

# ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КАРКАСІВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД НА ТЕМПЕРАТУРНІ КЛІМАТИЧНІ ВПЛИВИ

Леонід СКОРУК

Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037  
skoruk.slm@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-7362-1348>

DOI: 10.32347/2522-4182.9.2021.81-86

**Анотація.** Температурний вплив у першу чергу пов'язаний із добовими та сезонними змінами температури навколишнього середовища в процесі експлуатації будівлі чи споруди. Зовнішні температурні фактори можуть діяти і в поєднанні з певним (підвищеним) тепловим режимом та іншими зовнішніми факторами, що мають місце при експлуатації будівельного об'єкту. Найсприятливіші умови функціонування для будівельних об'єктів складаються при стаціонарному температурному впливі на них, в умовах сталого режиму експлуатації, коли вони тривалий час перебувають у відносно незмінних температурних умовах.

Описані нюанси визначення температурних кліматичних впливів на залізобетонні будівлі і споруди при проведенні їх розрахунку.

На прикладі п'ятиповерхової рами показана різниця у напружено-деформованому стані при різному способі завдання температурного навантаження на конструкцію.

Наведений варіант як можна конструктивними заходами нівелювати вплив температурного навантаження на каркас будівлі (мінімізувати різницю між температурою оточуючого середовища та з'єднувальних елементів), наприклад, за рахунок кінцевого замоноличування деформаційних швів після зведення всього каркасу та стабілізації температури всіх конструкцій та середовища.

**Ключові слова.** Температурні впливи; середня температура; перепад температури по перерізу елемента; температура замикання конструкції.



**Леонід СКОРУК**

доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій  
к.т.н., доцент.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

При розрахунку залізобетонних будівель та споруд великої протяжності (і не тільки) постає питання про врахування температурних впливів, оскільки величина додаткових зусиль, що викликана такими впливами, іноді може бути досить суттєвою [3]. Особливо це стосується таких будівель і споруд тривалість будівництва яких триває місяцями і навіть роками [4-5, 16].

В даний час нормативні кліматичні навантаження визначаються на підставі кліматичних характеристик, отриманих за регіональними картами кліматичного районування або за даними спостережень метеостанцій [2, 11-13, 15].

Температурні зусилля виникають лише у статично невизначених конструкціях [7-8]. Для систем з одною зайвою в'яззю ці зусилля виникнуть після перетворення конструкції на статично невизначену (після замикання системи), що реалізується за певної температури  $t_0$  (температури замикання системи). Тоді температурні впливи, що виникають після замикання конструкції, визначаються різницею між екстремальни-

ми температурами повітря та температурою замикання:

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_+ &= t_{\max} - t_0 \\ \Delta t_- &= t_{\min} - t_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Однак більшість конструкцій відносяться до систем з декількома зайвими зв'язками, замикання яких розподіляється у часі [6]. Для конструкцій цього типу немає температури замикання, вираженої будь-яким одним числом, якій би відповідали нульові початкові зусилля. Вже в процесі монтажу виникають температурні деформації та зусилля, що залежать від температурних умов, так і від послідовності монтажу [10, 14]. Характерний приклад розглянуто у роботі [9].

Оскільки початкові зусилля, що виникають у процесі монтажу, зазвичай мають менші значення, ніж температурні зусилля після повного замикання системи, і оскільки при багатоступінчастому процесі замикання відбувається згладжування короткочасних сплесків температури, то допустимо наближено приймати в якості температури замикання деяке значення, що є середнім за період будівництва. На стадії проектування споруди фактична тривалість зведення та умови його замикання, як правило, невідомі, тому в якості середньої температури кінця замикання часто приймають середньорічну температуру.

Норми проектування [1] рекомендують визначати характеристичні значення середніх по перерізу елемента температур у теплу і холодну пору року, а також зміну їх у часі.

## ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зазвичай у теперішній час розрахунок будівель і споруд виконується за допомогою сучасних розрахунково-обчислювальних програм у яких, як правило, є певний функціонал для завдання температурних кліматичних впливів. Однак, завчасно потрібно обрахувати зазначені вище вихідні дані згідно норм. При цьому досить тонким моментом стає визначення

температури замикання. Оскільки у програмі потрібно задавати зміну температури навколишнього середовища по відношенню до температури замикання.

Та навіть визначивши попередньо всі необхідні вихідні дані – при заданні цих даних у програмі постає питання про те на які елементи і яким саме чином потрібно задавати температурне навантаження. Тому що від цього залежить достовірність отриманих кінцевих даних.

Зокрема, це стосується таких місць, коли частина будівлі чи споруди заглиблена у землю, внаслідок чого деяка її частина знаходиться у зоні певної сталої температури.

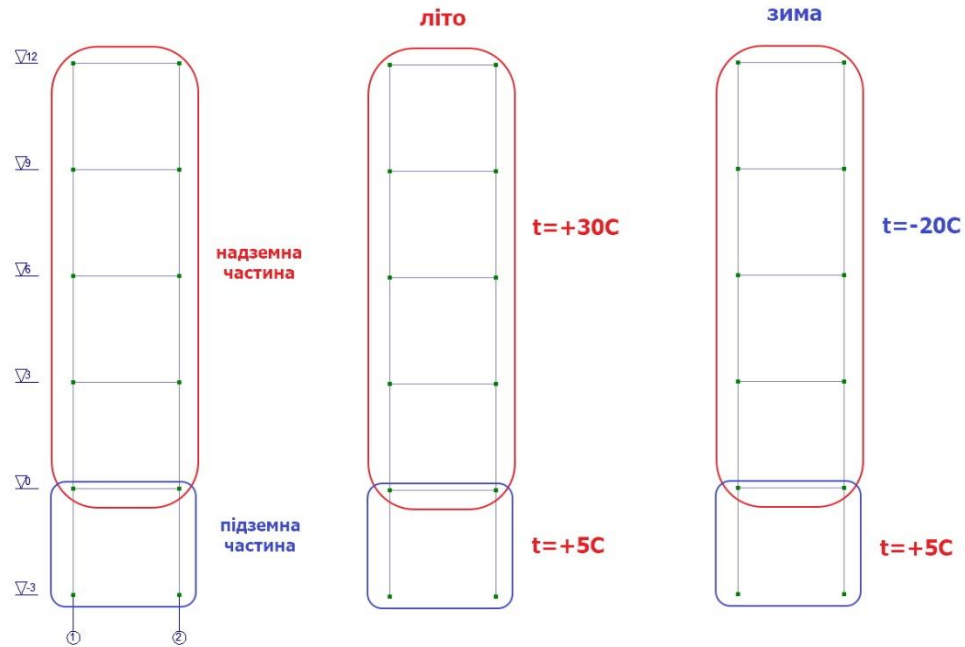
Покажемо це на прикладі п'ятиповерхової рами, нижня частина якої знаходиться під землею та менше зазнає змін температури навколишнього середовища, ніж її надземна частина.

Також при завданні температурного навантаження на елементи розрахункової схеми потрібно розуміти, що в дійсності температура змінюється не миттєво по довжині елемента (що і потрібно відобразити у схемі), а поступово – що потребує розбиття елемента на коротші ділянки.

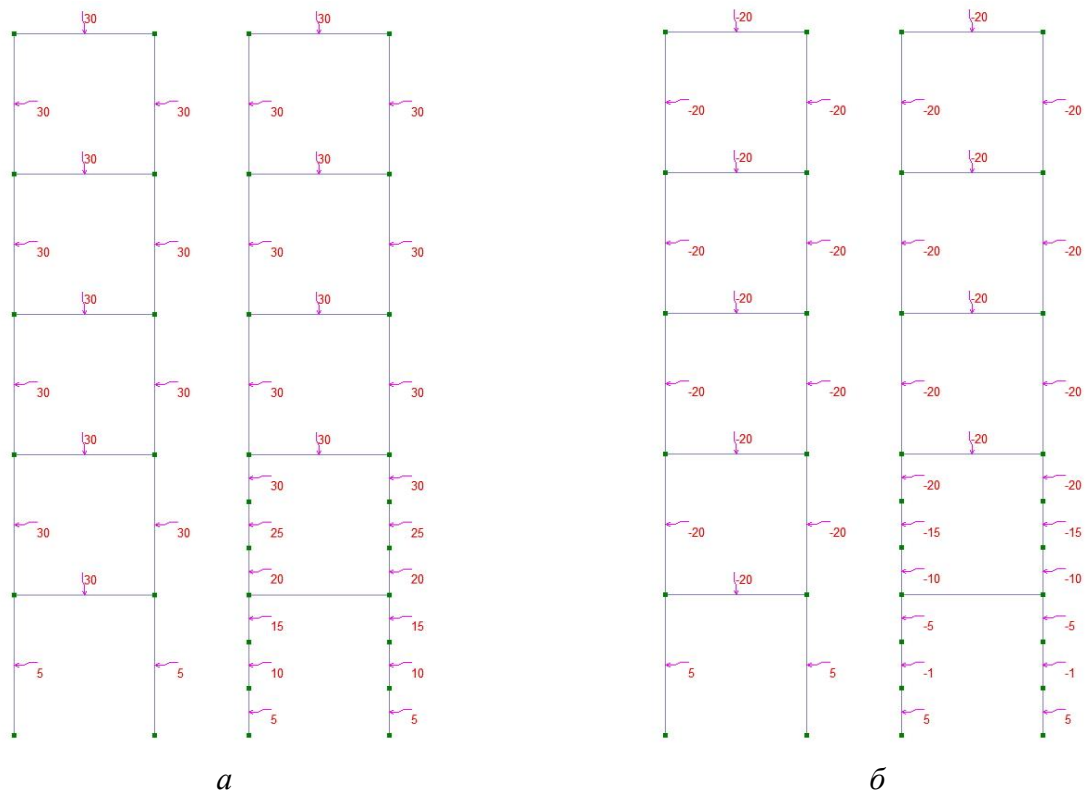
На рис. 1 зображено загальний вигляд розрахункової схеми у якій заглиблений один підземний поверх, для якого приймемо сталу температуру у теплу і холодну пору року.

На рис. 2 показано величини зміну температури навколишнього середовища по відношенню до температури замикання. Слід звернути увагу на те, що для порівняння у рамі яка знаходиться справа колони нижніх двох поверхів роздроблені на більшу кількість скінченних елементів для можливості завдання поступової зміни температури по висоті.

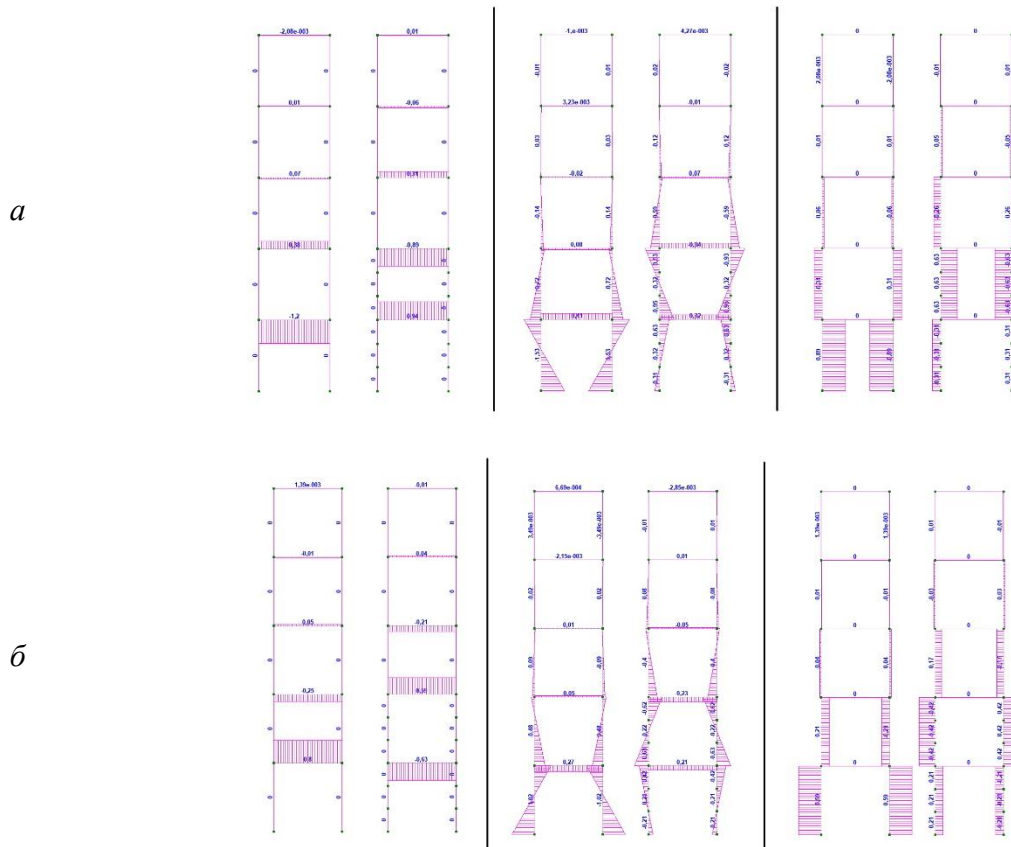
На рис. 3 наведені епюри внутрішніх зусиль у рамі при різних способах завдання температурних впливів. Як видно залежно від цього змінюється характер та знакозміненість розподілу зусиль, що у кінцевому випадку буде впливати на прогини, переміщення на ширину розкриття тріщин у залізобетонних елементах досліджуваної рами.



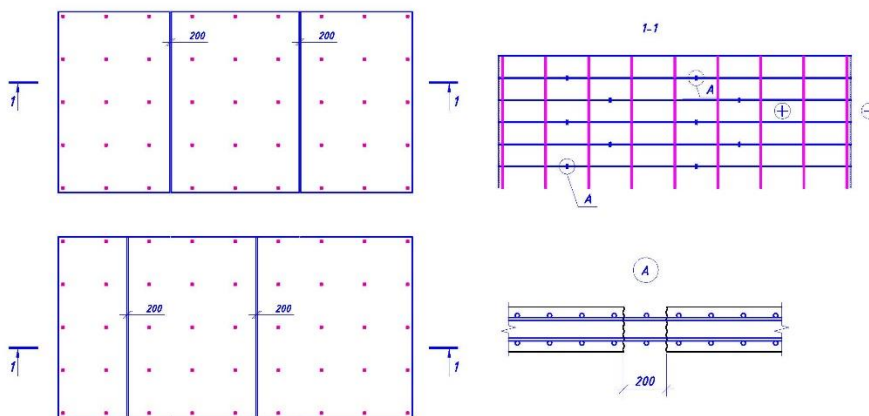
**Рис.1.** Загальний вигляд розрахункової схеми рами  
**Fig.1.** General view of the calculation scheme of the frame



**Рис.2.** Завдання температурного навантаження: *а* – літо; *б* – зима  
**Fig.2.** Tasks of temperature loading: *a* – summer; *b* – winter



**Рис.3.** Епюри внутрішніх зусиль: *a* – літо; *б* – зима  
**Fig.3.** Diagrams of internal efforts: *a*– summer; *b* – winter



**Рис.4.** Розбиття будівлі на окремі блоки з послідовним замонолічуванням залишених швів після зведення всього каркасу  
**Fig.4.** Dividing the building into separate blocks with the subsequent self-counting of the monolithic treatment seams after the construction of the entire frame

Як було зазначено вище температура замикання не є сталою величиною на протязі всього часу будівництва об'єкту. Тому певними конструктивними заходами можна зменшити вплив температурного навантаження на каркас будівлі, наприклад, за рахунок кінцевого замонолічування деформа-

ційних швів після зведення всього каркасу та стабілізації температури всіх конструкцій та середовища (рис. 4). Ідея полягає у тому, що під час будівництва будівля розбивається на певні окремі блоки з розривами бетонування по плитах перекриття (з наявною арматурою). Після зведення всьо-

го каркасу та влаштування зовнішніх стін і стабілізації температури виконується замонолічення залишених розривів.

## ВИСНОВКИ

Температурні кліматичні впливи можуть при певних умовах досить суттєво змінювати напружено-деформований стан будівель та споруд. Іноді їх вплив може бути визначальним для визначення розмірів перерізів основних несучих елементів або їх армування.

Необхідно ретельно підходити до визначення початкових розрахункових характеристик температурних впливів (початкова температура) та розуміти процес об'єднання окремих частин будівлі чи споруди у один блок (температура замикання).

У деяких випадках можна конструктивними заходами нівелювати вплив температурного навантаження на каркас будівлі (мінімізувати різницю між температурою оточуючого середовища та з'єднувальних елементів), наприклад, за рахунок кінцевого замонолічування деформаційних швів після зведення всього каркасу та стабілізації температури всіх конструкцій та середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.1.2-2:2006.** Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с. - чинний з 01.01.2007.
2. **ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010.** Будівельна кліматологія. – Мінрегіон України. Київ, 2011, - 123 с. - чинний з 01.11.2011.
3. **ДБН В.2.6-98:2009.** Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Мінрегіон України. Київ, 2018, -30с - чинний з 01.01.2019.
4. **ENV 1991-2-5.** Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part 2.5. Thermal actions – Brussels: CEN 1997.– 62 p.
5. **ENV 1991-2-2:** Eurocode 1: Basis of design and action on structures. Part 2-2. Action on structures exposed to fire. – Brussels: European Committee for Standardization, 1995.
6. **Нагрузки и воздействия на здания и сооружения** / Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Под общей ред. А.В. Перельмутера. – М: Изд-во СКАД СОФТ, 2009. - 528 с.

7. **Александровский С.В.** Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести. – М. Стройиздат, 2004 – 712 с.
8. **Бельшев И.А.** О выборе исходных температур воздуха для статических расчетов конструкций // Развитие методики расчета по предельным состояниям. – М. Стройиздат, 1971.
9. **Бельшев Й.А., Клепиков Л.В.** Статистический анализ данных о температуре воздуха для расчета конструкций // Исследования нагрузок на сооружения и надежность строительных конструкций. // Тр. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.ЦНИИСК, 1976. – с. 1-34.
10. **Емельянов А.А.** Выбор расчетных значений температур при расчетах, конструкций зданий на температурно-влажностные воздействия и усадку // Тр. ЦНИИСК им. Кучеренко. - 1970, Вып. 10.
11. **Тюленева В.О., Козій І.С.** Основы метеорологии і кліматології. – Суми: Університетська книга, 2014. — 210 с.
12. **Будівельна теплофізика** // Укл.: Маляренко В.А., Герасимова О.М., Малєєв О.І. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 100 с.
13. **Пашинський В.А.** Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К.: Вид-во ін-ту УкрНДІПСК, 1990. – 185 с.
14. **Белокопытова И.А., Маляренко А.А. Скорук Л.Н.** Анализ некоторых положений СНиП 2.03.01-84\* с использованием программы АРБАТ // Бетон и железобетон. – 2002. – №1. – С.20–23.
15. **Lilly Grace Murali .P, V. Sampathkumar.** Evaluation of Heat Resistance Adequacy and Non Combustible Materials Construction of a Multifunctional Building. // Civil Engineering Journal, No. 8, 2018.
16. **Soukhov D.** Thermal Actions in the Eurocode I “Action on Structures” // LACER. – 2000. – No 5.– P. 379-386.

## REFERENCES

1. **DBN V.1.2-2:2006.** Navantazhennia i vplyvy. – К.: Minbud Ukrainy, 2006. – 75 s. - chynnyi z 01.01.2007.
2. **DSTU-N B V.1.1-27:2010.** Budivelnia klimatolohiia. – Minrehion Ukrainy. Kyiv, 2011, - 123 s. - chynnyi z 01.11.2011.
3. **DBN V.2.6-98:2009.** Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni kons-truktsii. Osnovni polozhennia. – Minrehion Ukrainy. Kyiv, 2018, -30с - chynnyi z 01.01.2019.

4. **ENV 1991-2-5. Eurocode 1:** Basis of design and actions on structures. *Part 2.5. Thermal actions – Brussels: CEN 1997. – 62 p.*
5. **ENV 1991-2-2: Eurocode 1:** Basis of design and action on structures. *Part 2-2. Action on structures exposed to fire. – Brussels: European Committee for Standardization, 1995.*
6. **Nahruzky y vozdeistviya na zdaniya y sooruzheniya** /Hordeev V.N., Lantukh-Liashchenko A.Y., Pashynskiy V.A., Perelmuter A.V., Pychuhyn S.F. Pod obshchei red. A.V. Perelmutera. – *M: Yzd-vo SKAD SOFT, 2009. – 528 s.*
7. **Aleksandrovskiy S.V.** Raschet betonnikh y zhelezobetonnykh konstruktsiy na yzmeneniya temperaturi y vlazhnosti s ucheto polzuchesty. – *M. Stroiyzdat, 1973.*
8. **Belshev Y.A.** O vibore yskhodnykh temperatur vozdukh dlia statycheskykh raschetov konstruktsiy // Razvitye metody rascheta po predelnyim sostoianiyam. – *M. Stroiyzdat, 1971.*
9. **Belshev Y.A., Klepykov L.V.** Statystycheskiy analiz dannikh o temperatur vozdukh dlia rascheta konstruktsiy // Yssledovaniya nahruzok na sooruzheniya y nadezhnost stroytelnykh konstruktsiy. // *Tr. TsNYISK ym. V.A. Kucherenko. – M. TsNYISK, 1976. – s. 1-34.*
10. **Emelianov A.A.** Vibor raschetnykh znacheni temperatur pry raschetakh, konstruktsiy zdani na temperaturno-vlazhnostnie vozdeistviya y usadku // *Tr. TsNYISK ym. Kucherenko. – 1970, Vip. 10.*
11. **Tiulenieva V.O., Kozii I.S.** Osnovy meteorologii i klimatologii. – *Sumy: Universytetska knyha, 2014. – 210 s.*
12. **Budivelnna teplofizyka** // *Ukl.: Maliarenko V.A., Herasymova O.M., Malieiev O.I. – Kharkiv: KhNAMH, 2007. – 100 s.*
13. **Pashynskiy V.A.** Atmosferni na-vantazhennia na budivelni konstruktsii dlia terytorii Ukrainy. – *K.: Vyd-vo in-tu UkrNDIPSK, 1990. – 185 s.*
14. **Belokopitova Y.A., Maliarenko A.A. Skoruk L.N.** Analiz nekotorykh polozheniy SNIP 2.03.01-84\* s yspolzovanyem prohrammy ARBAT // *Beton i zhelezobeton. – 2002. – №1. – S.20–23*
15. **Lilly Grace Murali .P, V. Sampathkumar.** Evaluation of Heat Resistance Adequacy and Non Combustible Materials Construction of a Multifunctional Building. // *Civil Engineering Journal, No. 8, 2018.*
16. **Soukhov D.** Thermal Actions in the Eurocode I “Action on Structures” // *LACER. –2000. – No 5. – P. 379-386.*

## FEATURES OF CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE FRAMES OF BUILDINGS AND STRUCTURES FOR TEMPERATURE AND CLIMATIC INFLUENCES

*Leonid SKORUK*

**Summary.** Temperature exposure is primarily related to daily and seasonal changes in ambient temperature during the operation of a building or structure. External temperature factors can also act in combination with a certain (increased) thermal regime and other external factors that occur during the operation of the construction site. The most favorable operating conditions for construction sites are formed under stationary temperature influence on them, in the conditions of steady mode of operation, when they are in relatively constant temperature conditions for a long time.

The nuances of determining the temperature and climatic influences on reinforced concrete buildings and structures during their calculation are described.

The example of a five-storey frame shows the difference in the stress-strain state with different methods of setting the temperature load on the structure.

This option is possible to reduce the impact of temperature load on the building frame (minimize the difference between the ambient temperature and the connecting elements), for example, due to the final self-healing of expansion joints after erection of the entire frame and temperature stabilization all structures and environments.

**Keywords.** Temperature influences; average temperature; temperature difference in the cross section of the element; the closing temperature of the structure.

*Стаття надійшла до редакції 3.11.21.*