

РІВЕНЬ ТЕПЛООВОГО КОМФОРТУ В ПЕРЕХІДНИЙ ТА ЛІТНІЙ ПЕРІОД ДЛЯ ДОШКІЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Н. А. Буюк, кандидат технічних наук, доцент

А. О. Сапунов, аспірант

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

E-mail: korovaj.te@gmail.com

Анотація. Сучасні міста намагаються активно зменшити витрати енергії та викиди вуглецю під час будівництва, спрямовуючи свої зусилля на досягнення сталої екологічної рівноваги. Питання забезпечення теплового комфорту набуває все більшого значення в глобальному контексті, особливо в умовах стрімкого скорочення споживання енергії. Метою дослідження є оцінка рівня теплового комфорту для найбільш чутливих верств населення, зокрема дітей дошкільного віку, в перехідний та літній періоди року. За допомогою комп'ютерного моделювання визначили, енергопотребу для охолодження і додаткового опалення в перехідний період при різних рівнях теплового захисту будівель та різних та коефіцієнтах теплового опору одягу. Результати досліджень підтверджують, що вдосконалення теплового захисту будівель та оптимізація систем управління температурним режимом, з урахуванням термічного опору одягу, дозволить підтримувати рівень теплового комфорту, який вимірюється за допомогою показника PMV, в межах рекомендованого діапазону $-0.5...+0.5$. Це сприятиме створенню комфортних умов для найбільш чутливих верств населення. Проте важливо зауважити, що такі покращення супроводжуються збільшенням енергоспоживання на опалення в перехідний період на рівні 11,5 % від загальних витрат. Отже, ці результати наголошують на необхідності збалансованого підходу до забезпечення теплового комфорту та оптимізації споживання енергії в будівлях.

Ключові слова: *енергозбереження; умови комфортності, PMV, динамічне моделювання будівлі, коефіцієнт опору одягу*

Актуальність. Міста дедалі більше звертають увагу на енергоспоживання будівель і вуглецевий слід з метою досягнення стійкості. У рамках сектору будівництва дедалі більше уваги приділяється розробленню та впровадженню стратегій енергоефективної модернізації. Відповідно до Директиви Європейського Союзу з енергоефективності будівель [1], всі нові громадські будівлі, що вводяться в експлуатацію з 2019 року, повинні відповідати вимогам до будівель з майже

нульовим споживанням енергії (NZeB), що призводить до підвищення енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії. Особлива увага приділяється зростанню термічного опору огорожувальних конструкцій, актуальності економічної оцінки та оцінки життєвого циклу, оскільки 1/3 енергоресурсів в ЄС витрачається на будівлі. Для зменшення залежності будівель від викопного палива особлива увага приділяється пасивним будівлям (PH) [2].

Питанню теплового комфорту у світі приділяється особлива увага, особливо в контексті необхідності скорочення енергоспоживання [3, 4].

Засновником моделей теплового комфорту, які лежать в основі сучасних стандартів [5], є Фангер [6]. На основі цих моделей були розроблені різні шкали теплового комфорту, але, враховуючи виклики експериментальної психології в галузі теплового комфорту, слід розробляти нові підходи [7]. Важливо відмітити, що вікна відіграють значну роль у споживанні енергії та тепловому комфорті будівлі [8, 9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори статті [10] пропонують концепцію NZeB як комплексне рішення, що об'єднує пасивні, активні та відновлювані енергетичні системи. У дослідженні проведено чисельне моделювання енергетичної симуляції модернізації існуючого французького будинку в Ніцці з використанням енергоефективних будівельних систем та відновлюваних джерел енергії. Запропоновано два сценарії модернізації - пасивний та енергоефективний - з метою досягнення NZeB. Аналіз ефективності показав, що використання високоефективної оболонки будівлі, включно з теплоізованою стіною, поліпшеною герметичністю, теплоізованим дахом і ефективними вікнами, може знизити енергоспоживання на 90 %. Додаткову енергію отримують від фотоелектричних панелей, даючи змогу покрити попит на енергію, що залишився, і навіть повернути надлишок у мережу. Результати дослідження є керівництвом для модернізації традиційних французьких будинків з метою досягнення НЕБ.

У зв'язку зі змінами клімату та підвищенням середньорічної температури проблема теплового комфорту стає все більш актуальною, особливо для навчальних

закладів. Важливо забезпечити комфортні умови для дітей у перехідний та літній період, коли температура навколишнього середовища значно підвищується.

Дослідження [11] зосереджено на модернізації будівель з метою досягнення кліматичних цілей Європейського Союзу та якості навколишнього середовища в приміщенні та задоволенні мешканців у Данії. Модернізація значно покращила зимовий тепловий комфорт і якість повітря в приміщенні, що стало джерелом задоволення для мешканців. Однак перегрівання було визначено як серйозну проблему влітку.

Стаття [12] присвячена дослідженню впливу сонця на тепловий комфорт у приміщенні з системою радіаційного опалення. У дослідженні запропоновано метод імітації рухомої сонця шляхом нагрівання плівок в експериментах. Також використовувався тепловий манекен для оцінки теплового комфорту в приміщенні. Експерименти проводилися в помірному океанічному кліматі в місті Турс, Франція. Результати дослідження показали, що рухома сонячна пляма знижує тепловий комфорт у приміщенні. Крім того, було запропоновано два потенційних рішення для проблем перегріву, що виникають від сонячної плями. Зволоження в приміщенні може зменшити тривалість перегріву повітря, а рішення з повною зворотною водою може зменшити тривалість перегріву поверхні підлоги.

Стаття [14] присвячена дослідженню ступеня впливу різних кліматичних сценаріїв на ризик перегріву, споживання енергії та пікове навантаження для багатоповерхових будинків з централізованим опаленням у Швеції. Уникнення перегріву в приміщеннях розглядається різних заходів контролю. Крім споживання енергії на потреби опалення в статті [13] розглянуто енергоспоживання на охолодження та вентиляції приміщень для будівель з різними архітектурними та енергоефективними конфігураціями. Забезпечення умов комфортності дозволяє ефективно налаштувати роботу систем опалення, охолодження відповідно до призначення будівлі та експлуатаційно-поведінкових особливостей мешканців/відвідувачів.

Мета дослідження – оцінка впливу будівлі, а саме підвищення вимог до теплового комфорту для високочутливих категорій населення на прикладі

відвідувачів дитячого садка, на енергоспоживання у перехідний та літній період. Дослідження спрямоване на оцінку впливу орієнтації будівлі, рівня теплозахисту в динаміці на відчуття теплового комфорту, а саме на PMV.

Матеріали та методи дослідження.

Опис об'єкта дослідження та моделі

Об'єктом дослідження є дошкільний навчальний заклад № 630 (ясла-садок) який розташований у м. Київ. Навчальний заклад заснований у 1951 році. На рис. 1 зображено поверховий план моделі ДНЗ №630 у Designbuilder. У ДНЗ нині навчається 84 дитини, які поділено на 4 групи по 21 дитині, працює 25 осіб персоналу.

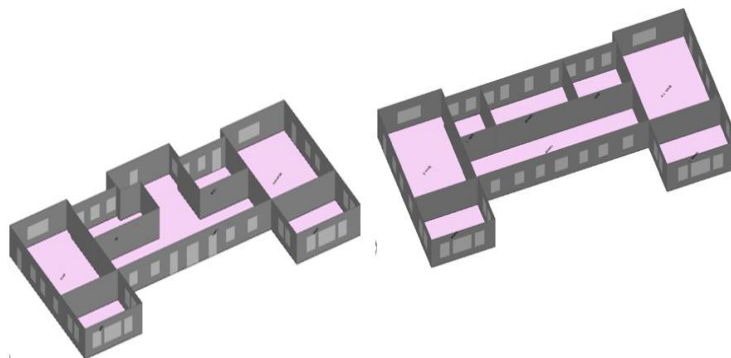


Рис.1. Модель поверхового плану будівлі у Design builder

Загальна інформація про ДНЗ №630 наведена в табл.1. Зовнішні стіни з 1-го по 2-ий поверх включно виконані із червоної цегли, кладка подвійна, товщина стіни 520 мм. Стіна складається з кількох шарів: цегляна кладка з цементним розчином – 500 мм, штукатурка внутрішня 20 мм. Вікна у ДНЗ з подвійним склінням у металопластикових склопакетах 4М₁-16-4М₁-16-4М₁. Горищне перекриття дерев'яне, утеплено шаром керамзиту.

1. Загальна інформація

Загальна площа будівлі, м ²	1299,68	Опалювальна площа, м ²	918
Загальний об'єм, м ³	3517,91	Опалювальний об'єм, м ³	2599,36
Кількість поверхів	2	Зовнішні двері, м ²	19.48
Зовнішні стіни, м ²	990	Горищні перекриття неопалюваних горищ, м ²	459
Перекриття над неопалюваними підвалами, м ²	170	Світлопрозорі огорожувальні конструкції, м ²	129

У контексті актуальності розвитку та впровадження концепції будівель з майже нульовим споживанням енергії проведено порівняльний аналіз рівня теплового комфорту у двох варіантах. Перший варіант відповідає існуючим теплотехнічним параметрам, а другий варіант враховує вимоги, які застосовуються у Швеції. Усі дані щодо термічного опору для обох варіантів надано для оцінки після проведеної термосанації. на рис 2.

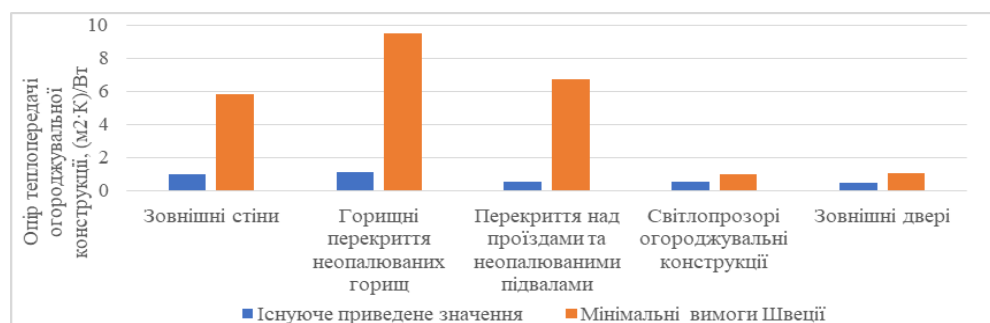


Рис.2. Опір теплопередачі огорожувальної конструкції

Для охолодження будівлі в літній час передбачається встановлення спліт-система з можливістю підігрівання повітря, адже в цей період температура повітря стає меншою, ніж за нормативної, а централізоване опалення, яке передбачене в цьому навчальному закладі вже не працює. Внутрішня температура на охолодження встановлена 26 °С, на опалення 22 °С та кратність повітря обміну 1.5 год⁻¹ відповідно до стандарту EN 12831 [15]. Опалення та охолодження в перехідний та літній період вмикатися лише за потреби в робочі години, що відображено на рис.3.

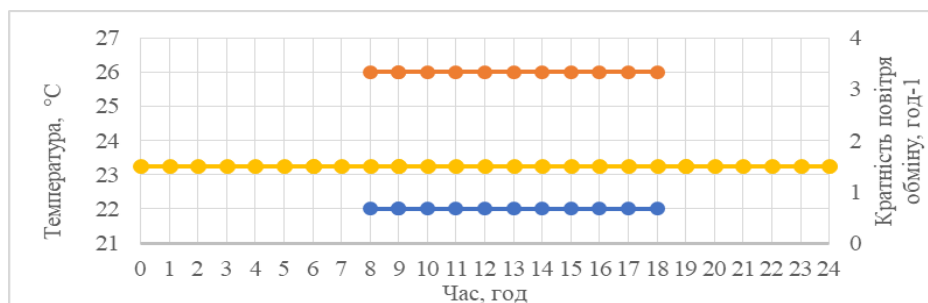


Рис. 3. Добовий графік температури повітря та кратності повітрообміну у будівлі дитячого садочка в перехідний та літній період

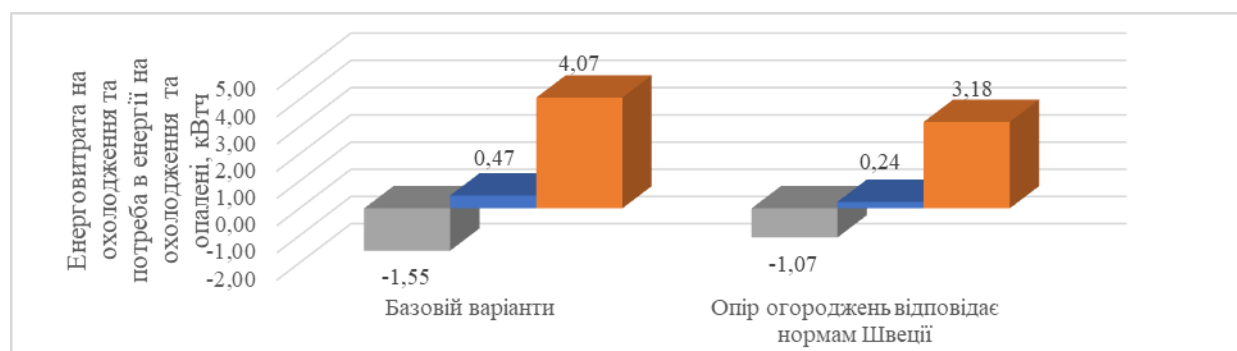
Серед факторів, що впливають на тепловий комфорт, варто зазначити метаболізм (M) і термічний опір одягу людини (I_{clo}). ОЗалежно від активності

відвідувачів, значення метаболізму M у різних кімнатах розраховуються так: ігрова кімната - 180 Вт, столова кімната - 125 Вт, спальня кімната - 83 Вт, кухня - 180 Вт, кабінет - 123 Вт. Метаболізм в DesignBuilder є постійним значенням, яке відображає теплову виробленість дорослого чоловіка з типовою поверхнею тіла $1,8 \text{ м}^2$. Оскільки в садочку переважають жінки і діти, використовується метаболічний фактор, який складає 0,75 (для дітей), за винятком кухні та кабінету, де встановлено значення 0,85 (для жінок).

Ще одним показником теплового комфорту є термічний опір одягу, який встановлюється на рівні 1 (clo) взимку і 0,5 влітку. У спальні цей параметр встановлено на рівні 3,5, що обумовлено термічним опором ковдри.

Результати моделювання

На основі проведеного моделювання розраховано значення енерговитрати спліт-системою на охолодження, потреба в енергії на охолодження та опаленні з різним рівнем теплозахисту в перехідний та літній періоду. Базовий варіант відповідає існуючому рівню термічного опору огорожень, інший варіант забезпечує відповідність огорожі шведським стандартам. Підвищення термічного опору від базового варіанту до шведських норм зменшує потребу в енергії на охолодження та опалення на 48 % і 22 % для дитячого садка відповідно, порівняно з базовим варіантом (рис 5).

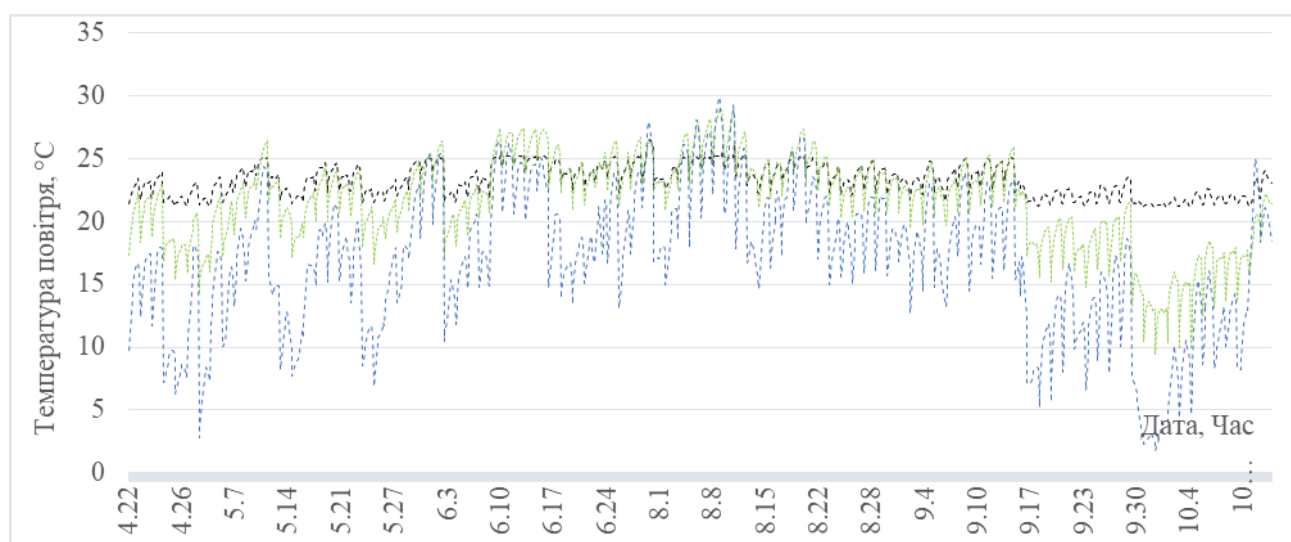


■ - потреба на охолодження; ■ - енерговитрата на охолодження; ■ - потреба на опалення

Рис. 5 Потреба на охолодження та опалення і енергоспоживання на охолодження

Діапазон зміни температур завішеного повітря, повітря у приміщенні без охолодження та опалення, та температура у приміщенні з охолодження та опалення

для періоду міжсезоння та літнього періоду представлено на рис. 6. Температура зовнішнього повітря t_0 коливається в діапазоні 1.2 – 32.5 °С. Для літніх місяців мінімальне значення t_0 становить 8 °С. Відповідно температура повітря у приміщенні коливається в діапазоні 8.3 – 28.4 °С, у літні місяці досягає мінімального значення 16.3 °С. Отже максимальне відхилення від нормативно встановленого значення 22 °С по відношенню до нормативного становить 63,27 % для періоду міжсезоння та літнього періоду відповідно. Внаслідок таких відхилень температур запропоновано вмикати опалення і передбачено охолодження що забезпечує коливання внутрішньої температури у діапазоні 26 – 20 °С.

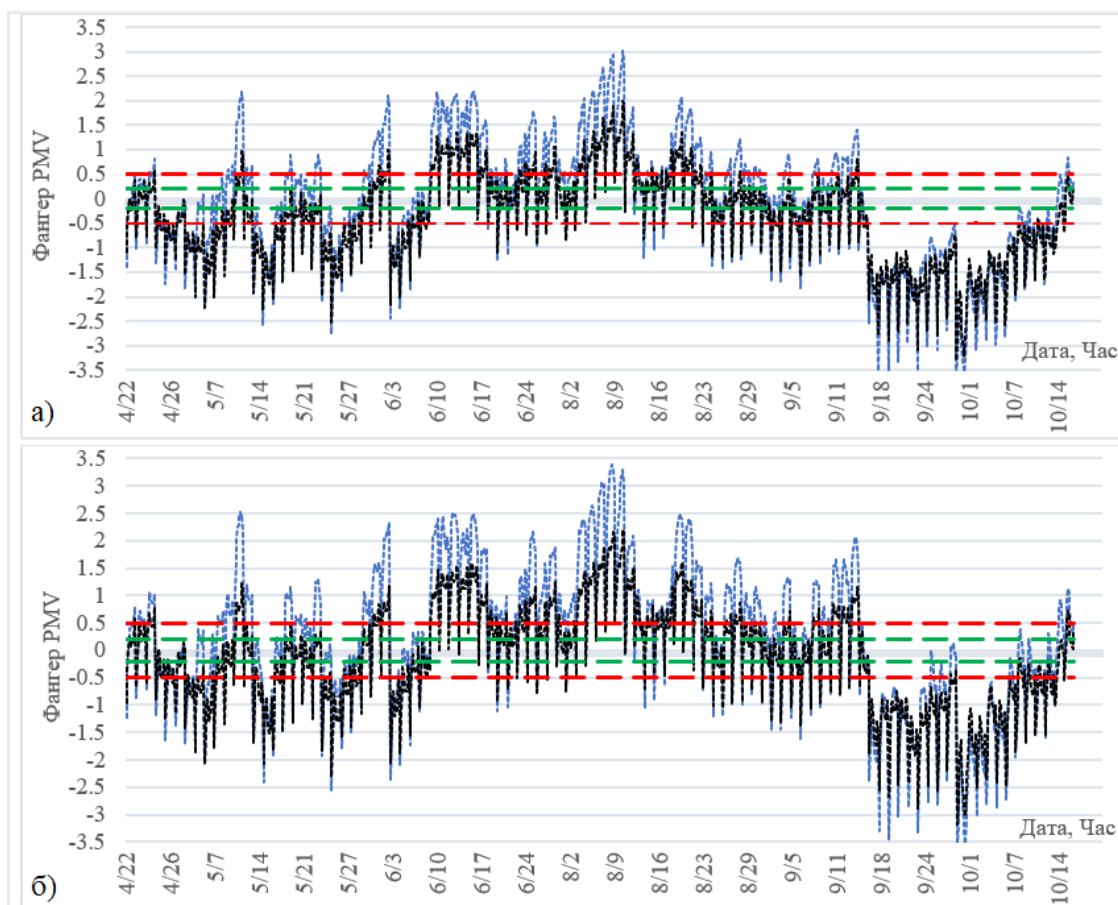


----- - температура повітря в ДНЗ при охолодженні та опаленні будівлі; - температура зовнішнього повітря; ---- - температура повітря в ДНЗ без охолодження та опалення будівлі

Рис 6. Зміна температур для міжсезоння та теплого періоду року

Оцінка PMV для міжсезоння та теплого періоду року роботи ДНЗ без охолодження та додаткового опалення (що характерно для більшості ДНЗ в Україні) представлено на рис. 8. Діапазон зміни PMV у такому випадку суттєво відхиляється від рекомендованого -0.5...+0.5 (що передбачений для чутливих верств населення) і знаходиться в межах -2.3...3.2. Отже використання охолодження та додаткового опалення дозволить наблизити значення PMV до рекомендованого діапазону. Для Пд сторони тепловідчуття є кращими і PMV вищий, коли температура в приміщенні знижується в результаті зниження температури довкілля порівняно з Пн, коли ж температура повітря підвищується, тепловідчуття є кращими

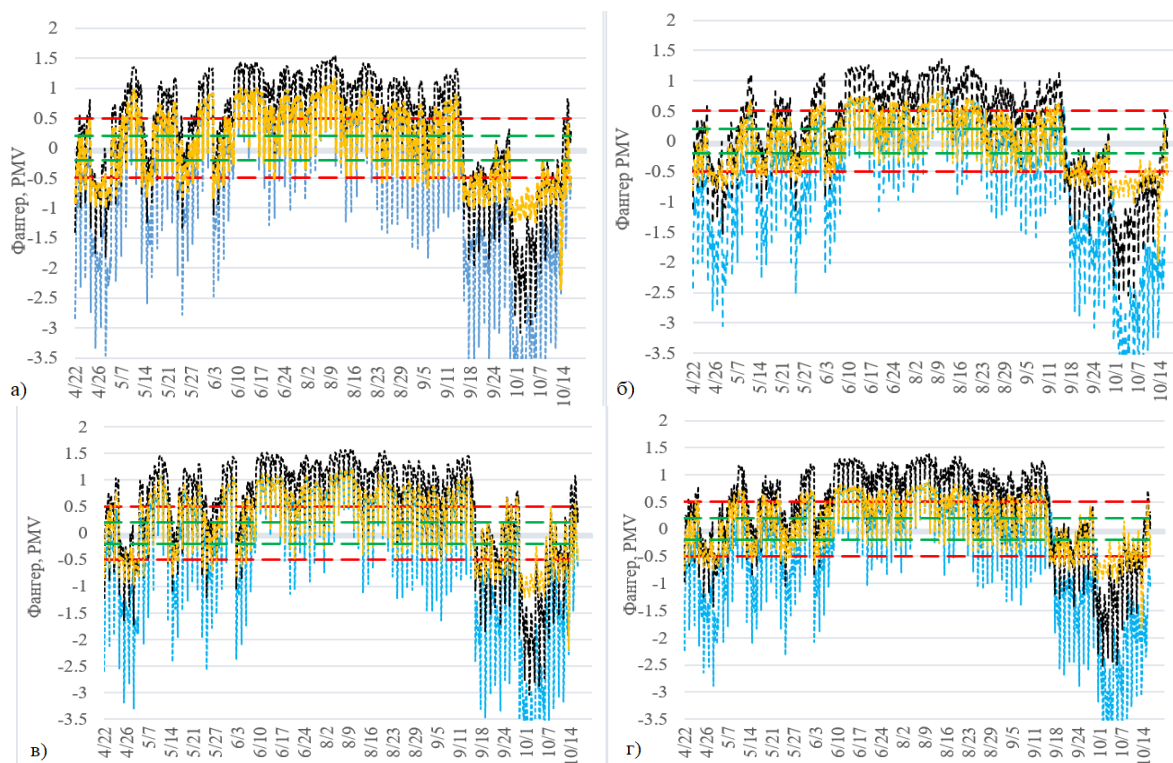
для Пн сторони, для якої PMV є вищими. Режим охолодження і зміна при цьому PMV для різних варіантів теплового захисту представлено на рис 9. Мінімальне значення PMV для північної орієнтації для базового варіант при термічного опору одягу 0.5 clo становить -2,47, після підвищеного рівня термічного опору огорожувальних конструкцій мінімальне значення PMV становить -2.20, для південної орієнтації PMV становить -2,37 та -2.01 відповідно. Підвищення рівня термічного опору одягу людини до 1 clo (традиційний зимовий одяг) дозволить підвищити мінімальні значення PMV до -1.12 та -0.92 для північної орієнтації та -1.04 та -0.84 для південної орієнтації, відповідно. Якщо залишити рівень термічного опору одягу на рівні 0.5 clo (що відповідає традиційному літньому одягу) і забезпечити ввімкнення опалення, тоді PMV коливатиметься в діапазоні комфортних тепловідчуттів. Отже, охолодження дозволить підвищити PMV до 65 %, а утеплення будівлі і використання охолодження до 73 %. Частота коливань PMV нижча рівня -0.5, що обумовлено зниженням температури зовнішнього повітря, середньої радіаційної температури та повітря у кімнаті вказує на необхідність використання додаткового опалення для забезпечення належного рівня теплового комфорту.



----- - РМВ для базового варіанту; ----- - РМВ для запропонованого варіанту

Рис.8. Динамика зміни показника теплового комфорту РМВ:

а – РМВ для ігрової кімнати орієнтованої на Пн без використання охолодження та додаткового опалення з різним тепловим захистом; *б* – РМВ для ігрової кімнати орієнтованої на Пд без використання охолодження та додаткового опалення з різним тепловим захистом



----- - PMV при охолодженні та коефіцієнт опору одягу 0.5; ----- - PMV при охолодженні та коефіцієнт опору одягу 1; ----- - PMV при охолодженні, опалювання та коефіцієнт опору одягу 0.5

Рис.9. Динамика изменение показателя теплового комфорта PMV:

а – PMV для ігрової кімнати, в якій термічний опір огорожень відповідає базовому варіанту орієнтованої на Пн; б – PMV для ігрової кімнати, в якій термічний опір огорожень відповідає нормам Швеції, орієнтована на Пн; в – PMV для ігрової кімнати, в якій термічний опір огорожень відповідає базовому варіанту, орієнтована на Пд; г – PMV для ігрової кімнати, в якій термічний опір огорожень відповідає нормам Швеції, орієнтована на Пн.

Висновки і перспективи.

У цьому дослідженні оцінюється рівень теплового комфорту в будівлях в перехідний та літній період для чутливих верств населення, таких як дошкільний навчальний заклад. За допомогою комп'ютерного моделювання було визначено енергопотребу на охолодження та додаткове опалення в перехідний період для різного рівня теплового захисту, а також показник теплового комфорту PMV для різних варіантів.

За цими результатними можна зробити висновки щодо покращення рівня теплового захисту та налагодження правильної системи управління температурним режимом в комплексі з вибором рівня термічного опору одягу, що дозволить

підтримувати PMV в межах рекомендованого $-0.5...+0.5$, який передбачений для чутливих верств населення, але при цьому характерне підвищення енергопотреб на опалення на 9.5 кВт/м^3 та 6.58 кВт/м^3 для базового та запропонованого варіанту огорожень, яке відповідно становить 11,5 % від основної енергопотреби.

Список використаних джерел

1. European Union, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, 19.6.2018, Official Journal of the European Union, L 156/75.
2. Francesco Asdrubali, Daniela Venanzi, Luca Evangelisti, Claudia Guattari, Gianluca Grazieschi, Paolo Matteucci, Marta Roncone. An evaluation of the environmental payback times and economic convenience in an energy requalification of a school. Buildings 11 (1), 12, 2021.
3. R. Wang, S. Lu, W. Feng. A three-stage optimization methodology for envelope design of passive house considering energy demand, thermal comfort and cost. Energy. 2020. Volume 192, 116723. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116723> (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.
4. Jia Yu, Yanming Kang, Zhiqiang (John) Zhai, Advances in research for underground buildings: Energy, thermal comfort and indoor air quality, Energy and Buildings. 2020. Volume 215, 109916, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109916>. (дата звернення: 25.08.2023).
5. D.Bienvenido-Huertas, D. Sánchez-García, C. Rubio Bellido. Comparison of energy conservation measures considering adaptive thermal comfort and climate change in existing Mediterranean dwellings. Energy. Volume 190, 2020, 116448. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116448>
6. M.K. Singh, S. Attia, S. Mahapatra, J. Teller. Assessment of thermal comfort in existing pre-1945 residential building stock. Energy. Volume 98, 2016, Pages 122-134. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.030> (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.
7. Fanger, P. Assessment of man's thermal comfort in practice. British Journal of Industrial Medicine, 1973. V. 30, 313–324.
8. Schweiker, Marcel; Fuchs, Xaver; Becker, Susanne; Shukuya, Masanori; Dovjak, Mateja; Hawighorst, Maren; Kolarik, Jakub (2016). Challenging the assumptions for thermal sensation scales. Building Research & Information, 1– 18.
9. Shukuya, M. "Exergetic aspect of human thermal comfort and adaptation." Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia. Springer, Singapore, 2018. 123-129.
10. Najeeba Kutty, Dua Barakat Profile, Maatouk Khoukhi, A French Residential Retrofit toward Achieving Net-Zero Energy Target in a Mediterranean Climate Buildings 2023, 13(3), 833; <https://doi.org/10.3390/buildings13030833>
11. Lucile Sarra, Christian Anker, Hviid, Carsten Rode, How to ensure occupant comfort and satisfaction through deep building retrofit? Lessons from a Danish case study <https://doi.org/10.1080/23744731.2023.2194196> (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.

екрана.

12. Tianying Li, Abdelatif Merabtine, Mohammed Lachi, Rachid Bennacer, Julien Kauffmann, Experimental study on the effects of a moving sun patch on heating radiant slabs: The issue of occupants' thermal comfort. *Solar Energy* 255, 1 May 2023, Pages 36-49 <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.03.028> (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.

13. JingRen, JiyingLiu, ShiyuZhou, Moon KeunKim, JikuiMiao. Developing a collaborative control strategy of a combined radiant floor cooling and ventilation system: A PMV-based model. *Journal of Building Engineering*, 2022, 104648, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104648>. (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.

14. A. Doodoo, L. Gustavsson. Energy use and overheating risk of Swedish multi-storey residential buildings under different climate scenarios. *Energy*. Volume 97, 15 2016, Pages 534-548. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.086> (дата звернення: 25.08.2023). – Назва з екрана.

15. DSTU EN 12831-1:2017 Energy efficiency of buildings. Method for calculating the design heat load.

Referenses

1. European Union, Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, 19.6.2018, Official Journal of the European Union, L 156/75.

2. Francesco Asdrubali, Daniela Venanzi, Luca Evangelisti, Claudia Guattari, Gianluca Grazieschi, Paolo Matteucci, Marta Roncone. (2021). An evaluation of the environmental payback times and economic convenience in an energy requalification of a school. *Buildings* 11 (1), 12.

3. R. Wang, S. Lu, W. Feng (2020). A three-stage optimization methodology for envelope design of passive house considering energy demand, thermal comfort and cost. *Energy*, 192, 116723. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116723>

4. Jia Yu, Yanming Kang, Zhiqiang (John) Zhai (2020). Advances in research for underground buildings: Energy, thermal comfort and indoor air quality, *Energy and Buildings*, 215, 109916, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109916>.

5. D.Bienvenido-Huertas, D. Sánchez-García, C. Rubio Bellido (2020). Comparison of energy conservation measures considering adaptive thermal comfort and climate change in existing Mediterranean dwellings. *Energy*, 190, 116448. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116448>

6. M.K. Singh, S. Attia, S. Mahapatra, J. Teller (2016). Assessment of thermal comfort in existing pre-1945 residential building stock. *Energy*, 98, 122-134. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.030>

7. Fanger, P. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313–324.

8. Schweiker, Marcel; Fuchs, Xaver; Becker, Susanne; Shukuya, Masanori; Dovjak, Mateja; Hawighorst, Maren; Kolarik, Jakub (2016). Challenging the assumptions for thermal sensation scales. *Building Research & Information*, 1– 18.

9. Shukuya, M. (2018). Exergetic aspect of human thermal comfort and adaptation. Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia. Springer, Singapore, 123-129.
10. Najeeba Kutty, Dua Barakat Profile, Maatouk Khoukhi (2023). A French Residential Retrofit toward Achieving Net-Zero Energy Target in a Mediterranean Climate Buildings, 13(3), 833 <https://doi.org/10.3390/buildings13030833>
11. Lucile Sarra, Christian Anker, Hviid, Carsten Rode. How to ensure occupant comfort and satisfaction through deep building retrofit? Lessons from a Danish case study <https://doi.org/10.1080/23744731.2023.2194196>
12. Tianying Li . Abdelatif Merabtine, Mohammed Lachi, Rachid Bennacer, Julien Kauffmann (2023). Experimental study on the effects of a moving sun patch on heating radiant slabs: The issue of occupants' thermal comfort. Solar Energy 255, 36-49 <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.03.028>
13. Jing Ren, Jiying Liu, Shiyu Zhou, Moon Keun Kim, Jikui Miao (2022). Developing a collaborative control strategy of a combined radiant floor cooling and ventilation system: A PMV-based model. Journal of Building Engineering, 104648, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104648>.
14. A. Dodoo, L. Gustavsson (2016). Energy use and overheating risk of Swedish multi-storey residential buildings under different climate scenarios. Energy, 97, 15 2016, 534-548. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.086>
15. DSTU EN 12831-1:2017 Energy efficiency of buildings. Method for calculating the design heat load.

THE LEVEL OF THERMAL COMFORT IN THE TRANSITION AND SUMMER PERIOD FOR PRESCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTION

N. Buyak, A. Sapunov

Abstract. *Modern cities are trying to actively reduce energy consumption and carbon emissions during construction, directing their efforts towards achieving sustainable environmental balance. The issue of thermal comfort is becoming increasingly important in the global context, especially in the context of a rapid reduction in energy consumption. The purpose of this study is to assess the level of thermal comfort for the most sensitive segments of the population, in particular preschool children, during the transition and summer periods of the year. Using computer modeling, we determined the energy demand for cooling and additional heating during the transition period at different levels of thermal protection of buildings and different coefficients of clothing resistance. The results of the study confirm that improving the thermal protection of buildings and optimizing temperature control systems, taking into account the thermal resistance of clothing, will maintain the level of thermal comfort, measured by the PMV indicator, within the recommended range of -0.5...+0.5. This will help create comfortable conditions for the most sensitive segments of the population. However, it is important to note that such improvements are accompanied by an increase in energy consumption for heating during the transition period at 11.5% of total energy costs. Thus, these results emphasize the need for a balanced approach to ensuring thermal comfort and optimizing energy consumption in buildings for the most sensitive segments of the population.*

Key words: *energy saving; comfort conditions, PMV, dynamic building modeling, clothing resistance coefficient*