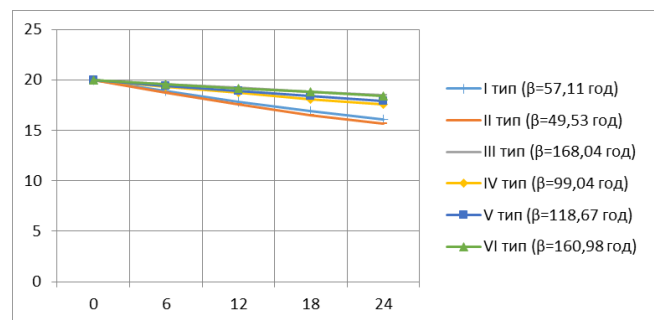


Рис. 3. Залежності динаміки зміни $t_a(Z)$, °C для стін різних типів у жовтні, за верхнього кутового розташування приміщення

Отримано такі залежності для середнього розташування приміщення зі стіною:

1. I типу ($\beta = 69,21$ год): $y = 9E - 08x^4 - 2E - 05x^3 + 0,0028x^2 - 0,2529x + 20$
2. II типу ($\beta = 61,77$ год): $y = 2E - 07x^4 - 4E - 05x^3 + 0,0041x^2 - 0,3063x + 20$
3. III типу ($\beta = 175,52$ год): $y = 5E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,065x + 20$
4. IV типу ($\beta = 102,3$ год): $y = 4E - 09x^4 - 2E - 06x^3 + 0,0005x^2 - 0,1111x + 20$
5. V типу ($\beta = 122,76$ год): $y = 2E - 09x^4 - 1E - 06x^3 + 0,0004x^2 - 0,0928x + 20$
6. VI типу ($\beta = 155,66$ год): $y = 6E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,0677x + 20$.

Для кутового розташування приміщення зі стіною :

1. I типу ($\beta = 66,77$ год): $y = 2E - 07x^4 - 4E - 05x^3 + 0,0048x^2 - 0,3301x + 20$
2. II типу ($\beta = 59,68$ год): $y = 5E - 07x^4 - 8E - 05x^3 + 0,0074x^2 - 0,4118x + 20$
3. III типу ($\beta = 168,06$ год): $y = 6E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,068x + 20$
4. IV типу ($\beta = 98,38$ год): $y = 4E - 09x^4 - 2E - 06x^3 + 0,0006x^2 - 0,1155x + 20$
5. V типу ($\beta = 118,09$ год): $y = 2E - 09x^4 - 1E - 06x^3 + 0,0004x^2 - 0,0962x + 20$
- VI типу ($\beta = 149,18$ год): $y = 7E - 10x^4 - 5E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,0708x + 20$.

Для верхнього кутового розташування приміщення зі стіною:

1. I типу ($\beta = 57,11$ год): $y = 4E - 08x^4 - 1E - 05x^3 + 0,0017x^2 - 0,199x + 20$
2. II типу ($\beta = 49,53$ год): $y = 6E - 08x^4 - 2E - 05x^3 + 0,0023x^2 - 0,2295x + 20$
3. III типу ($\beta = 168,04$ год): $y = 5E - 10x^4 - 4E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,0676x + 20$
4. IV типу ($\beta = 98,04$ год): $y = 4E - 09x^4 - 2E - 06x^3 + 0,0006x^2 - 0,1148x + 20$
5. V типу ($\beta = 118,67$ год): $y = 2E - 09x^4 - 1E - 06x^3 + 0,0004x^2 - 0,0958x + 20$
6. VI типу ($\beta = 160,98$ год): $y = 6E - 10x^4 - 5E - 07x^3 + 0,0002x^2 - 0,0706x + 20$.

Висновки

На основі проведених досліджень встановлено закономірності на забезпечення умов мікроклімату в приміщеннях залежно від конструктивних особливостей будівель та споруд у разі аварійних ситуацій у системах теплопостачання.

Визначені граничні умови досягнення критичних умов мікроклімату в приміщенні внаслідок аварій в системах теплопостачання. Це дозволяє прогнозувати граничні умови ліквідації наслідків аварійних ситуацій і оптимізувати діяльність ремонтно-рятувальних служб, що особливо важливо у зв'язку з виходом із ладу застарілих систем теплопостачання та бойовими діями на території країни.

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. Грузинский М. М., Ливчак В. Н., Поз М. Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. Москва : Стройиздат, 1982. 256 с.
3. Губернский Е. Д., Корневская 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*. Киев, 1972. Вып. 12. 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 : «Поліграфіст», 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. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Общие требования : стандарт ГОСТ 12.1.005-88. Введ.01.01.89. Система стандартов безопасности труда. Ч. 1. С. 165–239. Москва, 1996. Изм. 1 (ИУС.2000.N9).
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 відношенню 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. Castaldo Veronica Lucia, Pigliatile Ilaria, Rosso Federica, Pisello Anna Laura, Cotana Franco. 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. Gobakis Kostantinos, Kolokotsa Dionysia. 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. Beker Braian M., Cervellera Camila, De Vito Antonella, Musso Carlos G. 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]. Dnipropetrovsk : PE Fedorenko A. A., 2010, 528 p. (in Russian).
2. Grudzynsky M.M., Livchak V.N. and Poz M.Ya. *Otopstelvo-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 mikroklimata 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 devices applied for measuring of heating-physical descriptions of mine breeds]. *Pryborostroeniye* [Instrumentation]. Vol. 12, Kyiv, 1972, 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 aspekty) [Thermal stability of buildings in the ecosystem "Environment-building-man" (emergency-deficient thermal regimes, solar and wind aspects)]. Dnipropetrovsk : Poligrafist Publ., 2005, 263 p. (in Russian).
6. Vetvitskiy I.L., Kaspiytseva V.Yu., Kolesnik I.A. and Shevchenko A.A. *Issledovanie vliyaniya teploprovodnykh vklyuchenii na parametry mikroklimata pomeshchenii pri otklyuchenii sistemy otopleniya* [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 vklyucheniy na mikroklimat pomeshcheniy 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]. AVOK [AVOK]. 2005, iss. 4, pp. 4–7. (in Russian).
10. Borkhert R. and Yubits V. *Tekhnika infrakrasnogo nagreva* [Infrared heating technique]. Leningrad : 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. *Obshchiye sanitarno-gigiyenicheskiye trebovani k vozdukhу rabochey zony. Obshchiye trebovaniya : standart GOST 12.1.005-88. Sistema standartov bezopasnosti truda* [General sanitary and hygienic requirements for the air in the working area. General requirements : standard GOST 12.1.005-88. System of occupational safety standards]. Entered 01/01/89, part 1, Moscow, 1996, pp. 165–239. Change 1 (IUS C.2000.N9). (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). URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
14. *DSTU B EN ISO 7730. Erhonomika teplovoho seredovyshcha. Analitychne 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). URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28002
15. *DSTU B EN 15251. Rozrakhunkovi parametry mikroklimatu 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). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=28004
16. Kononovich Yu.V. *Teplovoiy rezhim zdaniy massovoy zastroйки* [Infrared heating technique]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1986, 158 p. (in Russian).
17. Castaldo Veronica Lucia, Pigliautile Ilaria, Rosso Federica, Pisello Anna Laura and Cotana Franco. 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. Gobakis Kostantinos and Kolokotsa Dionysia. 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. Beker Braian M., Cervellera Camila, De Vito Antonella and Musso Carlos G. 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: 02.09.2023.