

УДК 624.042.5

Огляд міжнародних норм і правил визначення кліматичного температурного впливу на будівлі та споруди

Кордун О.І.

ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», Україна

Анотація. В даній роботі проведено огляд вимог міжнародних будівельних норм до визначення приросту температури елемента будівлі чи споруди від дії прямого сонячного проміння. В статті розглянуто норми України, Росії, Європейського союзу, США, Японії, Індії, Китаю, Австралії та Нової Зеландії.

Аннотация. В данной работе проведен обзор требований международных строительных норм к определению прироста температуры элемента здания или сооружения от воздействия прямых солнечных лучей. В статье рассмотрены нормы Украины, России, Европейского союза, США, Японии, Индии, Китая, Австралии и Новой Зеландии.

Abstract. This paper presents an overview of requirements of international building codes concerning determination of the temperature increment in an element of the building or structure due to the action of direct sunlight. The article deals with the norms of Ukraine, Russia, the European Union, the USA, Japan, India, China, Australia and New Zealand.

Ключові слова: сонячна радіація, температурний вплив, приріст температури.

Вступ. На більшість будівель і споруд діє пряме сонячне випромінювання, від його впливу виникає значна різниця температур між освітленою і затіненою частинами споруди. Освітлені частини конструкції від отриманої теплової енергії нагріваються і збільшуються в розмірах. Таке нерівномірне нагрівання призводить до викривлення осей стрижнів, виникнення хлопунів, нерівномірних деформацій, а в статично невизначуваних системах це викликає значні внутрішні напруження. Найбільш піддатливими до кліматичних температурних впливів є мости і надземні трубопроводи, димові труби, мембранні покриття громадських і промислових будівель, баштові і щоглові споруди, а також металеві листові споруди: силоси, бункери, резервуари.

Енергія, що надходить до елемента конструкції, підвищує його температуру доти, доки надходження тепла не врівноважиться його втратами. Втрати відбуваються внаслідок випромінювання, конвективного переносу і передачі до сусідніх ділянок за рахунок теплопровідності. Процеси теплообміну досить складні і невизначені, тому при інженерних розрахунках використовуються емпіричні залежності.

В даній статті пропонується розглянути вимоги будівельних норм України та міжнародних будівельних норм стосовно визначення приросту температури від нагрівання сонцем для неопалюваних будівель, які не захищені від прямого сонячного проміння.

Нормативна база України дозволяє наближено визначати кількість сонячної радіації і перепад температур на освітленій і затіненій поверхні. Ці дані можна отримати за ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» [1], а також за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [2]. Перевищення температури елемента над температурою оточуючого середовища в нормах України [1] визначається за формулою:

$$\Delta T = 0,05 \cdot \rho \cdot S_{\max} \cdot k \cdot k_1, \quad (1)$$

де ΔT – перевищення температури елемента чи поверхні над температурою оточуючого середовища від дії прямого сонячного проміння; ρ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції, див. табл. 1; S_{\max} – максимальне значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації; k – коефіцієнт, що залежить від орієнтації поверхні, див. табл. 2; k_1 – коефіцієнт, що залежить від тепловіддачі зовнішньої поверхні, див. табл. 2.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта поглинання сонячної радіації ρ

Матеріал конструкції	Коефіцієнт ρ	Матеріал конструкції	Коефіцієнт ρ
Алюміній	0,5	Азбестоцемент	0,65
Сталь, зафарбована зеленим кольором	0,65	Асфальтобетон	0,9
Сталь, зафарбована білим кольором	0,9	Бетон	0,7
Сталь, зафарбована темно-червоним кольором	0,7	Деревина нефарбована	0,6
Сталь оцинкована	0,6	Цегла червона	0,7
Скло облицювальне	0,7	Цегла силікатна	0,6

В документі [1] наведено отримані за результатами метеорологічних спостережень значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації S_{\max} , яка потрапляє на горизонтальну і вертикальну поверхні. Ці значення не залежать від географічної широти і пори року, а орієнтація поверхні враховується понижувальним коефіцієнтом k .

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів k і k_1

Коефіцієнт k		Коефіцієнт k_1	
Вигляд і орієнтація поверхні (поверхонь)	k	Конструкції будівель	k_1
Горизонтальна	1,0	Металеві	0,7
Вертикальні, орієнтовані на: південь	1,0	Залізобетонні, бетонні, армокам'яні та кам'яні завтовшки, см:	
захід	0,9	до 15	0,6
схід	0,7	від 15 до 39	0,4
		понад 40	0,3

Значення сонячної радіації, наведені в документі [2], також отримані за результатами метеорологічних спостережень і приведені для широт України від 44° пн. ш. до 50° пн. ш. З табличних даних документа [2] можна отримати значення сонячної радіації для будь-якого часу доби в липні або січні і для восьми основних напрямків орієнтації поверхні (Пн, ПнС, С тощо). У такому випадку, при обчисленні за формулою (1) коефіцієнт k враховувати не потрібно.

В нормах України вплив сонячної радіації на конструкції враховується тільки для теплого періоду року, в холодний період такий вплив не враховується.

Підхід російських будівельних норм СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [3] до визначення кількості сонячної радіації подібний до українських будівельних норм, за винятком врахування орієнтації поверхні. Перевищення температури елемента над температурою оточуючого середовища в будівельних нормах Росії визначається за формулою:

$$\Delta T = 0,05 \cdot \rho \cdot S_{\max} \cdot k, \quad (2)$$

тут k – коефіцієнт, що залежить від тепловіддачі зовнішньої поверхні. Значення коефіцієнта k відповідають значенням коефіцієнта k_1 таблиці 2, значення коефіцієнта ρ наведені в таблиці 1.

Орієнтація поверхні враховується табличними значеннями сонячної радіації S_{\max} для чотирьох основних напрямків (Пн, С, Пд, З), при цьому ці значення залежать від географічної широти. В будівельних нормах України [1] північний напрямок орієнтації поверхні не розглядається.

У будівельних нормах Європейського союзу [4], на відміну від українських та російських будівельних норм, прирости температури від кліматичних впливів не залежать від значень сонячної радіації і матеріалу конструкції. В цих нормах рекомендуються конкретні значення приросту температури, наприклад, для горизонтальної темної поверхні влітку

приріст температури складає 42 °С. Потрібно відмітити, що значення даної величини можуть бути прийняті в національному додатку, тобто кожною країною індивідуально. В даній статті не розглядаються національні додатки країн Євросоюзу, а лише рекомендовані значення приросту температури, наведені в основному тексті Єврокоду. В таблиці 3 приводяться правила визначення приросту температури від прямого сонячного проміння за Єврокодом.

Таблиця 3

Значення приросту температури ΔT за Єврокодом

Основні фактори		Літо		Зима
		Приріст температури ΔT , °С		
		орієнтовані на ПнС	орієнтовані на ПдЗ, горизонтальні	
Відносна адсорбція в залежності від поверхні та її кольору	0,5 Яскрава світла поверхня	0	18	
	0,7 Світло-кольорова поверхня	2	30	
	0,9 Темна поверхня	4	42	
не враховується				

Стандарт Сполучених Штатів Америки SEI/ASCE 7-02 «Мінімальні навантаження на будівлі та інші споруди» [5] не містить правила визначення температурних навантажень і приросту температури від прямого сонячного проміння. Проте додаткові вимоги щодо проектування і навантажень можуть встановлюватися в нормах штату чи окремого міста. Наприклад, для міста Нью-Йорк додатково встановлені вимоги до врахування температурних навантажень [6].

При проектуванні закритих будівель, розмір яких в плані перевищує 250 футів (76,2 м), повинні бути вказані зусилля та/або переміщення, спричинені допустимим розширенням, яке відповідає зміні температури на 40°F (4.44°C). Зовнішні відкриті рами, арки або обшивки, незалежно від розмірів, мають бути розраховані на зусилля та/або переміщення, спричинені допустимим розширенням та скороченням відповідно до зниження та зростання температури на 40°F (4.44°C) для бетонних та кам'яних споруд, та на 60°F (15.55°C) для металевих споруд. Для розрахунку анкерів, необхідних для системи трубопроводів, зусилля повинні бути визначені на основі коливань температури для певних робочих умов.

Таким чином, нагрівання від сонця не розглядається як окрема складова температурного впливу. Також потрібно зазначити, що однією з особливостей будівельних норм США є вимога розрахунку будівлі чи споруди на навантаження від дощової води для випадку забруднення чи виходу з ладу систем дренажу.

Інститут архітектури Японії в рекомендаціях щодо визначення навантажень і впливів на будівлі [7] наводить методику визначення приросту температури від впливу прямого сонячного проміння:

$$\Delta T = \frac{\alpha}{a_0} J, \quad (3)$$

де α – коефіцієнт поглинання сонячної енергії; a_0 – сумарний коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні; J – сонячна радіація.

Географічна широта і орієнтація поверхні врахована при визначенні значення J . Табличні значення або формули для визначення величин формули (3) авторами рекомендацій не наводяться.

В будівельних нормах Індії [8] досить широко і повно розглянуте питання визначення кількості сонячної радіації, що потрапляє на будівлі чи споруди. Наведені методики і табличні значення дають можливість врахувати точне географічне положення, орієнтацію будівлі, вологість повітря. Проте всі ці фактори використовуються тільки для визначення рівня освітлення внутрішніх приміщень. Методика визначення впливу сонячної радіації на температурні деформації будівель та споруд не розглядається, але, згідно з нормами, при розрахунку дозволяється користуватися аналітичними принципами.

Особливістю будівельних норм Індії в порівнянні з вітчизняними нормами є те, що вимоги до проектування дерев'яних конструкцій розділені на два типи: дерев'яні конструкції та конструкції з бамбука.

Будівельні норми Китаю [9], Австралії та Нової Зеландії [10] не встановлюють вимог та методик визначення приросту температури від нагрівання прямим сонячним промінням. Значно більша увага в нормах цих країн приділяється використанню сонячної енергії для забезпечення енергоефективності будівель та їх освітлення.

Кількість сонячної радіації, що потрапляє на поверхню будівлі чи споруди, може бути визначена за результатами багаторічних спостережень [2], експериментально або теоретично [11], [12]. Запропонована теоретична методика дозволяє врахувати географічні координати будівлі чи споруди, орієнтацію і кут нахилу поверхні до горизонту в будь-який день року. Для визначення приросту температури

доцільно використовувати формулу (1) без врахування коефіцієнта орієнтації поверхні k , або формулу (2) без змін, при цьому замість табличних значень кількості сонячної радіації потрібно використовувати теоретично отримані дані.

За допомогою комп'ютерного алгоритму дана методика дозволяє визначити максимально можливий приплив сонячної енергії до елемента будівлі чи споруди, враховуючи його орієнтацію, кут нахилу і географічне положення для кожної години року.

Висновки

З усіх розглянутих міжнародних норм і стандартів найбільш детально приріст температури від сонячного проміння розглянутий в нормах України та Росії, в основу яких покладені норми колишнього Радянського Союзу. Схожа методика наведена в науковій літературі Японії, проте без детальних пояснень і рекомендацій щодо визначення кількості сонячної радіації. В усіх інших нормах і стандартах визначенню приросту температури приділяється мало уваги, або вони не розглядаються взагалі.

Методики і підходи різних країн до визначення приросту температури досить відрізняються, проте спільним для всіх є те, що в холодну пору року приріст приймається таким, що дорівнює нулю. Теоретичні дослідження [12] і табличні дані спостережень [2] доводять, що для вертикальних поверхонь інтенсивність сонячної радіації, а значить і приріст температури, може бути вищою ніж для літнього періоду.

За результатами огляду вимог міжнародних норм і стандартів для подальших досліджень приросту температури від сонячної радіації, доцільно використовувати і розвивати методику, яку містять норми колишнього Радянського Союзу.

Література

- [1] Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – Офіц. вид. – К. : Мінбуд України, 2006. – 76 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [2] Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 124 с. – (Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Національний стандарт України).
- [3] Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : СП 20.13330.2011. – Изд. офиц. – М. : ОАО «ЦПП», 2011. – 80 с.

- [4] Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-5: General actions –Thermal actions : EN 1991-1-5:2003 – Brussels : CEN-CENELEC Management Centre, 2004. – 46 p. – (European Standard).
- [5] Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures : SEI/ASCE 7-02 : Second Edition / American Society of Civil Engineers. – Reston, VA, 2002. – 403 p.
- [6] New York City Building Code. First Printing: July 2008 [Електронний ресурс] / International Code Council, Inc. – 2008. – Режим доступу: http://publicecodes.cyberregs.com/st/ny/cinyc/b200v08/st_ny_cinyc_b200v08_16_sec008.htm – Назва з екрану.
- [7] Recommendations for Loads on Buildings (2004 Edition) [Електронний ресурс] / Arhitectural Institute of Japan. – 2006. – Режим доступу: <http://www.aij.or.jp/jpn/symposium/2006/loads/loads.htm> – Назва з екрану.
- [8] National Building Code of India 2005 : second reprint February 2007/ Bureau of Indian Standards. – New Delhi, 2007. – 1153 p.
- [9] Load code for the design of building structures : GB 50009-2012. – MOHURD : AQSIQ, 2012. – 171 p.– (Code of China).
- [10] Structural design actions – Part 0: General principles : AS/NZS 1170.0:2002 / Council of Standards Australia; Council of Standards New Zealand. – 2002. – 38 p. – (Australian/New Zealand Standard).
- [11] Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / [Под общей ред. А. В. Перельмутера].— [4-е изд., перераб.] —М. : Издательство СКАД СОФТ, Издательство АСВ, Издательство ДМК Пресс, 2014.— 576 с.
- [12] Кордун О. І. Визначення кількості сонячної радіації, що потрапляє на поверхню будівлі або споруди / О. І. Кордун // Промислове будівництво і інженерні споруди. – 2014. – № 2. – С. 2–7.

Надійшла до редколегії 19.08.2014 р.