

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 624.01:624.042

Д. О. БАННІКОВ^{1*}, А. В. РАДКЕВИЧ², С. М. КОСЯЧЕВСЬКА³

^{1*}Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (063) 400 43 07, ел. пошта d.o.bannikov@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9019-9679

²Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 42, ел. пошта a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

³Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (050) 855 00 93, ел. пошта s.m.kosiachevska@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-5539-2847

Зміни щодо нормативного визначення кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції

Мета. Основною метою публікації є якісний та кількісний аналіз змін щодо кліматичних навантажень, які пов'язані з уведенням в дію у вітчизняній нормативній базі стандарту ДБН В.1.2–2:2006, порівняно з попереднім стандартом, а також подальших змін до цього стандарту. **Методика.** Для досягнення цієї мети були розглянуті як самі стандарти з визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції, так і введені в дію Зміни, що передбачали низку новацій. Основний акцент при цьому зроблено на методології визначення різних видів кліматичних навантажень, зокрема навантажень від власної ваги ґрунтів, снігового та вітрового навантажень, ожеледно-вітрового навантаження, а також системи складання сполучень цих навантажень. Охоплено питання термінологічного забезпечення процесу визначення навантажень. **Результати.** На основі виконаного порівняльного аналізу встановлено, що запропонований у Змінах підхід до складання сполучень навантажень дозволяє отримати більш високі їх значення, ніж всі попередньо використані підходи. Методика визначення навантаження від власної ваги ґрунтів залишилась без змін. Методика визначення снігового та вітрового навантажень змінена принципово. При цьому остаточні значення навантажень є в 2,5–3 рази вищими за значення в попередньому стандарті. Найбільше це проявилось для Сумської та Чернігівської областей України. Методика визначення ожеледно-вітрового навантаження доповнена в частині врахування вітрового напору за наявності ожеледних відкладень. При цьому кореляція з вітровим напором за умови відсутності ожеледних відкладень не є досить чіткою. **Наукова новизна.** Якісно та кількісно оцінено зміни в методиці визначення основних видів кліматичних навантажень на будівельні конструкції для умов України, зокрема навантажень від власної ваги ґрунтів, снігового та вітрового навантажень, ожеледно-вітрового навантаження, а також системи складання сполучень цих навантажень. **Практична значимість.** Отримано дані, які дозволяють визначити шляхи та напрями подальшого вдосконалення та уточнення наявних методик розрахунку основних кліматичних навантажень для умов України.

Ключові слова: ДБН В.1.2–2:2006; кліматичні навантаження; будівельна конструкція; снігове навантаження; вітрове навантаження; ожеледно-вітрове навантаження; сполучення навантажень

Вступ

Протягом останніх 5 років, незважаючи на надзвичайно складні умови, пов'язані спочатку з карантинними заходами, а тепер і з воєнним станом, в Україні доволі інтенсивними темпами проходить процес оновлення нормативної бази взагалі і в будівництві зокрема. Постійно відбувається вдосконалення різноманітних будівельних стандартів шляхом уведення в дію змін.

Також розробляють нові будівельні стандарти, що частково або повністю замінюють чинні або взагалі є абсолютно новими, які раніше не існували та не використовували в проєктній практиці.

Одним із базових у частині проєктування будівельних конструкцій є стандарт із визначення навантажень і впливів [6]. Він замінив стандарт, що доволі тривалий час (понад 20

років) використовували в Україні (СНиП 2.01.07–85).

Новий стандарт не тільки окреслює термінологію, яку застосовують для опису процесу визначення навантажень і впливів, але й подає класифікацію навантажень і впливів, регламентує процес їх визначення і формування з них сполучень різних типів. Напевно, на час введення в дію (2007 рік) цей стандарт був практично єдиним нормативним документом у вітчизняній нормативній будівельній базі, що змістовно хоча б якось корелював з європейськими будівельними стандартами. При цьому здебільшого було збережено вітчизняне надбання в частині принципів та правил визначення величин навантажень і впливів, проте почалось і використання європейської термінології та європейських традиційних позначень. Тому з повним правом слід вважати стандарт [6] своєрідним «проривом», який для свого часу був досить значним.

На цей час щодо тексту стандарту двічі введено в дію зміни. Перші з них були підготовлені ще в 2006 році до набуття цим стандартом чинності [7], а другі зміни – нещодавно, у 2020 році [8].

Мета

Зважаючи на вищевикладене, основною метою дослідження є якісний та кількісний аналіз змін щодо кліматичних навантажень, які пов'язані з введенням в дію у вітчизняній нормативній базі стандарту ДБН В.1.2–2:2006 [6], порівняно з попереднім стандартом, а також подальших змін до цього стандарту.

Методика

Для досягнення зазначеної мети були розглянуті як самі стандарти з визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції, так і введені в дію Зміни, що передбачали низку новацій.

Насамперед слід зауважити, що в закордонній будівельній практиці питання визначення навантажень і впливів у будівельній галузі взагалі та кліматичних навантажень і впливів зокрема розглядають доволі суттєво. У першу чергу наявна література охоплює спеціалізовані публікації в провідних виданнях, які детально описують окремі аспекти завдання навантажень

і впливів на будівельні конструкції [11, 13, 20]. Більш ґрунтовні дослідження викладено в наявній фаховій літературі у вигляді монографій [14–17]. Також доволі суттєво висвітлені питання визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції в чинній нормативній базі. Так, наприклад, європейський стандарт [12] містить чотири основні частини: щодо основних видів дій (EN 1991–1), дій на мости (EN 1991–2), дій кранів і машинного обладнання (EN 1991–3) і дій на силоси, резервуари, трубопроводи (EN 1991–4). У свою чергу перша частина поділяється ще на 7 більш дрібних частин: власна вага і загальні дії на конструкції (EN 1991–1–1), дії на конструкції під час пожежі (EN 1991–1–2), снігові навантаження (EN 1991–1–3), вітрові дії (EN 1991–1–4), теплові дії (EN 1991–1–5), дії під час зведення (EN 1991–1–6), особливі динамічні дії (EN 1991–1–7).

Цікаво також відзначити, що під час перекладу назв частин єврокодів із мови оригіналу у вітчизняній практиці доволі часто використовують термін «дія», який змістовно ближче до вітчизняного терміна «вплив». Проте однозначності в цьому питанні немає.

У вітчизняній практиці питання визначення кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції доволі широко розглядають у спеціалізованій фаховій літературі, наприклад [9]. Однак вона має вузькоспрямований характер, орієнтований на розгляд окремих питань. До того ж має місце своєрідна нерівномірність у ступені уваги і, відповідно, представлення різних видів навантажень і впливів. Також відсутній комплексний аналіз нормативних документів щодо визначення навантажень і впливів, особливо в частині аналізу змін до цих стандартів.

Так, найбільш досліджуваними є якраз кліматичні навантаження – снігові, вітрові, ожеледні. У меншому ступені розроблені питання розрахунку сейсмічних і температурних впливів. Інші види таких навантажень – хвильові, льодові, тиск ґрунтів – у наш час відносять до важкопрогнозованих, що не мають однозначної теорії опису їх взаємодії з будівельними конструкціями. Це змушує авторів проводити спеціальні дослідження та створювати власні теоретичні моделі [18, 19].

Стосовно техногенних навантажень, які, здавалось би, є більш передбачуваними і прогнозованими, ніж природно-кліматичні, ситуація в цілому гірша. Багато видів таких навантажень мають лише наближені моделі, які продовжують уточнювати та вдосконалювати, як, наприклад, кранове навантаження [10] або динамічні навантаження [5].

Одним із чинників цього є складність у лабораторному моделюванні подібних техногенних навантажень через суттєвий вплив фактора подібності і труднощі в проведенні натурних вимірювань, адже це вимагає доволі значних матеріальних і, головне, часових ресурсів [3, 4]. Додатковим чинником, який ще більше погіршує ситуацію, є своєрідна невизначеність із класифікацією будівельних конструкцій [1]. На практиці це все результується в численні відмови та аварії будівельних конструкцій [2].

Результати

Для більш детального аналізу методики розрахунку кліматичних навантажень виконаємо зіставлення різноманітних версій основного нормативного документа в Україні [6] щодо визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції, а також запроваджених Змін до нього [7, 8]. Розглянемо їх за різними складовими частинами.

1. Класифікація навантажень і впливів. Основу стандарту СНиП 2.01.07–85 склала класифікація навантажень і впливів за походженням. При цьому виділено в окремі розділи такі види навантажень і впливів: власну вагу конструкцій і ґрунтів, навантаження на перекриття і підлоги будівель, навантаження від мостових і підвісних кранів, снігові навантаження, вітрові навантаження, ожеледні навантаження і температурні кліматичні впливи. Чинний стандарт України [6] повністю повторив класифікацію навантажень і впливів за їх походженням.

З точки зору складання сполучень навантажень у стандарті використана додаткова класифікація навантажень і впливів за тривалістю дії. При цьому виділено постійні, тривалі, короткочасні й особливі їх види, що дало можливість складати сполучення двох типів – основні та особливі.

У чинному стандарті України [6] в додатковій класифікації за тривалістю дії замість «осо-

бливих» навантажень і впливів був використаний термін «епізодичні». Також замість «особливих» сполучень був використаний термін «аварійні».

Обидві запроваджені Зміни [7, 8] не торкнулися цього питання.

2. Визначення розрахункових характеристик навантажень і впливів. За старим стандартом СНиП 2.01.07–85 як основне значення навантажень вважали нормативне значення. Для отримання розрахункового значення його множили на коефіцієнт надійності за навантаженням, який мав фіксоване постійне значення для кожного виду навантажень.

Відповідно до чинного стандарту [6], замість терміна «нормативне» було запроваджено термін «характеристичне». Крім цього, замість одного розрахункового значення запроваджено 4, які визначають за допомогою чотирьох різних коефіцієнтів надійності за навантаженням: граничним, експлуатаційним, циклічним і квазістатичним. Якщо призначення перших двох є доволі зрозумілим і зазначено чітко, то призначення останніх двох до цього часу є розпливчастим і, на жаль, не знайшло уточнення у введених у дію Змінах [7, 8].

Також спірним у чинних нормах залишається питання прив'язки коефіцієнтів надійності за навантаженням до терміну експлуатації конструкції. На практиці це призводить до відсутності рівнонадійності конструкції щодо строку її служби. Так, наприклад, для конструкцій із терміном експлуатації в 5 років (що є доволі актуальним для умов теперішнього тимчасового відновлення) розрахункове значення снігового навантаження виявляється майже вдвічі нижчим, ніж для конструкцій із терміном експлуатації в 50 років. Проте на практиці немає жодних гарантій того, що за ці 5 років експлуатації снігове навантаження не досягне свого пікового значення, яке спостерігалось за 50 років.

3. Складання сполучень навантажень і впливів. Чинний стандарт України [6] повністю перейняв стару систему складання сполучень навантажень і впливів зі стандарту СНиП 2.01.07–85. Вона передбачає необхідність складання двох типів сполучень – основних та аварійних (особливих – за старим стандартом). При цьому використовують спеціальний коефіцієнт сполучень ψ , що враховує малу «... імовірність одно-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

часної реалізації розрахункових значень декількох навантажень».

З урахуванням цього для випадку складання основних сполучень навантажень можливими є два варіанти призначення коефіцієнта сполучень для короточасних навантажень $K1$ – $K3$, відповідно до виразів:

$$F1 = 0,9 \cdot K1 + 0,9 \cdot K2 + 0,9 \cdot K3; \quad (1)$$

$$F2 = 1,0 \cdot K1 + 0,8 \cdot K2 + 0,6 \cdot K3. \quad (2)$$

Однак подібні вирази не мають теоретично обґрунтування в спеціалізованій або фаховій літературі. Також чітко видно, що зниження значення коефіцієнта сполучень не відповідає ідеї, закладеній у сам коефіцієнт – врахування зниженої ймовірності різних видів короточасних навантажень. Наприклад, якщо навантаження $K2$ або $K3$ є меншими за значенням, ніж навантаження $K1$, але їх ймовірність появи вища, ніж для $K1$, то і коефіцієнт сполучень має бути вищим. Ця можливість у чинному стандарті не врахована.

Уведені Зміни № 2 [8] коригують ситуацію, залишаючи тільки один варіант розрахунку з дещо усередненими значеннями коефіцієнта сполучення, проте принципово це ситуацію не змінює:

$$F3 = 1,0 \cdot K1 + 0,9 \cdot K2 + 0,7 \cdot K3. \quad (3)$$

Орієнтовна кількісна оцінка ситуації відповідно до виразів (1) – (3) наведена в табл. 1. Розглянуто найбільш розповсюджений діапазон значень короточасних навантажень на будівлі цивільного і промислового призначення з відносно невеликими прольотами 6–12 м. За навантаження взято: $K1$ – навантаження від ваги людей на перекриття, $K2$ – снігове навантаження, $K3$ – вітрове навантаження. Видно, що практично для всіх розглянутих випадків найгірше значення (виділено в таблиці темним кольором) відповідає виразу (3), тобто внесеним до стандарту Змінам.

4. Визначення навантажень від власної ваги конструкцій і ґрунтів.

Для цього типу навантажень у чинному стандарті України [6] відсутні будь-які коригування порівняно з попереднім стандартом СНиП 2.01.07–85. У введених Змінах [7, 8] також відсутні будь-які коригування. Фактично цей до-

волі простий вид навантажень і не потребує певних коригувань.

5. Визначення снігового навантаження. Відповідно до чинного стандарту України [6], снігове навантаження потрібно визначати за новим виразом (4) на відміну від виразу (5) для попереднього стандарту СНиП 2.01.07–85:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}; \quad (4)$$

$$S = \gamma_f \cdot S_0 \cdot \mu. \quad (5)$$

Як видно, структурно ці вирази однакові. Відмінність полягає у визначенні коефіцієнта надійності γ_f , який для чинного стандарту, як зазначено вище, прив'язаний до терміну експлуатації конструкції. Унаслідок цього він може змінюватись у діапазоні 0,24–1,44. За попереднім стандартом цей коефіцієнт мав фіксоване значення 1,4 (1,6).

Характеристичне (нормативне) значення снігового навантаження S_0 у чинному стандарті збільшено доволі суттєво, у середньому в 2,5 рази. Тому виникає нестандартна ситуація, коли будівельні конструкції, спроектовані до набуття чинності нового стандарту, продовжують успішно експлуатуватись, «незважаючи» на таке збільшення рівня снігового навантаження (табл. 2).

Значення коефіцієнта форми конструкції μ залишилось без змін у чинному та попередньому стандартах. Додатково введений коефіцієнт C_e призначений для врахування можливого підтаювання снігового покриву для неутеплених конструкцій покриттів на величину 20 %. Додатково введений коефіцієнт C_{alt} передбачає врахування висоти розташування будівельної конструкції над рівнем моря і набуває значення більше ніж 1,0 тільки для висоти понад 0,5 км, що для території України доволі нехарактерно.

Також зазначимо, що останнім часом дані візуальних спостережень свідчать про зниження рівня снігового навантаження та перетворення його в дощове навантаження. Дощові навантаження, до речі, не регламентуються національними нормами України, проте вони регламентуються національними нормами інших країн, наприклад, Канади. Тому виникає потреба в розробці національної методики оцінки дощового навантаження.

Таблиця 1

Кількісна оцінка впливу значення коефіцієнта сполучень навантажень

Table 1

Quantitative assessment of the influence of the value of the load combination factor

Значення навантажень, кН			Сума навантажень, кН			Значення навантажень, кН			Сума навантажень, кН		
<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>	<i>K1</i>	<i>K2</i>	<i>K3</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>F3</i>
100	50	-100	45	80	75	200	50	-100	135	180	175
100	50	-50	90	110	110	200	50	-50	180	210	210
100	50	-25	112,5	125	127,5	200	50	-25	202,5	225	227,5
100	50	0	135	140	145	200	50	0	225	240	245
100	50	25	157,5	155	162,5	200	50	25	247,5	255	262,5
100	50	50	180	170	180	200	50	50	270	270	280
100	50	100	225	200	215	200	50	100	315	300	315
100	100	-100	90	120	120	200	100	-100	180	220	220
100	100	-50	135	150	155	200	100	-50	225	250	255
100	100	-25	157,5	165	172,5	200	100	-25	247,5	265	272,5
100	100	0	180	180	190	200	100	0	270	280	290
100	100	25	202,5	195	207,5	200	100	25	292,5	295	307,5
100	100	50	225	210	225	200	100	50	315	310	325
100	100	100	270	240	260	200	100	100	360	340	360
100	150	-100	135	160	165	200	150	-100	225	260	265
100	150	-50	180	190	200	200	150	-50	270	290	300
100	150	-25	202,5	205	217,5	200	150	-25	292,5	305	317,5
100	150	0	225	220	235	200	150	0	315	320	335
100	150	25	247,5	235	252,5	200	150	25	337,5	335	352,5
100	150	50	270	250	270	200	150	50	360	350	370
100	150	100	315	280	305	200	150	100	405	380	405
300	50	-100	225	280	275	400	50	-100	315	380	375
300	50	-50	270	310	310	400	50	-50	360	410	410
300	50	-25	292,5	325	327,5	400	50	-25	382,5	425	427,5
300	50	0	315	340	345	400	50	0	405	440	445
300	50	25	337,5	355	362,5	400	50	25	427,5	455	462,5
300	50	50	360	370	380	400	50	50	450	470	480
300	50	100	405	400	415	400	50	100	495	500	515
300	100	-100	270	320	320	400	100	-100	360	420	420
300	100	-50	315	350	355	400	100	-50	405	450	455

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Продовження табл. 1
Continuation of Table 1

Значення навантажень, кН			Сума навантажень, кН			Значення навантажень, кН			Сума навантажень, кН		
K1	K2	K3	F1	F2	F3	K1	K2	K3	F1	F2	F3
300	100	-25	337,5	365	372,5	400	100	-25	427,5	465	472,5
300	100	0	360	380	390	400	100	0	450	480	490
300	100	25	382,5	395	407,5	400	100	25	472,5	495	507,5
300	100	50	405	410	425	400	100	50	495	510	525
300	100	100	450	440	460	400	100	100	540	540	560
300	150	-100	315	360	365	400	150	-100	405	460	465
300	150	-50	360	390	400	400	150	-50	450	490	500
300	150	-25	382,5	405	417,5	400	150	-25	472,5	505	517,5
300	150	0	405	420	435	400	150	0	495	520	535
300	150	25	427,5	435	452,5	400	150	25	517,5	535	552,5
300	150	50	450	450	470	400	150	50	540	550	570
300	150	100	495	480	505	400	150	100	585	580	605

Таблиця 2

Характеристичні (нормативні) значення снігового та вітрового навантажень

Table 2

Characteristic (standard) values of snow and wind loads

№ пор	Обласне місто	Снігове навантаження, Па		Вітрове навантаження, Па		Сума навантажень, Па	
		СНиП 2.01.07-85	ДБН В.1.2-2:2006	СНиП 2.01.07-85	ДБН В.1.2-2:2006	максимум	мінімум
1	Вінниця	700	1 400	300	500	1 900	900
2	Дніпро	500	1 400	380	500	1 900	900
3	Донецьк	500	1 600	380	500	2 100	1 100
4	Житомир	700	1 600	300	500	2 100	1 100
5	Запоріжжя	500	1 200	380	500	1 700	700
6	Івано- Франківськ	500	1 600	380	500	2 100	1 100
7	Київ	700	1 600	300	400	2 000	1 200
8	Кропивницький	500	1 400	300	450	1 850	950
9	Луганськ	500	1 400	380	500	1 900	900
10	Луцьк	500	1 400	380	550	1 950	850
11	Львів	500	1 400	380	550	1 950	850
12	Миколаїв	500	1 000	380	500	1 500	500

Продовження табл. 2
Continuation of Table 2

№ пор	Обласне місто	Снігове навантаження, Па		Вітрове навантаження, Па		Сума навантажень, Па	
		СНиП 2.01.07–85	ДБН В.1.2–2:2006	СНиП 2.01.07–85	ДБН В.1.2–2:2006	максимум	мінімум
13	Одеса	500	1 000	380	500	1 500	500
14	Полтава	700	1 600	300	500	2 100	1 100
15	Рівне	500	1 400	380	550	1 950	850
16	Сімферополь	500	1 000	380	500	1 500	500
17	Суми	700	1 800	300	450	2 250	1 350
18	Тернопіль	500	1 400	380	550	1 950	850
19	Ужгород	500	1 400	230	400	1 800	1 000
20	Харків	700	1 600	300	450	2 050	1 150
21	Херсон	500	800	380	500	1 300	300
22	Хмельницький	500	1 400	380	500	1 900	900
23	Черкаси	700	1 600	300	450	2 050	1 150
24	Чернівці	500	1 400	300	500	1 900	900
25	Чернігів	700	1 800	300	450	2 250	1 350

б. Визначення вітрового навантаження.

Відповідно до чинного стандарту України [6], вітрове навантаження слід визначати за новим виразом (6) на відміну від виразу (7) для попереднього стандарту СНиП 2.01.07–85:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C_{aer} \cdot C_{alt} \cdot C_{dir} \cdot C_d \cdot C_h \cdot C_{rel}; \quad (6)$$

$$W = \gamma_f \cdot W_0 \cdot k \cdot C. \quad (7)$$

Як і у випадку снігового навантаження, структурно ці вирази також схожі. Відмінність полягає у визначенні коефіцієнта надійності γ_f , який для чинного стандарту, як і у випадку снігового навантаження, прив'язаний до терміну експлуатації конструкції. Унаслідок цього він може змінюватись у діапазоні 0,24–1,44. За попереднім стандартом цей коефіцієнт мав фіксоване значення 1,4.

Характеристичне (нормативне) значення вітрового навантаження W_0 в чинному стандарті збільшено в середньому в 1,5 раза. Сумарний ефект від дії снігового і вітрового навантажень відповідно до чинних норм на будівельні конструкції представлений на рис. 1. Кольори відповідають наведеним у табл. 2.

Аеродинамічний коефіцієнт C_{aer} (C) не зазнав змін у чинному і попередньому стандартах. У Змінах № 2 [8] його значення для випадку розрахунку кріплень огорожувальних елементів до несучих конструкцій збільшено із 2,0 до 3,5. Найімовірніше, це обумовлено недостатньою якістю влаштування таких кріплень і відсутністю методики точних розрахунків сучасних видів кріплень, наприклад, кріплень дерев'яних елементів на саморізах.

Нові введені коефіцієнти C_{dir} і C_{rel} враховують специфічні місцеві умови розташування конструкцій – нерівномірність вітрового навантаження за напрямками вітру й умови мікрорельєфу в зоні будівництва. Для більшості практичних випадків ці коефіцієнти дорівнюють 1,0.

Додатково введений коефіцієнт C_{alt} , як і для випадку снігового навантаження, передбачає врахування висоти розташування будівельної конструкції над рівнем моря і набуває значення більше ніж 1,0 тільки для висоти понад 0,5 км, що для території України доволі нехарактерно.

Окремим питанням виявилось визначення коефіцієнта врахування висоти будівельної конструкції C_h (k). Незважаючи на певні уточ-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

нення формувань для типів місцевості, зміни в кількісному визначенні цього коефіцієнта представлені в табл. 3. У середньому збільшення значень цього коефіцієнта в остаточному варіанті норм склало 1,5–2 рази. Відмінність у значеннях пов'язана з прийнятою моделлю вітрового потоку. Проте залишається питання щодо експериментального підтвердження цієї моделі.

Також слід відзначити, що Зміни № 2 [8] передбачають виконання спеціального перевірного розрахунку на резонансне вихрове збудження для конструкцій, у яких висота більше ніж у 10 разів перевищує характерний поперечний розмір у напрямку, перпендикулярному швидкості вітру. В один із виразів для цієї перевірки включено коефіцієнт врахування висоти, тому питання його коректного визначення є доволі актуальним.

Таким чином, з урахуванням збільшення характеристичних значень вітрового навантаження остаточно його підвищення складає 2,5–3 рази, що є аналогічним до підвищення снігового навантаження.

7. *Визначення ожеледно-вітрового навантаження.* В чинному стандарті України [6], порівняно з попереднім стандартом СНиП 2.01.07–85, додана значна частина розрахункового матеріалу, присвяченого впливу вітрових навантажень у випадку наявності ожеледі на поверхні конструкції. Також подана сама схема утворення ожеледних відкладень та схема районування території України за тиском вітру в разі ожеледі.

Через це доволі цікавим є зіставлення значень характеристичного вітрового навантаження для випадків наявності та відсутності ожеледних відкладень. Вони представлені у вигляді графіка на рис. 2 (нумерація міст відповідає наведеній у табл. 2). Як видно, кореляційна залежність є не дуже чіткою. При цьому автори неодноразово стверджували, що ожеледні відкладення не впливатимуть на показники вітрового навантаження. Тому це питання залишається відкритим і потребує більш детального вивчення для можливості його узгодження з даними спостережень за вітровим навантаженням.

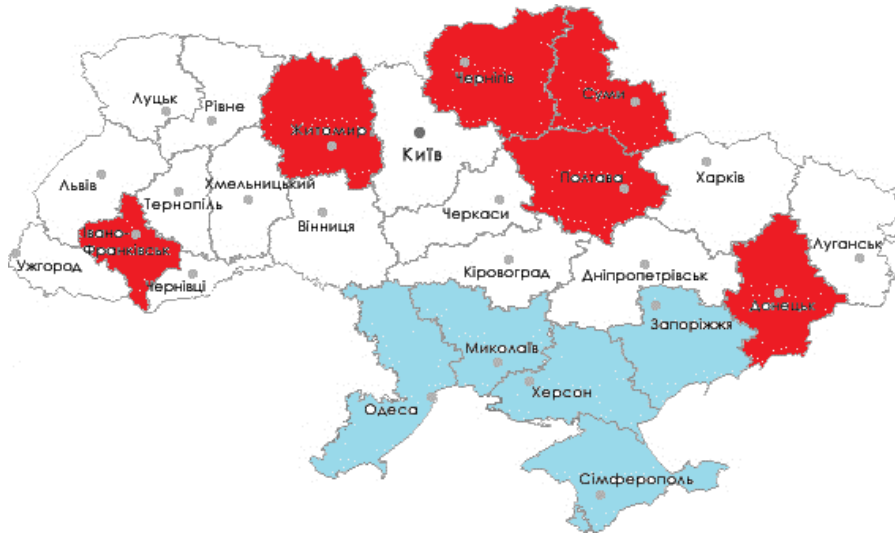


Рис. 1. Розподіл території України за сумарним впливом снігового та вітрового навантажень

Fig. 1. Distribution of the territory of Ukraine by the total impact of snow and wind loads

Таблиця 3

Зміни коефіцієнта висоти конструкції

Table 3

Changes in the construction height factor

Ви- со- та, м	Значення коефіцієнта для типу місцевості											
	I			II			III			IV		
	СНиП 2.01.07 –85	ДБН В.1.2– 2:200 6	Зміни № 1	СНиП 2.01.07 –85	ДБН В.1.2– 2:2006	Зміни № 1	СНиП 2.01.07 –85	ДБН В.1.2– 2:2006	Зміни № 1	СНиП 2.01.07 –85	ДБН В.1.2– 2:2006	Зміни № 1
≤ 5	0,75	2,40	1,40	0,50	1,75	1,20	0,50	1,70	0,90	0,40	1,60	0,60
10	1,00	2,75	1,80	0,65	2,30	1,50	0,65	1,70	1,20	0,40	1,60	1,00
20	1,25	3,25	1,95	0,85	2,75	1,85	0,85	2,25	1,55	0,55	1,60	1,40
40	1,50	3,75	2,25	1,10	3,25	2,20	1,10	2,80	2,00	0,80	2,25	1,95
60	1,70	4,00	2,45	1,30	3,60	2,45	1,30	3,20	2,25	1,00	2,65	2,25
80	1,85	4,20	2,65	1,45	3,80	2,60	1,45	3,35	2,45	1,15	2,80	2,50
100	2,00	4,30	2,70	1,60	4,00	2,70	1,60	3,65	2,60	1,25	3,00	2,70
150	2,25	4,65	2,95	1,90	4,35	3,00	1,90	4,00	2,90	1,55	3,50	3,10
200	2,45	4,80	3,10	2,10	4,60	3,15	2,10	4,25	3,20	1,80	3,75	3,40

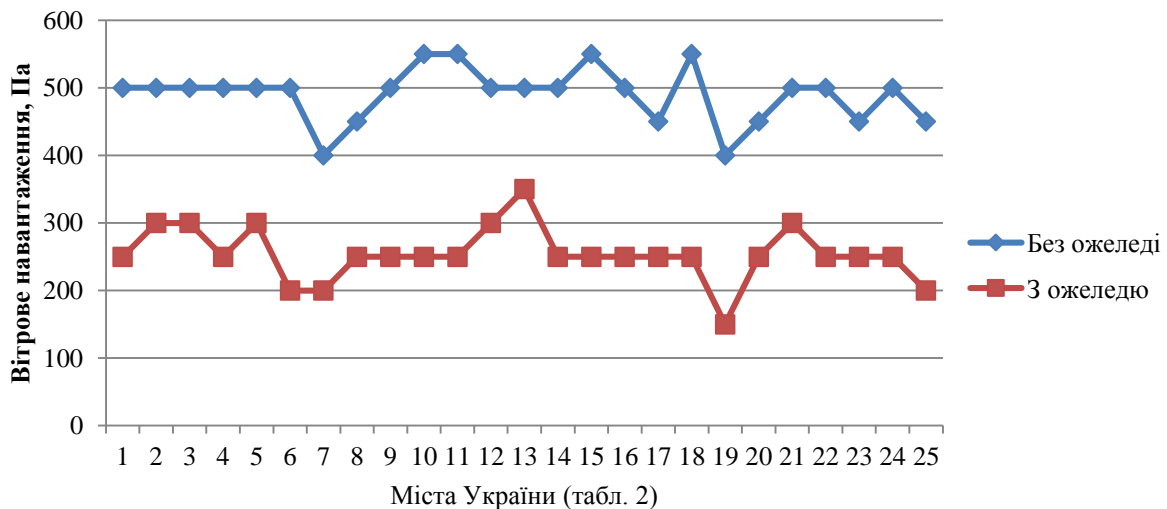


Рис. 2. Зміна вітрового тиску залежно від ожеледних відкладень

Fig. 2. Changes in wind pressure depending on ice deposits

8. *Визначення температурних кліматичних впливів.* В чинному стандарті України [6], порівняно з попереднім стандартом СНиП 2.01.07–85, спрощено визначення середньодобових температур зовнішнього повітря в теплу і холодну пору року – фактично їх рекомендовано бра-

ти сталими незалежно від територіального розташування конструкції. Такий підхід, на нашу думку, фактично нівелює весь зміст температурних розрахунків. У запроваджених Змінах [7, 8] це питання залишається неврегульованим.

Наукова новизна та практична значимість

Таким чином, у цій публікації якісно та кількісно оцінено зміни в методиці визначення основних видів кліматичних навантажень на будівельні конструкції для умов України, зокрема навантажень від власної ваги ґрунтів, снігового та вітрового навантажень, ожеледно-вітрового навантаження, а також системи складання сполучень цих навантажень.

З практичної точки зору, у ході проведеного аналізу отримано дані, які дозволяють визначити шляхи та напрями подальшого вдосконалення та уточнення наявних методик розрахунку основних кліматичних навантажень для умов України.

Висновки

На основі виконаного порівняльного аналізу встановлено, що запропонований у Змінах підхід до складання сполучень навантажень дозволяє отримати більш високі їх значення, ніж усі попередньо використані підходи. Методика визначення навантаження від власної ваги ґрунтів залишилась без змін. Методика визначення снігового та вітрового навантажень змінена принципово. При цьому остаточні значення навантажень є в 2,5–3 рази вищими за значення в попередньому стандарті. Найбільше це проявилось для Сумської та Чернігівської областей України. Методика визначення ожеледно-вітрового навантаження доповнена в частині врахування вітрового напору за наявності ожеледних відкладень. При цьому кореляція з віт-

ровим напором за умови відсутності ожеледних відкладень не є дуже чіткою.

Як основні проблемні питання, на які варто акцентувати увагу в ході подальших досліджень, слід визначити:

1. Необхідність більш чіткого визначення сфер застосування для циклічних і квазіпостійних видів розрахункових значень навантажень.

2. Необхідність забезпечення рівнонадійності кліматичних навантажень незалежно від строку експлуатації конструкцій.

3. Необхідність розробки методики врахування в «ступені впливу» в разі визначення значення коефіцієнта сполучень навантажень такого фактору, як імовірність впливу окремого навантаження на конструкцію.

4. Необхідність розробки національної методики оцінки дощового навантаження та внесення його до переліку нормованих видів кліматичних навантажень України.

5. Уведення до норм експериментально підтвердженої моделі зміни вітрового потоку за висотою і визначення на її основі уточненого значення коефіцієнта врахування висоти будівельної конструкції C_h .

6. Вивчення питання впливу вітрових навантажень на елементи будівельних конструкцій із ожеледними відкладеннями та уточнення кореляції цього навантаження для випадку відсутності ожеледних відкладень.

7. Нормативне врегулювання питання визначення середньодобових температур зовнішнього повітря для різних періодів року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Банніков Д. О., Нікіфорова Н. А., Косячевська С. М. Сучасний стан класифікації транспортних будівельних конструкцій в Україні. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2022. № 21. С. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2022/258221>
2. Банніков Д. О. Аварії та відмови сталевих тонкостінних циліндричних силосів для зернових культур. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. № 15. С. 6–17. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2019/172336>
3. Банніков Д. О. Експериментальні дослідження статичної поведінки сипучого середовища в ємнісній конструкції. *Вісник ДНУЗТ*. 2009. Вип. 26. С. 103–111. <https://doi.org/10.15802/stp2009/14319>
4. Банніков Д. О. Експериментальні дослідження динамічних властивостей сталевих ємнісних конструкцій для сипучих вантажів. *Підійомно-транспортна техніка*. 2008. № 4. С. 79–88.
5. Городецький О. С., Гензерський Ю. В. Різні підходи до розрахунку конструкцій на динамічні впливи. *Наука та будівництво*. 2019. № 3 (21). С. 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.112>
6. *ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування*. [Чинний від 01.01.2007]. Київ : Мінбуд. 2007. 60 с.

7. Зміна № 1 до ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрегіон розвитку та будівництва, 2007. 2 с.
8. Зміна № 2 до ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінрозвитку громад та територій, 2020. 10 с.
9. Пічугін С. Ф. Тенденції розвитку норм вітрового навантаження на будівельні конструкції. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. № 18. С. 98–116.
DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-12](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-12)
10. Пічугін С. Ф., Патенко Ю. Е. Вплив кранових навантажень на каркаси виробничих будівель. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2010. Вип. 5. С. 106–116.
11. Arnold R., Kraus M. On the nonstationary identification of climate-influenced loads for the semi-probabilistic approach using measured and projected data. *Cogent Engineering*. 2022. Vol. 9. P. 1–25.
DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2143061>
12. CEN (European Committee for Standardization). *EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures*. 2002.
URL: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-1-actions-structures>
13. Cheng K., Yao J., Lv G., Liu N., Zhang Y. Research on Reliability of Structural Members Subjected to Snow or Wind Load for Design Working Life of 100 Years in China. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. Iss. 3. P. 1921–1934. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031921>
14. Fanella D. A. *Rain, Snow, and Ice Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education, 2021. 176 p.
15. Fanella D. A. *Seismic Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education, 2022. 240 p.
16. Fanella D. A. *Structural Load Determination: 2018 and 2021 IBC and Asce/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education, 2021. 576 p.
17. Fanella D. A. *Wind Loads: Time Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education, 2020. 256 p.
18. Tiutkin O., Miroshnyk V., Radkevych A., Alkhdour A. Nonuniform Stress State of a Hoisting Shaft Lining as a Result of Disturbance of the Ground Freezing Technology. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 109. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900099>
19. Tiutkin O., Petrosian N., Radkevych A., Alkhdour A. Regularities of Stress State of Unsupported Working Occurring in a Layered Massif. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 109. P. 1–7.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900100>
20. Wu X., Cheng R., Liu G., Chan T. H. T. Indirectly measuring the displacements of tension structures under dominant design loads by exerting simple testing loads. *Engineering Structures*. 2021. Vol. 248. P. 11357. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113257>

D. O. BANNIKOV^{1*}, A. V. RADKEVYCH², S. M. KOSIACHEVSKA³

^{1*}Dep. «Construction Production and Geodesy», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (063) 400 43 07, e-mail d.o.bannikov@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-9019-9679

²Dep. «Construction Production and Geodesy», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 42, e-mail a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

³Dep. «Construction Production and Geodesy», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 855 00 93, e-mail s.m.kosiachevska@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-5539-2847

Changes to the Regulatory Definition of Climatic Loads and Impacts on Building Structures

Purpose. The main purpose of the publication is a qualitative and quantitative analysis of changes in climate loads associated with the introduction of the DBN V.1.2–2:2006 standard in the national regulatory framework, compared to the previous standard, as well as further changes to this standard. **Methodology.** To achieve this goal, both the standards for determining loads and impacts on building structures and the Amendments introduced, which provided for a number of innovations, were considered. The main emphasis is placed on the methodology for determining various types of climatic loads, including loads from the self-weight of soils, snow and wind loads, ice and wind loads, as well as the system for compiling combinations of these loads. The issue of terminology for the pro-

cess of determining loads is covered. **Findings.** Based on the comparative analysis, it has been established that the approach to load combinations proposed in the Amendments allows obtaining higher values than all previously used approaches. The methodology for determining the load from the self-weight of soils remained unchanged. The methodology for determining snow and wind loads has been fundamentally changed. The final values of the loads are 2.5–3 times higher than the values in the previous standard. This is most evident in Sumy and Chernihiv regions of Ukraine. The methodology for determining the ice and wind load was supplemented in terms of taking into account the wind pressure in the presence of ice deposits. At the same time, the correlation with wind pressure in the absence of ice deposits is not clear enough. **Originality.** Changes in the methodology for determining the main types of climatic loads on building structures for the conditions of Ukraine, in particular, loads from the self-weight of soils, snow and wind loads, ice and wind loads, as well as the system for compiling combinations of these loads, were qualitatively and quantitatively assessed. **Practical value.** The data obtained make it possible to determine the ways and directions for further improvement and refinement of the existing methods for calculating the main climatic loads for the conditions of Ukraine.

Keywords: DBN V.1.2–2:2006; climatic loads; building structure; snow load; wind load; ice and wind load; load combination

REFERENCES

- Bannikov, D. O., Nikiforova, N. A., & Kosiachevska, S. M. (2022). Modern state of classification of transport building structures in Ukraine. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 21, 35-43. DOI: <https://doi.org/10.15802/btrp2022/258221> (in Ukrainian)
- Bannikov, D. O. (2019). Accidents and failures of steel thin-walled cylindrical silos for grain cultures. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 15, 6-17. DOI: <https://doi.org/10.15802/btrp2019/172336> (in Ukrainian)
- Bannikov, D. O. (2009). Experimental studies of static behavior of granular media in the capacitive structure. *Science and Transport Progress*, 26, 103-111. <https://doi.org/10.15802/stp2009/14319> (in Ukrainian)
- Bannikov, D. O. (2008). Experimental studies of dynamic properties of steel container structures for bulk cargoes. *Hoisting and Conveying Equipment*, 4, 79-88. (in Ukrainian)
- Gorodetsky, A. S., & Genzersky, Y. V. (2019). Different approaches to dynamic analysis of structures. *Science & Construction*, 3(21), 35-41. DOI: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.112> (in Russian)
- Systema zabezpechennya nadiynosti ta bezpeky budivel'nykh ob'ektiv. Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya*, 60 DBN V.1.2-2:2006. (2007). (in Ukrainian)
- Systema zabezpechennya nadiynosti ta bezpeky budivel'nykh ob'ektiv. Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya*, 2 Zmina No. 1 do DBN V.1.2-2:2006. (2006). (in Ukrainian)
- Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya*, 10 Zmina No. 2 do DBN V.1.2-2:2006. (2020). (in Ukrainian)
- Pichugin, S. F. (2022). Trends of development of wind load codes for building structures. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 18, 98-116. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8\(18\)-12](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-8(18)-12) (in Ukrainian)
- Pichugin, S. F., & Patenko, Yu. E. (2022). The influence of crane loads on the frames of industrial buildings. *Collection of scientific works of the Ukrainian Research and Design Institute of Steel Structures named after V. M. Shymanovsky*, 5, 106-116. (in Ukrainian)
- Arnold, R., & Kraus, M. (2022). On the nonstationary identification of climate-influenced loads for the semi-probabilistic approach using measured and projected data. *Cogent Engineering*, 9, 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2143061> (in English)
- CEN (European Committee for Standardization). (2002). *EN 1991. Eurocode 1: Actions on structures*. Retrieved from <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-1-actions-structures> (in English)
- Cheng, K., Yao, J., Lv, G., Liu, N., & Zhang, Y. (2022). Research on Reliability of Structural Members Subjected to Snow or Wind Load for Design Working Life of 100 Years in China. *Sustainability*, 14(3), 1921-1934. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14031921> (in English)
- Fanella, D. A. (2021). *Rain, Snow, and Ice Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education. (in English)
- Fanella, D. A. (2022). *Seismic Loads: Time-Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education. (in English)
- Fanella, D. A. (2021). *Structural Load Determination: 2018 and 2021 IBC and Asce/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education. (in English)

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

17. Fanella, D. A. (2020). *Wind Loads: Time Saving Methods Using the 2018 IBC and ASCE/SEI 7-16*. McGraw-Hill Education. (in English)
18. Tiutkin, O., Miroshnyk, V., Radkevych A., & Alkhdour, A. (2019). Nonuniform Stress State of a Hoisting Shaft Lining as a Result of Disturbance of the Ground Freezing Technology. *E3S Web of Conferences*, 109, 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900099> (in English)
19. Tiutkin, O., Petrosian, N., Radkevych, A. & Alkhdour, A. (2019). Regularities of Stress State of Unsupported Working Occurring in a Layered Massif. *E3S Web of Conferences*, 109, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900100> (in English)
20. Wu, X., Cheng, R., Liu, G., & Chan, T. H. T. (2021). Indirectly measuring the displacements of tension structures under dominant design loads by exerting simple testing loads. *Engineering Structures*, 248, 11357. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113257> (in English)

Надійшла до редколегії: 13.11.2023

Прийнята до друку: 14.03.2024