

**РАЙОНУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ
ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**AIR TEMPERATURE CHARACTERISTICS ZONING FOR
ASSESSING ENCLOSING STRUCTURES THERMAL RELIABILITY**

**Карюк А.М., к.т.н., доцент (Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»)**

**Kariuk A., PhD, Associate Professor National University
«Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»**

За даними 414 рівнинних пунктів спостереження України виконане адміністративно-територіальне районування статистичних характеристик температури атмосферного повітря. Для 26 регіонів України отримані узагальнені функції математичного сподівання та стандарту температури повітря у вигляді послідовностей з 12-ти місячних значень. Результати виконаного районування дозволяють перейти до імовірнісного оцінювання показників теплової надійності огорожувальних конструкцій.

An objective numerical indicator of enclosing structure thermal reliability level is probable duration of thermal failure state, for assessment of which statistical ambient air temperature characteristics per each month of the year is required. The purpose of the work is to summarize the available meteorological data and perform administrative-territorial zoning of Ukraine according to statistical characteristics of air temperature for all months of the year.

Such zoning is performed according to 414 plain observation points of Ukraine. The duration of observations mainly varies from 20 to 70 years, with 100 years for some weather stations. For each of 24 administrative regions of Ukraine, the Autonomous Republic of Crimea and the Southern Coast of Crimea, regional functions of mathematical expectation and air temperature standard in the form of sequences of 12 monthly values have been established. The number of observation points within the regions varies from 2 in Chernivtsi oblast to 35 in Crimea. Mathematical expectations (monthly average values) of air temperature for each of the regions are defined as weighted average values from all observation points of the region with weight factors equal to the number of observations years. As a result of calculations, tables of annual functions mathematical expectation and standard are obtained, which allow presenting the temperature of atmospheric air in each of the 26 regions in the form of sequences of 12 normally distributed random variables. The obtained results confirmed the expediency of excluding the Southern coast of Crimea to a separate zone with significantly higher air temperatures.

The results of the performed zoning allow using them as initial data for probabilistic estimation and comparative analysis of thermal failures duration of the enclosing designs intended for operation in different regions of Ukraine.

Ключові слова: температура повітря, статистичні характеристики, адміністративно-територіальне районування

Keywords: air temperature, statistical characteristics, administrative-territorial zoning

Вступ. Достатній рівень теплової надійності огорожувальних конструкцій будівель забезпечується вибором їх опору теплопередачі згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" [1]. Ці норми вимагають додатково перевіряти умову комфортності за значенням температурного перепаду між внутрішньою поверхнею огорожувальної конструкції та повітрям у приміщенні, а також можливість утворення конденсату на внутрішніх поверхнях огорожень у зонах підвищеної теплопередачі. Об'єктивним числовим показником рівня теплової надійності є тривалість стану теплової відмови, для оцінювання якої необхідні статистичні характеристики температури атмосферного повітря для кожного з місяців року.

Аналіз останніх досліджень. Значна мінливість температури повітря в часі та по території спонукає до її імовірнісного подання у формі випадкових процесів та послідовності випадкових величин, моделі яких обґрунтовані в роботах [2, 3] та використані для аналізу теплової надійності огорожувальних конструкцій в роботах [4, 5]. У [2] також наведені статистичні характеристики процесів температури повітря майже для 500 пунктів спостереження України, які використані для встановлення зимових розрахункових значень температури. Середньомісячні значення температури для опорної мережі з 57 метеостанцій наведені також у [6].

Окрім табличного подання, в роботі [2] наведені карти районування статистичних характеристик і розрахункових значень мінімальної (зимової) температури повітря для проектування теплової ізоляції будівель на території України. Для аналізу територіальної мінливості показників теплової надійності огорожувальних конструкцій краще використовувати узагальнені дані, які відображають температурний режим певних територій, а не окремих пунктів спостереження.

Досить зручним способом узагальненого відображення територіальних змін параметрів клімату є запропоноване в [7] адміністративно-територіальне районування, яке полягає у встановленні єдиного в межах кожної адміністративної області розрахункового значення кліматичного параметра. Районування характеристик температури атмосферного повітря за методикою [7] виконувалося в [8], але в цій роботі аналізувалися лише розрахункові та середні значення температури повітря в січні, в липні, а також середньорічні значення.

Результати районування представлені у вигляді таблиці, кожний рядок якої містить значення кліматичних параметрів для певної адміністративної області України.

Результати адміністративно-територіального районування параметрів клімату є досить компактними, узагальненими та зручними для подальшого аналізу. Разом з тим, імовірісне оцінювання показників теплової надійності огорожувальних конструкцій за методикою [4, 5] вимагає наявності не екстремальних значень температури атмосферного повітря, а її статистичних характеристик для кожного з місяців року.

Мета дослідження: узагальнити наявні метеорологічні дані та виконати адміністративно-територіальне районування України за статистичними характеристиками температури атмосферного повітря для усіх місяців року, яке можна використовувати для порівняльного аналізу тривалості теплових відмов огорожувальних конструкцій в різних областях України.

Вихідні дані для реалізації адміністративно-територіального районування середньомісячних значень температури повітря запозичені з [2]. Використані дані рівнинних пунктів спостереження (ПС), розміщених на висоті до 500 м над рівнем моря. Після вилучення ПС з тривалістю спостережень менше 10 років сформована база даних для 414 ПС. Розподіл метеостанцій за кількістю років спостереження відображено на рисунку 1. З гістограми видно, що тривалість спостережень в основному змінюється від 20 до 70 років, а для окремих ПС сягає 100 років.

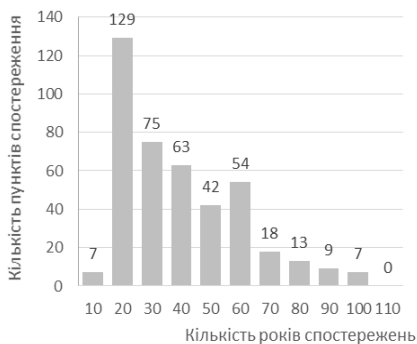


Рис. 1 Розподіл метеостанцій за тривалістю спостережень

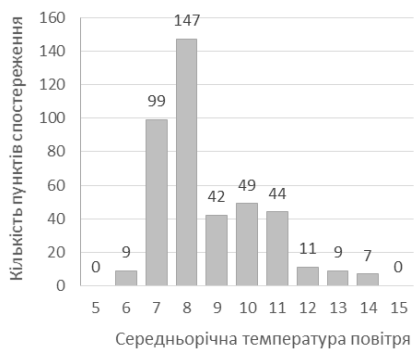


Рис. 2 Розподіл метеостанцій за середньорічною температурою

Узагальненим показником температурного режиму можна вважати середньорічну температуру повітря, розподіл якої по обраних для дослідження 414 ПС України наведено на рисунку 2. Помітно виділяються два діапазони середньорічної температури повітря: 6...8°C (246 ПС) та

8...11°C (135 ПС). На 27 ПС середньорічна температура повітря становить 11...14°C. Широкий діапазон зміни середньорічних температур повітря підтверджує необхідність територіального районування статистичних характеристик.

Адміністративно-територіальне районування помісячних статистичних характеристик температури повітря виконане за методикою [7, 8]. Для цього усі наявні 412 ПС розподілені на 26 груп, які відповідають 24 областям, АР Крим та Південному берегу Криму.

Розподіл кількості N використаних для дослідження рівнинних ПС по областях України наведено в таблиці 1. Найменша кількість ПС (2 ПС) розташовані на території Чернівецької області, а найбільша (35 ПС) – на території Криму. Виходячи з досвіду районування параметрів температури повітря [2, 8], Південний берег Криму виділено в окрему зону з субтропічним кліматом. До неї віднесені пункти спостереження, розміщені південніше Кримських гір.

Перший крок районування полягає в узагальненні середньомісячних значень температури повітря, послідовності яких утворюють річні функції математичного сподівання випадкового процесу температури. Найпростішим варіантом об'єднання даних є обчислення середніх значень за даними ПС, розміщених в межах області, як це було зроблено у [8]. Недоліком такого способу є відображений на рисунку 1 великий розкид кількості років спостереження на різних метеостанціях, що зумовлює різну достовірність результатів цих спостережень.

З метою урахування ваги даних окремих метеостанцій, пропорційної тривалості спостережень, нижче обчислені середньозважені значення математичного сподівання температури повітря в кожному місяці року за формулою

$$M_o = \frac{\sum_{i=1}^k (M_i \cdot N_i)}{\sum_{i=1}^k N_i}, \quad (1)$$

де k – кількість ПС в області;

M_i – математичне сподівання (середньомісячна температура повітря) на i -тому ПС в межах області;

N_i – кількість років спостереження на i -тому ПС;

Результати обчислень за формулою (1) для усіх 12 місяців року та 26 регіонів України наведені в таблиці 1. Кожен рядок таблиці визначає річну функцію математичного сподівання температури повітря для певного регіону. Порівняння даних таблиці 1, отриманих за формулою (1), з результатами простого осереднення математичних сподівань в межах області показало, що різниця між ними змінюється в межах від $-0,43^\circ\text{C}$ до $+0,60^\circ\text{C}$, а в середньому становить $-0,04^\circ\text{C}$.

Таблиця 1

Середньомісячні температури повітря в областях України

Регіони України	k	Обласні значення математичного сподівання для місяців року											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вінницька	16	-5,14	-4,45	0,45	7,51	14,28	17,20	18,97	18,34	13,73	7,77	1,44	-2,89
Волинська	6	-3,46	-3,38	1,21	7,49	13,87	16,73	18,14	17,48	13,12	7,65	2,19	-1,77
Дніпропетровська	15	-5,08	-4,53	0,59	8,72	15,74	19,15	21,44	20,67	15,16	8,47	1,70	-3,13
Донецька	18	-5,78	-5,37	-0,17	8,30	15,47	19,02	21,53	20,64	15,02	8,20	1,31	-3,67
Житомирська	13	-5,38	-4,73	-0,03	7,17	13,88	16,80	18,52	17,61	12,94	7,05	1,23	-3,06
Закарпатська	13	-3,64	-2,07	3,40	9,19	14,43	17,16	19,03	18,26	14,24	9,15	3,45	-1,16
Запорізька	16	-3,79	-3,39	1,15	8,77	15,85	19,97	22,60	21,83	16,33	9,92	3,18	-1,68
Івано-Франківська	18	-4,61	-3,42	1,18	7,35	13,10	16,08	17,98	17,13	13,06	7,81	2,16	-2,32
Київська	20	-5,60	-5,10	-0,18	7,45	14,48	17,46	19,22	18,38	13,44	7,29	0,96	-3,32
Кіровоградська	13	-5,10	-4,56	0,51	8,18	15,06	18,34	20,41	19,76	14,66	8,32	1,58	-3,00
Крим	35	-0,37	-0,32	3,31	8,99	14,75	19,20	22,06	21,61	16,76	11,51	5,82	1,76
Крим ПБ	21	2,90	2,66	5,26	9,79	15,29	19,94	23,37	23,25	18,87	13,89	8,65	5,08
Луганська	9	-6,63	-6,42	-0,80	8,21	15,62	19,19	21,54	20,40	14,57	7,60	0,80	-4,31
Львівська	33	-3,74	-2,91	1,58	7,58	13,37	16,33	18,06	17,28	13,18	8,02	2,55	-1,58
Миколаївська	10	-3,29	-2,60	2,08	9,07	15,92	19,75	22,27	21,55	16,54	10,24	3,65	-1,15
Одеська	27	-2,63	-1,89	2,47	8,98	15,64	19,61	22,04	21,31	16,65	10,79	4,47	-0,30
Полтавська	18	-6,18	-5,70	-0,52	7,87	15,23	18,40	20,36	19,44	14,12	7,49	0,94	-3,96
Рівненська	4	-4,16	-3,74	0,94	7,46	13,88	16,81	18,30	17,51	13,21	7,61	1,98	-2,08
Сумська	15	-7,00	-6,76	-1,67	6,81	14,27	17,56	19,33	18,30	13,00	6,47	0,03	-4,81
Тернопільська	4	-4,61	-3,73	0,87	7,48	13,62	16,61	18,26	17,48	13,27	7,79	2,06	-2,31
Харківська	20	-6,79	-6,46	-1,12	7,77	15,19	18,54	20,55	19,60	13,94	7,13	0,44	-4,64
Херсонська	20	-2,57	-2,06	2,34	9,22	15,98	20,15	22,88	22,10	16,93	10,79	4,28	-0,37
Хмельницька	11	-4,92	-4,11	0,70	7,50	13,90	16,82	18,56	17,90	13,47	7,78	1,75	-2,70
Черкаська	20	-5,50	-4,87	0,11	7,89	14,85	17,93	19,86	19,11	14,11	7,84	1,29	-3,19
Чернівецька	2	-4,14	-3,14	1,80	8,66	14,46	17,40	19,23	18,69	14,25	8,65	2,09	-1,99
Чернігівська	17	-6,54	-6,29	-1,21	7,00	14,29	17,24	19,02	17,99	12,89	6,57	0,38	-4,25

Таблиця 2

Стандарти температури повітря в областях України

Регіони України	Обласні значення стандартів для місяців року											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вінницька	6,29	6,17	5,44	4,52	3,79	3,52	3,36	3,41	3,85	4,49	5,30	5,93
Волинська	6,02	6,00	5,33	4,53	3,83	3,56	3,43	3,49	3,91	4,51	5,20	5,76
Дніпропетровська	6,28	6,19	5,42	4,38	3,65	3,34	3,15	3,21	3,71	4,41	5,26	5,97
Донецька	6,39	6,32	5,52	4,43	3,68	3,35	3,14	3,22	3,72	4,44	5,32	6,05
Житомирська	6,33	6,22	5,50	4,56	3,83	3,55	3,40	3,48	3,93	4,58	5,33	5,96
Закарпатська	6,05	5,80	5,03	4,33	3,78	3,52	3,35	3,42	3,80	4,34	5,03	5,67
Запорізька	6,07	6,01	5,34	4,38	3,64	3,27	3,06	3,12	3,60	4,25	5,06	5,75
Івано-Франківська	6,20	6,01	5,33	4,54	3,91	3,62	3,45	3,52	3,92	4,49	5,20	5,84
Кіївська	6,36	6,28	5,53	4,53	3,77	3,49	3,34	3,41	3,88	4,55	5,36	6,00
Кіровоградська	6,28	6,19	5,43	4,45	3,72	3,41	3,24	3,29	3,76	4,43	5,28	5,95
Крим	5,55	5,55	5,05	4,35	3,75	3,34	3,10	3,14	3,56	4,08	4,73	5,25
Крим ПБ	5,10	5,13	4,80	4,26	3,70	3,28	3,00	3,01	3,37	3,83	4,39	4,82
Луганська	6,53	6,50	5,62	4,44	3,66	3,34	3,14	3,24	3,77	4,51	5,39	6,15
Львівська	6,06	5,93	5,28	4,52	3,89	3,60	3,44	3,51	3,90	4,46	5,15	5,73
Миколаївська	5,99	5,89	5,21	4,34	3,64	3,29	3,08	3,14	3,58	4,21	5,00	5,67
Одеська	5,89	5,78	5,16	4,35	3,66	3,30	3,10	3,16	3,57	4,15	4,90	5,54
Полтавська	6,46	6,38	5,57	4,48	3,70	3,41	3,24	3,32	3,81	4,53	5,37	6,10
Рівненська	6,13	6,06	5,37	4,53	3,83	3,55	3,42	3,49	3,90	4,51	5,22	5,81
Сумська	6,60	6,56	5,74	4,61	3,80	3,48	3,33	3,42	3,92	4,65	5,50	6,23
Тернопільська	6,20	6,06	5,38	4,53	3,86	3,57	3,42	3,49	3,89	4,49	5,21	5,84
Харківська	6,56	6,51	5,66	4,49	3,71	3,40	3,22	3,30	3,83	4,57	5,44	6,20
Херсонська	5,88	5,80	5,18	4,33	3,63	3,26	3,03	3,10	3,54	4,15	4,92	5,55
Хмельницька	6,25	6,12	5,40	4,53	3,83	3,55	3,39	3,45	3,88	4,49	5,25	5,90
Черкаська	6,35	6,24	5,48	4,48	3,74	3,45	3,28	3,35	3,81	4,49	5,32	5,98
Чернівецька	6,13	5,97	5,25	4,39	3,78	3,50	3,34	3,38	3,80	4,39	5,21	5,79
Чернігівська	6,52	6,48	5,68	4,58	3,79	3,51	3,35	3,45	3,93	4,64	5,45	6,14

Стандарти температури повітря обчислені через математичні сподівання M_0 з таблиці 1 за наближеною формулою з [3]

$$S_0 = 5,5 \cdot \exp(-0,026 \cdot M_0). \quad (2)$$

Результати обчислень за формулою (2) для усіх регіонів і всіх місяців року наведені в таблиці 2, кожен рядок якої визначає річну функцію стандарту температури повітря для певного регіону України. Порівняння з даними [2, 3] вказує на якісну збіжність функцій стандарту, які зростають взимку та зменшуються у теплий період року.

Дані таблиць 1 і 2 дозволяють представити температури атмосферного повітря у 26 регіонах України у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин з нормальним законом розподілу. Така форма імовірнісного подання відповідає розробленій в [4, 5] методиці оцінювання показників теплової надійності огорожувальних конструкцій.

Висновки

1. Адміністративно-територіальне районування статистичних характеристик температури атмосферного повітря виконане за даними метеорологічних спостережень на 414 рівнинних метеостанціях і метеопостах України.

2. Для кожної з 24 адміністративних областей України, АР Крим та Південного берега Криму встановлені обласні функції математичного сподівання й стандарту температури повітря у вигляді послідовностей із 12-ти місячних значень.

3. Отримані результати дозволили подати температуру атмосферного повітря в 26 регіонах України у формі послідовностей із 12-ти нормально розподілених випадкових величин та використати їх у якості вихідних даних для оцінювання показників теплової надійності огорожувальних конструкцій, призначених для експлуатації в різних регіонах.

References

1. DBN B.2.6-31: 2016: Thermal insulation of buildings. - Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine, 2016. - 31 p. (in Ukrainian)
2. Temperaturni vplyvy na ohorodzhuvalni konstruktsii budivel (monohrafiia) / V.A. Pashynskiy, N.V. Pushkar, A.M. Kariuk / Odeska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa, 2012. – 180 s.
3. Kariuk A.M. Statystychni kharakterystyky serednodobovoi temperatury povitria na terytorii Ukrainy / A.M. Kariuk, V.V. Pashynskiy // Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa: Zovnishreklamservis, 2012 – Vypusk № 47, chastyna 2. – S. 157-163.
4. Pashynskiy V.A., Plotnykov O.A. Veroiatnostnaia metodyka analiza teplovoi nadezhnomy uzlov ohrazhdaiushchykh konstruktsiy // Vestnyk Belorussko-rossyiskoho unyversyteta, 2017. – № 3 (56). – S. 129–135.

5. Kariuk A., Pashynskiy V., Pashynskiy M., Mammadova F. (2022) Methods of Probabilistic Assessment of Building Enclosing Structures Thermal Reliability // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 181, pp. 179-189. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-218>

6. DSTU-N B V.1.1–27:2010 Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelna klimatolohiia. – K., 2010. – 101 s.

7. Pashynskiy V.A. Metodyka administratyvno-terytorialnoho raionuvannia klimatychnykh navantazhen na budivelni konstruktsii // Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy: Zbirnyk naukovykh prats.– Rivne, 2016. – Vypusk 32. – S. 387-393.

8. Pashynskiy, V., Pashynskiy, M., Pushkar, N., Skrynnik, I.: Method of administrative-territorial zoning of the design parameters of air temperature, Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 2019, 19, pp. 50-57, <https://doi.org/10.13167/2019.19.5>

Список використаної літератури

1. DBN B.2.6-31: 2016: Thermal insulation of buildings. - Kyiv: Ministry of Construction of Ukraine, 2016. - 31 p. (in Ukrainian)

2. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель (монографія) / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, А. М. Карюк / Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2012. – 180 с.

3. Карюк А. М. Статистичні характеристики середньодобової температури повітря на території України / А. М. Карюк, В. В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012 – Випуск № 47, частина 2. – С. 157-163.

4. Пашинский В.А., Плотников О.А. Вероятностная методика анализа тепловой надежности узлов ограждающих конструкций // Вестник Белорусско-российского университета, 2017. – № 3 (56). – С. 129–135.

5. Kariuk A., Pashynskiy V., Pashynskiy M., Mammadova F. (2022) Methods of Probabilistic Assessment of Building Enclosing Structures Thermal Reliability // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 181, pp. 179-189. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-218>

6. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с.

7. Пашинський В. А. Методика адміністративно-територіального районування кліматичних навантажень на будівельні конструкції // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць.– Рівне, 2016. – Випуск 32. – С. 387-393.

8. Pashynskiy, V., Pashynskiy, M., Pushkar, N., Skrynnik, I.: Method of administrative-territorial zoning of the design parameters of air temperature, Electronic Journal of the Faculty of Civil Engineering Osijek-e-GFOS, 2019, 19, pp. 50-57, <https://doi.org/10.13167/2019.19.5>