

НОРМАТИВНІ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ НА НЕСУЧІ БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Пушкар Н.В., к.т.н., доцент, Пашинський В.В., аспірант

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Зміни температури можуть виявляти значний вплив на напружено-деформований стан несучих будівельних конструкцій. Силовий вплив температури атмосферного повітря на будівельні конструкції визначається згідно з розділом 11 ДБН В.1.2-2:2006 [1], до введення яких температурні впливи були регламентовані розділом 8 СНиП 2.01.07-85 [2]. Ці нормативні документи базуються на близьких методиках визначення температурних впливів, але відрізняються термінологією та значеннями деяких розрахункових параметрів. Європейські норми температурних впливів EN 1991-1-5:2003 [3] істотно відрізняються від вітчизняних норм як методологією встановлення розрахункових значень температури, так і переліком факторів, що враховуються при їх визначенні.

Метою даної роботи є аналіз відмінностей нормативних документів [1, 2, 3] та формулювання шляхів удосконалення вітчизняних норм температурних впливів на несучі будівельні конструкції.

Порівняльний аналіз основних принципів нормування температурних навантажень у різних нормах проектування виконаний в таблиці 1. Схема дії складових температурного впливу на елемент несучої конструкції зображена на рисунку 1, запозиченому з [3].

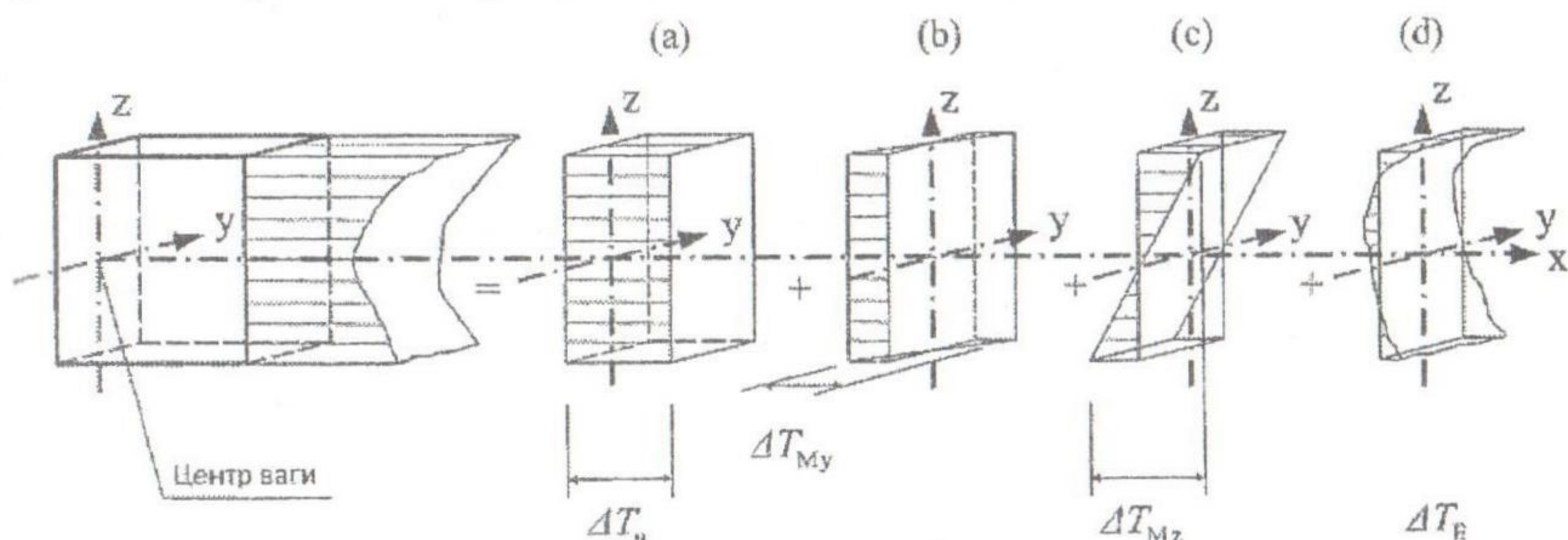


Рис. 1 Схема дії складових температурного впливу

Таблиця 1. Принципи нормування температурних навантажень у різних нормах проектування

	ДБН [1] та СНиП [2]	Єврокод [3]
Головні складові температурного навантаження	<p>Ураховують температурні впливи двох видів:</p> <p>а) середня по перерізу елемента температура, що викликає поздовжні деформації елемента,</p> <p>б) перепади температури по перерізу елемента, які викликають деформації згину в цьому елементі.</p>	<p>Температура в окремому елементі розподіляється на чотири основні складові, а саме:</p> <p>а) рівномірно розподілена температура ΔT_u;</p> <p>б) лінійний температурний перепад по осі $z - z - \Delta T_M$;</p> <p>с) лінійний температурний перепад по осі $y - y - \Delta T_M$;</p> <p>д) нелінійний температурний перепад ΔT_E.</p>
Спосіб визначення рівномірно розподіленої складової температури	<p>Температурний перепад, який сприймає конструкція, визначається як різниця між екстремальною температурою повітря (середня температура найтеплішої чи найхолоднішої доби) та ймовірною температурою замикання конструкції в статично невизначену систему (середня температура холодного чи теплого півріччя). Слід вести розрахунок на дію обох перепадів.</p>	<p>Температурний перепад ΔT_u визначається як різниця між середнім значенням температури елемента T і його початковою температурою T_0. Температуру одношарової конструкції допускається визначати як середнє значення внутрішньої та зовнішньої температур повітря T_{in} і T_{out}. Температуру внутрішнього повітря T_{in} у випадку відсутності національного додатку встановлено на рівні 20°C та 25°C влітку та взимку відповідно. Температуру зовнішнього повітря T_{out} визначають залежно від розташування конструкції вище чи нижче рівня землі та географічного району.</p>
Вплив сонячної радіації на температуру відкритих конструкцій	<p>Для конструкцій, не захищених від впливу сонячної радіації, додатково враховуються прирости температур $\theta_1 - \theta_5$, викликані добовими коливаннями температури зовнішнього повітря та дією сонячної радіації, залежно від матеріалу та ступеню масивності конструкцій, фактури та орієнтації зовнішньої поверхні, а також величини сонячної радіації, що діє на поверхні різної орієнтації.</p>	<p>Прийнята простіша градація за кольором та орієнтацією поверхні. Залежно від кольору поверхні (або показника відносної абсолютної) до максимальної температури зовнішнього повітря T_{max} можуть додаватися один з трьох модифікаторів, що уточнюють вплив сонячної радіації: T_3, T_4 чи T_5. Їх величини встановлюються національним додатком, або приймаються рівними $T_3=0^\circ\text{C}$, $T_4=2^\circ\text{C}$, $T_5=4^\circ\text{C}$ – для елементів, орієнтованих на північний схід; $T_3=18^\circ\text{C}$, $T_4=30^\circ\text{C}$, $T_5=42^\circ\text{C}$ – для південно-західної орієнтації та для горизонтально розташованих елементів.</p>

З таблиці 1 видно, що на відміну від вітчизняних норм [1, 2], Єврокод [3] враховує нелінійну складову температурного перепаду, яка може виникнути у процесі нагрівання чи охолодження масивної конструкції. Рівномірно розподілена складова температурного впливу в усіх нормах визначається з урахуванням географічного району розміщення будівлі. Цікавим є допущення [3] щодо рівності температури конструкції середньому значенню з температур внутрішнього та зовнішнього повітря, а також урахування Єврокодом підземного розташування конструкції.

Прирости температури, викликані дією сонячної радіації, в усіх нормативних документах визначаються з урахуванням кольору та фактури поверхні конструкції, а також її орієнтації за сторонами світу. Звертає на себе увагу дуже велике значення приросту $T_5=42^\circ\text{C}$, встановлене Єврокодом [3] для горизонтальних поверхонь та поверхонь південно-західної орієнтації. Розрахунок за [3] дає максимально можливий для території України приріст температури конструкцій від дії сонячної радіації (за винятком поверхні асфальтобетону чи руберойду) $\theta_4=25^\circ\text{C}$. Очевидно, значення $T_5=42^\circ\text{C}$ встановлене в запас надійності за даними південних країн Європи.

Детальне порівняння методик визначення розрахункових значень температури конструкцій за ДБН [1] та їх попередником СНиП [2] виконане в таблиці 2, де наведено перелік розрахункових параметрів з посиланням на методику й джерела їх визначення. Як ДБН [1], так і СНиП [2] враховують температурні впливи двох видів: зміни середньої по перерізу елемента температури, які викликають поздовжні деформації елемента, та перепади температури по перерізу елемента, які викликають деформації згину в цьому елементі. При спільній методологічній основі різниця в основному полягає в тому, що більшість розрахункових параметрів у ДБН [1] осереднені по території України. Це спрощує норми, але може призвести до похибок унаслідок неточного врахування кліматичного режиму різних географічних зон.

З таблиці 2 видно, що за рахунок узагальнення по усій території України середньодобова температура повітря в холодну пору року за ДБН [1] може відхилитися від СНиП [2] в межах 15°C , а початкова температура замикання в холодну пору року – в межах 9°C . При умові жорсткого закріплення виявлена різниця температур може створювати напруження в сталевих елементах, рівні 37 МПа , що складає 15% розрахункового опору ширококовжованої сталі С245. Тому ігнорування територіальної мінливості середньодобової температури повітря в ДБН [1], особливо в холодну пору року, слід вважати недопустимим.

Таблиця 2. Визначення розрахункових параметрів температури в ДБН [1] та СНиП [2] для території України

Розрахункові параметри		Визначення за СНиП 2.01.07-85 [2]	Визначення за ДБН В.1.2-2:2006 [1]
t_{ew}	середня добова температура зовнішнього повітря в теплу пору року	від $+26^{\circ}\text{C}$ до $+31^{\circ}\text{C}$ за формулою та картою районування	$+28^{\circ}\text{C}$ для усієї території України
t_{ec}	середня добова температура зовнішнього повітря в холодну пору року	від -5°C до -25°C за формулою та картами районування	-20°C для усієї території України
t_{0w}	початкова температура замикання конструкції в теплу пору року	від $+14^{\circ}\text{C}$ до $+21^{\circ}\text{C}$ за формулою та картами районування	$+15^{\circ}\text{C}$ для усієї території України
t_{0c}	початкова температура замикання конструкції в холодну пору року	від -4°C до $+9^{\circ}\text{C}$ за формулою та картами районування	0°C для усієї території України
θ_1	приріст температури, середньої по перерізу елемента неопалюваної чи опалюваної будівлі, викликаний добовими коливаннями температури зовнішнього повітря	від 2°C до 8°C залежно від матеріалу та масивності конструкцій	
θ_2	те ж для будівлі зі штучним кліматом чи постійними технологічними джерелами тепла	від 2°C до 6°C залежно від матеріалу та масивності конструкцій	

θ_3	приріст перепаду температури по перерізу елемента будівлі зі штучним кліматом чи постійними технологічними джерелами тепла, викликаний добовими коливаннями температури зовнішнього повітря	від 4°C до 6°C залежно від матеріалу та масивності конструкцій	
θ_4	приріст температури, середньої по перерізу елемента, викликаний дією сонячної радіації	Визначається залежно від ρ, S_{max}, k, k_1	
θ_5	приріст перепаду температури по перерізу елемента, викликаний дією сонячної радіації	Визначається залежно від через ρ, S_{max}, k, k_1	
k	коефіцієнт, що враховує орієнтацію відкритих поверхонь конструкцій	від 0,7 до 1,0 за таблицею	
k_1	коефіцієнт, що враховує швидкість теплопередачі залежно від матеріалу та масивності конструкцій	від 0,3 до 0,7 за таблицею	
ρ	коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції	від 0,3 до 0,9 за додатком 7 СНиП II-3-79*	
S_{max}	максимальне значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації, Вт/м ²	за СНиП 2.01.01-82 залежно від географічної широти та орієнтації поверхні конструкції	Найбільші можливі значення для кожної орієнтації поверхні (від 540 Вт/м ² до 890 Вт/м ²)

Для конструкцій, не захищених від впливу сонячної радіації, додатково враховуються прирости температур $\theta_1 - \theta_3$, викликані добовими коливаннями температури зовнішнього повітря. Їх величини в ДБН [1]

такі ж, як і в СНиП [2]. Прирости температури θ_4 і θ_5 , обумовлені дією сонячної радіації, визначаються з урахуванням виду та ступеню масивності конструкцій (металеві, бетонні, залізобетонні та кам'яні різної товщини), фактури та орієнтації їх поверхні, а також величини сонячної радіації, що діє на поверхні різної орієнтації. Вони відрізняються тим, що СНиП [2] вимагають встановлювати величину сумарної сонячної радіації S_{\max} за СНиП [4] залежно від географічної широти місця будівництва та орієнтації поверхні конструкції, а в ДБН [1] для кожної орієнтації поверхні наведені найбільші можливі значення S_{\max} в межах території України. Розрахунки показали, що прирости температури металевих конструкцій θ_4 і θ_5 , визначені за СНиП [2] і за ДБН [1], відрізняються не більше, ніж на 3°C . При абсолютно жорсткому закріпленні елементів різниця напружень не перевищує $6,7$ МПа, тобто менше 3% розрахункового опору маловуглецевої сталі. Така похибка при оцінюванні напруженого стану металевих конструкцій є неістотною, а тому реалізовану в ДБН [1] відмову від урахування географічного положення об'єкта будівництва в межах України при визначенні змін температури конструкцій від дії сонячної радіації слід вважати цілком допустимою.

Експериментальне дослідження впливу сонячної радіації на температуру відкритих металевих конструкцій, виконане за методикою [5], показало, що температура двотавра, відкритого дії сонячних променів, зазвичай вища від температури атмосферного повітря. Найбільші прирости температури, які спостерігалися протягом весняно-літнього сезону, узгоджуються з розрахунковими значеннями θ_4 , обчисленими за ДБН [1].

За результатами проведеного порівняння нормативних документів можна зробити такі **висновки**:

- 1) нормативні документи, що регламентують величини температурних навантажень на несучі будівельні конструкції, базуються на різних підходах до їх нормування та визначення при виконанні проектних розрахунків;
- 2) методологічна основа нормування температури повітря в ДБН В.1.2-2:2006 істотно відрізняється не лише від європейських норм BS EN 1991-1-5 2003, але й від методології нормування інших атмосферних навантажень у тому ж ДБН;
- 3) осереднення інтенсивності сонячної радіації по території України в ДБН В.1.2-2:2006 мало впливає на зміни температури конструкцій, відкритих дії сонячних променів, а тому є оправданим;
- 4) характеристичні значення добових температур зовнішнього повітря та початкових температур замикання конструкцій слід визначати з

урахуванням їх географічної мінливості, для чого слід розробити й включити до ДБН В.1.2-2:2006 відповідні карти територіального районування України;

- 5) істотні відмінності в нормуванні температурних навантажень у ДБН [1] та в європейських нормах [3] обумовлюють необхідність проведення більш детального аналізу результатів метеорологічних спостережень за температурою атмосферного повітря, а також дослідження впливу температури повітря на просторові несучі конструкції будівель і споруд з використанням сучасних розрахункових програмних комплексів.

Summary

A comparative analysis of methodologies for determining the design values of air temperature, as the impact on the bearing structures in national and international design standards is performed. The ways of improving standards of temperature influences in DBN B.1.2-2: 2006 "Loads and effects" are formulated.

Література

1. 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.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 36 с.
3. EN 1991-1-5 2003 - Eurocode 1 - Basis of design and actions
4. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983.
5. Семко О.В., Пашинський В.В. Методика досліджень температури металевих конструкцій в неопалюваних приміщеннях. // VIII-я Международная научно-практическая Интернет-конференция "Состояние современной строительной науки – 2010" Сборник научных трудов.- Полтава.- 2010.- с. 213–215.