

**РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ
ДЛЯ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ**

**DESIGN VALUES OF AIR TEMPERATURE FOR REGIONS
OF UKRAINE**

**Пашинський В.А., д.т.н., професор, ORCID: 0000-0002-5474-6399,
Пашинський М.В., к.т.н., ст. викл., ORCID: 0000-0002-2669-523X,
(Центральноукраїнський національний технічний університет,
м. Кропивницький); Гриньова І.І., к.т.н., ст. викл., ORCID: 0000-0001-7637-
6029, (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)**

**Pashynskiy V.A., Sc.D., professor, ORCID: 0000-0002-5474-6399,
Pashynskiy M.V., PhD., senior lecturer, ORCID: 0000-0002-2669-523X,
(Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi)
Grynyova I.I., PhD., senior lecturer, ORCID: 0000-0001-7637-6029, (Odessa
state academy of civil engineering and architecture, Odessa)**

У процесі адміністративно-територіального районування розрахункових параметрів температури атмосферного повітря для кожної області України встановлені обласні розрахункові значення температур: середньорічної, найхолоднішого та найтеплішого місяця, найхолоднішої та найтеплішої доби.

The idea of administrative-territorial zoning is that for the territory of each administrative region a single value of the design parameter of climatic load or impact is set, which will provide the necessary safety margin during the design of buildings and structures in the region.

Administrative-territorial zoning of the design parameters of air temperature was performed according to the data of 371 plain weather stations of Ukraine. From 3 to 29 weather stations are located in the territory of each region. The duration of observations series of air temperature for the vast majority of weather stations is 11... 60 years.

The regional design values of seven air temperature parameters are set for each of the 25 administrative regions of Ukraine and the Southern coast of Crimea: mean annual air temperature, mean air temperature in January and July, temperatures of the coldest and warmest days with a reliability level of 0.98. The results of zoning are summarized in a table, the data of which are recommended for use during the design of buildings and structures.

Statistical analysis of deviations of the established regional design values from the actual values of air temperature parameters at all weather stations showed

that the administrative-territorial zoning is performed with a safety margin, and its errors generally do not exceed the errors of tabular or cartographic zoning methods.

The performed administrative-territorial zoning provides convenience, speed and reliability of determining the design parameters of air temperature according to the position of the construction site in a certain administrative region of Ukraine, and therefore can be recommended for use in the buildings design.

Ключові слова:

температура повітря, територіальне районування
air temperature, territorial zoning

Вступ. Температура атмосферного повітря виявляє істотний вплив на огорожувальні та несучі конструкції будівель і споруд. Температура повітря, як і інші кліматичні навантаження та впливи, залежить від географічної зони розміщення будівлі. Тому важливою складовою нормування температури атмосферного повітря є спосіб територіального районування, який повинен забезпечувати простоту, однозначність і достатню точність визначення необхідних розрахункових параметрів.

Традиційний спосіб відображення територіальної мінливості параметрів кліматичних навантажень і впливів полягає в побудові карт територіального районування, на яких територія країни розділяється на декілька зон з встановленими значеннями необхідних параметрів. Відомий також спосіб адміністративно-територіального районування, який полягає у встановленні для території кожної адміністративної області єдиного розрахункового значення кліматичного навантаження чи впливу, яке забезпечить необхідний запас надійності при проектуванні конструкцій. Представлені у формі таблиці результати районування забезпечують досить точне й безпомилкове визначення розрахункових параметрів за належністю місця розташування будівельного об'єкта до певної адміністративної області.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженню температури атмосферного повітря та її впливу на будівельні конструкції присвячено досить багато публікацій. Значна часова й територіальна мінливість спонукає до імовірнісного подання температури у формі випадкових величин та випадкових процесів, імовірнісні моделі яких обґрунтовані в роботах [1, 2]. Результати досліджень температури повітря як впливу на огорожувальні конструкції узагальнені в монографії [1]. Силовий вплив температури атмосферного повітря на несучі будівельні конструкції розглянуто в [2]. У цих роботах наведені також статистичні характеристики температури повітря для мережі пунктів спостереження України.

Зонування територій за показниками клімату здійснювалося в роботах [1...4]. В [1] розроблені карти районування статистичних характеристик і

розрахункових значень мінімальної (зимової) температури повітря для проектування теплової ізоляції будівель на території України. В монографії [2] наведені карти територіального районування розрахункових значень температури повітря, як впливу на несучі конструкції. В роботах [3, 4] проаналізовані різні підходи до вибору кліматичних параметрів та відображення їх територіальної мінливості, які загалом зводяться до поділу країни на певні зони. Стандарт [5] містить параметри температури повітря, які використовуються при проектуванні будівель, у вигляді таблиці для опорної мережі з 57 метеостанцій.

Недоліками табличного [5] та картографічного [1, 2] способів територіального районування розрахункових параметрів температури повітря є суб'єктивність вибору найближчої метеостанції з переліку [5], невизначеність для територій поблизу меж територіальних районів при використанні схематичних карт [1, 2] та необхідність розроблення й використання окремої карти для кожного з розрахункових параметрів.

В роботі [6] запропоновано спосіб адміністративно-територіального районування, який полягає у встановленні єдиного в межах кожної адміністративної області розрахункового значення кліматичного навантаження чи впливу, яке забезпечить необхідний запас надійності при проектуванні конструкцій на території області. В роботах [7, 8] виконане адміністративно-територіальне районування України за характеристичними значеннями снігового, вітрового та ожеледно-вітрового навантаження. Результати районування представлені у вигляді таблиці, кожний рядок якої містить характеристичні значення навантажень для певної адміністративної області України. Проведений у [8] аналіз показав, що імовірні похибки адміністративно-територіального районування не перевищують похибок карт районування, наведених в нормах навантажень [9].

Переваги адміністративно-територіального районування полягають у компактності подання результатів, а також у простоті та безпомилковості визначення розрахункових значень за належністю місця розташування будівельного об'єкта до певної адміністративної області. Адміністративно-територіальне районування України за розрахунковими параметрами температури атмосферного повітря раніше не виконувалося.

Мета й задачі дослідження. Метою даної роботи є виконання адміністративно-територіального районування основних розрахункових параметрів температури атмосферного повітря для території України. Для досягнення цієї мети необхідно обрати основні розрахункові параметри температури атмосферного повітря, сформувати базу даних для мережі метеостанцій України, визначити розрахункові значення обраних параметрів для кожної області та оцінити імовірні похибки від використання розробленої таблиці адміністративно-територіального районування.

Вихідні дані. В якості вихідної інформації використані узагальнені результати строкових спостережень за температурою повітря, які

виконувалися за стандартною методикою на 371 рівнинному пункті спостереження (метеорологічні станції та метеорологічні пости, далі – ПС). Дані ПС, розміщених в гірських місцевостях Криму та Карпат на висоті понад 500 м над рівнем моря, не враховувалися, тому отримані нижче результати територіального районування відповідають рівнинним місцевостям України. Зниження температури повітря з висотою над рівнем моря можна врахувати за відомими в кліматології залежностями.

Тривалість спостережень в основному змінюється від 11 до 60 років, а для окремих ПС сягає 100 років. Наявність 30% ПС з короткими рядами спостережень тривалістю до 20 років компенсується близько розміщеними сусідніми пунктами спостереження.

Розподіл кількості використаних для дослідження рівнинних ПС по областях України наведено в таблиці 1. Найменша кількість ПС (3 ПС) розташовані на території Чернівецької області, а найбільша (46 ПС) – на території АР Крим. Це обумовлено значною мінливістю кліматичних умов рівнинної й гірської території Криму та його Південного берега. Субтропічний клімат Південного берега Криму змусив виділити в окрему зону пункти спостереження, розміщені південніше Кримських гір.

Досить щільна мережа ПС та наявний обсяг результатів метеорологічних спостережень забезпечують можливість детального аналізу територіальної мінливості параметрів температури атмосферного повітря.

Основними вихідними даними для територіального районування є середньомісячні та середньорічні значення температури повітря з монографії [1], а також обчислені за формулами з [1] стандарти температури в січні та липні для усіх ПС. Розрахункові значення температур найхолоднішої та найтеплішої доби для кожної з метеостанцій обчислені за формулами:

$$T_{\min} = M_1 - S_1 \sqrt{2 \ln(4,8 \omega n)}, \quad T_{\max} = M_7 + S_7 \sqrt{2 \ln(4,8 \omega n)}, \quad (1)$$

де M_1, S_1, M_7, S_7 – математичні сподівання (середні значення) й стандарти випадкового процесу температури повітря у січні та липні;
 $\omega=0,6$ 1/добу – ефективна частота випадкового процесу температури повітря за [1];

$T=50$ років – період повторюваності розрахункового значення, який відповідає прийнятій в стандарті [5] забезпеченості 0,98.

У результаті виконаних обчислень для кожного з 371 ПС до бази даних занесені для територіального районування такі характеристики:

- середня температура року M_P ;
- середня температура січня M_1 та липня M_7 ;
- розрахункова температура найхолоднішої T_{\min} та найтеплішої доби T_{\max} .

Методика районування. Адміністративно-територіальне районування базується на використанні офіційного адміністративного поділу України. Для кожної з адміністративних областей та для АР Крим за даними ПС,

розміщених на території цих регіонів, формуються вибірки усіх досліджених розрахункових параметрів. Статистична обробка цих вибірок дає середні по області значення та стандарти, які відображають мінливість досліджених розрахункових параметрів температури повітря в межах території області. Обласні розрахункові значення встановлені, виходячи з нормального розподілу розрахункових параметрів у межах кожної області:

- середня температура січня $T_{1,0}$ та температура найхолоднішої доби $T_{\min,0}$ як мінімальні значення в межах області з забезпеченістю 0,95;
- середня температура липня $T_{7,0}$ та температура найтеплішої доби $T_{\max,0}$ як максимальні значення в межах області з забезпеченістю 0,95;
- середньорічна температура повітря $T_{p,0}$ приймається рівною середньому значенню з усіх метеостанцій, розміщених на території області.

Результати районування параметрів температури повітря.

Адміністративно-територіальне районування розрахункових параметрів температури повітря виконане за методикою [6, 7]. Для цього усі 371 рівнинні пункти спостереження розділені на 26 груп за кількістю областей України, включаючи окремо представлений Південний берег Криму. Кількість ПС у кожному регіоні вказана в таблиці 1. У результаті статистичної обробки визначені середні значення та стандарти вибірок, а також обласні значення кожного з п'яти перелічених вище розрахункових параметрів для усіх 26-ти регіонів України.

Результатом територіального районування є таблиця 1, кожен рядок якої містить обласні розрахункові значення п'яти параметрів температури повітря для певної адміністративної області. Середньомісячні та середньорічні значення температури округлені до 0,1°C, а розрахункові значення – до 1°C, як це зроблено в стандарті [5]. Невелика кількість адміністративних областей України забезпечує компактність подання результатів, а точно відома належність будівельного майданчика до певної адміністративної області гарантує зручність, простоту, швидкість та безпомилковість визначення розрахункових параметрів.

Останні рядки таблиці містять межі зміни досліджених характеристик по території України. Найбільша територіальна мінливість з розмахом у 9,0°C та 15,2°C притаманна середнім температурам січня $T_{1,0}$ та розрахунковим температурам найхолоднішої доби $T_{\min,0}$. Якщо виключити з аналізу Південний берег Криму з його субтропічним кліматом, розмахи цих температур зменшуються до 5,8°C та 10,6°C. Це підтверджує доцільність виділення Південного берегу Криму в окрему температурну зону з істотно вищими зимовими температурами повітря. Середні температури липня $T_{7,0}$ та літні розрахункові температури $T_{\max,0}$ менше змінюються по території.

Таблиця 1

Розрахункові параметри температури повітря для областей України

Області України	Кількість ПС	Розрахункові параметри [°C]				
		T _{1,0}	T _{7,0}	T _{P,0}	T _{min,0}	T _{max,0}
Вінницька	15	-6,6	19,9	7,2	-28	31
Волинська	6	-3,9	18,4	7,4	-23	30
Донецька	17	-7,4	22,6	7,8	-29	32
Житомирська	11	-6,5	19,5	6,8	-27	30
Закарпатська	14	-5,0	21,0	8,2	-25	31
Запорізька обл.	13	-5,4	24,1	9,1	-25	33
Івано-Франківська	18	-6,1	19,7	7,0	-27	31
Київська	16	-7,0	19,8	7,0	-28	31
Кіровоградська	13	-6,4	21,6	7,9	-27	32
Луганська	10	-8,2	22,2	7,3	-31	32
Львівська	28	-4,8	18,7	7,4	-24	30
Миколаївська	9	-5,0	23,0	9,4	-25	32
Одеська	21	-4,9	23,1	9,7	-25	32
Полтавська	13	-7,1	21,6	7,3	-29	32
Рівненська	4	-4,8	18,7	7,3	-24	30
Дніпропетровська	13	-6,3	22,3	8,3	-27	32
Сумська	14	-8,3	20,4	6,3	-31	31
Тернопільська	7	-5,9	19,1	7,2	-26	30
Харківська	17	-8,0	21,4	6,9	-30	31
Херсонська	18	-3,7	23,6	9,9	-23	32
Хмельницька	9	-6,0	19,1	7,1	-27	30
Черкаська	20	-6,6	20,9	7,4	-28	31
Чернівецька	3	-5,7	19,4	8,2	-26	30
Чернігівська	16	-7,8	19,9	6,3	-30	31
Рівнинна частина АРК	29	-2,3	24,0	10,4	-20	33
Південний берег Криму	17	0,7	25,1	12,2	-16	33
Мінімальні значення параметрів		-8,3	18,4	6,3	-30,9	29,7
Максимальні значення параметрів		0,7	25,1	12,2	-15,7	33,1
Розмах параметрів температури		9,0	6,7	5,9	15,2	3,4

Наявність середніх температур січня T_{1,0} і липня T_{7,0} дозволяє визначити для обраної області середню температуру j-го місяця року за формулою:

$$T_{j,0} = \frac{T_{1,0} + T_{7,0}}{2} + \frac{T_{7,0} - T_{1,0}}{2} \cos \left[\frac{\pi(j-7)}{6} \right], \quad (2)$$

де j = 1...12 – порядковий номер місяця, починаючи з січня.

Характер територіальної мінливості параметрів температури повітря наочно відображений на рисунку 1, де наведені схематичні карти України з вказаними на них обласними розрахунковими значеннями температури найхолоднішої $T_{min,O}$ та найтеплішої доби $T_{max,O}$ з таблиці 1.

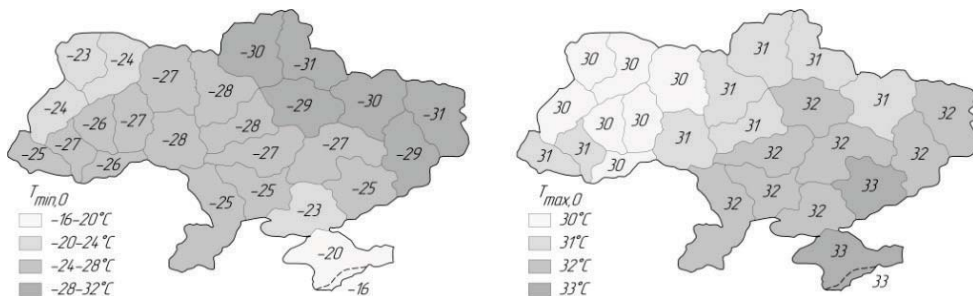


Рис. 1 Розрахункові значення температури повітря для областей України

З рисунка 1 видно, що розрахункові значення мінімальної температури повітря досить систематично зростають з півночі на південь України за винятком більш теплої зони на північному заході. Розрахункові значення максимальної температури зростають з північного заходу на південний схід України. Загальний характер територіальної мінливості температури повітря відповідає звичним уявленням, даним стандарту [5] та картам районування з [1, 2], що підтверджує достовірність виконаного районування.

Аналіз точності районування параметрів температури повітря. Точність виконаного адміністративно-територіального районування оцінена шляхом статистичної обробки різниць між обласними розрахунковими параметрами та фактичними параметрами температури повітря на кожному ПС, обчисленими за метеорологічними даними. Статистичні характеристики цих відхилень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистичні характеристики відхилень розрахункових параметрів температури повітря від обласних розрахункових значень

Статичні характеристики відхилень	Відхилення параметрів, [°C]				
	$T_{1,O}$	$T_{7,O}$	$T_{p,O}$	$T_{min,O}$	$T_{max,O}$
Середнє відхилення	-1,47	1,15	0,00	-2,45	0,62
Стандарт відхилення	1,23	0,92	0,63	1,85	0,50
90% межі відхилень	-3,5	-0,4	-1,0	-5,5	-0,2
	0,5	2,7	1,0	0,6	1,4
Забезпеченість районування	0,97	0,96		0,97	0,97

Результати статистичного аналізу вказують на достатню точність адміністративно-територіального районування параметрів температури повітря. Середні значення відхилень температури в січні є від'ємними, а в липні – додатними, що створює необхідні запаси надійності. Для 90% пунктів

спостереження відхилення не виходять за межі 1,0...5,5°C. Найбільші відхилення встановлених обласних значень від фактичних параметрів для окремих метеостанцій спостерігаються для зимових температур. Це обумовлено більшою мінливістю по території, що видно з останніх рядків таблиці 1. Забезпеченість територіального районування дорівнює 0,96...0,97, тобто для 96...97% ПС адміністративно-територіальне районування виконане в запас надійності. Аналіз відхилень по окремих областях показав, що найбільш мінливими є параметри температури повітря в Одеській області, яка має значну протяжність від степової зони на півночі до південних приморських районів, а також в областях з гірською місцевістю.

Висновки:

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

2. Для кожної з 25 адміністративних областей України та окремо для Південного берега Криму встановлені обласні розрахункові значення п'яти параметрів температури повітря: середні температури січня та липня, середньорічна температура, температури найхолоднішої та найтеплішої доби.

3. Статистичний аналіз відхилень встановлених обласних розрахункових значень від фактичних значень параметрів температури повітря на усіх пунктах спостереження показав, що адміністративно-територіальне районування виконане в запас надійності, а його похибки в основному не перевищують похибок табличного чи картографічного способів районування.

4. Виконане адміністративно-територіальне районування забезпечує зручність, швидкість та надійність визначення розрахункових параметрів температури повітря за належністю будівельного майданчика до певної адміністративної області України, а тому може бути рекомендованим для використання при проектуванні будівельних об'єктів.

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

Temperaturni vplyvy na ohorodzhivalni konstruktсии budivel (monohrafiia) /V.A. Pashynskiy, N.V. Pushkar, A.M. Kariuk / Odeska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa, 2012. – 180 s.

2. Дорофеев В.С. Напряжено-деформованный стан стальных каркасов при температурных воздействиях (монография) / В.С. Дорофеев, Н.В. Пушкар, В.В. Пашинский; Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2014. – 160 с.

Dorofiev V.S. Napruzhenodeformovanyi stan stalevykh karkasiv pry temperaturnykh vplyvakh (monohrafiia) / V.S. Dorofiev, N.V. Pushkar, V.V. Pashynskiy; Odeska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa, 2014. – 160 s.

3. A. Walsh, D. Costola, L.C. Labaki, Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs, *Building and Environment*, Vol. 112 (2017) 337-350.

4. J. Xiong, R. Yao, S. Grimmond, Q. Zhang, B. Li, A hierarchical climatic zoning method for energy efficient building design applied in the region with diverse climate characteristics, *Energy and Buildings*, Vol. 186 (2019) 355-367.

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

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

6. 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.

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

7. Филимоных Г.Б. Метод административно-территориального районирования климатических нагрузок на строительные конструкции / Г.Б. Филимоных, Н.В. Пашинский // Вестник БРУ, 2018 г. – С. 121-128.

Filimonihin G.B. Metod administrativno-territorial'nogo rajonirovaniya klimaticheskikh nagruzok na stroitel'nye konstrukcii / G.B. Filimonikhin, M.V. Pashynskiy // Vestnik BRU, 2018 g. – S. 121-128.

8. Пашинський В.А., Філімоніхін Г.Б., Пашинський М.В. Районування характеристикних значень кліматичних навантажень на території України. Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського / Під загальною редакцією заслуженого діяча науки і техніки України, члена-кореспондента НАН України, д.т.н., проф. О. В. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2018. – Вип. 19 – С. 88-100. Pashynskiy V.A., Filimonikhin G.B., Pashynskiy M.V. Raionuvannya kharakterystychnykh znachen klimatychnykh navantazhen na terytorii Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho instytutu stalevykh konstruksii imeni V. M. Shymanovskoho / Pid zahalnoiu redaktsiieiu zasluzhenoho diiacha nauky i tekhniky Ukrainy, chlena-korespondenta NAN Ukrainy, d.t.n., profesora O. V. Shymanovskoho. – K.: Vyd-vo «Stal», 2018. – Vyp. 19 – S. 88-100

9. ДБН ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007. – 59 с.

DBN DBN V.1.2-2:2006. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannya. K.: Minbud Ukrainy, 2007. – 59 s.