

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В ЗАДАНІЙ ГЕОГРАФІЧНІЙ ТОЧЦІ

Пашинський В.А., д.т.н., професор,

Карпушин С.О., к.т.н., доцент,

Пашинський М.В., аспірант,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

pva.kntu@gmail.com

Анотація. Запропонована методика визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції в заданій географічній точці за даними локальної мережі метеостанцій. Тенденція територіальних змін кліматичних параметрів описується площиною, побудованою методом найменших квадратів за даними метеостанцій. Приклади прогнозування значень п'яти кліматичних параметрів (середньорічна температура та відносна вологість повітря, тривалість опалювального періоду, характеристичні значення снігового та вітрового навантажень) для трьох населених пунктів в зоні Кіровоградської області підтвердили простоту й достатню точність розробленої методики.

Ключові слова: кліматичні навантаження, метеодані.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЗАДАННОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ТОЧКЕ

Пашинский В.А., д.т.н., профессор,

Карпушин С.А., к.т.н., доцент,

Пашинский М.В., аспирант,

Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий

pva.kntu@gmail.com

Аннотация. Предложена методика определения нагрузок и воздействий на строительные конструкции в заданной географической точке по данным локальной сети метеостанций. Тенденция территориальных изменений климатических параметров описывается плоскостью, построенной методом наименьших квадратов по данным метеостанций. Примеры прогнозирования значений пяти климатических параметров (среднегодовая температура и относительная влажность воздуха, продолжительность отопительного периода, характеристические значения снеговой и ветровой нагрузок) для трех населенных пунктов в зоне Кировоградской области подтвердили простоту и достаточную точность разработанной методики.

Ключевые слова: климатические нагрузки, метеоданные.

METHODOLOGY OF DETERMINATION OF CLIMATIC LOADS IN THE GIVEN GEOGRAPHICAL POINT

Pashynskyi V.A., Sc.D., Professor,

Karpushin S.A., PhD, Assistant Professor,

Pashynskyi M.V., postgraduated,

Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitskiy

pva.kntu@gmail.com

Abstract. During designing buildings, structures and urban development a number of climatic

factors are taken into account. The calculated values of these factors are established based on meteorological observations and are listed in the standards for only a dozen settlements. For other areas, data from the nearest observation points is used, which does not guarantee accurate determination of the required climatic parameters.

In order to determine the climatic parameters for a given geographic point, a methodology is developed that provides simultaneous consideration of data of the local network of weather stations of the region. Using the data of meteorological stations of the region by the method of the least squares a plane equation is established, which reflects the general trend of climatic parameter changing across the territory. According to the obtained equation the required value of the climatic parameter is calculated for a point or several points with known coordinates. Examples of forecasting of the values of five climatic parameters (average annual temperature and relative humidity, duration of the heating period, characteristic values of snow and wind loads) for three settlements in the Kirovograd region have confirmed the simplicity and sufficient precision of the developed methodology.

Keywords: climatic loads, meteorological data.

Постановка проблеми. При проектуванні будівель, споруд та міської забудови враховується низка кліматичних факторів, встановлених за результатами спостережень на метеостанціях. В Державному стандарті з будівельної кліматології [1] необхідні кліматичні параметри наведені для декількох десятків населених пунктів, а в інших місцевостях рекомендується їх приймати за даними найближчого пункту спостереження. Недоліками такого способу визначення кліматичних параметрів за табличними даними є те, що географічна близькість ще не гарантує близькості кліматичних умов, а тому вибір найближчого чи базового пункту спостереження залежить від досвіду та інтуїції проектувальника. Кращим варіантом було б визначення необхідних кліматичних параметрів шляхом одночасного урахування даних декількох найближчих пунктів спостереження, що гарантує узагальнення кліматологічних даних по території.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідні для архітектурного проектування кліматичні параметри для декількох десятків міст України наведені в ДСТУ [1], а також у довідниках [2, 3] та інших подібних виданнях. Галузева інструкція [4] пропонує визначати характеристичні значення навантажень в заданій географічній точці методом площинної інтерполяції за даними трьох найближчих метеостанцій. Суть цього методу зводиться до вибору трьох метеостанцій, близьких до заданої проектної точки, побудови площини, що з'єднує значення навантаження на цих метеостанціях та використання рівняння цієї площини для визначення навантаження в проектній точці. Головним недоліком цього методу є суб'єктивність вибору трьох опорних метеостанцій. В роботі [5] на прикладі реальних даних про кліматичні навантаження на будівельні конструкції показано, що зміна інтерполяційного трикутника може призвести до істотних змін прогнозованого навантаження в проектній точці. Уточнення результатів площинної інтерполяції шляхом вибору декількох різних інтерполяційних трикутників та осереднення отриманих результатів є надто громіздким і незручним для практичного використання. Запропоноване в статті [6] об'єднання даних суміжних метеостанцій з контролем їх однорідності на основі дисперсійного аналізу вимагає наявності вибірок даних або їх статистичних характеристик і тому не може бути реалізоване при наявності лише розрахункових значень кліматичних параметрів.

Метою даної роботи є удосконалення методики визначення кліматичних параметрів для заданої проектної точки за відомими даними наявної мережі пунктів спостереження.

Методика визначення кліматичних параметрів в заданій проектній точці базується на описаному вище методі площинної інтерполяції. На відміну від запропонованого в [4] використання інтерполяційної площини, побудованої за даними трьох обраних метеостанцій, рівняння площини встановлюється методом найменших квадратів за даними більшої кількості метеостанцій регіону. Такий підхід до побудови осередненої інтерполяційної площини певною мірою еквівалентний згаданому вище прийому осереднення результатів, отриманих за

декількома інтерполяційними трикутниками. Рівняння площини, яка відображає зміни кліматичного фактору Z в околі проектної точки, можна записати у вигляді:

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

де X, Y – координати метеостанції чи проектної точки;

A, B, C – параметри, визначені за даними мережі метеостанцій.

Параметри A, B, C визначаються методом найменших квадратів за даними усіх метеостанцій з околу проектної точки, що може бути реалізовано в середовищі будь-якого обчислювального комплексу, зокрема Microsoft Excel. Координати метеостанцій та проектної точки X, Y можуть задаватися у вигляді прямокутних координат в кілометрах відносно умовно обраного центра, або значеннями довготи й широти місцевості в градусах, опублікованими в метеорологічних довідниках, визначеними з карт Google Maps чи інших картографічних систем.

При побудові апроксимуючої площини слід враховувати усі метеостанції на відстані 100...200 км від проектної точки, але їх кількість повинна бути не меншою від трьох (у цьому випадку розв'язок вироджується в описану в [4] задачу площинної інтерполяції). Для порівняно невеликої території (наприклад адміністративної області) можна за даними сусідніх метеостанцій один раз побудувати апроксимуючу площину, а потім користуватися її рівнянням для визначення кліматичного фактора в різних проектних точках цієї території.

Вихідними даними для обґрунтування й аналізу запропонованої методики є характеристичні значення п'яти кліматичних факторів та навантажень (середньорічна температура t , і відносна вологість повітря ψ , тривалість опалювального періоду $T_{оп}$, характеристичні значення снігового S_0 та вітрового навантаження W_0) для 13 метеостанцій в околі Кіровоградської області, перелічених в таблиці 1 і зображених на карті з рисунка 1.

Таблиця 1 – Приклади визначення кліматичних впливів у проектних точках

№ з/п	Метеостанції та проектні точки	Півн. широта град.	Східна довгота град.	Середньорічна температура повітря, °C			Вага снігового покриву, Па		
				дані	за (1)	$\Delta\%$	факт	за (1)	$\Delta\%$
1	Комісарівка	48,47	33,80	8,3	8,58	-3,23	1075	1180	-8,88
2	Кривий Ріг	47,91	33,39	8,8	9,01	-2,34	1022	972	5,13
3	Гайворон	48,34	29,87	8,4	8,31	1,04	1361	1576	-13,67
4	Знам'янка	48,72	32,68	7,9	8,25	-4,29	1379	1426	-3,32
5	Кропивницький	48,51	32,26	8,1	8,39	-3,51	1211	1377	-12,08
6	Миколаїв	46,98	31,99	10,1	9,68	4,39	720	705	2,17
7	Любашівка	47,83	30,26	8,6	8,78	-2,04	1431	1300	10,07
8	Одеса	46,48	30,72	10,3	9,97	3,27	865	626	38,17
9	Роздільна	46,85	30,07	9,5	9,60	-1,00	695	872	-20,31
10	Лубни	50,02	32,99	7,6	7,18	5,88	2126	1986	7,05
11	Полтава	49,59	34,55	7,8	7,69	1,41	1549	1608	-3,67
12	Умань	48,77	30,22	7,7	7,98	-3,47	1776	1735	2,36
13	Черкаси	49,44	32,06	7,9	7,58	4,25	1985	1831	8,42
Розмах даних, %		46,48	29,87	7,6	7,18	-4,29	695	626	-20,31
		50,02	34,55	10,3	9,97	5,88	2126	1985	38,17
	Компаніївка	48,25	32,21		8,61			1265	
	Новоархангельськ	48,66	30,81		8,13			1616	
	Вознесенськ	47,55	31,54		9,14			1021	



Рис. 1. Мережа метеостанцій регіону

З карти й таблиці видно, що мережа обраних метеостанцій охоплює територію Кіровоградської та частково – сусідніх областей, простягаючись на 3,5 градуси з півночі на південь та на 4,7 градуса зі сходу на захід. Це відповідає території розмірами близько 380×470 км. Дані про температуру та вологість повітря, а також тривалість опалювального періоду взяті з ДСТУ [1], а характеристичні значення навантажень – за даними робіт [4, 6]. До сформованої локальної мережі включені лише ті метеостанції, дані яких наведені в ДСТУ [1], хоча реальна мережа діючих метеостанцій є більш насиченою.

Приклади розрахунків для середньорічної температури повітря та ваги снігового покриву знаходяться в таблиці 1, де наведені вихідні дані, результати обчислень за формулою (1), а також відсотки відхилення фактичних даних від апроксимуючої площини (1). Додатні відхилення означають, що фактичне значення впливу перевищує прогнозне.

Підбір параметрів формули (1) виконано за допомогою функції «пошук рішення» Microsoft Excel, яка обирає ці параметри таким чином, щоб мінімізувати суму квадратів відхилення фактичних значень від прогнозних за (1). У результаті обчислень отримані такі значення параметрів A, B, C:

A = 46,66; B = 0,095; C = -0,852 – для середньорічної температури повітря;
A = -17151; B = -116; C = 459 – для ваги снігового покриву.

З таблиці видно, що фактичні значення середньорічної температури повітря для усіх метеостанцій відхиляються від обчислених згідно залежності (1) у межах -4,29%...+5,88%, що вказує на близькість фактичних даних до апроксимуючої площини (1) та на високу точність прогнозування при її використанні. Для снігового навантаження розкид відхилень є набагато більшим (від -20,31% до +38,17%), що обумовлено більшою випадковою мінливістю ваги снігового покриву на кожній метеостанції та по території України.

В останніх рядках таблиці наведені прогнозні значення середньорічної температури повітря та ваги снігового покриву, обчислені за описаною методикою для трьох проектних точок, розміщених у населених пунктах Компаніївка та Новоархангельськ Кіровоградської області, а також Вознесенськ Миколаївської області.

Таблиця 2 – Результати визначення кліматичних впливів у проектних точках

Проектні точки	За даними 13 метеостанцій					За даними 9 метеостанцій				
	τ, °C	ψ, %	T _{оп} , дiб	S ₀ , Па	W ₀ , Па	τ, °C	ψ, %	T _{оп} , дiб	S ₀ , Па	W ₀ , Па
Компаніївка	8,61	74,5	172,0	1265	408	8,52	74,5	173,0	1248	415
Новоархангельськ	8,13	75,8	175,7	1616	397	8,05	75,8	176,4	1605	407
Вознесенськ	9,14	74,2	167,7	1021	431	9,15	73,7	168,1	1003	474
Розмах відхилень, %	-4,3	-1,8	-1,9	-20,3	-19,8	-2,6	-1,1	-2,0	-13,1	-28,2
	5,9	1,8	1,8	38,2	28,4	7,1	1,4	1,0	11,2	19,9

В таблиці 2 наведені результати аналогічних розрахунків для усіх п'яти кліматичних факторів. З метою аналізу впливу мережі метеостанцій на остаточні результати, розрахунки виконані у двох варіантах: з урахуванням даних усіх 13 метеостанцій, вказаних в таблиці 1, а також без урахування найбільш віддалених метеостанцій Лубни, Полтава, Одеса та Роздільна, тобто за даними 9 метеостанцій.

Аналіз результатів розрахунків показав, що дані по температурі й вологості повітря, а також тривалості опалювального періоду відхиляються від апроксимуючих площин (1) не більше, ніж на 7,1%. Для снігового та вітрового навантажень можуть реалізуватися набагато більші відхилення, що обумовлено значною випадковою мінливістю даних окремих метеостанцій. В роботі [7] показано, що така мінливість характерна для кліматичних навантажень і розкид даних окремих метеостанцій відносно районних значень з карт ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» може бути ще більшим.

Зменшення кількості врахованих метеостанцій в основному призводить до незначного зменшення розкиду даних. Прогнозні значення навантажень і впливів для проектних точок, отримані при урахуванні 13 та 9 метеостанцій, загалом близькі (відхилення не перевищують 2,6%). Виняток становить характеристичне значення вітрового навантаження у м. Вознесенськ, для якого різниця складає 10,0%. Отримані результати вказують на стійкість запропонованої методики до вибору локальної мережі метеостанцій, за якою визначаються необхідні кліматичні параметри в заданих проектних точках.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Значення кліматичних параметрів в заданій географічній точці можна обчислювати за рівнянням площини, яке встановлюється методом найменших квадратів за даними локальної мережі метеостанцій регіону і тому узагальнено відображає тенденцію територіальних змін кліматичного параметра.

2. Приклади прогнозування значень кліматичних параметрів за даними метеостанцій Кіровоградського регіону підтвердили простоту й достатню точність розробленої методики.

3. Запропонована методика є досить простою і може використовуватися для визначення розрахункових значень кліматичних навантажень та інших параметрів, необхідних для проектування міської забудови, будівель та будівельних конструкцій.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2011. – 101 с.
2. Кліматичне забезпечення будівництва та експлуатації електричних мереж. Типова інструкція. – К.: Мінпаливенерго України, 2008. – 26 с.
3. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів, 2001. – 799 с.
4. Кліматичні дані для визначення навантажень на повітряні лінії електропередавання. Методика опрацювання. – К.: Мінпаливенерго України, 2009. – 89 с.
5. Пашинський М.В. Точність визначення кліматичних навантажень в заданій точці території методом інтерполяції за даними суміжних метеостанцій / М.В. Пашинський // Вісник ОДАБА, 2016. – Випуск № 61. – С. 303-308.
6. Філімоніхін Г. Б. Визначення кліматичних навантажень за метеоданими при перевірочних розрахунках несучих конструкцій / Г.Б. Філімоніхін, М.В. Пашинський // Вісник ОДАБА, 2017. – Випуск № 68. – С. 59-63.
7. 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. – Вип. 8. – С. 202–209.

Стаття надійшла 17.04.2018