

УДК 697.91

Розрахункові параметри охолоджувального періоду в Україні

О. П. Любарець¹

¹к.т.н., проф. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, apl_knuba@ukr.net, ORCID:0000-0003-1905-

Анотація. З метою забезпечення повноти початкових даних при проектуванні систем вентиляції, кондиціонування повітря й поверхневого охолодження приміщень та будівель з незначними (до 10 Вт/м²) теплонаходженнями визначено вологовміст атмосферного повітря в липні для обласних міст України на підставі аналітичної обробки нормативних даних кліматичних параметрів. Визначено значення вологовмісту, характерних температур, дати початку та закінчення періоду охолодження сукупно з іншими нормативними кліматичними параметрами згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Вони можуть бути використані для проектування та оцінки місячного, сезонного та річного енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату приміщень, спрощення методики розрахунку енергоспоживання на потреби охолодження та кондиціонування повітря згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Представлені дати початку та закінчення періоду охолодження, аналогічно до дат початку й закінчення опалювального періоду. Ці дати дозволять забезпечити плановість підготовки інженерних систем будівель до їхньої сезонної експлуатації тощо. На підставі запропонованої температурно-годинної характеристики періоду охолодження наводиться відповідний рейтинг обласних центрів України, який може характеризувати обсяг витрат на потреби охолодження приміщень і будівель. Отримані табличні дані рекомендуються до широкого вжитку в практиці проектування та експлуатації систем забезпечення мікроклімату

Ключові слова: параметри зовнішнього повітря, охолоджувальний період, репрезентативні дати, середня температура, середній вологовміст.

Вступ. Впровадження в Україні європейських норм в області проектування та енергоефективної експлуатації інженерних систем забезпечення мікроклімату будівель потребує наявності відповідних кліматичних характеристик періодів опалення та охолодження. Ці дані містять середньостатистичні або репрезентативні параметри, якими є дати початку та закінчення зазначених періодів, їхня годинна та місячна тривалість, середньо-сезонна та розрахункова температура, ентальпія, абсолютна вологість зовнішнього повітря опалювального та охолоджувального періодів.

Історично склалося так, що в радянські та пост-радянські часи всі нормативні документи в Україні з будівельної кліматології та нормування кліматичних систем [1-3] у достатній мірі характеризували лише опалювальний період, і то лише для проектування систем опалення.

Актуальність дослідження. На момент написання даної статті в чинних в Україні нормативних документах [2, 3, 4] не наведено необхідної кількості параметрів (мінімально – два), що дозволили б визначити положення характерної точки зовнішнього повітря на I-d – діаграмі для розрахунків систем вентиляції, кондиціонування повітря та радіаційно-поверхневого охолодження. Разом з тим, наведені в таблиці 24 [2] дані про середньомісячну відносну вологість і її добову амплітуду надають можливість визначити середньомісячне значення вологовмісту атмосферного повітря в липні (найжаркіший розрахунковий місяць року).

З урахуванням того, що вологовміст повітря d , г/кг, на відміну від відносної вологості ϕ , %, є більш сталою величиною і майже не залежить від добових коливань температури, отримане середньомісячне значення вологовмісту можна прийняти як розрахункове для визначення параметрів зовнішнього повітря при проектуванні систем вентиляції, охолодження та кондиціонування повітря. Це дозволить разом з відповідною розрахунковою температурою зовнішнього повітря для проектування вентиляції та кондиціонування повітря визначити на I-d діаграмі характерні точки для проведення графо-аналітичних обчислень та побудови процесів обробки повітря.

На підставі даних таблиць А3 та А6 [4] стає також можливим визначення дати початку та закінчення періоду охолодження при дотриманні загальної годинної тривалості періоду, а також розрахувати середню температуру, місячну та добову тривалість періоду охолодження. Перелічені параметри необхідні для визначення енергоспоживання системами кондиціонування повітря та панельного охолодження при оцінці енергетичної ефективності будівель згідно з [4]. У подальшому це дозволить запропонувати спрощені експрес-методи для техніко-економічного порівняння обладнання та систем охолодження в житлових, офісних та інших громадських будівлях з незначними (до 10 Вт/м²) внутрішніми надходженнями теплоти.

Останні дослідження та публікації. Появляється періоду охолодження з'явилося лише в

п.3.33 ДБН В.2.5-67:2013 [3] і є таким, що не дозволяє визначити характерні параметри періоду. Тому в п.15.3.4 та додатку А ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [4] були надані уточнювальне визначення періоду охолодження та додаткові кліматичні характеристики. Однак вони не є достатніми для визначення координат точки зовнішнього повітря на I-d –діаграмі.

На даний момент згідно з чинними нормативними положеннями щодо періоду охолодження при забезпеченні санітарно-гігієнічних норм на оптимальному рівні в приміщеннях будівель з незначними, як правило, побутовими (до 10 Вт/м²) теплонадходженнями, слід відносити період року в годинах з температурою зовнішнього повітря понад $\theta_c = 21$ °С. При цьому температура внутрішнього повітря в цих приміщеннях буде досягати верхньої межі температури при оптимальному рівні умов забезпечення мікроклімату – на рівні 26 °С.

У таблиці додатку А.3 та А.6 [4] вперше наведено погодинну зміну температури зовнішнього повітря за репрезентативними (характерних) днями місяців та розрахункову годинну тривалість періоду охолодження. Прийmemo припущення, що репрезентативні дні місяця знаходяться в його середині (15 числа). Тоді інтерполяцією за таблицею погодинної зміни температури зовнішнього повітря А.3 [4] можна визначити характерну зміну денної температури в період охолодження.

Формулювання цілей статті. У даній роботі була поставлена задача опису запропонованого автором варіанту визначення основних параметрів зовнішнього повітря та наведення їхніх розрахункових значень для проектування кліматичних систем у період охолодження та організації їхньої подальшої експлуатації, а саме: місячної тривалості L_C , міс, періоду охолодження, дати початку та закінчення періоду, середньої температури періоду охолодження $\theta'_{e,c}$, °С, та середньомісячного вологовмісту в липні $d_{e,7}$, г/кг. Разом з тим доцільно також визначити кількість градусо-годин періоду охолодження $T\theta$, °С·год, що за аналогією до опалювального періоду може характеризувати відповідний рейтинг обласних центрів України.

Основна частина. На підставі кліматичних даних, наведених у ДСТУ Б А.2.2-12:2015, пропонується за нижче описаною методикою визначити наступні параметри, що в повній мірі будуть характеризувати період охолодження для приміщень з незначними теплонадходженнями:

- ✓ кількість годин на репрезентативну добу для кожного місяця, год/доба, коли температура

зовнішнього повітря перевищує 21 °С – визначаємо інтерполяцією за даними табл. А.3 погодинної температури зовнішнього повітря репрезентативного дня місяця [4];

- ✓ кількість, діб/міс, діб у місяці з температурою зовнішнього повітря понад 21 °С – визначаємо за умови збереження нормативної годинної тривалості періоду охолодження, яка наводиться у таблиці А.6 [4];
- ✓ частку місяців теплої періоду року, що належить періоду охолодження, з добовою та годинною базою визначення – визначаємо за відповідними формулами:

$$f_{C,m} = D_{C,m} / D_m, \quad (1)$$

де $D_{C,m}$ – кількість діб у місяці m з погодинною температурою зовнішнього повітря, що перевищує початкову температуру періоду охолодження для розрахункового приміщення (21 °С – для приміщень без значних теплонадходжень); D_m – загальна кількість діб у місяці m . Згідно з формулою (75) [4] місячна тривалість періоду охолодження L_C , міс, визначається як сума часток місяців, що повністю або частково належать до періоду. Отриманий параметр L_C використовується при оцінці енергетичної ефективності будівель для значної кількості приміщень (зон, будівель) із незначними теплонадходженнями;

- ✓ репрезентативні дати початку та завершення періоду охолодження – визначаємо інтерполяцією за даними табл. А.3 [4] при фіксації репрезентативної дати місяця 15 числа;
- ✓ середню температуру періоду охолодження, °С, – визначаємо як середньо інтегральне значення стояння температури, що перевищує 21 °С за даними табл. А.3 [4]:

$$\theta'_{e,c} = \left(\int_{t_1}^{t_2} \theta_{e,t} dt \right) / (t_2 - t_1), \quad (2)$$

де $\theta_{e,t}$ – поточна температура зовнішнього повітря в момент часу t , год, згідно табл. А.3 [4], °С; t_1 та t_2 – час, год, відповідно, початку та закінчення періоду охолодження протягом доби (добовий інтервал з температурою зовнішнього повітря, що перевищує початкову температуру періоду охолодження для розрахункового приміщення (21 °С – для приміщень без значних теплонадходжень).

- ✓ розрахунковий вологовміст, г/кг, зовнішнього повітря для проектування кліматичних

систем в теплий період року та період охолодження – визначаємо на підставі [3] як середній вологовміст у липні за відомою залежністю:

$$d_{e,c} = d_{e,7} = 622 \frac{P_{\text{нп}}}{\frac{100 B}{\varphi_{e,v}} - P_{\text{нп}}}, \quad (3)$$

де $\varphi_{e,v}$ – середня відносна вологість у липні, %, B – барометричний тиск, Па; $P_{\text{нп}}$ – парціальний тиск насиченої пари, Па.

- ✓ годино-температурну характеристику періоду охолодження для обласних центрів України – обчислюємо за формулою, аналогічною до визначення кількості градусо-днів опалювального сезону, °С·год:

$$T\theta = (\theta'_{e,c} - \theta'_{e,c}) \cdot T_c. \quad (4)$$

На підставі порівняння значень градусо-годин був визначений рейтинг основних міст України, який може характеризувати ступінь «спекотності» кліматичних умов у регіоні та рівень витрати енергії на охолодження об'єктів.

Описані основні температурно-часові параметри, що характеризують період охолодження приміщень з незначними теплонадходженнями для обласних центрів України, наведені в табл. 1.

У випадку присутності явних теплонадходжень від інсоляції, технологічного обладнання, значної щільності людей, тощо, перевищення верхньої межі температури в 26 °С буде досягнуто при більш низькій температурі зовнішнього повітря ніж 21 °С. Це призводить до збільшення тривалості та зміни дат початку й закінчення періоду охолодження та інших характеристик для періоду параметрів. У першому наближенні для цих приміщень і будівель зовнішню температуру, що характеризує початок і закінчення періоду охолодження, можна визначити за формулою

$$\theta_{C,\phi} = \theta_{\text{int,max}} - \Sigma\Phi_i / (H_{\text{tr,adj}} + H_{\text{v,adj}}), \quad (5)$$

де $\theta_{C,\phi}$ – розрахункова зовнішня температура початку та закінчення періоду охолодження приміщень (зони, будівлі) з наявними теплонадходженнями, °С; $\Sigma\Phi_i$ – сумарне значення теплонадходжень до приміщень (зони, будівлі), Вт; $\theta_{\text{int,max}}$ – максимальне розрахункове значення температури внутрішнього повітря за оптимальних умов забезпечення мікроклімату [3, Д4], °С; $H_{\text{tr,adj}} = H_{\text{T,ix}}$ – трансмісійна характеристика приміщення (зони, будівлі), що охолоджується (загальний коефіцієнт теплопереносу трансмісією) [4, п.8.2.1.1; 5, п.6.3.2.1]), Вт/°С; $H_{\text{v,adj}}$ – вентиляційна характеристика приміщення (зони, будівлі), що охолоджується (загальний коефіцієнт теплопереносу вентиляцією) [4, п.9.2.1.1]), Вт/°С.

Слід відмітити, що за наявності тільки незначних теплонадходжень (до 10 Вт/м²) значення температури початку періоду охолодження за формулою (5) буде в межах нормативного значення (21°С):

$$\theta_{C,\phi} = 26 - (10 A) / (H_{\text{tr,adj}} + H_{\text{v,adj}}) \approx 21 = \theta_C. \quad (6)$$

Висновки. Запропоновані результати аналітичних досліджень можуть бути використані для проектування систем вентиляції, кондиціонування повітря та поверхневого охолодження, визначення енергоспоживання систем кондиціонування повітря та панельного охолодження при оцінці енергетичної ефективності об'єктів. Визначені репрезентативні дати початку та закінчення періоду охолодження дозволять забезпечити плановість підготовки та обслуговування відповідних інженерних систем.

Перспективи подальших досліджень. Викладений алгоритм визначення параметрів періоду охолодження може бути застосований для розрахунків параметрів охолоджувальних періодів для об'єктів із значними теплонадходженнями та розробки інших методик.

Таблиця 1.

Репрезентативні параметри періоду охолодження в Україні

Місто	Репрезентативні дати початку та закінчення періоду		Температурно-годинна характеристика періоду $T\theta$, °С·год	№ у рейтингу	Середня температура періоду $\theta'_{e,C}$, °С	Середня відносна вологість періоду $\phi'_{e,C}$, %	Тривалість періоду охолодження			Температура зовнішнього повітря для розрахунку мікрокліматичних систем [2], °С		Вологовміст у липні (вентиляція, кондиціонування повітря) $d_{e,7}$, г/кг
							нормативна [4], T_C , год	добова, діб	місячна L_C , міс	найжаркіша доба забезпеченістю $0,95 \theta_{e,C}$ (кондиціонування повітря, охолодження)	найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю $0,99 \theta_{e,V}$ (вентиляція)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вінниця	02.06	31.08	1416	6	23,3	55	614	81	2,64	27	23	10,3
Дніпро	13.05	14.09	3712	20	24,2	46	1156	124	4,05	30	26	10,3
Донецьк	18.05	10.09	2288	13	23,3	46	1008	115	3,75	30	26	9,9
Житомир	01.06	03.09	1338	5	23,4	56	552	78	2,54	27	23	10,1
Запоріжжя	03.05	17.09	4419	23	24,5	47	1277	127	4,14	30	26	10,9
Івано-Франківськ	03.06	02.09	1552	9	24,2	59	484	68	2,21	27	22	10,3
Київ	25.05	29.08	1285	4	22,7	54	740	84	2,74	28	23	10,2
Кропивницький	14.05	12.09	1587	10	22,6	45	992	121	3,95	29	25	10,1
Луганськ	08.05	17.09	5458	25	25,4	43	1254	128	4,18	30	26	10,4
Луцьк	03.06	29.08	1478	8	23,8	57	526	78	2,54	27	23	10,2
Львів	11.06	25.08	2008	11	26,5	60	368	75	2,44	27	23	9,9
Миколаїв	11.05	20.09	3879	21	23,9	45	1342	125	4,08	30	25	10,5
Одеса	01.06	14.09	4031	22	24,7	57	1075	88	2,87	29	25	11,1
Полтава	17.05	07.09	3106	19	24,4	49	909	91	2,97	29	25	10,2
Рівне	05.06	27.08	1172	3	23,5	58	474	73	2,38	27	23	10,2
Симферопіль	18.05	21.09	2953	18	23,5	48	1205	126	4,12	28	25	10,7
Суми	22.05	31.08	2637	15	24,5	53	744	87	2,84	28	24	10,4
Тернопіль	08.06	26.08	411	1	22,0	57	423	71	2,31	26	22	9,8
Ужгород	14.05	14.09	2761	16	24,1	52	877	95	3,10	30	27	10,2
Харків	16.05	05.09	2815	17	24,0	47	924	91	2,97	29	25	10,3
Херсон	10.05	20.09	4571	24	24,5	44	1304	126	4,11	30	26	10,5
Хмельницький	01.06	30.08	639	2	22,2	57	518	75	2,44	27	22	10,3
Черкаси	16.05	08.09	2461	14	23,8	50	888	92	3,00	28	24	10,5
Чернівці	01.06	31.08	1434	7	23,2	57	650	83	2,71	27	24	10,4
Чернігів	25.05	31.08	2240	12	24,2	53	698	85	2,77	27	23	10,2
Ялта	13.04	30.09	7955	26	26,1	59	1550	142	4,64	31	26	11,1

Література

1. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. – Дата введения 01.01.1984. – Госстрой СССР. – Москва: Стройиздат, 1983. – 136 с.
2. ДСТУ-Н В В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинні від 01.11.2011. – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 01.01.2014. – Київ: Укрархбудінформ, 2013. – V, 141 с.
4. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – Чинні від 01.01.2016. – Київ: Укрархбудінформ, 2015. – 145 с.
5. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергетичні характеристики будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження. Модуль М3-3(EN 12831-1:2017, IDT). – Чинні від 15.12.2017. – Київ.

References

1. *Stroitelnaia klimatologiya i geofizika*. SNiP 2.01.01-82, Stroiizdat, 1983.
2. *Budivelna klimatologhiia*. DSTU-N B V.1.1-27:2010, Ukrarkhbudinform, 2011.
3. *Opalennia, ventyliatsiia ta kondytsionuvannia*. DBN V.2.5-67:2013, Ukrarkhbudinform, 2013.
4. *Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii, osviltenni ta hariachomu vodopostachanni*. DSTU B A.2.2-12:2015, Ukrarkhbudinform, 2015.
5. *Enerhetychni kharakterystyky budivel. Metod rozrakhunku proektnoho teplovoho navantazhennia. Chastyna 1. Teplove navantazhennia. Modul M3-3(EN 12831-1:2017, IDT)*. DSTU EN 12831-1:2017

УДК 697.91

Расчётные параметры периода охлаждения в Украине

А. П. Любарец¹

¹к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, apl_knuba@ukr.net, ORCID: 0000-0003-1905-9283

Аннотация. Для обеспечения полноты исходных данных при проектировании систем вентиляции, кондиционирования воздуха и поверхностного охлаждения помещений и зданий с незначительными (до 10 Вт/м²) теплопоступлениями было определено влагосодержание воздуха в июле для областных городов Украины на основании аналитической обработки существующих нормативных данных климатических параметров. Полученные значения влагосодержания, характерных температур, даты начала и окончания периода охлаждения в сочетании с другими климатическими параметрами согласно ДСТУ-Н В.1.1-27:2010 могут быть использованы для проектирования и оценки месячного, сезонного и годового теплопотребления в системах обеспечения микроклимата помещений, упрощения методик расчета потребления энергии для охлаждения и кондиционирования воздуха согласно ДСТУ Б А. 2.2-12:2015. Предложенные даты начала и окончания периода охлаждения, подобно датам отопительного периода, позволят обеспечить плановость подготовки инженерных систем зданий к их сезонной эксплуатации, и т.п. На основании предлагаемой температурно-часовой характеристики периода охлаждения приводится соответствующий рейтинг областных центров Украины, который может охарактеризовать объёмы расходов на нужды систем охлаждения помещений и зданий. Полученные табличные данные рекомендуются для широкого применения в практике проектирования и эксплуатации систем обеспечения микроклимата

Ключевые слова: параметры наружного воздуха, период охлаждения, репрезентативные даты, средняя температура, среднее влагосодержание.

UDC 697.91

Calculation Parameters for Cooling Period in Ukraine

O. Liubarets¹

¹ PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, apl_knuba@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1905-9283

Abstract. *To ensure the completeness of the original data when designing ventilation systems, air conditioning systems and surface cooling in buildings with minor (up to 10 w/m²) heat gains, air moisture content was determined in July for regional cities of Ukraine based on analytical processing the existing regulatory data of climatic parameters. Moisture values, characteristic temperatures start and finish dates for cooling period in conjunction with other climate parameters, according to DSTU-N B V.1.1-27:2010, can be used to design and assess monthly, seasonal and annual heat consumption for microclimate providing systems in rooms, simplify the calculation methods of energy consumption for cooling and air-conditioning systems according to DSTU B A.2.2-12:2015. The proposed dates for the beginning and the end of cooling period, like dates of heating period, will ensure on time preparation of engineering systems of buildings to their seasonal operation etc. Based on the proposed temperature-time characteristics of cooling period, there is a corresponding rating of Ukrainian regional cities, which can describe the amount of expenses on the cooling system of the premises and buildings. Obtained table data is recommended for wide use in practice of design and maintenance of microclimate providing systems*

Keywords: *external air parameters, cooling period, representative date, average temperature, average moisture content.*

Надійшла до редакції / Received 18.02.2018