

**ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В
ЗАДАНІЙ ТОЧЦІ ТЕРИТОРІЇ
МЕТОДОМ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ЗА ДАНИМИ СУМІЖНИХ
МЕТЕОСТАНЦІЙ**

М.В.Пашинський, магістр

Полтавський національний технічний університет імені Кондратюка

Постановка проблеми. При проектуванні реконструкції будівель та споруд, зокрема повітряних ліній електропередачі (ПЛ), враховують кліматичні навантаження та впливи. Характеристичні значення цих навантажень визначають за картами територіального районування ПУЕ[1] чи ДБН [2], які створені з істотними запасами. Велика протяжність ПЛ, а також необхідність виявлення запасів несучої здатності конструкцій при реконструкції будівельобумовлюють доцільність більш точного визначення кліматичних навантажень для їх окремих ділянок за результатами спостережень на метеостанціях, розміщених поблизу траси повітряної лінії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Карти територіального районування характеристичних значень кліматичних навантажень ПУЕ [1] та ДБН [2] розроблялися методом згладжування фактичних даних метеостанцій, описаним в [3]. За рахунок використання великої мережі спостережень цей метод нівелює випадкові відхилення даних окремих метеостанцій. Така методика придатна для побудови карт районування, які повинні відображати загальні закономірності територіальної мінливості кліматичних навантажень. Для детальнішого відображення змін кліматичних навантажень в мезомасштабі необхідновизначати їх для заданої географічної точки з урахуванням даних найближчих метеостанцій. Одним з методів, що забезпечує розв'язання цієї задачі, є метод площинної інтерполяції, описаний в [4].

Мета даного дослідження полягає в аналізі результатів визначення характеристичних значень кліматичних навантажень у заданій точці траси повітряної лінії електропередачі методом площинної інтерполяції за даними найближчих метеостанцій.

Виклад основного матеріалу. Вихідними даними для визначення кліматичного навантаження в заданій точці траси ПЛ є характеристичні значення, обчислені відомими імовірнісними методами [3, 4, 5] за результатами спостережень на декількох найближчих метеостанціях.

Методика [4] базується на площинній інтерполяції даних сусідніх метеостанцій. Обираються три метеостанції, найближчі до проектної точки, через характеристичні значення навантаження на цих метеостанціях проводиться площина, після чого з її рівняння визначається характеристичне значення навантаження в проектній точці згідно зі схемою, наведеною на рисунку 1. Метеостанції, які утворюють інтерполяційний трикутник, відбираються рішенням проектувальника чи дослідника за ознаками мінімальної віддаленості та приналежності одному орографічному району так, щоб розрахункова точка зазвичай знаходилася всередині області інтерполяції.

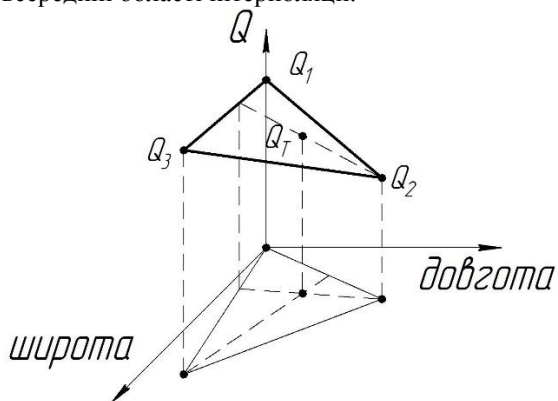


Рис. 1. Схема площинної інтерполяції параметрів навантаження

Оригінальні формули [4] розроблені для випадку використання локальної системи координат, початок якої суміщений з лівою нижньою вершиною обраного інтерполяційного трикутника. Недоліками такого підходу є необхідність приведення координат усіх точок до локальної системи координат та використання інших формул, якщо розрахункова точка знаходиться за межами вибраного інтерполяційного трикутника.

Для полегшення автоматизації розрахунків у середовищі MS Excel використовуються загальні формули площинної інтерполяції, отримані з рівняння площини [6]. Шукана величина розрахункового параметра (зокрема, характеристичного значення) кліматичного навантаження в розрахунковій точці з координатами x , y обчислюється за формулою

$$z = \frac{D}{C} - \frac{A}{C}x - \frac{B}{C}y, \quad (1)$$

коефіцієнти якої визначаються за координатами x_i , y_i та значеннями розрахункового параметра навантаження z_i для трьох метеостанцій, що утворюють інтерполяційний трикутник:

$$\begin{aligned}
 A &= (y_1 z_2 + y_2 z_3 + y_3 z_1 - y_3 z_2 - y_2 z_1 - y_1 z_3) \cdot x; \\
 B &= (x_2 z_1 + x_3 z_2 + x_1 z_3 - x_2 z_3 - x_3 z_1 - x_1 z_2) \cdot y; \\
 C &= (x_1 y_2 + x_2 y_3 + x_3 y_1 - x_3 y_2 - x_1 y_3 - x_2 y_1) \cdot z; \\
 D &= (x_1 y_2 z_3 + x_2 y_3 z_1 + x_3 y_1 z_2 - x_3 y_2 z_1 - x_2 y_1 z_3 - x_1 y_3 z_2).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Розрахунок у середовищі табличного процесора MSExcel виконується згідно з отриманими формулами в такому порядку:

1. На робочий лист вводиться база даних, яка містить параметри географічного положення та характеристичні значення кліматичних навантажень для кожної з наявних метеостанцій.

2. Задаються координати заданої розрахункової точки x, y, z (декартової системи координат).

3. Обчислюються відстані від розрахункової точки до кожної i -тої метеостанції за формулою

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \tag{3}$$

4. Виконується сортування бази даних за зростанням d_i .

5. Заданими найближчих 8–12 метеостанцій і заданої розрахункової точки будується точковий графік для визначення інтерполяційного трикутника, приклад якого наведено на рисунку 2.

6. Обираються три метеостанції, які утворюють інтерполяційний трикутник і за допомогою функції ВПР(...) їх дані копіюються до відведених рядків робочого листа.

7. За формулами (2) визначаються коефіцієнти рівняння площини та обчислюється значення розрахункового параметра (1). Обчислення за формулами (1) і (2) для обраного інтерполяційного трикутника можуть виконуватися для усіх чотирьох навантажень одночасно.

Проведена перевірка показала, що формули (1), (2) дають результати, ідентичні до результатів розрахунку за методикою [4].

З метою аналізу точності та стійкості методики площинної інтерполяції до вибору інтерполяційного трикутника розглянемо приклад визначення чотирьох навантажень для м. Полтава шляхом інтерполяції даних різних метеостанцій. Фактичні дані вигляді характеристичних значень чотирьох навантажень для метеостанцій, найближчих до м. Полтава, наведено в таблиці 1 за даними [5], а їх розміщення на території зображено на рисунку 2. Вибір в якості розрахункової точки м. Полтава, де є працююча метеостанція з відомими даними, дозволяє порівняти результати площинної інтерполяції за (1), (2) з фактично отриманими за метеорологічними характеристичними значеннями навантажень.

Таблиця 1. - Характеристичні значення навантажень на метеостанціях

Номер	Метеостанції	G_0 кН/м	W_0 Па	W_{0g} Па	Q_0 кН/м
0	Полтава	15,8	395	195	9,4
41	Губиниха	13,8	350	215	8,5
42	Дніпродзержинськ	11,4	435	190	6,6
142	Гадяч	13,3	375	220	6,1
144	Кобеляки	8,2	370	210	8,3
154	Лебедин	14,6	335	205	6,4
156	Суми	6,7	325	220	5,1
161	Богодухів	5,7	440	235	6,5
164	Коломак	9,5	410	205	5,7
166	Красноград	12,7	290	185	8,9

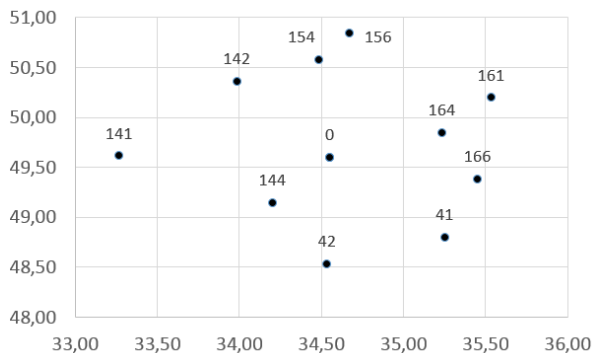


Рис. 2. Розрахункова схема площинної інтерполяції

Розрахунки за викладеним алгоритмом виконані для 15-ти різних інтерполяційних трикутників, утворених з метеостанцій, вказаних в таблиці 1 і на рисунку 2. Усі трикутники, відображені в таблиці 2, є цілком коректними, оскільки їх вершини розміщені недалеко від метеостанції Полтава, а висота над рівнем моря не сильно відрізняється від висоти розрахункової точки. Результати виконаних розрахунків наведені в таблиці 2. Останні строчки таблиці містять результати обробки вибірок навантажень, отриманих за різними інтерполяційними трикутниками, а також фактичні характеристичні значення для метеостанції Полтава.

Таблиця 2. - Характеристичні значення навантажень для м. Полтава, обчислені за формулою (1) і даними різних сусідніх метеостанцій

Суміжні метеостанції (вершини трикутника)			G_0 кН/м	W_0 Па	W_{0g} Па	Q_0 кН/м
41	42	142	13,38	369	216	7,12
41	42	154	13,18	379	199	6,61
41	142	144	13,10	364	217	7,30
41	144	156	8,85	352	214	7,36
41	144	154	11,87	352	209	7,64
42	142	161	10,84	413	211	6,39
42	142	164	11,51	406	205	6,14
42	142	166	12,62	367	202	7,03
42	144	156	9,01	380	205	6,15
42	154	156	11,17	384	201	6,21
42	154	164	12,84	385	198	6,45
142	144	166	11,25	345	205	7,82
142	144	164	9,48	386	210	6,99
144	154	164	9,67	376	208	7,21
144	156	166	8,71	344	208	7,65
Найменші значення			8,71	344	198	6,14
Найбільші значення			13,38	413	217	7,82
Середні значення			11,17	373	207	6,94
Фактичні значення			15,80	395	195	9,40

З таблиці 2 видно, що розрахунки за 15 різними інтерполяційними трикутниками дають 15 різних інтерпольованих значень навантажень, які істотно відрізняються одне від одного та від фактичного значення, вказаного в останньому рядку таблиці 2. В передостанньому рядку таблиці наведені результати осереднення характеристичних значень, отриманих за 15 різними інтерполяційними трикутниками. Найбільші відхилення окремих значень від середнього змінюються від 4,4% для вітрового тиску під час ожеледі до 22% для ваги ожеледі на проводі. Отже, вибір інтерполяційного трикутника суміжних метеостанцій істотно й непередбачувано впливає на результат інтерполяції. У свою чергу середні результати обчислень можуть відхилитися від фактичних даних з останнього рядка на 6% у бік завищення та до 29% у бік заниження. Отже, визначення навантажень шляхом осереднення результатів інтерполяції за декількома різними трикутниками суміжних метеостанцій також не дає достовірних результатів. Подібна перевірка, виконана за даними інших метеостанцій, дає аналогічні результати.

Висновки

5. Отримання формул (1), (2) дозволило автоматизувати процес обчислення розрахункових параметрів кліматичних навантажень в заданій розрахунковій точці методом площинної інтерполяції.

6. Результат обчислення навантаження в заданій точці шляхом площинної інтерполяції за даними найближчих метеостанцій істотно залежить від суб'єктивного вибору інтерполяційного трикутника сусідніх метеостанцій.

7. Проведений аналіз вказує на недостатню ефективність методу площинної інтерполяції та необхідність удосконалення способу обчислення навантаження в заданій географічній точці за результатами спостережень на оточуючих метеостанціях.

Summary

Making analysis of methods for determining the calculated parameters of climatic loads at an arbitrary point of territory based on surface interpolation according to the three closest meteorological stations. Insufficient efficiency of this methods, due to the random nature of micrometeorological factors and subjectivity of choice for interpolation closest meteorological stations.

Література

1. Правила улаштування електроустановок. Розділ 2. Передавання електроенергії. – К.: МінпаливенергоУкраїни, 2006. – 190 с.

2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2007.- 60 с.

3. Пашинський В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К.: УкрНДІпроектсальконструкція, 1999. – 185 с.

4. Кліматичне забезпечення будівництва та експлуатації електричних мереж. Типова інструкція. – К.: МінпаливенергоУкраїни, 2008. – 26 с.

5. Кліматичні дані для визначення навантажень на повітряні лінії електропередавання. Методика опрацювання. – К.: Мінпаливенерго України, 2009. – 89 с.

6. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов: Изд.13-е. / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. –544 с.