

СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Виконано узагальнення статистичних характеристик випадкового процесу змін температури атмосферного повітря, необхідних для розрахунків надійності будівельних конструкцій, з урахуванням додаткових географічних факторів, що впливають на ці характеристики.

Ключові слова: *статистичні характеристики температури, квазістаціонарний випадковий процес, надійність будівельних конструкцій.*

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ДЛЯ РАСЧЕТОВ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Выполнено обобщение статистических характеристик случайного процесса изменений температуры атмосферного воздуха, необходимых для расчетов надежности строительных конструкций, с учетом дополнительных географических факторов, влияющих на эти характеристики.

Ключевые слова: *статистические характеристики температуры, квазистационарный случайный процесс, надежность строительных конструкций.*

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF AIR TEMPERATURE FOR CALCULATING RELIABILITY OF BUILDING STRUCTURES

The article generalizes statistical characteristics of random process of air temperature changes which are needed to calculate the reliability of building structures, taking into account additional geographical factors that affect these characteristics.

Keywords: *statistical characteristics of temperature, quasi-stationary random process, reliability of building structures.*

Вступ. Зміни температури атмосферного повітря створюють силовий вплив на несучі конструкції, викликають відмови внаслідок втрати морозостійкості будівельних матеріалів, теплові відмови огорожувальних конструкцій, а також впливають на хід технологічних процесів зі зведення будівель і споруд. Тому температурні впливи слід

ураховувати в розрахунках надійності будівельних конструкцій і технологічних процесів у будівництві. Для цього необхідно виконати імовірнісний опис випадкового процесу змін температури атмосферного повітря у відповідності з єдиною методологією дослідження й нормування кліматичних навантажень і впливів [1, 2].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Результати метеорологічних спостережень за температурою атмосферного повітря містять метеорологічні видання [3 – 5], дані яких стосуються різних періодів спостережень. Ці дані оброблені й узагальнені в роботах [6 – 9], завданням яких було нормування температури атмосферного повітря для проектування теплозахисної оболонки будівель. Указані роботи містять обґрунтування ймовірнісної моделі квазістаціонарного випадкового процесу середньодобової температури повітря, яка дозволяє визначати характеристики температури, необхідні для розрахунків надійності несучих та огорожувальних будівельних конструкцій.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Результати проаналізованих досліджень містять досить повну інформацію про температурний режим території України, але питання узагальнення цих результатів та створення на їх базі репрезентативної й зручної для використання бази даних зі статистичних характеристик температури повітря, необхідних для розрахунків надійності, залишається невирішеним.

Метою роботи є узагальнене подання статистичних характеристик випадкового процесу змін температури атмосферного повітря, необхідних для виконання розрахунків надійності будівельних конструкцій, з урахуванням додаткових географічних факторів, що впливають на ці характеристики.

Основний матеріал і результати.

Імовірнісний опис температури повітря. Сезонні та міждодові зміни температури атмосферного повітря описуються ймовірнісною моделлю квазістаціонарного диференційованого випадкового процесу, для визначення якого слід задати річну функцію математичного сподівання $M(t)$, стандарту $S(t)$, коефіцієнта асиметрії $A(t)$. Постійне в часі значення ефективної частоти $\omega=0,6$ 1/добу встановлене єдиним для всієї території України. Наведені нижче статистичні характеристики визначені в роботах [6, 9] за даними близько 500 пунктів спостереження України, що забезпечує їх достовірність.

Статистичні характеристики температури повітря. Територіальна мінливість середніх значень температури повітря відображена на картах районування за середніми температурами найхолоднішого (січня) та найтеплішого (липня) місяців року, які наведені на рисунках 1 і 2.

За даними наведених карт функція математичного сподівання температури повітря $M(t)$ та середньорічна температура M_p у заданій географічній точці визначаються за формулами:

$$M(t) = \frac{M_1 + M_7}{2} - \frac{M_7 - M_1}{2} \cos\left(\frac{t-15}{57,3}\right); \quad M_p = \frac{M_1 + M_7}{2}, \quad (1)$$

де M_1 і M_7 – середні температури січня та липня з карт 1 і 2;

t – час, що відлічується у днях від 1 січня.

Аналіз показав, що для 90% пунктів спостереження різниця між фактичними даними і результатами, отриманими за картами 1, 2 та формулами (1), знаходиться в межах 1°C .

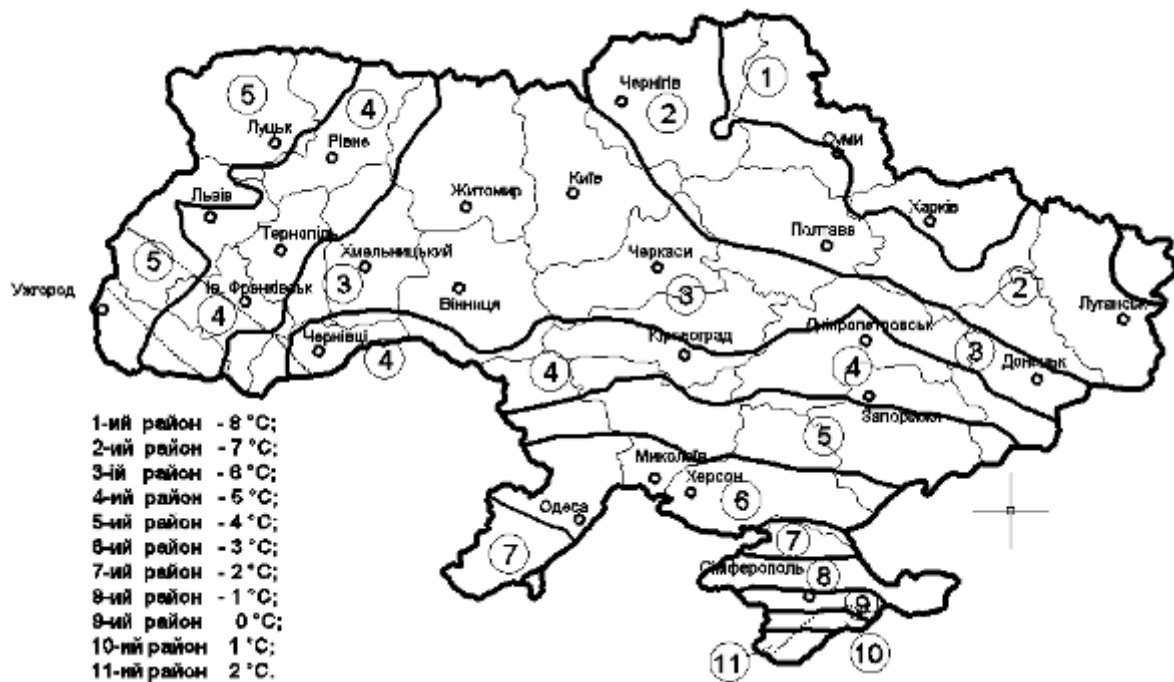


Рис. 1. Середні температури повітря в січні M_1

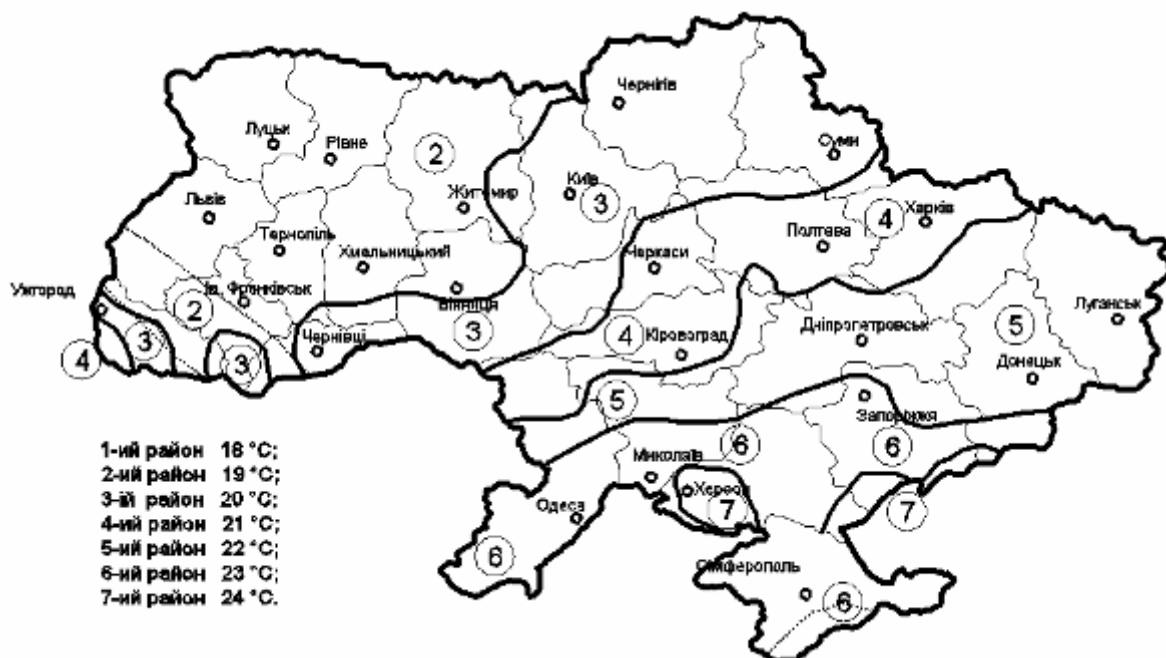


Рис. 2. Середні температури повітря в липні M_7

Функції стандарту $S(t)$ та коефіцієнта асиметрії $A(t)$ наближено визначаються через функцію математичного сподівання $M(t)$ за формулами:

$$S(t) = 5,5e^{-0,026M(t)}, \quad A(t) = -0,5e^{-0,1M(t)} \quad (2)$$

Вирази (2) є достатньо точними і мають цілком передбачувану асимптотичну поведінку, що дозволяє використовувати їх у розрахунках надійності.

Закон розподілу ординати випадкового процесу середньодобової температури повітря в заданий момент часу протягом року описується змішаним законом Гумбеля – Гауса з густиною ймовірності

$$f(x) = \frac{C}{0,78S} \exp[y - \exp(y)] + \frac{1-C}{S\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-M)^2}{2S^2}\right] \quad (3)$$

де M , S і A – математичне сподівання, стандарт та коефіцієнт асиметрії розподілу ординати в певний момент часу;

$C = -0,8775 A$ – ваговий множник;

$y = \frac{x-M}{0,78S} - 0,577$ – нормований аргумент розподілу Гумбеля.

У виразі для густини ймовірності (3) враховано, що формула (2) завжди дає коефіцієнт асиметрії $A \leq 0$. Результати статистичної обробки підтверджують такі значення коефіцієнта асиметрії для переважної більшості випадків.

Наближений опис розподілу ординати можна виконати нормальним законом розподілу. У теплий період року, коли коефіцієнти асиметрії близькі до нуля, він практично збігається з формулою (3). У холодний період року, для якого характерні значення $A < 0$, нормальний розподіл може помітно відрізнятись від дослідних гістограм, і його слід використовувати лише для наближених розрахунків.

Ураховання географічної висоти. Наведені карти та формули (1), (2) описують параметри температури повітря на рівнині з висотою над рівнем моря до 500 м. З літератури відомо, що температура повітря знижується приблизно на 6°C на 1 км зростання висоти над рівнем моря. Стосовно середньомісячних та розрахункових значень температури це твердження перевірене в роботі [10] за даними 43-х пунктів спостереження, розміщених у районі Кримських гір, та 74-х пунктів спостереження в районі Карпат. 87 пунктів спостереження розміщені на висотах до 500 м над рівнем моря, а 30 – на висотах до 1500 м. Тривалість рядів спостереження змінюється від 8 до 100 років.

Результати дослідження [10] показали, що при зростанні висоти над рівнем моря на 1 км середні температури січня знижуються на $4 \div 5^\circ\text{C}$, а середні температури липня – на $6 \div 7^\circ\text{C}$. Поправки на висоту для розрахункових значень температури найхолоднішої та найтеплішої доби з різними періодами повторюваності також коливаються в межах $4 \div 7^\circ\text{C}$.

Виконані дослідження підтвердили можливість використання відомої поправки на висоту над рівнем моря (-6°C на кілометр висоти) як для середніх, так і для розрахункових значень температури атмосферного повітря.

Температурний режим приморських територій. Ще одним географічним фактором, який впливає на температурний режим місцевості, є розміщення поблизу моря. Теплоакмулюючий вплив значних мас морської води призводить як до

зменшення добових коливань температури повітря, так і до загального пом'якшення температурного режиму місцевості.

Виконаний у роботі [11] аналіз даних 74-х пунктів спостереження, розміщених на території Кримського півострова та в прибережній смузі узбережжя Чорного й Азовського морів шириною до 100 км, дозволив виявити такі зміни. Для кожного з пунктів спостереження визначена відстань від найближчого берега моря, а також параметри температури повітря:

M_1 – середня температура січня (найхолоднішого місяця року);

M_7 – середня температура липня (найтеплішого місяця року);

M_p – середньорічна температура повітря;

n_p – середньорічна кількість переходів середньодобової температури повітря через 0°C .

Аналіз залежностей указаних параметрів від відстані до берега моря дозволив виявити певні закономірності, викладені нижче.

Середні температури липня M_7 , січня M_1 та середньорічна температура повітря M_p мають тенденцію до зниження при віддаленні від берега моря. При зростанні відстані L до 100 кілометрів вони в цілому зменшуються на $0,5 - 2^\circ\text{C}$. Крім того, на графіках залежностей M_1 та M_p від L додатково спостерігається різке зростання температур у зоні $5 - 10$ км від берега моря. Значення M_1 зростає приблизно на $3 - 4^\circ\text{C}$, а значення M_p – на 2°C .

Кількість переходів середньодобової температури повітря через 0°C n_p у цілому складає $12 - 14$ переходів на рік, але в 10-кілометровій прибережній зоні зменшується до $6 - 10$ переходів на рік.

За результатами проведеного дослідження [11] рекомендовано при визначенні параметрів температурного режиму для територій, розташованих на відстані до 10 км від берега моря, використовувати дані найближчих метеостанцій, які також розміщені в 10-кілометровій прибережній зоні. При використанні карти територіального районування з рисунка 1 середні температури січня в 10-кілометровій прибережній зоні можна збільшувати на $3 - 4^\circ\text{C}$ (у бік більш теплих температур).

Довготривалі зміни температури повітря. Відомі дослідження клімату вказують на наявність поступового зростання температури атмосферного повітря внаслідок глобального потепління в середньому на $0,8^\circ\text{C}$ за останні 50 років, але необхідність та способи врахування цього явища при нормуванні розрахункових параметрів температури повітря повністю не з'ясовані.

Такі зміни проаналізовані в роботі [12] за результатами 20-річних спостережень на 25-ти метеостанціях України (по одній з кожної адміністративної області). Аналізувалися середньорічні значення температури повітря, а також мінімальні та максимальні значення, зафіксовані протягом кожного з років спостереження. У сукупності вони характеризують зміни середніх температур, а також мінімальних (зимових) та максимальних (літніх) розрахункових значень температури.

З метою виявлення довготривалих тенденцій залежності досліджених параметрів від часу описані прямими лініями $Y=AX+B$, де X – рік спостереження. Параметр A є тангенсом кута нахилу апроксимуючої прямої і, по суті, дорівнює річному приросту температури. Для більшості метеостанцій річні прирости є додатними, що свідчить про зростання середніх, максимальних і мінімальних значень температури. Середні по території України прирости мінімальної, максимальної та середньорічної температури також є додатними, що узгоджується із загальновідомою тенденцією до глобального потепління клімату. Однак на значній частині метеостанцій спостерігаються від'ємні прирости температури. Величини річних приростів у цілому є незначними й коливаються в межах від $-0,13^\circ\text{C}$ до $+0,20^\circ\text{C}$.

Отримані результати дозволяють надати рекомендації щодо врахування глобального потепління клімату при розробленні нормативних документів у галузі будівництва. Згідно з вимогами до порядку розроблення та супроводження державних будівельних норм і стандартів вони переглядаються кожні 5–10 років. Виявлені тенденції довготривалих змін температури повітря показують, що протягом 10-річного періоду між черговими переглядами норм середні та розрахункові значення температури повітря змінюються не більше, ніж на $2,0^{\circ}\text{C}$, що не виявить істотного впливу на роботу огорожувальних конструкцій, систем опалення й кондиціонування повітря.

Таким чином, результати досліджень [12] показали, що при розробленні норм тенденції довготривалих змін температури повітря можна не враховувати. З метою підвищення надійності можна також збільшити на $1,0^{\circ}\text{C}$ розрахункові значення максимальної літньої температури повітря, встановлені за наявними метеорологічними даними на момент розроблення норм, та відповідно знизити на $1,0^{\circ}\text{C}$ мінімальні розрахункові значення температури повітря.

Висновки за результатами досліджень:

1. Зміни середньодобової температури атмосферного повітря можна подати у формі квазістаціонарного випадкового процесу, статистичні характеристики якого рекомендується визначати в такому порядку:

- за картами рисунків 1 і 2 визначаються середні температури січня та липня (найхолоднішого та найтеплішого місяців року);
- отримані середні температури січня й липня коригуються з урахуванням висоти над рівнем моря (знижуються на 6°C на один кілометр висоти);
- для об'єктів, розміщених у межах 10 км від берега моря, середня температура січня підвищується на 2°C ;
- за формулами (1) обчислюється середньорічне значення температури та середньомісячні температури для всіх місяців року;
- за формулами (2) обчислюються значення стандарту й коефіцієнта асиметрії для всіх місяців року;
- за отриманими числовими характеристиками визначаються параметри змішаного закону розподілу Гумбеля – Гаусса (3) для всіх місяців року;
- ефективна частота випадкового процесу змін температури повітря приймається такою, що дорівнює рівною $\omega=0,6$ 1/добу для всієї території України.

2. Одержані статистичні характеристики квазістаціонарного випадкового процесу змін середньодобової температури повітря є досить близькими до реальних результатів статистичної обробки даних конкретних пунктів спостереження і можуть використовуватися для розв'язання різноманітних задач теорії надійності будівельних конструкцій.

3. Невеликі щорічні прирости температур дозволяють урахувати явище глобального потепління клімату шляхом коригування розрахункових значень температури повітря при чергових переглядах норм навантажень і впливів з урахуванням результатів спостережень останніх років.

Література

1. Пичугин С.Ф. *Надежность стальных конструкций производственных зданий: монография* / С.Ф. Пичугин. – Полтава: ООО «АСМИ», 2009. – 452 с.
2. Пашинський В.А. *Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України: монографія* / В.А. Пашинський. – К.: УкрНДІпроектстальконструкція, 1999. – 185 с.

3. *Справочник по климату СССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. – Вып. 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 608 с.*
4. *Метеорологический ежемесячник. Часть II. – Вып. 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1961 – 1991.*
5. *Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001. – 800 с.*
6. *Пашинський В.А. Імовірнісний опис процесу температури повітря / В.А. Пашинський, А.А. Кузьменко, А.М. Карюк // Коммунальное хозяйство городов: республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Вып. 38. – К.: Техника, 2002. – С. 60 – 66.*
7. *Пашинський В.А. Розподіл середньодобової температури повітря на території України / В.А. Пашинський, А.М. Карюк // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вып. 11. – Полтава: ПолтНТУ, 2003. – С. 66 – 72.*
8. *Карюк А.М. Територіальне районування України за статистичними характеристиками температури повітря / А.М. Карюк В.А. Пашинський // Коммунальное хозяйство городов: научно-технический сборник. – Вып. 60. Серия: Технические науки и архитектура. – К.: Техника, 2004. – С. 123 – 129.*
9. *Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.*
10. *Карюк А.М. Закономірності змін температури атмосферного повітря в гірських місцевостях України / А.М. Карюк // Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів: зб.ст. і тез міжнар.наук.-прак. конф., 3–5 жовтня 2013 р. – Кіровоград: ПП «Ексклюзив-Систем». – С. 311 – 313.*
11. *Пашинський В.А. Особливості температурного режиму приморських територій України / В.А. Пашинський, А.М. Карюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Вып. 49 (ч. 1). – Одеса, 2013. – С. 270 – 273.*
12. *Карюк А.М. Закономірності міжрічної мінливості температури атмосферного повітря / А.М. Карюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГтаП, 2013. – Вып. 27. – С. 321 – 326.*

Надійшла до редакції 15.12.2014
© А.М. Карюк