

В.А. Пашинський, проф., д-р техн. наук, **М.В. Пашинський**, канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: pva.kntu@gmail.com

Методика визначення кліматичних навантажень за даними регіональної мережі метеостанцій

Методика визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції за даними локальної мережі метеостанцій удосконалена шляхом уведення запасів, що враховують випадковий розкид даних найближчих метеостанцій. Визначені доцільні розміри локальної мережі метеостанцій. Обґрунтована можливість відображення територіальної мінливості характеристичних значень снігового та вітрового навантаження рівняннями площини, єдиними для усієї території області. У якості прикладу отримані такі рівняння для п'яти областей України.

кліматичні навантаження, метеорологічні дані, територіальні зміни

Постановка проблеми. При проектуванні несучих будівельних конструкцій враховуються навантаження від снігу, вітру, ожеледі, а також вплив температури повітря. Характеристичні значення цих навантажень встановлені за результатами спостережень на метеостанціях та представлені в ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи" у вигляді карт територіального районування. Для деяких територій ці карти створюють значні запаси, а в окремих випадках занижують характеристичні значення навантажень. З метою уточнення навантажень, особливо при розрахунках конструкцій, що перебувають в експлуатації, підлягають відновленню чи ремонту, доцільно визначати характеристичні значення кліматичних навантажень за даними метеостанцій, розташованих поблизу від будівельного об'єкта.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі способи територіального районування, а також визначення розрахункових параметрів навантажень і впливів в заданій географічній (проектній) точці за даними найближчих метеостанцій проаналізовані в роботах [1...4]. Показано, що використання даних однієї метеостанції, розміщеної поблизу проектною точки, дає значні випадкові похибки. Проаналізований в [5] метод площинної інтерполяції дає значний розкид результатів унаслідок суб'єктивного вибору інтерполяційного трикутника. Використання дисперсійного аналізу для прийняття рішення щодо можливості об'єднання даних декількох найближчих метеостанцій вимагає наявності вибірок даних або їх статистичних характеристик, що не завжди можливо. Проаналізований в [2, 8] метод згладжування характеристичних значень навантаження з експоненціальною ваговою функцією, яка зменшує значимість метеостанцій по мірі віддалення від проектною точки, дає достатньо точні та стійкі результати. Його недоліком є необхідність виконання досить громіздких обчислень для кожної нової проектною точки.

Метод площинної апроксимації, запропонований в [6], базується на наближеному відображенні територіальних змін розрахункового параметра в околі проектною точки рівнянням площини. Ця площина проводиться методом найменших квадратів з урахуванням даних усіх метеостанцій, достатньо близьких до проектною точки. У статті [7] виявлена можливість використання однієї апроксимуючої площини для визначення розрахункових параметрів температури повітря для усієї території

Кіровоградської області. Такий підхід істотно спрощує проєктні розрахунки, оскільки коефіцієнти апроксимуючої формули визначаються один раз, а необхідні кліматичні параметри для довільної точки області обчислюються за вже відомим рівнянням площини з наперед визначеними коефіцієнтами. Актуальними залишаються питання методики формування локальної мережі метеостанцій, забезпечення необхідних запасів та аналізу точності визначення навантажень за єдиним для усієї території області рівнянням площини.

Постановка завдання. Мета роботи полягає в адаптації методу площинної апроксимації для визначення характеристичних значень ваги снігового покриву та вітрового тиску в проєктній точці за даними локальної мережі метеостанцій. При цьому необхідно розробити спосіб забезпечення заданих запасів визначення характеристичних значень, а також проаналізувати можливість використання єдиного рівняння площини для усієї території кожної з адміністративних областей України.

Виклад основного матеріалу. Початкові дані для дослідження запозичені з роботи [8], де вони використовувалися для територіального районування України за характеристичними значеннями снігового та вітрового навантаження. Метеорологічна мережа охоплює метеостанції, розміщені на висоті до 340 м над рівнем моря. Для кожної з 172 рівнинних метеостанцій наявні характеристичні значення ваги снігового покриву S_0 та вітрового тиску W_0 , що відповідають періоду повторюваності 50 років.

Суть запропонованого в [6] методу площинної апроксимації полягає в тому, що тенденція територіальних змін навантаження наближено описується площиною, побудованою методом найменших квадратів за даними метеостанцій, розміщених поблизу проєктної точки. Характеристичне значення S_0 чи W_0 для обраної проєктної точки обчислюються з рівняння апроксимуючої площини, яка відображає зміни навантаження в околі проєктної точки. В роботах [5, 6, 7] це рівняння представлене в узагальненому вигляді

$$Z = A + B \cdot X + C \cdot Y, \quad (1)$$

де X , Y – географічні координати проєктної точки чи метеостанції (східна довгота й північна широта в градусах);

A , B , C – коефіцієнти, визначені методом найменших квадратів.

Визначення коефіцієнтів A , B , C реалізоване в середовищі Microsoft Excel з використанням функції "Пошук рішення". У якості цільової функції використовується сума квадратів відхилень характеристичних значень для усіх метеостанцій, включених до локальної мережі, від апроксимуючої площини (1). Розроблений розрахунковий бланк містить базу даних з обраного навантаження для усіх 172 рівнинних метеостанцій України, засоби для формування локальної мережі метеостанцій в околі обраної проєктної точки та формули для обчислення характеристичного значення навантаження в проєктній точці за результуючим рівнянням (1).

На результат визначення характеристичних значень навантаження в заданій проєктній точці істотно впливає розмір локальної мережі метеостанцій. Очевидно, що збільшення радіуса охоплення метеостанцій підвищує достовірність результату площинної апроксимації за рахунок зростання обсягу врахованих метеорологічних даних. З іншого боку, на території значного розміру тенденція територіальних змін навантаження може істотно відхилитися від площини, що призведе до зростання похибок при використанні рівняння (1).

Раціональний розмір локальної мережі метеостанцій для обчислення характеристичних значень снігового й вітрового навантаження встановлено таким же чином, як і при дослідженні параметрів температури повітря в роботі [7]. Для аналізу

обрані три проєктні точки з різних географічних зон України, а саме: Лубни Полтавської області, Нижні Сірогози Херсонської області та Ямпіль Хмельницької області. Для кожного з цих міст виконані обчислення характеристичних значень снігового та вітрового навантаження методом площинної апроксимації при значеннях радіуса зони локальної мережі: 50, 75, 100, 150, 200 км. Зростання кількості врахованих метеостанцій при збільшенні радіуса зони локальної мережі відображене в таблиці 1. В таблиці відсутні характеристичні значення навантажень та показники точності їх визначення для проєктної точки Нижні Сірогози при радіусі зони локальної мережі 50 км, бо в таку зону потрапили лише дві метеостанції, за даними яких неможливо провести апроксимуючу площину.

Таблиця 1 – Зведені результати розрахунків з визначення снігового навантаження

Навантаження	Радіус локальної мережі, км	Кількість врахованих метеостанцій			Характеристичні значення, Па			Показники точності		
		Ямпіль	Лубни	Нижні Сірогози	Ямпіль	Лубни	Нижні Сірогози	Ямпіль	Лубни	Сірогози
Снігове	50	3	3	2	1236	2125		6,18	0,02	
	75	4	7	3	1272	1741	865	14,47	9,10	0,00
	100	10	9	8	1357	1694	812	15,18	13,08	12,07
	150	17	22	21	1328	1593	840	12,83	15,09	15,93
	200	31	36	31	1290	1593	851	14,34	12,75	17,69
Вітрове	50	3	3	2	418	312		2,74	4,33	
	75	4	7	3	418	314	517	2,38	11,11	15,17
	100	10	9	8	425	311	429	9,45	10,03	18,74
	150	17	22	21	412	323	405	13,26	14,99	16,93
	200	31	36	31	397	324	407	14,30	16,66	18,62

Джерело: розроблено авторами

За даними таблиці 1 на рисунку 1 побудовані залежності характеристичних значень снігового й вітрового навантажень від радіуса зони локальної мережі метеостанцій. При малих розмірах локальної мережі метеостанцій характеристичні значення можуть бути достатньо випадковими, а при радіусі зони локальної мережі у 100...150 км вони явно стабілізуються.

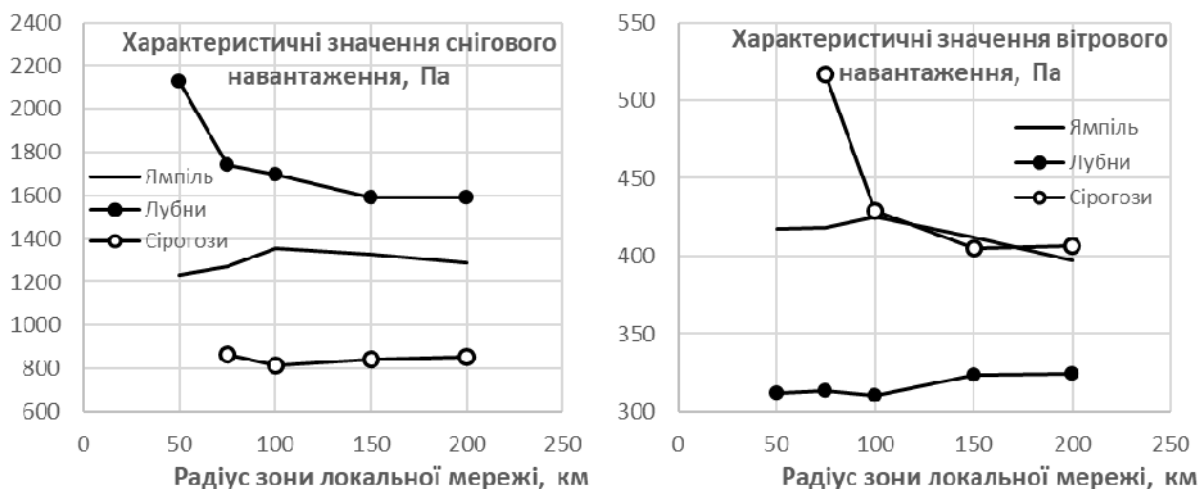


Рисунок 1 – Залежності характеристичних значень кліматичних навантажень від радіуса зони локальної мережі метеостанцій

Джерело: розроблено авторами

Узагальненим показником точності площинної апроксимації є стандарти відсотків відхилень характеристичних значень навантажень, обчислених за формулою (1), від фактичних даних для кожної метеостанції з локальної мережі. З таблиці 1 видно, що при малих розмірах локальної мережі похибки апроксимації є незначними і навіть можуть бути нульовими у випадку використання лише трьох метеостанцій, коли площина (1) проходить точно за наявними даними. З ростом локальної мережі відхилення фактичних даних від апроксимуючої площини (1) істотно зростають. При радіусі зони локальної мережі 100...150 км стандарти похибок апроксимації практично стабілізуються на рівні 13...19%.

Проведений аналіз дозволяє за наявною мережею із 172 метеостанцій України для визначення характеристичних значень снігового та вітрового навантаження рекомендувати використання локальних мереж метеостанцій, розміщених у зоні з радіусом 100...150 км довкола проектної точки. В роботі [7], де аналогічним способом досліджувалися параметри температури повітря, рекомендовано формувати локальні мережі з метеостанцій, розміщених в радіусі 200...250 км від проектної точки. Таку відмінність можна пояснити різною щільністю базової мережі метеостанцій. У нашому дослідженні використано дані 172 метеостанцій на території України, а в роботі [7] – 57 метеостанцій, дані для яких наявні в стандарті з будівельної кліматології [9]. Зменшення радіуса зони локальної мережі в 1,7...2,0 рази зменшує охоплену площу в 3...4 рази, що приблизно відповідає відношенню загальної кількості метеостанцій $172 / 57 = 3,0$. Отже, вирішальним фактором для вибору розміру локальної мережі метеостанцій можна вважати кількість врахованих метеостанцій.

Описана вище процедура площинної апроксимації реалізує метод найменших квадратів, а тому приблизно для половини метеостанцій результати площинної апроксимації (1) забезпечують запас надійності, а для іншої половини ці результати є меншими від фактичних даних метеостанцій. Карти територіального районування в нормах [10] розробленні таким чином, щоб районні характеристичні значення навантажень перевищували фактичні дані переважної більшості метеостанцій. В [11] показано, що забезпеченість територіального районування кліматичних навантажень в ДБН [10] (частка метеостанцій, для яких районні характеристичні значення перевищують фактичні дані) складає 0,7...0,9. Отже, районні значення кліматичних навантажень встановлені в запас надійності для 70...90% метеостанцій.

Для забезпечення аналогічних запасів при використанні методу площинної апроксимації слід урахувати випадковий розкид даних окремих метеостанцій відносно апроксимуючої площини. Апроксимуючу площину (1) потрібно підняти на величину імовірного перевищення осередненого навантаження, що дає наступну залежність:

$$Z = A + B \cdot X + C \cdot Y + t_{\beta} \cdot S_B, \quad (2)$$

де t_{β} – аргумент функції нормального розподілу, що відповідає заданій забезпеченості β результату визначення навантаження (зокрема, при $\beta = 0,9$ $t_{\beta} = 1,28$);

S_B – стандарт вибірки відхилень фактичних даних метеостанцій від площини (1), який можна отримати через цільову функцію апроксимації, рівну сумі квадратів відхилень фактичних даних від апроксимуючої площини (1).

В середовищі Microsoft Excel розроблено розрахунковий бланк для визначення характеристичних значень снігового та вітрового навантажень (ваги снігового покриву та максимального тиску вітру) в довільній географічній точці України за наявними даними для 172 рівнинних метеостанцій. Для цього необхідно задати географічні координати (східну довготу та північну широту в градусах) проектної точки, сформувати локальну мережу метеостанцій та виконати обчислення коефіцієнтів рівняння апроксимуючої площини (2) з використанням функції "Пошук рішення".

Розроблена методика використана для отримання рівнянь типу (2), які описують територіальну мінливість характеристичних значень ваги снігового покриву та максимального тиску вітру на території п'яти адміністративних областей України. З метою отримання рівнянь, які описують зміни снігового та вітрового навантаження по усій території області, проектні точки вибрані приблизно в центрах цих областей. Радіус зони локальної мережі, рівний 150 км, дозволив повністю охопити території кожної з областей та додатково врахувати дані найближчих метеостанцій. Наведені в таблиці 2 результати виконаних обчислень для кожної з областей містять: кількість метеостанцій N в локальній мережі, коефіцієнти A , B , C формул (1) і (2) та стандарти S_B відхилень характеристичних значень від апроксимуючої площини (1). В останніх стовпцях таблиці наведені показники запасів та точності формули (2): середній відсоток запасу M_{Δ} , стандарт відсотків відхилень фактичних значень від площини (1), який характеризує імовірні похибки визначення характеристичних значень, а також фактична забезпеченість β прогнозних значень за формулою (2). Показники точності визначені відносно формули (2) при заданій забезпеченості районування $\beta = 0,9$.

Таблиця 2 – Результати площинної апроксимації характеристичних значень ваги снігового покриву та вітрового тиску

Навантаження	Області України	N	Коефіцієнти формули (2)				Показники запасу, %		
			A	B	C	S_B	M_{Δ}	S_{Δ}	β
Снігове	Волинська	11	0,2	139,4	-45,5	170,9	20,8	16,4	0,909
	Запорізька	15	0,0	126,2	-70,9	300,9	43,8	39,8	0,867
	Кіровоградська	20	-7063,3	-109,5	244,6	138,9	16,3	16,1	0,950
	Одеська	13	-0,3	-210,6	156,2	195,6	29,7	24,8	0,864
	Сумська	14	-0,3	-49,8	68,0	245,0	19,8	16,2	0,857
Вітрове	Волинська	11	0,0	-1,4	8,9	80,3	28,9	26,3	0,818
	Запорізька	15	-734,0	11,3	16,7	102,8	35,4	28,6	0,933
	Кіровоградська	20	2271,7	-0,2	-38,8	61,4	23,1	21,2	0,950
	Одеська	13	0,6	57,8	-28,2	59,2	21,5	18,2	0,864
	Сумська	14	0,6	-8,0	12,5	77,9	32,9	27,9	0,929

Джерело: розроблено авторами

З таблиці 2 видно, що середні запаси формули (2) в усіх випадках перевищують запаси карт територіального районування ДБН [10], які за даними [11] складають $M_{\Delta} = 5,3\%$ для ваги снігового покриву та $M_{\Delta} = 17,4\%$ для вітрового тиску. Фактично отримані рівні забезпеченості формули (2) $\beta = 0,857...0,950$ близькі до заданого значення $\beta = 0,9$. Детальний аналіз результатів розрахунків показав, що формула (2) з коефіцієнтами з таблиці 2 може занижувати характеристичні значення навантажень для окремих метеостанцій в межах 10%.

Наведені в таблиці 2 стандарти S_{Δ} відсотків відхилень фактичних даних від апроксимуючої площини вказують на можливий розкид даних та імовірні запаси формули (2). В роботі [8] показано, що для карти територіального районування ДБН [7] за вагою снігового покриву цей показник дорівнює $S_{\Delta} = 17,4\%$, а для карти районування за максимальним тиском вітру $S_{\Delta} = 16,9\%$. З таблиці 2 видно, що отримані стандарти S_{Δ} в основному перевищують відповідні показники для карт ДБН [7]. Для снігового навантаження таке перевищення спостерігається в Запорізькій та в Одеській області, а для вітрового тиску – в усіх п'яти розглянутих областях України.

З метою зменшення розкиду даних та імовірних запасів зроблена спроба розділити територію Запорізької області на дві зони з різними географічними умовами. До південної приморської зони віднесені адміністративні райони: Веселівський, Мелітопольський, Якимівський, Приазовський, Приморський та Бердянський. Проектна точка для визначення коефіцієнтів формул (1) і (2) обрана поблизу с. Новоспаське. До північної зони віднесені усі інші 14 районів з проектною точкою поблизу с. Омельник. Радіус зони локальної мережі зменшено до 100 км. Результати виконаних обчислень наведені в таблиці 3, структура якої аналогічна таблиці 2.

Таблиця 3 – Результати площинної апроксимації характеристичних значень ваги снігового покриву та вітрового тиску в районах Запорізької області

Навантаження	Райони області	N	Коефіцієнти формули (2)				Показники запасу, %		
			A	B	C	S_B	M_{Δ}	S_{Δ}	β
Снігове	Північні	9	-0,3	-95,6	97,6	185,3	22,2	21,4	1,000
	Приморські	8	0,0	86,1	-43,3	145,9	20,1	18,2	0,875
Вітрове	Північні	9	0,6	113,2	-74,9	81,1	26,7	22,5	0,889
	Приморські	8	-9418,6	83,5	146,3	71,7	24,5	23,5	1,000

Джерело: розроблено авторами

Дані таблиці 3 вказують на істотне зростання точності апроксимації в результаті розділення території Запорізької області на дві зони. Стандарти відсотків відхилень S_{Δ} дещо перевищують відповідні значення для карт районування ДБН [7], але стали явно меншими від значень з таблиці 2. Це вказує на можливість уточнення результатів площинної апроксимації за рахунок поділу територій адміністративних областей на зони з різними кліматичними умовами. З таблиці 2 видно, що такий поділ є найбільш актуальним для Запорізької та Одеської областей, на клімат південних частин яких впливає близькість моря.

Висновки:

1. Характеристичні значення кліматичних навантажень в заданій географічній точці можна обчислювати за рівнянням площини, яке встановлюється методом найменших квадратів за даними локальної мережі метеостанцій регіону та відображає тенденцію територіальних змін навантаження в околі обраної проектної точки. Розроблена методика дозволяє визначати характеристичні значення в запас надійності з заданою забезпеченістю.

2. Вирішальним фактором для вибору радіусу зони локальної мережі метеостанцій є кількість врахованих метеостанцій. Для використаної в дослідженні метеорологічної мережі із 172 метеостанцій на території України рекомендується формувати локальну мережу в радіусі 100...150 км від проектної точки.

3. На прикладі п'яти адміністративних областей з різних географічних зон України підтверджена можливість отримання розрахункових формул, які дозволяють визначати характеристичні значення навантажень для усієї території області. Зменшенню імовірних похибок визначення характеристичних значень навантажень сприяє поділ території області на частини з істотно різними кліматичними умовами.

4. За розробленою методикою можна встановити залежності для визначення характеристичних значень кліматичних навантажень і впливів для територій усіх адміністративних областей України.

Список літератури

1. Regionalization of the climatic areas of Qazvin Province using multivariate statistical methods / Fatemeh Shahriar, Majid Montazeri, Mehdi Momeni, Alireza Freidooni . *Modern Applied Science* . 2015. Vol. 9, No 2. P. 123-138. URL : <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/44144> (дата звернення: 07.03.2023)
2. Analysis of Methods for Determining Climate Loads at a Specified Territory Point by Meteorological Data / Željko Kos*, Viktor Pashynskiy, Yevhenii Klymenko, Mykola Pashynskiy . *Tehnički glasnik (Technical Journal)*. Vol. 14, No. 2, June 2020. P. 206-211. <https://doi.org/10.31803/tg-20191125075805>
3. Pashynskiy V.A., Pashynskiy M.V., Grynyova I.I. Zoning of characteristic values of climatic loads by the territory of Ukraine. International Itinerant Exhibition “RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING EXCO’21”. Pp. 195-196
4. Пашинський М., Пашинський В. До вибору способу територіального районування кліматичних навантажень на будівельні конструкції . *Комплексні композитні конструкції будівель та споруд в умовах воєнного стану (CSCS-2022)* : зб. наук. пр. за матеріалами XIV Міжнар. наук.-техн. конф. Полтава: НУПП ім. Юрія Кондратюка, 2022. С. 90–92. URL : https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/mtk-cscs/zbirnik_tez_konf_XIV_CSCS-2022.pdf (дата звернення: 12.03.2023)
5. Пашинський М.В. Точність визначення кліматичних навантажень в заданій точці території методом інтерполяції за даними суміжних метеостанцій . *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури (ОДАБА)*. 2016. Вип. 61. С. 303-308.
6. Пашинський В.А., Карпушин С.О., Пашинський М.В. Методика визначення кліматичних навантажень в заданій географічній точці . *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури (ОДАБА)*. 2018. Вип. № 71. С. 68-72.
7. Семко В.О., Пашинський В.А., Джирма С.О., Пашинський М.В. Температурний режим експлуатації будівель на території Кіровоградської області . *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2019. Вип. 1(32). С. 235-243.
8. Пашинський В.А., Філімоніхін Г.Б., Пашинський М.В. Районування характеристичних значень кліматичних навантажень на території України. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2018. Вип. 19. С. 88-100.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К. : Мінрегіонбуд України, 2011. 101 с.
10. ДБН В.1.2-2:2006. Система надійності та безпеки в будівництві. Навантаження і впливи. Київ: Мінбуд України, 2006. 59 с.
11. Пашинський М. В. Запаси територіального районування кліматичних навантажень в ДБН В.1.2-2:2006. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць*. 2017. Вип. 8. С. 202–209.

References

1. Fatemeh Shahriar, Majid Montazeri, Mehdi Momeni & Alireza Freidooni (2015). Regionalization of the climatic areas of Qazvin Province using multivariate statistical methods . *Modern Applied Science*, Vol. 9, No 2, P. 123-138. Retrieved from: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/44144> [in English].

2. Željko Kos, Viktor Pashynskiy, Yevhenii Klymenko & Mykola Pashynskiy (2020). Analysis of Methods for Determining Climate Loads at a Specified Territory Point by Meteorological Data . *Tehnički glasnik (Technical Journal)*, Vol. 14, No. 2, June 2020. P. 206-211. Retrieved from <https://doi.org/10.31803/tg-20191125075805>
3. Pashynskiy, V.A., Pashynskiy, M.V. & Grynova, I.I. (2021). Zoning of characteristic values of climatic loads by the territory of Ukraine. International Itinerant Exhibition “RESEARCH IN BUILDING ENGINEERING EXCO’21”. Pp. 195-196 [English].
4. Pashynskiy, M. & Pashynskiy, V. (2022). Do vyboru sposobu terytorial'noho rayonuvannya klimatychnykh navantazhen' na budivel'ni konstruktsiyi [Choosing a method of territorial zoning of climatic loads on building structures] . Complex composite structures of buildings and structures under martial law (CSCS-2022) : XIV Mizhnar. nauk.-tekh. konf.(20-22 chervnia 2022 r.) – XIV International Scientific and Technical Conference (Pp. 90–92). Poltava: NUPP. Retrieved from https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/mtk-cscs/zbirnik_tez_konf_XIV_CSCS-2022.pdf [in Ukrainian].
5. Pashynskiy, M. (2016). Tochnist' vyznachennya klimatychnykh navantazhen' v zadaniy tochtsi terytoriyi metodom interpolyatsiyi za danymy sumizhnykh meteostantsiy [The accuracy of determining climatic loads at a given point in the territory by the method of interpolation based on the data of adjacent weather stations]. *Visnyk ODABA – Bulletin of the OSACA, Issue 61*, 303-308 [in Ukrainian].
6. Pashynskiy, V. (2018). Metodyka vyznachennya klimatychnykh navantazhen' v zadaniy heohrafichnyy tochtsi [The method of determining climatic loads at a given geographical point] . *Visnyk ODABA – Bulletin of the OSACA, Issue 71*, 68-72 [in Ukrainian].
7. Semko, V., Pashynskiy, V., Dzhyrma, S. & Pashynskiy, M. (2019). Temperaturnyy rezhym ekspluatatsiyi budivel' na terytoriyi Kirovohrads'koyi oblasti [Temperature mode of operation of buildings in the territory of the Kirovohrad region] . *Tsentral'noukrains'kyj naukovyj visnyk. Tekhnichni nauky – Central Ukrainian scientific bulletin. Technical sciences. Vol. 1 (32)*, 235-243 [in Ukrainian].
8. Pashynskiy, V, Filimonikhin, G. & Pashynskiy, M. (2018). Rayonuvannya kharakterystychnykh znachen' klimatychnykh navantazhen' na terytoriyi Ukrayiny [Zoning of characteristic values of climatic loads on the territory of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrains'koho instytutu stalevykh konstruktsij imeni V. M. Shymanovskoho – Collection of scientific works of the Ukrainian Institute of Steel Structures named after V. M. Shymanovsky, Issue 19*, 88-100 [in Ukrainian].
9. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiynykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivel'na klimatolohiya [Protection against dangerous geological processes, harmful operational influences, and against fire. Building climatology]. (2010). *DSTU-N B V.1.1–27:2010*. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy , 101 p. [in Ukrainian].
10. Systema nadiynosti ta bezpeky v budivnytstvi. Navantazhennya i vplyvy [System of reliability and safety in construction. Loads and influences]. (2006). *DBN V.1.2-2:2006*. Kyiv: Minbud Ukrayine, 59 p. [in Ukrainian].
11. Pashynskiy, M. (2017). Zapasy terytorial'noho rayonuvannya klimatychnykh navantazhen' v DBN V.1.2-2:2006 [Reserves of territorial zoning of climatic loads in DBN B.1.2-2:2006]. *Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zb. nauk. prats' – Modern technologies and calculation methods in construction: Collection of scientific works. Issue 8*, 202–209 [in Ukrainian].

Victor Pashynskiy, Prof., DSc., **Mykola Pashynskiy**, PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Methods of Determining Climatic Loads According to the Data of the Regional Network of Weather Stations

The work is devoted to the adaptation of the planar approximation method to determine the characteristic values of snow cover weight and wind pressure at a given design point based on the data of a local network of weather stations. Important elements of the research are the provision of specified reserves for the determination of characteristic values, as well as the analysis of the possibility of using a single equation for the entire territory of each of the administrative regions of Ukraine.

The initial data are characteristic values of snow cover weight and maximum wind pressure with a recurrence period of 50 years at 171 plain weather stations of Ukraine. According to the data of the weather stations of the region, the equation of the Euclidean plane is established by the method of least squares, which generally reflects the trend of territorial changes in the characteristic value of the load. Calculations for three project points from different geographical regions of Ukraine showed that the equations of the approximating Euclidean plane should be made taking into account the data of the local network of weather stations located within a radius of 100...150 km from the project point. Based on the obtained equation and the geographical coordinates of the design point, the desired characteristic value of the load is calculated. The necessary reserves

in determining the characteristic values of the loads are provided taking into account the statistical distribution of the data of individual weather stations relative to the obtained Euclidean plane. In order to substantiate the possibility of describing the trends of territorial changes in the characteristic values of snow and wind loads within the entire territory of the administrative region with a single equation of the Euclidean plane, calculations were made for five regions of Ukraine. The deviations obtained by this equation of the characteristic values of the loads from the actual data of individual weather stations are basically close to the similar deviations of the territorial zoning maps of the current DBN B.1.2-2:2006 "Loads and influences".

The results of the study confirmed the possibility of determining the characteristic values of climatic loads at a given geographic (design) point with a given level of security according to the equation of the Euclidean plane, which was established by the method of least squares based on the data of the local network of weather stations in the region. In most cases, this equation can be the same for the entire territory of the administrative region. The division of the territory of the region into parts with significantly different climatic conditions contributes to the reduction of probable errors in determining the characteristic values of loads.

climatic loads, meteorological data, territorial changes

Одержано (Received) 20.03.2023

Прорецензовано (Reviewed) 27.03.2023

Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023