DOI: https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.65.282-290
УДК 721.21

Кащенко Тетяна Олександрівна
кандидат архітектури, доцент
кафедри архітектурного проєктування цивільних будівель і споруд,
Київський національний університет будівництва і архітектури
kashchenko.to@knuba.edu.ua
https://orcid.org/0000-0002-8535-8399
Колісник Роксолана Михайлівна
магістр архітектури, аспірант
кафедри архітектурного проєктування цивільних будівель і споруд,
Київський національний університет будівництва і архітектури
kolisnyk_rm@knuba.edu.ua
http://orcid.org/0009-0002-1178-5387

МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ

Анотація: у статті висвітлюються процеси дослідження стану енергоефективності забудови, окреслено основні методики та їх особливості при роботі з історичною забудовою.

Ключові слова: дослідження енергоефективності; історична забудова.

Постановка проблеми. У процесі відбудови повоєнної України існуватиме потреба впровадження енергоефективних рішень нових будівель та підвищення енергоефективності існуючих. Також актуальною є проблема підвищення енергоефективності будівель в складі історичної забудови міст. Досягнення високої енергоефективності будівель в історичній забудові є складовою забезпечення енергетичної безпеки країни, так і підвищення в перспективі потенціалу забудови із збереженням архітектурно-історичного фонду.

Процес розвитку історичної забудови вимагає застосування комплексних методик при зборі інформації про поточний стан будівлі, що включають в себе як історико-соціальний аналіз будівлі, так і моделювання об’єкту для проведення аналітичних досліджень показників будівлі. Дані дослідження проводяться для встановлення характеристик забудови з метою виявлення потенціалу підвищення енергоефективності та мінімізації впливу від споруди на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні даній проблемі відведено широке коло теоретичних досліджень що потребує подальшого розвитку та практичного застосування. Проблема енергоефективної реновації висвітлюється в роботах Шулдан Л.О., Кащенко Т.О., Лещенко Н.Л., Сергейчука О.В., Мартинова В.Л., Данько К.С., Жданової Д.А., Хавхун Г.Н., Аль-Ахммаді С.А. Серед світових дослідників варто виділити роботи А. Трой, Д. Ексмара, Н. Шеффілда, Н. Бейкера, Ф. Хаас, А. Будди та ін.

У Європі енергоефективна реновація історичної забудови регламентується перш за все Директивами про енергетичну ефективність будівель (Energy Performance of Buildings Directive – скор. EPBD). Йдеться про Директиву ЄС 2018/844 [1], що виокремлює перелік довгострокових стратегій енергоефективної реновації будівель та містить зміни й поправки до Директиви 2010/31/EU [2], що визначає базу щодо норматив енергоефективних характеристик будівель (в подальшому – EPDB). Принципи формування енергоефективних характеристик також наведено в нормах, а саме EN 15251, EN 16096, EN 15758, EN 16242, EN 16883 [3] та ін.

Також, Рекомендація Комісії (ЄС) 2019/786 від 8 травня 2019 року (Commission Recommendation (EU) 2019/786 of 8 May 2019 on building renovation) [4] щодо реконструкції будівель вказує на істотну потребу оновлення фонду забудови (п. 10), враховуючи водночас і економічну доступність і вимоги статті 2a EPBD, щодо переходу до будівель з близьким до нульового енергоспоживанням. Рекомендація Комісії (ЄС) 2019/1019 від 7 червня 2019 року щодо модернізації будівель (Commission Recommendation (EU) 2019/1019 of 7 June 2019 on building modernisation) [5] фокусується на положеннях, що стосуються модернізації будівель, і відповідає статтям 2, 8, 14, 15 та Додатку I до EPBD, які включають положення про технічні будівельні системи та їх перевірки, електромобільність та розрахунок енергоефективності будівель (п. 24).

Основними документами, що регламентують енергоефективність будівель в Україні є ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність» [6] та ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [7].

Метою публікації є визначення, обґрунтування та характеристика методик дослідження енергоефективності історичної забудови.

Основна частина. Методики дослідження поточного стану енергоефективності історичної забудови визначаються двома підходами, що передбачають або ж безпосереднє вимірювання характеристик будівлі, або ж аналіз моделі для обчислення показників, базуючись на параметричних даних

та характеристиках навколишнього середовища забудови. Передує їм історико-соціальний аналіз будівлі, для розуміння факторів, що в результаті визначають поточне енергоспоживання – для розуміння контексту, функції та процесів, що історично відбувалися у будівлі та визначили сучасний стан. Ретельний аналіз та виважене розуміння об'єктів історичної забудови потребується для встановлення цілей при поточній реновації історичної забудови задля подальшого підбору інноваційних рішень та енергоефективних стратегій [8].

1. Історико-соціальний аналіз будівлі

Будь-яка робота з історичною забудовою розпочинається з визначення наявності пам'яток архітектури, історії, археології, що становлять значну культурні цінність, та вивчення пов'язаних цим додаткових вимог [9]. Таким чином, процес дослідження поточної енергоефективності споруди розпочинається з історико-соціального аналізу будівлі, або ж ретроспективного аналізу [10]. Аналіз може включати в себе як вивчення існуючих наукометричних баз, наявних по об'єкту (документів, існуючих публікацій та праць про забудову, історичних креслень, проєктів попередніх реконструкцій за наявності, історії проведених втручань тощо), так і роботу з місцевим населенням для детальнішого вивчення нематеріального значення забудови, а також потреб потенційних користувачів.

Визначення цінності та суті забудови при історико-соціальному аналізі відбувається за опрацювання джерел та ресурсів, які умовно можна поділити на первинні та вторинні. Якщо первинні складаються з оригінальних креслень та планів, а також задокументованих втручань, то вторинні – полягають у вивченні попередньо опрацьованої інформації у вигляді статей, монографій, попередніх звітів щодо дослідження споруди [11]. Опрацювання вищевказаного дає змогу дослідити використання будівлі, функції, визначити основні джерела енергії, та поставити задачі для наступного етапу досліджень, що полягатиме в натурних обстежуваннях та вимірюванні характеристик.

2. Визначеннння характеристик будівель

Безпосередній вимір показників, пов'язаних з мікрокліматом всередині приміщень історичної забудови, є необхідним при роботі з енергоефективною реновацією подібних будівель. Визначення мети виміру, параметрів мікроклімату для дослідження та вибір відповідних локацій для вимірів залежить від кожного індивідуального об'єкту під реновацію, проте встановлення значень таких чинників як температура та вологість приміщень при роботі саме з історичною забудовою є необхідним, оскільки безпосередньо впливатиме на подальший підбір рішень та стратегій [12].

Методики вимірів при аналізі поточної енергоефективності характеризуються відмінністю у підходах при зборі даних. Напівдеструктивні методики передбачають застосування малоінвазивних методів для дослідження поточного стану конструкцій, систем, матеріалів, елементів. Число втручань при роботі з історичною забудовою повинне бути мінімізоване, а елементи споруди, що піддаються діагностиці не повинні належати до тих, що володіють істотною цінністю [9]. Основні аспекти для визначення якості та стійкості конструктивних елементів вимагають дослідження стану та засоленості стін, якості та типу з'єднань у конструкціях, властивостей і стану декору та архітектурних елементів. Існуючі інженерні системи передбачають ремонт за доведеної доцільності їх подальшої експлуатації, проте повинна бути проведена оцінка їх потенційної кооперації з відновлюваними джерелами енергетики для підвищення класу енергоефективності будівлі.

Недеструктивні методики полягають у застосуванні неінвазивних тестів для дослідження поточних характеристик чи архітектурно-планувальних особливостей, наприклад для аналізу мікрокліматичних факторів - визначення містків холоду, опору теплопередачі конструкцій, аналізу циркуляції повітряних мас, якості повітря, інсоляції приміщень тощо. Неінвазивні вимірювання можуть бути проведені за допомогою ряду портативних електронних девайсів, на кшталт пірометрів, психрометрів, люксометрів тощо. Окремої уваги заслуговують тепловізійні інфрачервоні камери, оскільки дозволяють спродукувати зображення тепературр поверхонь, де кожна ділянка забарвлена відповідно до певного температурного інтервалу [12].

Вимірювальні дослідження можуть також включати в себе встановлення на контрольних точках мікрокліматичних реєстраторів даних, для обчислення варіацій параметрів мікроклімату протягом певного проміжку часу та за впливу окремих факторів [12].

Отримані дані при вимірювальних дослідженнях поточного стану енергоефективності можуть бути застосовані як для підбору стратегій, пов'язаних з потенційним уникненням руйнувань історично забудови, так і для планування подальших втручань, пов'язаних з підвищенням енергоефективності. В подальшому, будь-які стратегії, пов'язані з забезпеченням комфортного мікроклімату, повинні включати в себе сезонні варіації тих чи інших параметрів мікроклімату, оскільки прийняття тих чи інших рішень матиме різний вплив на процеси у будівлі як у літній, так і у зимовий час.

3. Аналітична модель

Наступним етапом в дослідженні поточної енергоефективності історичної забудови є застосування методик аналітичного моделювання, базованого на інформації, отриманій за попередніх етапів, та проведення ряду тестів, для уточнення структури будівлі. Хоча обчислювальні інструменти, застосовані за такого дослідження, здебільшого послуговуються двовимірним макетуванням даних, що є недостатнім для поставлених задач дослідження забудови, а отже не можуть достатньо чітко обчислити процеси, що відбуваються у тривимірній структурі будівлі[13]. Проте сучасний арсенал для роботи архітектора містить розширені можливості завдяки інструментарію параметричного обчислення та моделювання.

Одним із таких є плагін Ladybug, на базі програмного забезпечення від Grasshopper. Це параметричний інструмент для дослідження та дизайну споруд, що оперує параметрами зовнішнього середовища, дозволяє дослідити радіаційне навантаження на поверхні будівлі, побудувати розу вітрів, та загалом оперувати формотворчим потенціалом забудови згідно зовнішніх чинників. Плагін Honeybee оперує енергетичними процесами всередині будівлі. Аналітичне моделювання на базі даних плагінів вимагає від архітектора розуміння комплексності погодних та кліматичних чинників, оскільки для одержання валідних результатів необхідна буде оптимізація вхідних даних. Honeybee надалі також буде корисним для підбору та аналізу підібраних стратегій, оскільки дозволяє достатньо швидко змінити поточні властивості моделі будівлі згідно прийнятих рішень, та оцінити результати.

Девелопери програмного забезпечення Autodesk також розробили ряд ПЗ - для симуляції й аналізу енергоефективної продуктивності будівель, зокрема – Autodesk Insight, Autodesk Moldflow, Autodesk Flow Design [14] та ін. Перевагою користування буде висока сумісність з Revit, оскільки вищезазначені програми належать до однієї сім'ї ПЗ.

Для дослідження енергетичних властивостей зовнішніх оболонок споруди доцільно використовувати софт на кшталт Velux Indoor Climate чи WUFI. На відміну від вищерозглянутого, цей софт є більш інтуїтивним для користувача. Якщо софт від Velux зосереджується на вікнах, денному світлі та сонцезахисті, а також на їхньому впливі на клімат у приміщенні та на споживанні енергії для опалення, вентиляції, охолодження та електричного освітлення, то інструмент від WUFI, окрім встановлення термореакцій від елементів будівлі, оперує умовами виникнення та впливу вологості.

Висновки. У статті розглянуто методики дослідження поточної енергоефективності, що включать в себе історико-соціальний аналіз, визначення енергоефективних характеристик та побудову аналітичної моделі, з

уточненнями відповідно до історичного контексту досліджуваного об'єкту. Подальший підбір стратегій на наступних етапах роботи повинен базуватись на практичних та теоретичних результатах, отриманих в ході проведення вищезгаданих досліджень та передувати уточненню розрахунків при оптимізації енергоспоживчих даних.

Список джерел

1. Directive 2018/844/EU amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency, 19.6.2018, Official Journal L 156, p. 75-91 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj

2. Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, 18.6.2010, Official Journal L 153, p. 13–35 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj

3. EN 16883:2017 Conservation of cultural heritage

4. Commission Recommendation (EU) 2019/786 on building renovation (notified under document C (2019) 3352), 16.5.2019, Official Journal L 127, p. 34-79 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2019/786/oj

5. Commission Recommendation (EU) 2019/1019 on building modernisation, 21.6.2019, Official Journal L 165, p. 70-128 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://data.europa.eu/eli/reco/2019/1019/oj

6. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність

7. ДБН В.2.6.-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель

8. Buda A., Gori V., Hansen E. J. d. P., López C. S. P., Marincioni V., Giancola E., Vernimme N., Egusquiza A., Haas F., Herrera-Avellanosa D. Existing tools enabling the implementation of EN 16883:2017 Standard to integrate conservation-compatible retrofit solutions in historic buildings. *Journal of Cultural Heritage*, 2022, Vol. 57, P-p. 34–52. DOI: 10.1016/j.culher.2022.07.002

9. Balest J., Lucchi E., Haas F., Grazia G., Exner D. Materiality, meanings, and competences for historic rural buildings: a social practice approach for engaging local communities in energy transition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021. Vol. 863. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/863/1/012021

10. Kashchenko T., Danko K. Features of housing sanation in the historical architectural environment. *TEKA Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych*. 2018. Vol.14, №1. 63-70. DOI: 10.35784/teka.1741

11. Troi A., Bastian Z., Colla C., Torben D., Esposito E., Franzen C., Garrecht H., Haas F., Hernandez J., Paci G., Pfluger R., Plagge R., Pohl W., Wedebrunn O.,

Bishara A., Faustini M., Bangert A., Janetti M., Weitlaner R. Energy efficiency solutions for historic buildings. A handbook. *Birkhauser,* December 2014. 335 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.2558.9206.

12. Leijonhufvud G., Broström T., Buda A., Herrera D., Haas F., Troi A., Exner D., Mauri S., Hansen, E. J., Marincioni V., Vernimme N. Planning energy retrofits of historic buildings. EN16883:2017 in practice. *Task IEA 59,* October 2021. P.p. 1-54 DOI: 10.18777/ieashc-task59-2021-0003.

13. Larsen, P. K., & Broström, T. Climate Control in Historic Buildings. *Uppsala Universitat, National Museum of Denmark,* 2015. P.p. 1-73. http://eprints.sparaochbevara.se/862/1/Climate_control_in_historic_buildings.pdf

14. Shuldan L., Shtendera A. Simulation modelling development in design of energy efficiency improvement of architectural solutions. *Architectural Studies.* Vol.6, №2, 2020. 258-268. DOI: 10.23939/as2020.02.258

References

1. Directive (EU) 2018/844 amending Directive (EU) 2010/31 on the energy performance of buildings and Directive (EU) 2012/27 on energy efficiency (2018) Official Journal L 156, [Electronic resource]. - Access mode: http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj (In English)

2. Directive (EU) 2010/31 on the energy performance of buildings (2010), Official Journal L 153, [Electronic resource]. - Access mode: http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj (In English)

3. EN 16883 (2017) Conservation of cultural heritage (In English)

4. Commission Recommendation (EU) 2019/786 on building renovation (notified under document C (2019) 3352) (2019), Official Journal L 127, [Electronic resource]. - Access mode: http://data.europa.eu/eli/reco/2019/786/oj (In English)

5. Commission Recommendation (EU) 2019/1019 on building modernisation (2019), Official Journal L 165, [Electronic resource]. - Access mode: http://data.europa.eu/eli/reco/2019/1019/oj (In English)

6. DBN B.1.2.-11 (2021) Basic requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency [Osnovni vymohy do budivel′ i sporud. Enerhozberezhennya ta enerhoefektyvnist′] (In Ukrainian)

7. DBN B.2.6.-31 (2021) Thermal insulation and energy efficiency of buildings [Teplova izolyatsiya ta enerhoefektyvnist′ budivel′] (In Ukrainian)

8. Buda A., Gori V., Hansen E. J. d. P., López C. S. P., Marincioni V., Giancola E., Vernimme N., Egusquiza A., Haas F., Herrera-Avellanosa D. (2022). Existing tools enabling the implementation of EN 16883:2017 Standard to integrate conservation-compatible retrofit solutions in historic buildings. Journal of Cultural Heritage, Vol.57, P-p. 34–52. DOI: 10.1016/j.culher.2022.07.002 (In English)

9. Balest J., Lucchi E., Haas F., Grazia G., Exner D. (2021). Materiality, meanings, and competences for historic rural buildings: a social practice approach for engaging local communities in energy transition. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 863(1), P-p. 1-18. DOI: 10.1088/1755-1315/863/1/012021 (In English)

10. Kashchenko T., Danko K. (2018) Features of housing sanation in the historical architectural environment. TEKA Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych, Vol.14, №1. P-p. 63-70. DOI: 10.35784/teka.1741 (In English)

11. Troi A., Bastian Z., Colla C., Torben D., Esposito E., Franzen C., Garrecht H., Haas F., Hernandez J., Paci G., Pfluger R., Plagge R., Pohl W., Wedebrunn O., Bishara A., Faustini M., Bangert A., Janetti M., Weitlaner R. (2014) Energy efficiency solutions for historic buildings. A handbook. Birkhauser, 335 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.2558.9206. (In English)

12. Leijonhufvud G., Broström T., Buda A., Herrera D., Haas F., Troi A., Exner D., Mauri S., Hansen, E. J., Marincioni V., Vernimme N. (2021). Planning energy retrofits of historic buildings. EN16883:2017 in practice. Task IEA 59, P.-p. 1-54 DOI: 10.18777/ieashc-task59-2021-0003. (In English)

13. Larsen P. K., Broström T. (2015). Climate Control in Historic Buildings. Uppsala Universitat, National Museum of Denmark, P-p. 1-73 http://eprints.sparaochbevara.se/862/1/Climate_control_in_historic_buildings.pdf (In English)

14. Shuldan L., Shtendera A. (2020). Simulation modelling development in design of energy efficiency improvement of architectural solutions. Architectural Studies, Vol.6, №2, P.-p. 258–268. DOI: 10.23939/as2020.02.258 (In English)

Annotation

Tetyana Kashchenko, associate professor, PhD, Department of Architectural Design of Civil Buildings and Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Roksolana Kolisnyk, post graduate student, Department of Architectural Design of Civil Buildings and Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Methods of researching the state of historical buildings energy efficiency

While rebuilding post-war Ukraine, there will be a need to introduce historical buildings into the discourse of energy-efficient improvements both to ensure the energy security of the country and to preserve the historical fund and increase its potential in the context of prospects. The process of energy-efficient reintegration of a historical building requires the use of complex methods for collecting information about the current state of the building, which include both historical and social history collection, as well as non-invasive measurements of the building's characteristics, as well as object modeling for analytical studies of the building's indicators. These studies are conducted to establish the energy-economic characteristics of the building in order to identify the potential for reducing energy consumption and minimizing the impact of the building on the environment.

Methods of researching the current state of historical buildings energy efficiency are determined by two principled approaches, which involve either direct measurement of building characteristics, or simulation of an analytical model to calculate indicators, based on parametric data and characteristics of the building environment. However, they are preceded by the collection of the building`s historical anamnesis, to understand the context, essence and processes that historically took place in the building and affect the current energy consumption. A careful analysis and a balanced understanding of the historical building is required to set goals for the ongoing renovation of the historical building for the further selection of innovative solutions and energy-efficient strategies.

Keywords: energy efficiency; historical buildings.