

УДК 624.042.1

Районування характеристичних значень кліматичних навантажень на території України

Пашинський В. А., д-р техн. наук, **Філімоніхін Г. Б.**, д-р техн. наук,
Пашинський М. В.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

Анотація. Проаналізована територіальна мінливість та виконане районування території України за характеристичними значеннями чотирьох кліматичних навантажень на будівельні конструкції: ваги снігового покриву, ваги ожеледі, максимального тиску вітру, тиску вітру при ожеледі. Використані результати метеорологічних спостережень на 172 рівнинних метеостанціях України. За удосконаленою авторами методикою розроблені карти територіального районування, які є більш детальними і забезпечують більші запаси районування, ніж карти чинних ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Окрім розроблення карт, виконане адміністративно-територіальне районування України, яке полягає у встановленні характеристичних значень вказаних навантажень для кожної адміністративної області. Такий підхід забезпечує простоту та безпомилковість встановлення характеристичних значень кліматичних навантажень з точністю, близькою до точності карт ДБН В.1.2-2:2006. Результати роботи призначені як для безпосереднього використання при проектуванні несучих будівельних конструкцій, так і для упровадження в норми навантажень.

Ключові слова: кліматичні навантаження, характеристичні значення, територіальне районування.

Постановка проблеми. Кліматичні навантаження і впливи є одними з найбільш мінливих параметрів, що враховуються при проектуванні будівельних конструкцій. Світова практика нормування кліматичних навантажень базується на розробленні карт територіального районування, на яких територія країни розділяється на декілька районів з встановленими для них характеристичними значеннями навантаження. Районні значення встановлюються близькими до найбільших значень по території району, але при цьому їх використання не повинно призводити до надмірних запасів при визначенні навантажень. Окрім того, розроблені карти повинні бути досить детальними, але вільними від випадкових коливань даних окремих метеостанцій. Одним з недоліків картографічного районування є можливість помилок при встановленні навантажень поблизу меж територіальних районів. Це спонукає до розроблення більш простих і надійних способів територіального районування країни за характеристичними значеннями кліматичних навантажень і впливів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативні документи України [3, 8] та країн Європи [1] подають територіальну мінливість кліматичних навантажень у вигляді карт районування, за якими для місця

зведення будівельного об'єкта встановлюються характеристичні значення навантажень, після чого з урахуванням системи коефіцієнтів надійності обчислюються необхідні розрахункові значення. Включені до норм [3] карти територіального районування України розроблені за методикою [5], яка базується на згладжуванні даних довколишніх метеостанцій з метою нівелювання випадкових коливань наявних даних. При цьому міра згладжування обиралася шляхом візуального аналізу отриманих карт таким чином, щоб вони відображали характерні тенденції територіальних змін навантажень. В роботі [6] показано, що деякі карти ДБН [3] мають низьку забезпеченість територіального районування і тому можуть занижувати реальні навантаження на істотній частині території України. Окрім того, карти [3] є набагато більш «загладженими» порівняно з аналогічними картами європейських норм [1]. Альтернативою карт є запропоноване в роботах [4, 7] адміністративно-територіальне районування, при якому території кожної адміністративної області присвоюється єдине характеристичне значення навантаження.

Невирішеними залишаються такі питання: встановлення математично обґрунтованої міри згладжування та чітке управління запасами при розробленні карт територіального районування, розроблення більш детальних карт територіального районування України за характеристичними значеннями кліматичних навантажень та здійснення адміністративно-територіального районування України як альтернативи картографічному способу.

Мета роботи полягає в реалізації уточненого та спрощеного територіального районування України за характеристичними значеннями кліматичних навантажень, необхідними для розрахунків несучих будівельних конструкцій.

Вихідними даними для територіального районування кліматичних навантажень є характеристичні значення чотирьох навантажень, встановлені за результатами спостережень на 172 рівнинних метеостанцій України для прийнятого в [2] середнього періоду повторюваності 50 років. Використана база метеорологічних даних містить значення ваги снігового покриву на поверхні ґрунту, максимальний тиск вітру та тиск вітру при ожеледі, виражені в Паскалях, а також погонне значення ваги ожеледі на тонкому круглому елементі. На відміну від ДБН [3], аналізується не еквівалентна товщина стінки ожеледі, а вага ожеледі G_0 (Н/м) на одному метрі проводу діаметром 10 мм, оскільки саме ця величина безпосередньо вимірюється у процесі метеорологічних спостережень. Еквівалентну товщину стінки ожеледі досить точно можна визначити за формулою:

$$B_0 = 6,2\sqrt{G_0} - 5,4, \quad (1)$$

отриманою за даними відомчих норм «Правила улаштування електроустановок» [8], на карті районування яких для кожного територіального району вказані характеристичні значення ваги G_0 та товщини стінки ожеледі B_0 .

Окрім характеристичних значень навантажень, база даних містить інформацію про адміністративні області, до яких належать усі метеостанції, та координати метеостанцій в кілометрах відносно умовного початку координат поблизу центру території України. Ця інформація дозволяє здійснити картографічне та адміністративно-територіальне районування України за методикою, розробленою в [9].

Картографічне районування території України за характеристичними значеннями чотирьох кліматичних навантажень виконане за методикою, описаною в [7] та вдосконаленою авторами шляхом урахування запасів районування, пропорційних величині навантаження, та математично обгрунтованих інтервалів експоненціального згладжування: $a = 50$ км для ваги снігового покриву; $a = 20$ км для ваги ожеледі; $a = 30$ км для максимального тиску вітру; $a = 40$ км для тиску вітру при ожеледі. Ці інтервали згладжування встановлені на основі модифікованої процедури дисперсійного аналізу [9] таким чином, щоб забезпечити урахування максимально можливого обсягу метеорологічних даних без порушення їх однорідності.

При розробленні наведених нижче карт кроки градації районних значень навантажень в основному приймалися такими ж, як і на картах ДБН [3]. Забезпеченість районування встановлювалася такою, що дорівнює 0,95, при якій розроблені карти можуть занижувати реальні характеристичні значення кліматичних навантажень приблизно на 5 % території України. Такий рівень забезпеченості перевищує проаналізовану в [6] забезпеченість карт районування ДБН [3]. Фактично отримані рівні забезпеченості районування (частки метеостанцій, для яких фактичні характеристичні значення навантаження не перевищують встановлених картою районних значень) 0,94...0,95 практично не відрізняються від заданого.

Розроблені карти районування наведені на рисунках 1–4. Встановлені на картах районні значення ваги снігового покриву та тиску вітру виражені у Паскалях. У якості районних значень ожеледного навантаження вказана як товщина стінки ожеледі в міліметрах, так і вага ожеледі на одному погонному метрі елемента товщиною 10 мм у Н/м, яка безпосередньо вимірюється у процесі метеорологічних спостережень за допомогою ожеледного станка.

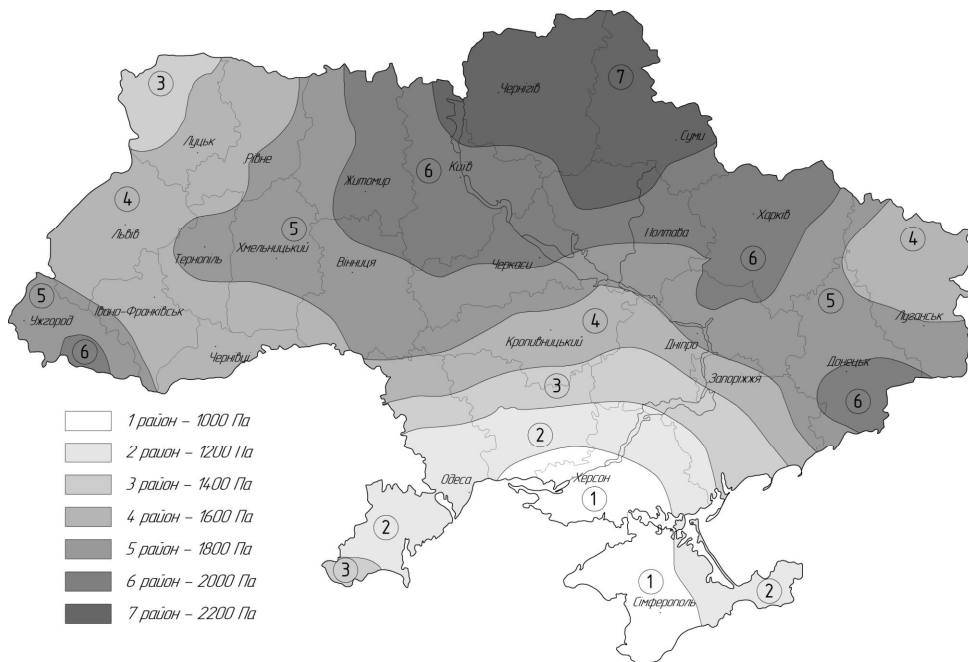


Рис. 1. Територіальне районування України за вагою снігового покриву

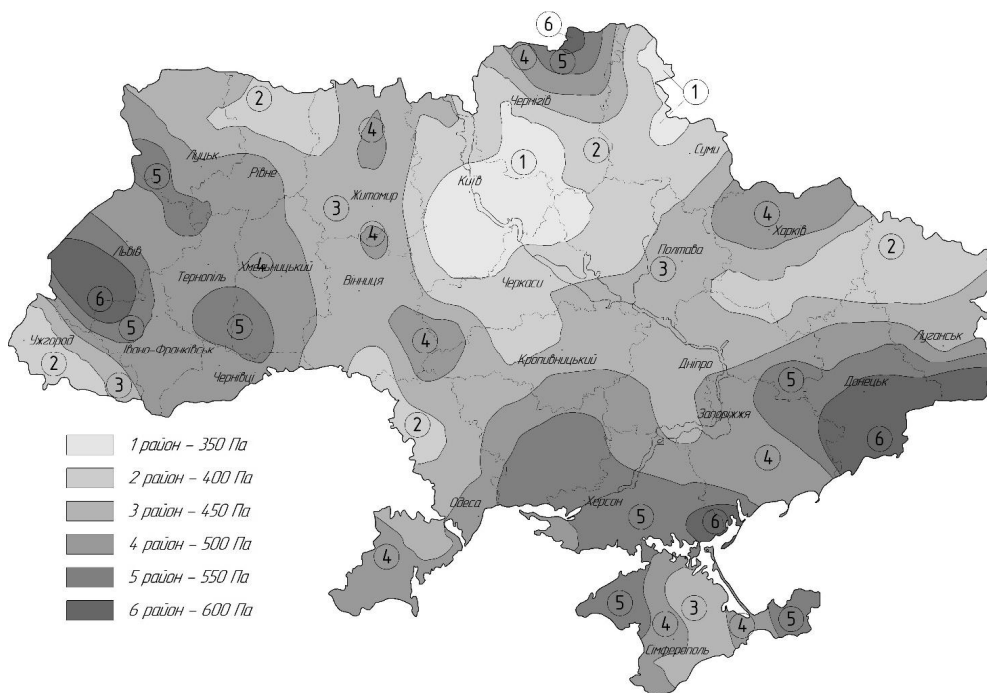


Рис. 2. Територіальне районування України за максимальним тиском вітру

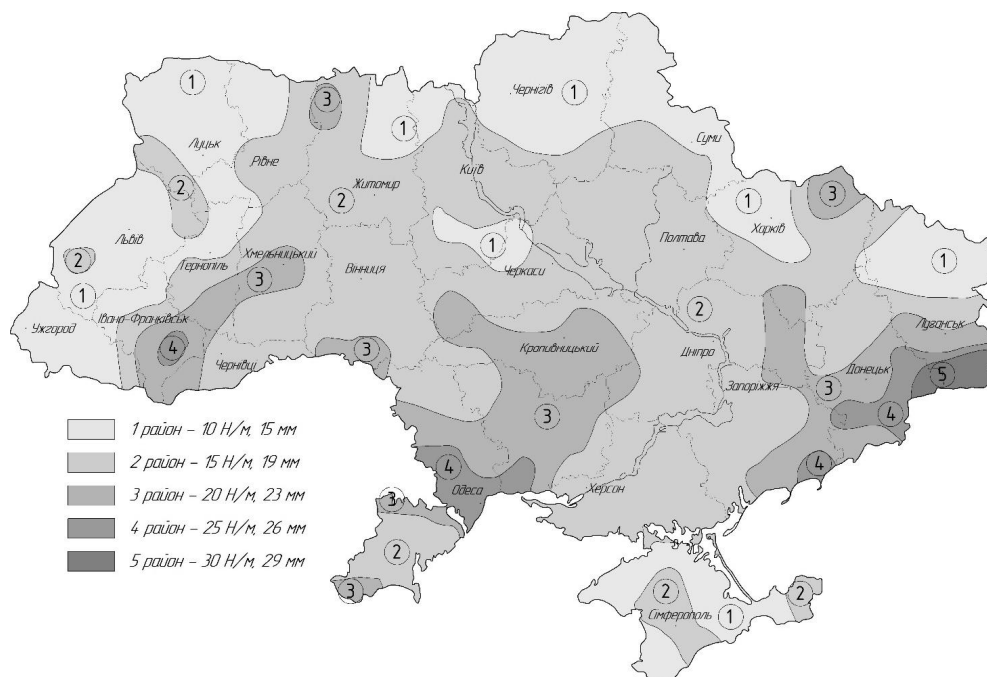


Рис. 3. Територіальне районування України за вагою ожеледі

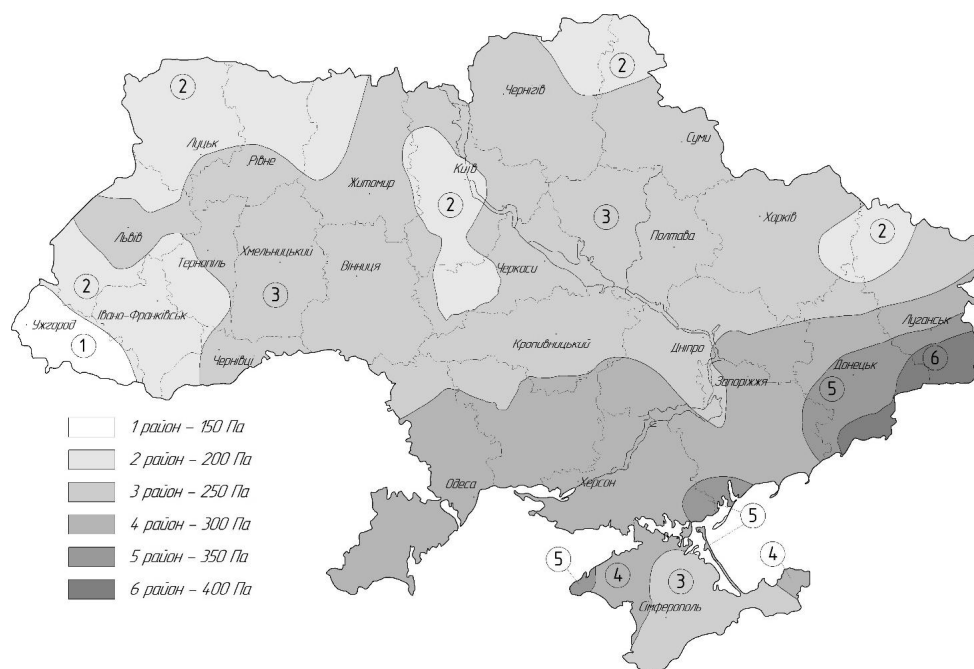


Рис. 4. Територіальне районування України за тиском вітру при ожеледі

Візуальне порівняння розроблених карт територіального районування з картами ДБН [3] вказує на загалом близький характер зміни навантажень по території України. Порівняно з відповідною картою ДБН [3], на карті з рисунка 1 збільшена кількість територіальних районів з 6 до 7 та підвищені характеристичні значення ваги снігового покриву за рахунок більш точного їх обчислення та поповнення бази кліматичних даних. Такий крок виправдано виявленою в роботі [6] недостатньою забезпеченістю районування снігового навантаження в ДБН [3]. На карті районування за максимальним тиском вітру (рисунок 2) виявлене істотне зростання вітрового навантаження в Чернігівській області, яке відсутнє на карті ДБН. Зображені на картах з рисунків 3 і 4 територіальні зміни ваги ожеледі та вітрового тиску при ожеледі є більш деталізованими, але загалом аналогічними карті ДБН. Загалом розроблені карти територіального районування є більш деталізованими та менш «загладженими», тобто краще відображають територіальну мінливість навантажень.

Адміністративно-територіальне районування є альтернативним способом подання територіальної мінливості кліматичних навантажень, який було обгрунтовано в роботах [4, 7]. Суть цього способу полягає у тому, що за даними метеостанцій, розміщених на території області, встановлюється обласне характеристичне значення як найбільше із заданою забезпеченістю. Отримані таким чином із забезпеченістю 0,95 обласні характеристичні значення чотирьох кліматичних навантажень наведені в таблиці 1, даними якої можна керуватися при визначенні кліматичних навантажень на усій території певної області.

Територіальна мінливість обласних характеристичних значень проілюстрована схематичними картами з рисунка 5, які збудовані за даними таблиці 1. Попри чисельні відмінності, загальний характер змін характеристичних значень усіх навантажень по території України близький до карт територіального районування з рисунків 1–4 та до карт ДБН [3].

Перевагами адміністративно-територіального районування є простота й надійність цього способу. Замість чотирьох карт районування (рисунки 1–4) до норм навантажень достатньо включити одну таблицю, за якою однозначно й безпомилково встановлюються характеристичні значення усіх кліматичних навантажень залежно від адміністративної області, на території якої розміщено будівельний об'єкт.

Таблиця 1

**Характеристичні значення кліматичних навантажень
для областей України**

Області України	Характеристичні значення навантажень			
	S_0	W_0	G_0	W_{0G}
АР Крим	1110	610	13	330
Вінниця	1990	500	18	240
Волинська	1490	530	12	190
Дніпропетровська	1880	530	19	280
Донецька	2050	640	34	390
Житомирська	1990	490	17	230
Закарпатська	2200	360	7	160
Запорізька	1320	640	27	410
Івано-Франківська	1350	430	33	150
Київська	1860	370	16	220
Кіровоградська	1420	510	28	260
Луганська	1530	620	43	510
Львівська	1710	670	13	240
Миколаївська	1410	620	25	300
Одеська	1380	470	28	260
Полтавська	2150	420	16	250
Рівненська	1690	580	13	220
Сумська	2320	380	15	230
Тернопільська	2020	560	18	260
Харківська	2170	550	19	250
Херсонська	1150	640	18	320
Хмельницька	1600	510	18	230
Черкаська	2000	470	19	210
Чернівецька	1350	450	14	250
Чернігівська	2150	560	10	240



Рис. 5. Характеристичні значення кліматичних навантажень для областей України

Порівняльний аналіз розроблених схем територіального районування кліматичних навантажень між собою та з ДБН В.1.2-2:2006 виконано за такими показниками:

- забезпеченість районування, що дорівнює частці метеостанцій, для яких фактичні характеристичні значення навантаження не перевищують встановлених районних значень;
- середній запас районування, що дорівнює математичному сподіванню відсотків відхилень районних значень від характеристичних значень навантажень для окремих метеостанцій;
- стандарт запасу районування, який згідно з пропозицією роботи [6] характеризує точність карт районування, тобто розкид відсоткових відхилень районних значень від фактичних характеристичних значень навантажень для окремих метеостанцій;
- найменші та найбільші по території районні характеристичні значення навантажень;
- середньозважене по території характеристичне значення навантаження, обчислене з урахуванням площ територіальних районів та встановлених на карті районних значень.

Перелічені показники визначені шляхом аналізу карт районування з рисунків 1–4, даних таблиці 1, а також карт ДБН В.1.2-2:2006. Для кожної з 172 врахованих метеостанцій визначені районні (обласні) характеристичні значення за ДБН, картами 1–4 і таблицею 1, після чого обчислені їх відхилення у відсотках від фактичних даних цих метеостанцій. Статистична обробка вибірок відхилень дозволила отримати вказані показники запасів і точності районування, які наведені в таблиці 2.

Аналіз таблиці 2 дозволяє охарактеризувати якість виконаного територіального районування України за характеристичними значеннями кліматичних навантажень у порівнянні з чинними ДБН В.1.2-2:2006. Середні відносні відхилення, що відображають середні запаси районування, за картами 1–4 є дещо меншими, а за таблицею 1 – більшими від запасів карт ДБН (за винятком снігового навантаження, районування якого в ДБН виконане з недостатнім рівнем забезпеченості). Стандарти відносних відхилень, які характеризують розкид фактичних даних відносно встановлених районних значень, при обох способах районування отримані меншими, ніж дають карти ДБН, що вказує на цілком прийнятну точність виконаного районування. Діапазони зміни районних (за картами 1–4) та обласних (таблиця 1) характеристичних значень ваги снігового покриву та вітрового тиску розширилися порівняно з картами ДБН В.1.2-2:2006, а для ваги ожеледі – звузилися. Порівняно з картами ДБН, середньозважені по території України характеристичні значення навантажень при картографічному районуванні зросли в межах 18 %, а при адміністративно-

територіальному – до 25 %. Це зростання є очевидним наслідком заданої при розробленні карт 1–4 і таблиці 1 вищої забезпеченості районування 0,95 порівняно із забезпеченістю карт ДБН В.1.2-2:2006 в межах 0,7...0,91. Запропоноване збільшення характеристичних значень кліматичних навантажень обумовить зростання рівня надійності несучих конструкцій та зменшення економічних збитків і соціальних втрат від їх імовірних відмов.

Таблиця 2

Характеристики запасів і точності територіального районування України

Показники запасів і точності територіального районування	Метод нормування	Вага снігу, Па	Максим. тиск вітру, Па	Вага ожеледі, Н/м	Тиск при вітру при ожеледі, Па
Забезпеченість районування	ДБН В.1.2-2	0,70	0,83	0,87	0,91
	карти 1–4	0,94	0,94	0,95	0,94
	таблиця 1	0,94	0,95	0,91	0,95
Середнє відносне відхилення M_{Δ} , %	ДБН В.1.2-2	5,3	17,4	29,3	23,7
	карти 1–4	21,7	15,3	26,1	22,8
	таблиця 1	23,6	23,9	37,7	25,4
Стандарт відносних відхилень S_{Δ} , %	ДБН В.1.2-2	17,4	16,9	23,8	17,9
	карти 1–4	12,8	11,3	17,3	15,2
	таблиця 1	15,2	15,5	22,0	14,1
Найменші районні значення	ДБН В.1.2-2	800	400	8	150
	карти 1–4	1000	350	10	150
	таблиця 1	1110	360	7	150
Найбільші районні значення	ДБН В.1.2-2	1800	600	40	400
	карти 1–4	2200	600	30	400
	таблиця 1	2320	670	43	510
Середньозважене навантаження	ДБН В.1.2-2	1425	425	17,0	228
	карти 1–4	1687	468	14,8	254
	таблиця 1	1745	530	19,6	273

Висновки за результатами досліджень

1. Розроблені методики дозволили успішно виконати картографічне та адміністративно-територіальне районування території України за характеристичними значеннями кліматичних навантажень, які нормуються ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи».

2. Для практичного використання при проектуванні несучих будівельних конструкцій та для упровадження в норми кліматичних навантажень можна рекомендувати як розроблені карти територіального районування, так і таблицю обласних характеристичних значень.

3. Перевагами розроблених карт є більша деталізація та вища забезпеченість районування порівняно з картами ДБН В.1.2-2:2006, яка обумовить підвищення рівня надійності несучих будівельних конструкцій.

4. Упровадження адміністративно-територіального районування призведе до спрощення структури норм навантажень, підвищить запаси територіального районування та забезпечить більш зручну й надійну процедуру визначення кліматичних навантажень для району розміщення будівельного об'єкта.

Література

- [1] Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-3: General actions – Snow loads : EN 1991-1-3:2003. – Brussels : CEN-CENELEC Management Centre, 2004. – 56 р. – (European Standard).
- [2] Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14-2009. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [3] Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – Офіц. вид. – К. : Мінбуд України, 2006. – 59 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [4] Пашинський В. А. Способи територіального районування кліматичних навантажень / В. А. Пашинський, В. В. Пашинський, М. В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2016. – Випуск 64. – С. 103–109.
- [5] Пашинський В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К. : УкрНДІпроектстальконструкція, 1999. – 195 с.
- [6] Пашинський М. В. Запаси територіального районування кліматичних навантажень в ДБН В.1.2-2:2006 / М. В. Пашинський // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : збірник наукових праць. – Луцьк, 2017. – Випуск 8. – С. 202–209.
- [7] Пашинський В. А. Методика адміністративно-територіального районування кліматичних навантажень на будівельні конструкції / В. А. Пашинський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : збірник наукових праць. – Рівне, 2016. – Випуск 32. – С. 387–393.
- [8] Правила улаштування електроустановок. Розділ 2. Передавання електроенергії. Глава 2.4. Повітряні лінії електропередавання напругою до

- 1 кВ. Глава 2.5. Повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ : ПУЕ:2006. Розділ 2. – К. : ОЕП „ГРІФРЕ”, 2006. – 190 с.
- [9] Філімоніхін Г. Б. Визначення кліматичних навантажень за метеоданими при перевірочних розрахунках несучих конструкцій. / Г. Б. Філімоніхін, М. В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – Випуск 68. – С. 59–63.
- [10] Krzysztof Kuchta. Zum Einfluß der Interaktion von Biegemoment und Querkraft auf das Tragverhalten von Wellstegtragern // Stahlbau. – 2006. – №7. – S. 573–578.

Районирование характеристических значений климатических нагрузок на территории Украины

Пашинский В. А., д-р техн. наук, **Филимонихин Г. Б.**, д-р техн. наук,
Пашинский Н. В.

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

Аннотация. Проанализирована территориальная изменчивость и выполнено районирование территории Украины по характеристическим значениям четырех климатических нагрузок на строительные конструкции: вес снежного покрова, вес гололеда, максимальное давление ветра, давление ветра при гололеде. Используются результаты метеорологических наблюдений на 172 равнинных метеостанциях Украины. По усовершенствованной авторами методике разработаны карты территориального районирования, которые являются более подробными и обеспечивают большие запасы районирования, чем карты действующих ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия». Кроме разработки карт, выполнено административно-территориальное районирование Украины, которое заключается в определении характеристических значений указанных нагрузок для каждой административной области. Такой подход обеспечивает простоту и безошибочность определения характеристических значений климатических нагрузок с точностью, близкой к точности карт ДБН В.1.2-2:2006. Результаты работы предназначены как для непосредственного использования при проектировании несущих строительных конструкций, так и для внедрения в нормы нагрузок.

Ключевые слова: климатические нагрузки, характеристические значения, территориальное районирование.

Zoning of characteristic values of climatic loads on the territory of Ukraine

V. Pashynskiy, Dr. Sc. (Eng.), **G. Filimonikhin**, Dr. Sc. (Eng.), **M. Pashynskiy**

Central Ukrainian National Technical University, Ukraine

Abstract. Territorial variability is analyzed and territorial zoning of Ukraine is performed by characteristic values of four climatic loads for building structures: snow weight, ice weight, maximum wind pressure, wind pressure during icing. The results of meteorological observations at 172 flat-country weather stations in Ukraine are used. Based on improved method elaborated by the authors maps of territorial zoning are developed, which are more detailed and provide greater zoning reserves than the maps of the current regulations

DBN V.1.2-2: 2006 "Loads and influences". Besides maps development, the administrative-territorial zoning of Ukraine was performed, which consists in determining characteristic values of these loads for each administrative area. This approach ensures simplicity and accuracy of determining characteristic values of climatic loads with a precision close to the DBN B.1.2-2: 2006 maps. The results of the work are intended both for use during design of load-bearing building structures, and for implementation of load values in standards.

Keywords: climatic loads, characteristic values, territorial zoning

Надійшла до редколегії 28.12.2017 р.