

DOI: 10.23746/2017-9-23

Пашинский Виктор Антонович, д-р техн. наук, профессор кафедры, Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий (Украина)

Пушкар Наталья Владимировна, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса (Украина)

Пашинский Виктор Викторович, канд. техн. наук, ассистент кафедры, Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса (Украина)

Victor A. Pashinsky, DSc in Engineering Science, professor of the department, Road Machinery and Construction Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi (Ukraine)

Natalya Pushkar, PhD in Engineering Science, associate professor, professor of the department, Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa (Ukraine)

Victor V. Pashinsky, PhD in Engineering Science, assistant of the department, Odessa State Academy of Building and Architecture, Odessa (Ukraine)

УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕСУЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

SIMPLIFIED METHODS OF REGULATION OF TEMPERATURE EFFECTS ON BEARING STRUCTURES FOR THE TERRITORY OF UKRAINE

АННОТАЦИЯ

Существующая в действующих нормах нагрузок Украины методика нормирования силового влияния температуры на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций зданий и сооружений не учитывает существенной изменчивости

температурных воздействий по территории Украины и не устанавливает зависимость расчетных значений температурных перепадов от срока службы конструкции, как это сделано для других нагрузок.

Игнорирование территориальной изменчивости климатической температуры приводит к излишним погрешностям в определении величины температурных нагрузок, что может негативно повлиять на эксплуатационные свойства запроектированных зданий и сооружений.

По результатам статистического анализа метеорологических данных 412 метеостанций, равномерно распределенных по всей территории Украины, определены расчетные параметры температуры атмосферного воздуха как силового воздействия на несущие строительные конструкции. Разработана упрощенная методика нормирования температурных воздействий, основанная на непосредственном районировании отрицательных перепадов температуры и определении всех других параметров по выявленным зависимостям. Благодаря установленной зависимости положительных перепадов температуры от отрицательных удалось существенно уменьшить количество расчетных параметров и обойтись лишь одной картой территориального районирования. Это делает нормы нагрузок более компактными, упрощает их использование и уменьшает вероятность случайных ошибок при проектировании.

Предложенная методика гармонизирована с действующими нормативными документами Украины и Еврокодом, обеспечивает учет территориальной изменчивости температуры, а также срока службы зданий и сооружений.

Разработанная методика может быть использована для нормирования воздействий температуры воздуха на несущие конструкции не только на территории Украины, но и на территории других стран.

ABSTRACT

Existing in the current load standards of Ukraine method of normalizing the force influence of temperature on the stress-strain state

of load-carrying structures of buildings and structures does not take into account the significant variability of temperature effects across the territory of Ukraine and does not determine correlation of the calculated values of temperature differences from the service life of the structure, as it was done for other loads. Ignoring the territorial variability of the climatic temperature leads to excessive errors in determining the quantity of the temperature loads, which can negatively affect on the operational properties of the designed buildings and structures.

Based on the results of the statistical analysis of meteorological data of 412 weather stations, evenly distributed throughout the territory of Ukraine, the design parameters of the atmospheric air temperature as a force effect on load-bearing building structures have been determined. A simplified methodology for normalizing temperature effects, based on zoning of negative temperature differences and determination of all other parameters for the revealed dependences was developed. Due to the established dependence, based on positive temperature changes from negative, it was possible to significantly reduce the number of calculated parameters and make only one map of territorial zoning. This makes load standards more compact, simplifies their usage, and reduces the chances of accidental design errors.

Proposed methodology is harmonized with the current standards of Ukraine and Eurocode, takes into account the territorial variability of temperature, as well as the service life of buildings and structures.

Developed methodology can be used for effects normalization of air temperature on load-bearing structures not only on the territory of Ukraine, but also on the territory of other countries.

Ключевые слова: температура, воздух, влияние, замыкание конструкций, климатические нагрузки, районирование.

Keywords: temperature, air, impact, closing of structures, climatic loads, zoning.

ВВЕДЕНИЕ

Существенное влияние изменений температуры атмосферного воздуха на напряженно-деформированное состояние несущих

строительных конструкций [1–3], проанализированное в работе [11], обуславливает необходимость исследования и уточнения температурных воздействий, методики их нормирования и учета при проектировании.

Основными недостатками действующих в Украине норм на грузов в части температурных воздействий является отсутствие учета территориальной изменчивости температуры, а также сложная методика определения расчетных значений, требующая использования большого количества параметров.

Усовершенствованная методика должна, как и для других климатических нагрузок (снег, ветер, гололед), обеспечить достаточно детальное территориальное районирование, учет зависимости предельного расчетного значения от срока службы здания и зависимости эксплуатационного расчетного значения – от доли срока службы, во время которой оно может превышать. Весьма желательно также упрощение представления температурных воздействий в нормах проектирования путем уменьшения числа нормируемых расчетных параметров.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ

Расчетные значения температурного воздействия на несущие строительные конструкции определяются по нормам нагрузок ДБН В.1.2–2: 2006 [9], которые не учитывают известного из работ [4–8] факта изменчивости расчетных параметров по территории и не устанавливают зависимости расчетных значений температурных перепадов от срока службы конструкции, как это сделано в тех же ДБН [9] для других климатических нагрузок (снег, ветер, гололед).

Для исследования силового воздействия изменений температуры атмосферного воздуха на несущие строительные конструкции можно использовать статистические характеристики квазистационарного случайного процесса среднесуточной температуры воздуха на территории Украины, которые приведены и проанализированы в работах [10, 11].

Предложения по нормированию силового воздействия температуры воздуха с учетом срока службы конструкций

и территориальной изменчивости расчетных параметров разработаны в статье [12]. Предложенная схема нормирования соответствует классическому подходу ДБН [9] и EN [13], основанному на определении расчетных значений температурных перепадов как разницы между температурами самого холодного или тёплого времени года и начальной температуры замыкания конструкции. Расчетные температуры наиболее холодных и наиболее теплых суток соответствуют заданным периодам повторяемости, а их характеристические значения определяются из карт территориального районирования, что и решает проблему гармонизации с методикой нормирования других климатических нагрузок. Недостатком методики [12] является значительное количество расчетных параметров, а также необходимость использования двух карт территориального районирования Украины по характеристическим значениям температуры наиболее холодных и наиболее теплых суток, что снижает удобство пользования нормами нагрузок.

Цель данного исследования заключается в разработке упрощенного порядка определения расчетных параметров температуры атмосферного воздуха при проектировании несущих конструкций, отвечающего современным требованиям к нормированию нагрузок.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Упрощенная методика нормирования температурных воздействий базируется на непосредственном установлении перепадов температуры Δ_{co} , которые реализуются зимой после летнего замыкания конструкций, и Δ_{wo} , которые реализуются летом после зимнего замыкания конструкций. Такой подход существенно упрощает порядок определения температурных воздействий за счет уменьшения количества расчетных параметров.

Исходными данными, как и в работе [12], являются среднемесячные значения температуры воздуха на 412 метеорологических станциях и постах Украины. Коэффициенты вариации и асимметрии определяются через математическое ожидание по формулам из [10], а значение эффективной частоты квазистационарного

случайного процесса среднесуточной температуры воздуха составляет $\omega = 0,61/\text{сут}$. Также использованы расчетные параметры температуры атмосферного воздуха, которые были вычислены в работе [11]:

- начальные температуры замыкания конструкций, равные средним температурам холодного t_{0c} и теплого t_{0w} полугодия;
- предельные расчетные значения температуры самых холодных $t_{mc}(T)$ и самых теплых суток $t_{mw}(T)$ с различными периодами повторяемости T ;
- эксплуатационные расчетные значения температуры самых холодных $t_{ec}(\eta)$ и самых теплых суток $t_{ew}(\eta)$ для различных частей срока службы η , в течение которых они могут превышать;
- квазипостоянные расчетные значения перепадов температуры Δ_p .

Предельные расчетные значения перепадов температуры воздуха в зимний и в летний период (при летнем и зимнем замыкании конструкций) определены как разницы расчетных значений температур наиболее холодных $t_{mc}(T)$ или самых теплых суток $t_{mw}(T)$ с заданными периодами повторяемости T и средней температурой теплого t_{0w} и холодного t_{0c} полугодия:

$$\Delta_{mc}(T) = t_{mc}(T) - t_{0w}; \Delta_{mw}(T) = t_{mw}(T) - t_{0c}. \quad (1)$$

Согласно общим требованиям норм [14], характеристическими считаются значения перепадов температуры воздуха $\Delta c_0 = \Delta_{mc}(50)$ и $\Delta w_0 = \Delta_{mw}(50)$ со средним периодом повторяемости $T = 50$ лет. Их изменчивость в пределах территории Украины отображена на гистограммах распределения, приведенных на рисунке 1.

Из рисунка 1 следует, что температурные перепады $\Delta_{mc}(50)$ и $\Delta_{mw}(50)$ изменяются в довольно широких диапазонах, что явно требует их территориального районирования. Диапазон изменения температурных перепадов при зимнем замыкании конструкций (положительные перепады) несколько меньше, чем при летнем замыкании (отрицательные перепады), но также является достаточно большим.

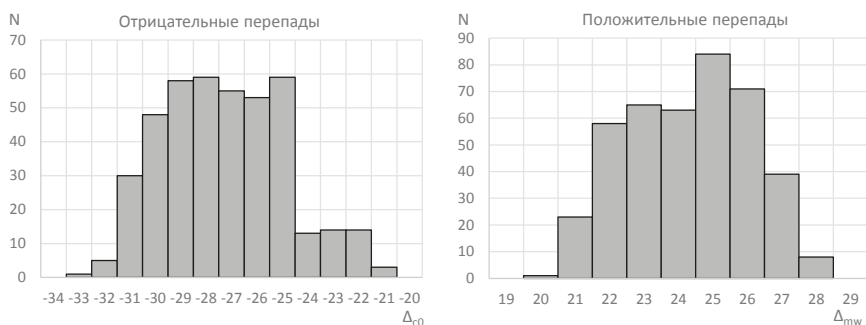


Рисунок 1. Гистограммы распределения характеристических значений перепадов температуры воздуха на территории Украины

С целью упрощения порядка нормирования на рисунке 2 построена зависимость между перепадами температуры в сторону уменьшения Δ_{c0} и в сторону увеличения Δ_{mw} . Коэффициент корреляции 0,967 указывает на достаточно тесную связь и возможность использования линейной аналитической зависимости, которая с целью создания запаса надежности проведена вблизи верхней границы исследуемых точек:

$$\Delta_{mw} = 11 - 0,5 \cdot \Delta_{c0}. \quad (2)$$

Использование зависимости (2) позволяет адекватно отразить территориальную изменчивость температурных воздействий, разработав только одну карту территориального районирования Украины по характеристическим значениям перепада температуры в сторону уменьшения Δ_{c0} .

Территориальное районирование Украины по характеристическим значениям перепада температуры в сторону уменьшения Δ_{c0} (при летнем замыкании конструкций) выполнено по методике, использованной и коротко описанной в [12]. На карте, приведенной на рисунке 3, выделены шесть территориальных районов, отражающих уменьшение температурных перепадов от -46°C на северо-востоке Украины до -36°C в Крыму.

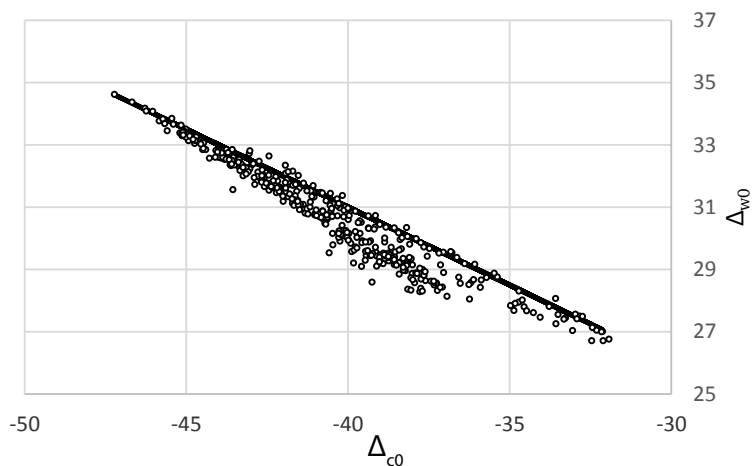


Рисунок 2. Зависимость между перепадами температуры в сторону уменьшения и роста



Рисунок 3. Территориальное районирование Украины по характеристическим значениям перепада температуры в сторону уменьшения Δc_0 (при летнем замыкании конструкций)

При общем снижении температуры воздуха с увеличением высоты над уровнем моря температурные перепады практически не зависят от географической высоты. Отсутствие необходимости учета коэффициента географической высоты дополнительно упрощает порядок определения температурных перепадов.

Переход от характеристических к предельным расчетным значениям перепадов температуры выполняется путем умножения на коэффициенты надежности γ_{fm} , зависящие от заданного периода повторяемости. На рисунке 4 изображены наибольшие, наименьшие и средние из всех пунктов наблюдения значения γ_{fm} , а также аппроксимирующая логарифмическая зависимость:

$$\gamma_{fm} = A + B \cdot \lg(T) = 0,839 + 0,095 \cdot \lg(T), \quad (3)$$

график которой на рисунке 4 (жирная сплошная линия) в запас надежности проходит несколько выше среднего значения γ_{fm} (жирный пунктир).

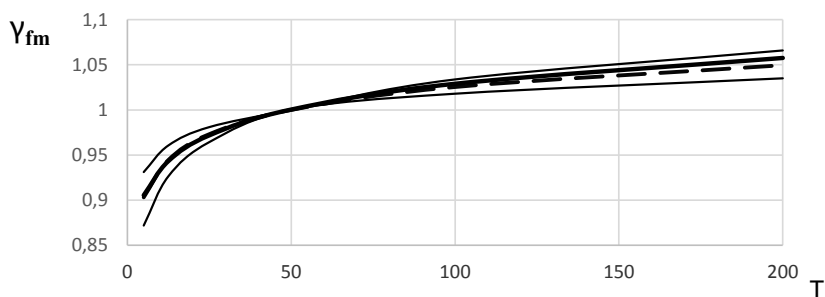


Рисунок 4. Зависимость коэффициента надежности γ_{fm} от периода повторяемости температурного перепада

В пределах реальных сроков эксплуатации зданий и конструкций от 25 до 200 лет коэффициенты надежности для отдельных метеостанций превышают значения (3) не более, чем на 0,9%, что свидетельствует о вполне достаточном запасе аппроксимации.

Эксплуатационные расчетные значения перепадов температуры воздуха в зимний $\Delta_{\text{ec}}(\eta)$ и в летний $\Delta_{\text{ew}}(\eta)$ период (при летнем и зимнем замыкании конструкций) определены для всех 412 пунктов наблюдения как разницы экстремальных температур и средней температуры противоположного (теплого или холодного) полугодия по аналогии с формулами (1). Территориальная изменчивость этих значений при доле срока службы конструкции $\eta = 0,02$, рекомендованной ДБН [14] для проектирования конструкций массового использования, отражена на гистограммах распределения рисунка 5.

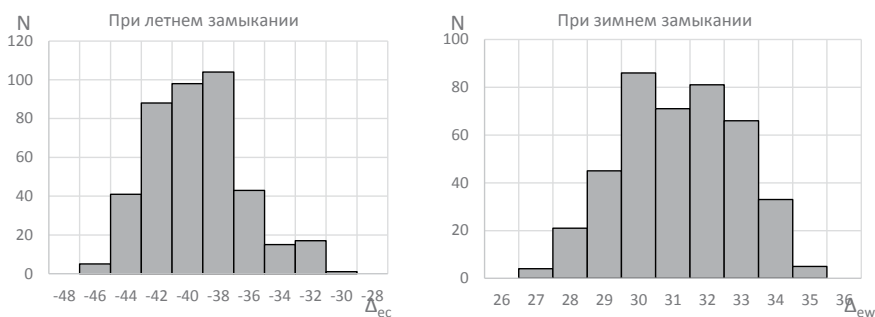


Рисунок 5. Гистограммы распределения эксплуатационных расчетных значений перепадов температуры воздуха на территории Украины

Как и для предельных расчетных значений, перепады в сторону увеличения Δ_{ew} менее изменчивы, чем в сторону уменьшения температуры Δ_{ec} (при летнем замыкании конструкций). Разброс данных порядка 8–12 °С указывает на необходимость территориального районирования эксплуатационных расчетных значений температурных перепадов.

С целью упрощения норм эксплуатационные расчетные значения перепадов температуры целесообразно определять через характеристические значения перепадов, установленные по карте рисунка 3 и формуле (2). Зависимости коэффициентов надежности по эксплуатационным расчетным значениям перепадов температуры в сторону повышения γ_{few} и уменьшения γ_{fec} от доли срока службы конструкции $0,002 \leq \eta \leq 0,1$ изображены на рисунке 6.

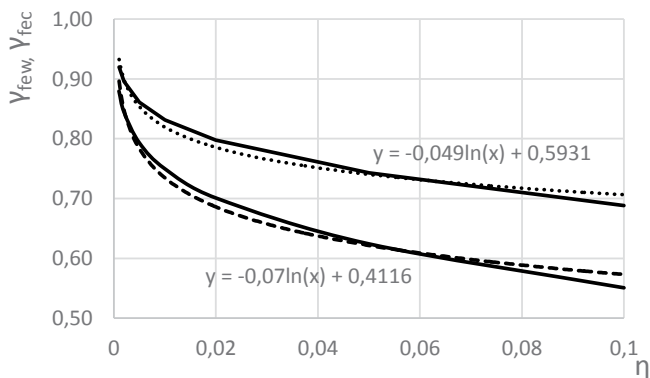


Рисунок 6. Зависимости коэффициентов надежности γ_{few} и γ_{fec} от доли срока эксплуатации η

Для определения коэффициентов надежности γ_{few} и γ_{fec} можно воспользоваться как аналитическими функциями, приведенными на рисунке 6, так и данными таблицы 1.

Таблица 1

Коэффициенты надежности γ_{fe} по эксплуатационным расчетным значениям перепадов температуры

Доля срока службы η	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1
Коэффициенты γ_{fec}	0,880	0,844	0,793	0,750	0,701	0,624	0,551
Коэффициенты γ_{few}	0,920	0,896	0,861	0,831	0,798	0,743	0,688

Квазипостоянные расчетные значения перепадов температуры воздуха установлены по методике [12] как постоянная составляющая переменного температурного воздействия. Для всей территории Украины целесообразно принять общее значение $\Delta_p = \pm 9^\circ\text{C}$, которое превышает лишь на 15 пунктах наблюдения из 412.

Порядок определения расчетных параметров климатического температурного воздействия при проектировании несущих строительных конструкций изложен в таблице 2. Приведенные формулы и ссылки отражают обоснованные выше принципы нормирования температуры воздуха.

**Порядок определения расчетных параметров
температуры воздуха**

Параметры	Способы определения
Характеристическое значение отрицательного перепада температуры Δ_{c0} (при летнем замыкании конструкций)	По карте рисунка 3
Характеристическое значение положительного перепада температуры Δ_{w0} (при зимнем замыкании конструкций)	$\Delta_{w0} = 11 - 0,5 \cdot \Delta_{c0} \quad (2)$
Предельные расчетные значения отрицательного (при летнем замыкании конструкций) $\Delta_{mc}(T)$ и положительного (при зимнем замыкании конструкций) $\Delta_{mw}(T)$ перепадов температуры с периодом повторяемости T	$\Delta_{mc}(T) = \gamma_{fm} \Delta_{c0}$ $\Delta_{mw}(T) = \gamma_{fm} \Delta_{w0}$ γ_{fm} – по формуле (3)
Эксплуатационные расчетные значения отрицательного $\Delta_{ec}(\eta)$ и положительного $\Delta_{ew}(\eta)$ перепадов температуры доли срока службы η	$\Delta_{ec}(\eta) = \gamma_{fec} \Delta_{c0}$ $\Delta_{ew}(\eta) = \gamma_{few} \Delta_{w0}$ γ_{fec} – по табл. 1 или рис. 6
Квазипостоянное расчетное значение перепада температуры Δ_p	$\Delta_p = 9^\circ\text{C}$
Начальная температура замыкания конструкций в теплый t_{0w} (средняя температура теплого полугодия) и в холодный период года t_{0c} (средняя температура холодного полугодия)	$t_{0w} = +18^\circ\text{C}$ $t_{0c} = -2^\circ\text{C}$

Указанные в таблице 2 начальные температуры замыкания конструкций необходимы для определения температурных перепадов в зданиях с искусственным климатом по формулам из таблицы 11.1 ДБН [9]. В отличие от приведенных в ДБН средних по территории Украины значений $t_{0w} = +15^\circ\text{C}$ и $t_{0c} = 0^\circ\text{C}$, данные таблицы 2 установлены с обеспеченностью 0,85–0,90, что создает запас надежности при расчетах конструкций.

Разработанная форма представления климатического температурного воздействия гармонизирована с представлением других климатических нагрузок в ДБН [9] и обеспечивает возможность достаточно точного определения расчетных параметров температуры атмосферного воздуха для проектирования несущих строительных конструкций на территории Украины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По данным 412 пунктов наблюдения определены значения положительных и отрицательных перепадов температуры воздуха, которые соответствуют периоду повторяемости 50 лет. Значительная изменчивость обуславливает необходимость территориального районирования Украины по характеристическим значениям этих перепадов.
2. Выявлена зависимость положительных перепадов температуры от отрицательных, которая позволила свести территориальное районирование к разработке только одной карты районирования Украины по характеристическим значениям отрицательных перепадов температуры.
3. Расчетные значения перепадов температуры вычисляются путем умножения характеристических значений на коэффициенты надежности, учитывающие заданный период повторяемости предельных расчетных значений и долю срока службы конструкции, в течение которой могут превышаться эксплуатационные расчетные значения температурного воздействия.
4. Предложенная методика нормирования предельных, эксплуатационных и квазипостоянных расчетных значений влияния температуры атмосферного воздуха на несущие строительные конструкции основана на непосредственном районировании отрицательных перепадов температуры и определении всех других параметров по выявленным зависимостям. Она гармонизирована с формой представления других климатических нагрузок в ДБН В.1.2–2:2006, но отличается меньшим количеством расчетных параметров и карт районирования, что упрощает нормы и порядок их использования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Saetta, A., Scotta, R., Vitaliani, R. «Stress Analysis of Concrete Structures Subjected to Variable Thermal Loads.» *J. Struct. Eng.* 1995. No. 121(3), pp. 446–457.

2. Schneider U., Diedrichs U., Ehm C. Effect of temperature on steel and concrete for PCRV's, *Nucl. Engrg. Design*. 1981. No. 67, pp. 245–258.
3. Hirst M. J. S. «*Temperature Effects*». Short Course on Prestressed Slab Systems-Chapter 11. Concrete Institute of Australia and N.S.W.I.T. 1984.
4. Wang S., Xu X. *Simplified Building Model for Transient Thermal Performance Estimation*. 2006.
5. Using GA-based Parameter Identification. *International Journal of Thermal Sciences*. 2006. No. 45. pp. 419–432.
6. Fernando S. W., Lamberts R. The use of simplified weather data to estimate thermal loads of non-residential buildings. *Energy Efficiency in Buildings Laboratory, Civil Engineering Department, Federal University of Santa Catarina, Cx Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brazil*. 2004. pp. 109–113.
7. Namias J. Some Statistical and Synoptic Characteristics Associated with El Niño. *J. Phys. Oceanogr.* 1976. No. 6. pp. 130–138.
8. Cort J., Matsuura W. and K. Smart Interpolation of Annually Averaged Air Temperature in the United States. *J. Appl. Meteor.* 1995. No. 34. pp. 2577–2586.
9. Кінаш, Р. І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001. – 800 с.
10. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
11. Напружено-деформований стан сталевих каркасів при температурних впливах (монографія) / В. С. Дорофєєв, Н. В. Пушкар, В. В. Пашинський; Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2014. – 160 с.
12. Карюк, А. М. Статистичні характеристики середньодобової температури повітря на території України / А. М. Карюк, В. В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012. – Вип. № 47. – Ч. 2. – С. 157–163.

13. Пашинський, В. В. Нормування й районування розрахункових параметрів температури повітря на території України / В. В. Пашинський, // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Харків, 2015. – Вип. 120. Серія: Технічні науки та архітектура. – С. 49–53.
14. 13 ENV 1991-2-5. Eurocode 1 - Basis of design and actions on structures. Part 2.5: Thermal actions. – CEN, 1997.
15. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с.

REFERENCES

1. Saetta, A., Scotta, R., Vitaliani, R. «Stress Analysis of Concrete Structures Subjected to Variable Thermal Loads.» J. Struct. Eng. 1995. No. 121(3), pp. 446–457.
2. Schneider U., Diedrichs U., Ehm C. Effect of temperature on steel and concrete for PCRV's, Nucl. Engrg. Design. 1981. No. 67, pp. 245–258.
3. Hirst, M. J. S. «Temperature Effects». Short Course on Prestressed Slab Systems-Chapter 11. Concrete Institute of Australia and N.S.W.I.T. 1984.
4. Wang S., Xu X. *Simplified Building Model for Transient Thermal Performance Estimation*. 2006.
5. Using GA-based Parameter Identification. *International Journal of Thermal Sciences*. 2006. No. 45. pp. 419–432.
6. Fernando S. W., Lamberts R. The use of simplified weather data to estimate thermal loads of non-residential buildings. *Energy Efficiency in Buildings Laboratory, Civil Engineering Department, Federal University of Santa Catarina, Cx Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brazil*. 2004. pp. 109–113.
7. Namias J. Some Statistical and Synoptic Characteristics Associated with El Niño. *J. Phys. Oceanogr.* 1976. No. 6. pp. 130–138

8. Cort J., Matsuura W. and K. Smart Interpolation of Annually Averaged Air Temperature in the United States. *J. Appl. Meteor.* 1995. No. 34. pp. 2577–2586.
9. Kinash R.I. *Temperaturnyy rezhym povitrya i gruntu v Ukraini* [Temperature regime of air and soil in Ukraine]. Lviv: «Vydavnytstvo naukovo-tehnichnoyi literatury», 2001. 800 p. (ukr)
10. DBN V.1.2-2:2006. *Systema zabezpechennya nadiynosti ta bezpeky bydivelnykh ob'ektiv. Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya* [System of reliability and safety of building objects. Load and impact. Design standards] Kyiv: Minbud Ukrainy, 2007. 60 p. (ukr)
11. Dorofeev V. S., Pushkar N. V., Pashinsky V. V. *Napruzhenodeformovanyy stan stalevykh karkasiv pry temperaturnykh vplyvakh* [Stress-deformed state of steel frames at temperature influences]. Odesa: Odeska derzhavna akademiya budivnytstva ta arhitektury, 2014. 160 p. (ukr)
12. Karyuk A.M., Pashinsky V.V. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arhitektury*. 2012. No. 47, part 2. pp. 157–163. (ukr)
13. Pashinsky V.V. *Komunalne gospodarstvo mist: naukovo-tehnichnyy zbirnyk*. 2015. No. 120. pp. 49-53. (ukr)
14. 13 ENV 1991-2-5. Eurocode 1 - Basis of design and actions on structures. Part 2.5: Thermal actions. – CEN, 1997.
15. DBN V.1.2-14:2009. *Systema zabezpechennya nadiynosti ta bezpeky bydivelnykh ob'ektiv. Zagalni pryntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktsiy ta osnov* [System of reliability and safety of building objects. General principles of maintenance of reliability and constructive safety of buildings, structures, building constructions and bases]. Kyiv: Minregionbud Ukrainy, 2009. 30 p. (ukr)

Статья поступила в редколлегию 18.09.2017.