

**ВІД БУДІВЕЛЬ ІЗ МАЙЖЕ НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ (NZEB)
ДО БУДІВЕЛЬ ІЗ МАЙЖЕ НУЛЬОВИМИ ВИКИДАМИ (ZEB)
ЧАСТИНА 1. ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ОБСЯГИ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОТИ
ДЛЯ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ**

Ivanka Pandelieva-Dimova¹⁾

Email ivankap@sec.bg

Анатолій Колієнко²⁾, кандидат технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0001-9785-3103>

Email agkolienko@gmail.com

Віктор Каплун³⁾, доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0001-7040-9344>

Email kaplun.v@nubip.edu.ua

Світлана Макаревич³⁾, кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-9601-5156>

Email makarevich@nubip.edu.ua

Олена Шеліманова³⁾, кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-3321-1651>

Email shelemanova@ukr.net

¹⁾ **Sofia Energy Centre (Bulgaria)**

²⁾ **Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».**

³⁾ **Національний університет біоресурсів і природокористування України**

Анотація. Декарбонізація, як процес скорочення викидів в атмосферу парникових газів, і в першу чергу діоксиду карбону, CO₂, є актуальною науково-практичною задачею сьогодення. В результаті парникового ефекту викиди CO₂ спричиняють ефект потепління і пом'якшення параметрів клімату, що впливає, в свою чергу, на зменшення потреби в теплоті на опалення.

В статті висвітлено результати дослідження змін метеорологічних параметрів клімату в м. Полтава з 2005 по 2024 рр., виконано порівняння нормативних параметрів зовнішнього клімату, які використовуються наразі для ви-значення необхідних обсягів вироблення теплоти на потреби опалення і нормуються згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 з однієї сторони, і дійсних параметрів клімату станом на 2024 р., з іншої. Виконано прогноз змін параметрів клімату до 2050 р., на який заплановано виконання основних зобов'язань України щодо досягнення задач декарбонізації і кліматичної політики згідно вимог Закону України «Про основні засади державної кліматичної політики». Виконано дослідження змін у обсягах генерації і відпуску теплоти на потреби опалення будинкового сектору, які спричинені змінами розрахункових параметрів зовнішнього клімату станом на 2024 рік в результаті змін клімату для умов м. Полтава.

Ключові слова: енергоефективність, декарбонізація, розрахункові параметри зовнішнього повітря, генерація і відпуск теплоти

Вступ. Декарбонізація, як процес скорочення викидів в атмосферу парникових газів, і в першу чергу діоксиду карбону, CO₂, є актуальною науково-практичною задачею сьогодення. Політика ЄС у питанні декарбонізації базується на стратегії Європейського зеленого курсу (European Green Deal), метою якої є досягнення кліматичної нейтральності континенту до 2050 року [1].

Перехід від будівель із майже нульовим споживанням енергії (NZEB — Nearly Zero-Energy Buildings) до будівель із майже нульовими викидами (ZEB — Zero-Emission Buildings) є головним сучасним трендом в екологічному будівництві. Це потребує збільшення кількості висококваліфікованих фахівців у сферах фотоелектричних систем, інтелектуальних електричних мереж, теплових насосів, систем накопичення енергії для будівель.

Ліквідувати прогалини підготовки таких фахівців має на меті проект «Нові навички для будівель з майже нульовим енергоспоживанням» розроблено згідно з політикою, ініціативами

та відповідними документами ЄС у сфері: ВДЕ (відновлювані джерела енергії) та впровадження технологічних інновацій у будівельному секторі, цифрове та зелене підвищення кваліфікації професіоналів через ПТО, органи влади, роботодавців, кінцевих користувачів [2].

В рамках роботи над даним Проєктом фахівцями Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» та Національного університету біоресурсів і природокористування України у співдружності зі спеціалістами Палати інсталяторів Болгарії було виконано дане дослідження.

Огляд літературних джерел. У жовтні 2020 року Комісія представила свою стратегію оновлення [3]. Стратегія містить План дій із переліком конкретних регуляторних, фінансових та стимулюючих заходів для стимулювання оновлення будівель. Її мета полягає в тому, щоб до 2030 року принаймні подвоїти щорічні темпи енергетичної реновації будівель. Крім того, відповідно до вимог Директиви про енергетичну ефективність будівель (EPBD) [4], до 31 грудня 2030 року всі нові та існуючі будівлі після глибокої реконструкції мають стати будівлями з майже нульовим енергоспоживанням.

Цілком зрозуміло, що для карбоновмісних видів палива досягнення мети зі скорочення викидів в атмосферу CO_2 при спалюванні палива автоматично буде означати лише одне – зменшення витрат палива для отримання певної кількості енергії (тобто вирішення задачі енергетичної ефективності). Тобто первинним є усе таки задача підвищення енергетичної ефективності використання палива. А екологічні наслідки зі скорочення вуглекислого газу у складі продуктів згорання є супутнім процесом.

Станом на 2020 р. середня температура повітря на Землі уже зросла близько на $1,1^\circ\text{C}$ у порівнянні з початком індустріального періоду (1880-1900р). А концентрація CO_2 в атмосферному повітрі змінилась з 310 до 410 ppm. (рис. 1).

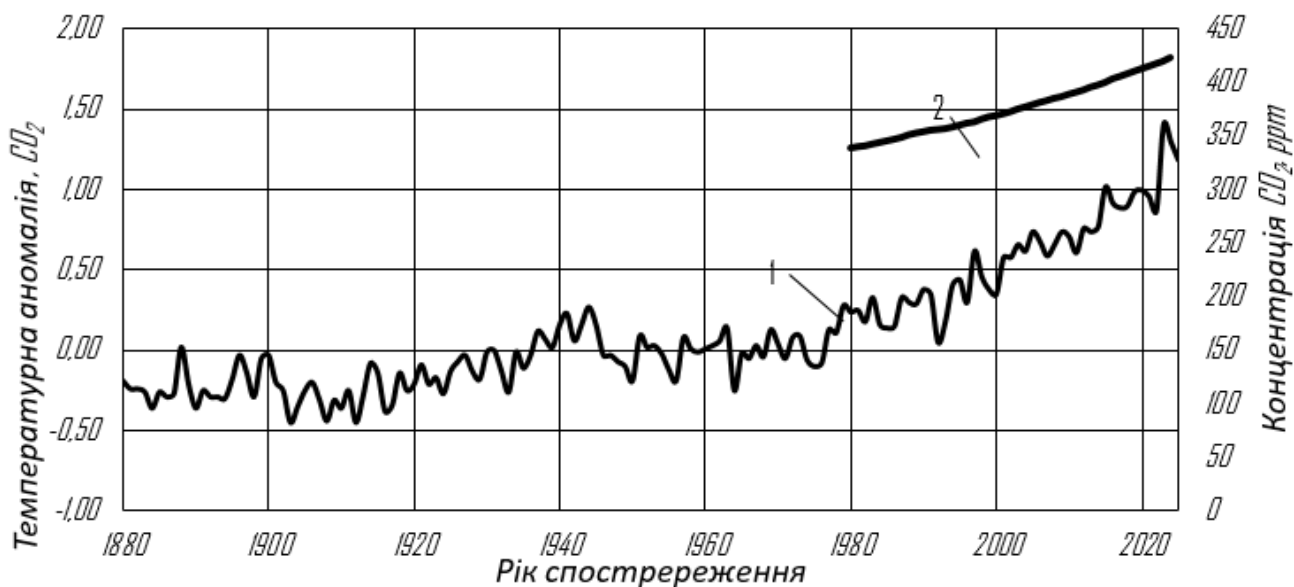


Рис. 1. Середня температурна аномалія і концентрації CO_2 в атмосферному повітрі Землі за роками спостереження [6].

Основним джерелом антропогенних викидів CO_2 є процеси спалювання карбонового палива в паливоспалювальних установках для вироблення теплової і електричної енергії, а також забезпечення життєво необхідних потреб людини в створенні комфортних умов перебування в приміщенні – на опалення, вентиляцію, освітлення і роботу електричних приладів.

Вирішення завдань із підвищення енергоефективності й зменшення витрат енергії автоматично вирішує ключові проблеми паливно-енергетичного комплексу – скорочення витрат палива та зменшення шкідливих викидів у атмосферу [7,8]. Питання лише в тому, що

саме мотивує діяльність, спрямовану на підвищення енергоефективності – збереження природних ресурсів чи захист довкілля. Обидві ці мотивації мають різне матеріальне втілення й відображають різний рівень свідомості та потреб людей.

З іншої сторони, ефект потепління в результаті викидів в атмосферу вуглекислого газу спричиняє зміну основних метеорологічних характеристик зовнішнього повітря, які є розрахунковими для визначення таких важливих показників споживання теплової енергії (показників енергетичної діяльності – ПЕД) в комунально-побутовому господарстві населених пунктів, як приєднане теплове навантаження і річний відпуск теплоти на потреби опалення [9]. Вказані показники, в свою чергу мають безпосередній вплив на викиди в атмосферу CO₂. Викиди CO₂ визначаються за величинами ПЕД і коефіцієнтами викидів (КВ): $CO_2 = ПЕД \cdot КВ$. Коефіцієнти викидів затверджені на міжнародному рівні [10]. Якщо розрахунок ведеться для державної звітності, то пріоритет має національний документ [11].

Отже енергетична система, в якій відбувається генерація теплоти на потреби опалення і антропогенний викид CO₂ є в певній мірі такою, що має тенденцію до саморегулювання – високі витрати карбонового палива для генерації теплоти на опалення будівель призводять до зростання викидів CO₂ в атмосферу. В результаті парникового ефекту ці викиди спричиняють ефект потепління і пом'якшення параметрів клімату, що впливає, в свою чергу, на зменшення потреби в теплоті на опалення. Це призводить до відповідного зменшення витрат палива на опалення і скорочення викидів CO₂.

Мета дослідження – проаналізувати можливість скорочення генерації теплоти на потреби опалення у зв'язку з потеплінням і зміною розрахункових метеорологічних параметрів зовнішнього повітря.

Матеріали і методи дослідження. Зміни метеорологічних параметрів клімату розглядалися для м. Полтава з 2005 по 2024 рр. Порівнювались нормативні параметри зовнішнього клімату, які використовуються наразі для визначення необхідних обсягів вироблення теплоти на потреби опалення і нормуються згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [12] з однієї сторони, і дійсні параметри клімату станом на 2024 р., з іншої.

До числа проаналізованих метеорологічних параметрів зовнішнього повітря, які впливають на показники енергетичної діяльності для потреб опалення відносяться:

- тривалість опалювального періоду; (1)
- середня температура опалювального періоду; (2)
- температура найбільш холодної доби; (3)
- температура найбільш холодної п'ятиденки. (4)

У якості базових було прийнято значення вказаних параметрів, які зазначено в нормативній документації [12]. Цей документ було затверджено у 2011 році. При складанні ДСТУ було використано інформацію метеорологічних спостережень метеостанцій за період 1961-2005 років. Дослідження параметрів клімату з 2005 по 2025 рік дають можливість розширити і актуалізувати метеорологічні характеристики за період часу від складання ДСТУ до поточного року для вибору розрахункових параметрів клімату і визначення основних характеристик інженерних систем опалення, вентиляції і теплопостачання.

Побудова лінії тренду можливих змін метеопараметрів клімату на основі сценарію змін з 2005 по 2025 рік дає можливість спрогнозувати параметри зовнішнього повітря станом на 2050 р., на який планується досягти кліматичної нейтральності України згідно [13].

В таблиці 1 наведено базові розрахункові параметри зовнішнього повітря для деяких міст України згідно чинного ДСТУ.

Було отримано масив даних про температуру зовнішнього повітря протягом 2005-2024 років згідно даних Гідрометеобюро і виконано їх обробку згідно чинної методики. Метеорологічний контроль температур здійснювався щодобово через кожні 3 години. Таким чином вихідна база даних температур становила близько 5800 величин.

В основу обробки даних було покладено те, що в якості розрахункових в ДСТУ- Н Б В. 1.1-27: 2010 прийнято величини, які враховують «коефіцієнт забезпеченості» та «показники теплової інерції будівель».

1. Нормативні чинні параметри зовнішнього повітря для деяких міст України [7]

Місто	Температура холодного періоду, °C				Період із середньою добовою температурою повітря менше за +8°C	
	Найхолодніша доба за-безпеченністю		Найхолодніша п'ятиденка забезпеченністю:		тривалість, діб	Середня температура, °C
	0,98	0,92	0,98	0,92		
Черкаси	-29	-26	-24	-21	178	-0,3
Кривий Ріг	-26	-23	-18	-17	171	0,2
Полтава	-30	-27	-25	-23	178	-0,8

Розрахункові параметри зовнішнього повітря повинні бути достатніми для розрахунку нестационарної теплопередачі через огороження, який характерний для розрахункових умов. Коефіцієнт забезпеченості k показує в частках одиниці або % число випадків, коли недопустимо відхилення від вибраних розрахункових параметрів. Наприклад коефіцієнт забезпеченості 0,92 (92 %) свідчить про те, що із 100 випадків (із 100 зим) лише у 8 випадках (для 8 зим) можливе недотримання вибраних розрахункових параметрів в меншу сторону. Для 50 випадків спостережень – таких відхилень повинно бути не більше 4. А для 20 – відповідно приблизно 2. Рівень забезпеченості пов'язаний з рівнем вимог до теплового комфорту у будівлях. Вибір температури залежить від теплової інерції будівель. В зв'язку з тим, що будівлі мають показник інерції 7 і більше приймаємо найбільш холодну п'ятиденку із забезпеченністю 0,92 (таблиця 2).

2. Показник теплової інерції, $D = R \cdot S$

Показник теплової інерції. D	1,5	1,5-4	4-7	7 і більше
Розрахункова температура	Найбільш холодної доби із забезпеченністю 0,98	Найбільш холодної доби із забезпеченністю 0,92	Середнє арифметичне між найбільш холодної доби і п'ятиденки	Найбільш холодної п'ятиденки доби із забезпеченністю 0,92

Результати досліджень та їх обговорення. Результати обробки даних і аналізу розрахункових параметрів клімату холодного періоду року з 2005 по 2025 р. для м. Полтава наведено у вигляді графіків на рис. 2 - 5.

Опрацювання отриманих даних для вказаних в таблиці трьох міст України дає можливість сформулювати метеорологічні розрахункові параметри зовнішнього повітря холодного періоду року з урахуванням змін клімату, котрі відбулись за 2005 -2025 рр. і порівняти їх зі значеннями, наведеними в ДСТУ [12] і КТМ 204 [14].

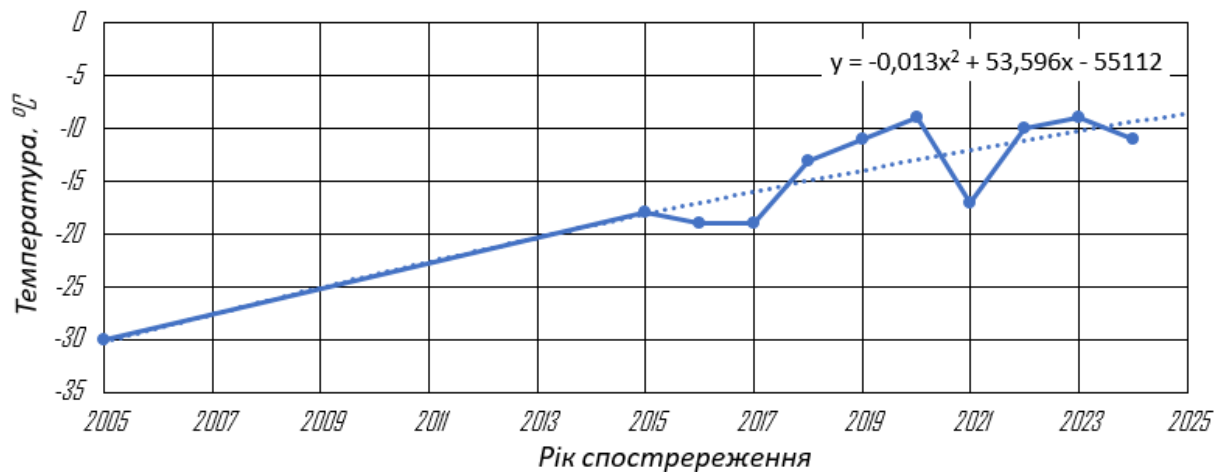


Рис.2. Графік змін температур найбільш холодної доби за роками спостережень.

Як видно з графіка рис. 2 температури найбільш холодної доби невинно зростають рік від року. І станом на 2025 рік становлять близько -17°C замість нормованого значення -30°C .

Аналогічний характер змін має місце і для середніх температур холодного періоду з температурою рівною і нижчою за $+8^{\circ}\text{C}$ (рис.3). За нормованого значення $-0,8^{\circ}\text{C}$ у 2005 р. величина температури, яка використовується в інженерних розрахунках для визначення річних витрат теплоти на потреби опалення збільшилась до $+1,5^{\circ}\text{C}$ у 2025 р. Лінія тренду свідчить про вірогідність подальшого зростання середньої температури опалювального періоду (рис.2).

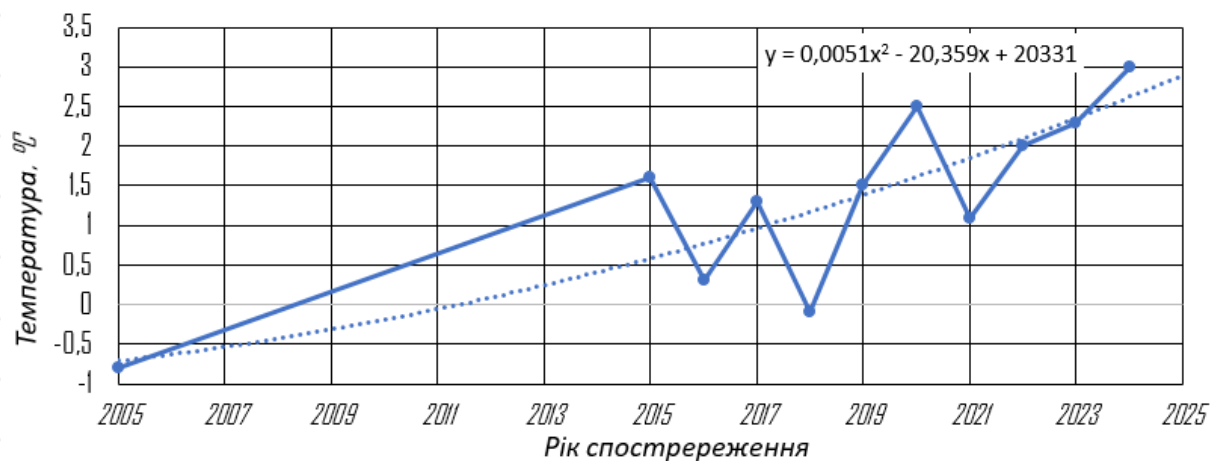


Рис. 3. Графік змін середніх температур опалювального періоду.

Тривалість періоду із середньою температурою зовнішнього повітря $+8$ і менше (опалювального періоду) зменшувалась за роками спостережень від 179 діб, нормованих в ДСТУ станом на 2005 рік до 120 діб у 2025 році (рис.4).

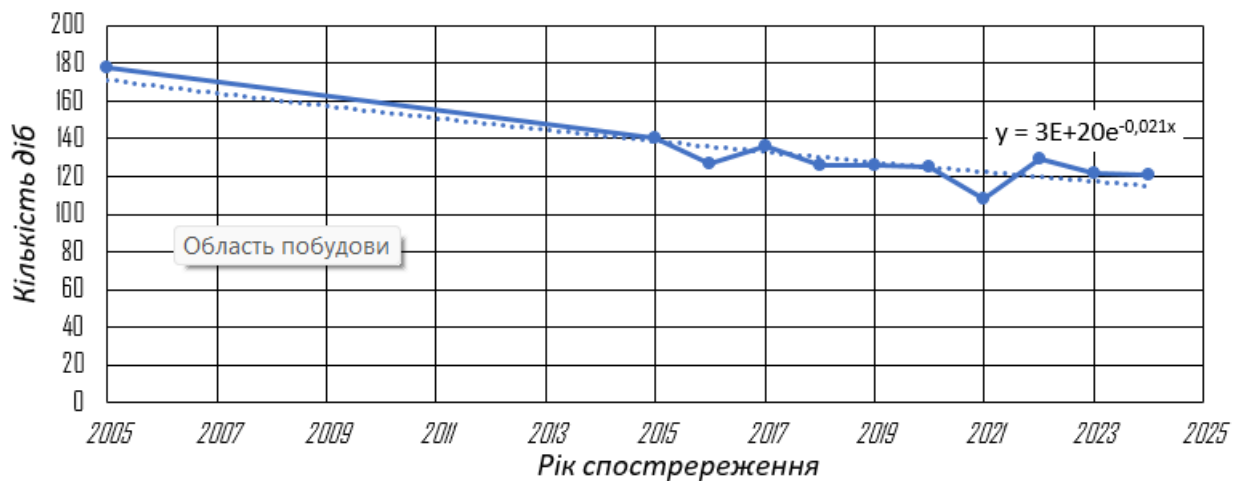


Рис.4. Зміна тривалості днів з температурою +8⁰С і нижче (тривалості опалювального періоду).

Найбільшій увазі задовго до аналізу графіка змін температур найбільш холодної п'ятиденки за роками спостережень (рис.5). Цю температуру застосовують для визначення надзвичайно важливих величини приєднаного теплового навантаження споживачів теплоти, теплопродуктивності генераторів теплоти і витрат теплоти в теплових мережах..

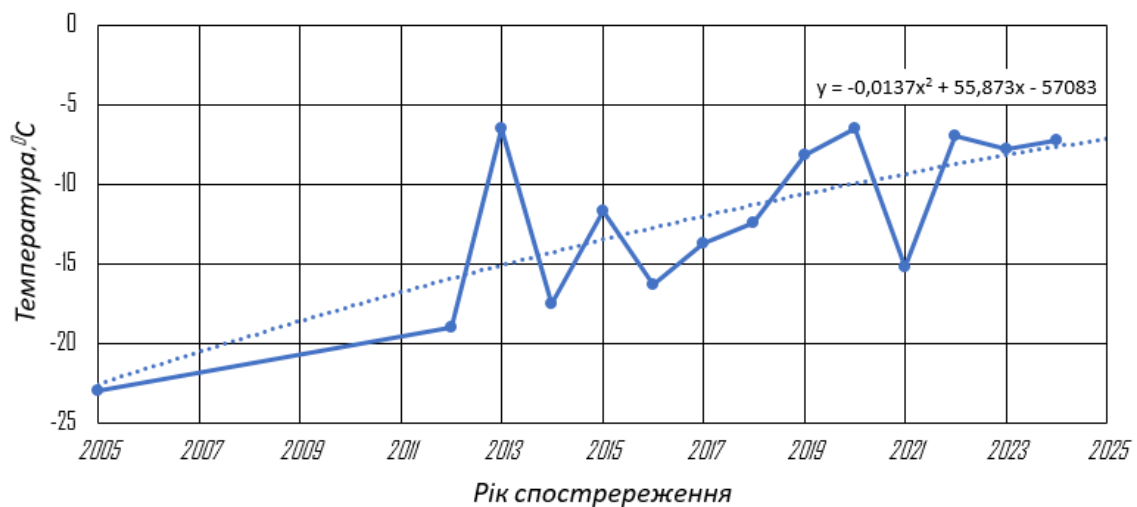


Рис. 5. Зміна температур найбільш холодних п'ятиденок протягом 2005-2025 рр.

З 2005 по 2025 рр. величина температури найбільш холодної п'ятиденки змінилась з -23 °С до значення -18 °С. Лінія тренду свідчить, що за умови збереження представленого сценарію змін температур станом на 2050 рік розрахункова температура зовнішнього повітря може збільшитись до величин -16 °С.

Аналогічний аналіз метеорологічних характеристик клімату був виконаний для м. Кривий Ріг і м. Черкаси. Результати аналізу представлені в таблиці 3.

		Назва міста
--	--	-------------

Характеристика зовнішнього клімату холодного періоду року	Розмір-ність	Полтава	Кривий Ріг	Черкаси
Температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченністю 0,92 (температура для розрахунку потреби в теплоті на опалення і вентиляцію будівель, а також приєднане теплове навантаження будівель): - згідно КТМ 204 (метеодані до 1960 року) - згідно ДСТУ (метеодані до 2005 року) - згідно отриманих даних 2005-2025 рр. - прогноз на 2050р. за існуючого сценарію змін клімату	°C	-23 -23 -18 -16	-23 -23 -18 -15	-21 -21 -19 -15
Тривалість діб з температурою +8 °C і менше - згідно КТМ 204 (метеодані до 1960 року) - згідно ДСТУ (метеодані до 2005 року) - згідно отриманих даних 2005-2025 рр. - прогноз на 2050р. за існуючого сценарію змін клімату	діб	187 178 120 115	178 171 160 140	189 178 150 120
Середня температура холодного періоду року з температурою +8 °C і менше згідно КТМ 204 (метеодані до 1960 року) - згідно ДСТУ (метеодані до 2005 року) - згідно отриманих даних 2005-2025 рр. - прогноз на 2050р. за існуючого сценарію змін клімату	°C	-1.9 -0.8 +1,5 +1,7	-0,6 +0,2 +0.5 +1,3	-1,0 -0,3 +0,5 +1,2

3. Порівняння характеристик зовнішнього клімату холодного періоду року

Виконаний аналіз параметрів зовнішнього клімату не претендує на абсолютну достовірність, бо у вихідних даних були відсутні необхідні параметри за де-якими періодами року. Але загальна тенденція до змін клімату і необхідність коригування розрахункових параметрів для інженерних і економічних розрахунків систем теплозабезпечення очевидна навіть за наведеними в таблиці 3 характеристиками, розглянутими на відтинку часу з 2005 по 2025 рр.

В країнах ЄС величину проектного теплового навантаження визначають згідно зі стандартом EN 12831 та національними кліматичними таблицями. В Україні цей документ адаптований, як ДСТУ EN 12831-1:2017 [15].

Для визначення розрахункової температури для систем опалення послуговуються довгостроковими метеоданими (приблизно за 30-річний період). У якості розрахункових приймають такі значення, які гарантують забезпечення нормованих параметрів мікроклімату навіть у найхолодніші періоди року. Наприклад для більшості міст Німеччини системи опалення розраховуються за температурою зовнішнього повітря -12-16°C.

Невиправдане зменшення розрахункових параметрів зовнішнього повітря і нехтування процесами кліматичних змін в проектах теплозабезпечення і роботі теплопостачальних організацій призводить до таких негативних наслідків:

- необґрунтоване завищення величин проектного приєданого теплового навантаження споживачів теплоти, що спричиняє збільшення інвестицій в абонентські системи опалення, теплові вузли вводу;
- завищені витрати теплоносія в теплових мережах, що призводить до невиправданого збільшення діаметрів трубопроводів теплових мереж, помилок у підборі мережних насосів, неправильному виборі гідралічного режиму роботи теплових мереж;
- невиправдане завищення потужності теплогенерувального обладнання і неефективна його робота в режимах, які не відповідають номінальному навантаженню – так виникають перевитрати палива і електричної енергії для цілей теплозабезпечення;
- суттєве завищення річних запланованих показників відпуску теплоти споживачам, необ'єктивна оцінка тарифів і обсягів відпуску теплоти, вимушена по-треба у надлишковому

відпуску теплоти, сезонні перетопи у споживачів, неефективне використання теплоти, касовий розрив у надходженні коштів за реалізовану теплоту і плановими очікуваннями за результатами опалювального періоду;

- необхідність у суттєвому місцевому регулюванні відпуску теплоти споживачами теплоти у теплових вузлах вводу до будинків, що призводить до суттєвого гідравлічного і теплового розрегулювання системи теплопостачання.

Висновки.

Аналіз метеорологічних характеристик клімату для міст України підтверджує наявність суттєвих змін у метеоданих холодного (опалювального) періоду року за останні 20 -30 років в напрямку потепління, які проявляються у наступному:

- скорочення тривалості холодного періоду (кількості днів з середньою температурою +8°C і менше) – на 20-30%;

- зростання в сторону додатних значень середньої температури холодного періоду з температурою +8°C і менше – на 1,5-2,5 °C;

- збільшення в сторону додатних значень температури найбільш холодної п'ятиденки (розрахункової температури для виконання розрахунків систем опалення, вентиляції і теплопостачання в цілому) – на величину від 2 °C до 5 °C;

- збільшення мінімальних середніх добових температур холодного періоду.

Зазначені зміни призводять до необхідності їх обов'язкового врахування при визначенні інженерних характеристик систем теплозабезпечення – теплового навантаження систем опалення, розрахункових витрат теплоти і тепло-носія в системах теплопостачання, теплової потужності котельних.

Зміни метеорологічних характеристик необхідно також враховувати при формуванні річних планів генерації і реалізації теплоти, а також формуванні тарифів на теплову енергію.

Список використаних джерел

1. European Green Deal, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
2. Project NS4nZEBs New Skills for Nearly Zero Energy Buildings <https://nubip.edu.ua/proyekt-life22-cet-ns4nzebs-0>
3. Renovation Wave Strategy https://commission.europa.eu/publications/strategic-plans-2020-2024_en
4. EU Directive on Nearly Zero Energy Buildings <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
5. Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text>
6. Global Monitoring Laboratory <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>
7. Колієнко А.Г., Супрун Т.Т., Шеліманова О.В. Оптимізація системи регулювання відпуску теплоти Енергетика і автоматика №5 2021 с. 13-27 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/energiya2021.05.013>
8. Колієнко А.Г., Шеліманова О.В. Фактори оптимізації температурного графіка відпуску теплоти в системах комунальної теплоенергетики Енергетика і автоматика №6 2022 с. 59-69 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/energiya2022.06.059>
9. Колієнко А.Г., Шеліманова О.В. Теплове навантаження будівель як параметр енергетичної ефективності системи теплозабезпечення Енергетика і автоматика №6 2025 с. 41-51 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/51951>
10. IPCC Emission Factor Database (EFDB). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
11. Постанова Кабінету Міністрів України № 156 від 05.02.2026 «Про затвердження загальнодержавних зважених коефіцієнтів викидів парникових газів, що утворюються

- внаслідок споживання кінцевої енергії». <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-zatverdyyv-zahalnoderzhavni-koefitsiienty-vykydiv-parnykovykh-haziv-dlia-spozhyvannia-kintsevoi-enerhii>.
12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26655
 13. Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 червня 2024 р. № 587-р.
 14. . КТМ 204 Україна 244-94 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні». К., 1994.
 15. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження на опалення, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75975

**FROM NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS (NZEB)
TO NEARLY ZERO EMISSION BUILDINGS (ZEB)
PART 1. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON HEAT CONSUMPTION FOR
HEATING BUILDINGS**

**Ivanka Pandelieva-Dimova, Anatoly Kolienko, Victor Kaplun,
Svitlana Makarevych, Olena Shelimanova**

Abstract. Decarbonization, as a process of reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere, primarily carbon dioxide, CO₂, is an urgent scientific and practical problem of today. As a result of the greenhouse effect, CO₂ emissions cause a warming effect and a softening of climate parameters, which in turn affects the reduction of heat demand for heating.

The article highlights the results of a study of changes in meteorological climate parameters in Poltava from 2005 to 2024, a comparison of the normative parameters of the external climate, which are currently used to determine the required volumes of heat generation for heating needs and are standardized according to DSTU-N B V.1.1-27:2010 on the one hand, and the actual climate parameters as of 2024, on the other. A forecast of changes in climate parameters until 2050 is made, for which it is planned to fulfill the main obligations of Ukraine to achieve the tasks of decarbonization and climate policy in accordance with the requirements of the Law of Ukraine “On the Basic Principles of State Climate Policy”. A study of changes in the volumes of heat generation and release for heating needs of the building sector, which are caused by changes in the calculated parameters of the external climate as of 2024 as a result of climate changes for the conditions of Poltava, is carried out.

Keywords: energy efficiency, decarbonization, calculated outdoor air parameters, heat generation and release

References

1. European Green Deal, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
2. Project NS4nZEBs New Skills for Nearly Zero Energy Buildings <https://nubip.edu.ua/proyekt-life22-cet-ns4nzebs-0>
3. Renovation Wave Strategy https://commission.europa.eu/publications/strategic-plans-2020-2024_en
4. EU Directive on Nearly Zero Energy Buildings <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>
5. Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text>
6. Global Monitoring Laboratory <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>

7. Колієнко А.Г., Супрун Т.Т., Шеліманова О.В. Оптимізація системи регулювання відпуску теплоти Енергетика і автоматика №5 2021 с. 13-27 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/energiya2021.05.013>
8. Колієнко А.Г., Шеліманова О.В. Фактори оптимізації температурного графіка відпуску теплоти в системах комунальної теплоенергетики Енергетика і автоматика №6 2022 с. 59-69 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/energiya2022.06.059>
9. Колієнко А.Г., Шеліманова О.В. Теплове навантаження будівель як параметр енергетичної ефективності системи теплозабезпечення Енергетика і автоматика №6 2025 с. 41-51 <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk/article/view/51951>
10. IPCC Emission Factor Database (EFDB). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
11. 11.Постанова Кабінету Міністрів України № 156 від 05.02.2026 «Про затвердження за-гальнодержавних зважених коефіцієнтів викидів парникових газів, що утворюються внаслідок споживання кінцевої енергії». <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-zatverdyyv-zahalnoderzhavni-koefitsiienty-vykydiv-parnykovykh-haziv-dlia-spozhyvannia-kintsevoi-enerhii>.
12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26655
13. Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 червня 2024 р. № 587-р.
14. . КТМ 204 Україна 244-94 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні». К., 1994.
15. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження на опалення, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75975