

УДК 644.1:620.9

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КЛІМАТИЧНИМИ ІНЖЕНЕРНИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДІВКУ

Адегов О. В.<sup>1</sup>, к. т. н., доц., Солод Л. В.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.,  
Тимошенко О. А.<sup>3</sup>, к. т. н., доц., Березюк Г. Г.<sup>4</sup>, старш. викладач  
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури  
[1 adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:adehov.oleksandr@pdaba.edu.ua); [2 solod.leontina@pdaba.edu.ua](mailto:solod.leontina@pdaba.edu.ua);  
[3 tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua](mailto:tymoshenko.olena@pdaba.edu.ua); [4 berezuik.hanna@pdaba.edu.ua](mailto:berezuik.hanna@pdaba.edu.ua)

**Постановка проблеми.** Європейські дослідження останніх років показали, що в більшості країн понад 40 % первинних енергоресурсів споживається житловими освітніми, соціально-адміністративними будівлями та лікарнями. Зменшення споживання енергоресурсів у будівлях різного призначення – особливо актуальне. Крім того, забезпечення енергетичної ефективності всіх типів будівель стає особливо важливим у період відновлення та оновлення України.

Зниження споживання енергії в будівлях обумовлює активну розробку нових конструкцій будівель, технічних рішень для додаткового термозахисту огорожувальних конструкцій і особливо світлопрозорих прорізів залежно від погодних та кліматичних умов експлуатації, потребує розробки нової кліматичної техніки, систем для підготовки гарячої води і нових інтелектуальних інформаційних технологій управління мікрокліматом в приміщеннях будівель. У країнах ЄС була прийнята Директива 2010/31/ЄС EPBD 2 «По Енергетичному забезпеченню будівель» [1–3]. Метою Прийняття Директиви було посилення вимог до енергетичної ефективності будівель.

Основне завдання нових інформаційних технологій управління – це керувати генерацією та споживанням теплоти і холоду для інженерних систем мікроклімату, генерацією гарячої води для потреб людини, споживанням електроенергії та водночас мінімізувати витрати енергоресурсів.

Основою для розробок інтелектуальних систем управління є результати роботи Європейського проекту зі створення «Індикатора інтелектуальної готовності» будівлі – SRI – «Smart Readiness Indicator» та концепції управління «Розумний дім» [3–5]. Такі інтелектуальні системи управління дають змогу генерувати та споживати енергію приміщеннями в будівлях у необхідному обсязі та в потрібний час і відповідно значно знизити споживання енергії.

**Мета роботи** полягає в аналізі можливості використання «Індикатора інтелектуальної готовності» SRI будівлі для ухвалення рішень щодо впровадження енергоефективних інженерних систем та інтелектуальних систем управління кліматичними інженерними системами будівель.

### **Основна частина.**

Основна стратегія підвищення енергоефективності будівель – це удосконалення технологій з термомодернізації будівель, використання комбінованих кліматичних інженерних систем, використання ефективних систем генерації гарячої води та електроенергії, впровадження інтелектуальних систем управління генерацією та споживанням теплової та електричної енергії.

Така стратегія полягає в тому, що зниження енергоспоживання здійснюється за рахунок використання енергії тільки в ті моменти, коли в цьому є необхідність та в мінімально необхідному обсязі для досягнення цілей споживання енергії.

Індикатор інтелектуальної готовності SRI будівлі або будівельного блоку виражається у відсотках, що відображає співвідношення між «розумною» готовністю

будівлі або будівельного елементу порівняно з максимальною «розумною» готовністю, якої він може досягти. Індикатор інтелектуальної готовності SRI структурований таким чином, що може оцінювати «розумність» трьох груп інформації щодо стану будівлі та її мешканців.

1. Три ключові можливості «розумної» готовності будівлі:
  - Енергоефективність та експлуатація.
  - Реагування на потреби мешканців.
  - Енергетична гнучкість.
2. Сім критеріїв впливу розумної готовності:
  - Енергоефективність.
  - Технічне обслуговування та прогнозування відмов-несправностей обладнання;
  - Комфорт.
  - Зручність.
  - Інформація для мешканців.
  - Здоров'я та самопочуття.
  - Гнучкість та зберігання енергії.
3. Дев'ять технічних послуг «розумної готовності»:
  - Опалення.
  - Охолодження.
  - Гаряче водопостачання.
  - Контрольована вентиляція.
  - Освітлення.
  - Динамічна огорожувальна конструкція.
  - Електрика.
  - Зарядка електромобілів.
  - Моніторинг та контроль.

Послуги «розумної готовності» оцінюються індивідуально. Послуги, які доступні в будівлі, обстежуються і визначається рівень їх функціональності. Для кожної окремої послуги визначається оцінка впливу, для кожного з семи критеріїв впливу.

Для отримання значення SRI розраховують оцінку впливу  $N$ . Потім ця оцінка впливу нормалізується шляхом ділення її на максимально досяжне значення дії-заходу на конкретну будівлю. Це співвідношення, виражене у відсотках, і є SRI.

Оцінка впливу  $N$  визначається наступним чином:

$$N = A \times a + B \times b + C \times c + D \times d + E \times e + F \times f + G \times g,$$

де:  $N$  – загальна оцінка впливу SRI, зважена оцінка по послугою;  $A$  – оцінка впливу (0–100) для економії енергії;  $B$  – оцінка впливу (0–100) за гнучкість і зберігання енергії;  $C$  – оцінка впливу (0–100) за комфорт;  $D$  – оцінка впливу (0–100) для зручності;  $E$  – оцінка впливу (0–100) на здоров'я і благополуччя;  $F$  – оцінка впливу (0–100) для прогнозування технічного обслуговування і несправності;  $G$  – оцінка впливу (0–100) для інформації мешканців будівлі;  $a$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для економії енергії;  $b$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для гнучкості і зберігання енергії;  $c$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для комфорту;  $d$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для зручності;  $e$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) на здоров'я і благополуччя;  $f$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) для обслуговування та прогнозування несправності;  $g$  – ваговий коефіцієнт впливу (0–100 %) по інформації мешканців будівлі.

Динамічна зміна багатьох параметрів мікроклімату за короткий період часу є суттєвою особливістю розроблення та застосування інтелектуального управління

системами опалення, вентиляції та кондиціонування приміщень будинку. Такі системи керування є складовою частиною загальної системи управління «Розумний будинок».

Важливу роль у виконанні послуг розумної готовності будівлі відіграє застосування концепції інтелектуального управління «Розумний дім», яка передбачає інтеграцію наступних систем в єдину систему управління будівлею:

- Систему опалення, вентиляції та кондиціонування.
- Систему генерації і акумулювання теплової та електричної енергії.
- Охоронно-пожежну сигналізацію, систему контролю доступу в приміщення, контролю протікання води, витоків газу.
- Систему відеоспостереження.
- Мережі зв'язку (зокрема телефон і локальна мережа будівлі).
- Систему освітлення.
- Систему електроживлення будівлі (АВР, промислові ДБЖ, дизель-генератори).
- Механізацію будівлі (додатковими зовнішніми огороженнями, відчинення/зачинення воріт, шлагбаумів, електропідігрів сходинок тощо).
- Управління з одного місця аудіо-, відеотехнікою, домашнім кінотеатром.
- Телеметрію – віддалене стеження за системами.
- IP-моніторинг об'єкта – віддалене керування системами через мережу.
- GSM-моніторинг – віддалене інформування про інциденти в будинку (квартирі, офісі, об'єкті) і управління системами будинку через телефон.
- Віддалене керування електроприладами, приводами механізмів і всіма системами автоматизації.

**Висновок.** Застосування «Індикатора інтелектуальної готовності будівлі» та використання інтелектуальних систем управління будівлею забезпечить оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, ефективне використання енергоресурсів і максимальний комфорт перебування людини в приміщеннях такої будівлі.

#### Список використаних джерел

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>
2. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
3. Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings. European commission. *Directorate-General for Energy*. Directorate C – Renewables. Research and Innovation, Energy Efficiency. Unit C4 – Energy Efficiency: Buildings and Products. ISBN 978-92-76-19197-1. Published of the European Union Brussels. 2020. P. 487.
4. Olexandr Adegov, Svitlana Shekhorkina, Maryna Babenko, Maryna Lyahovetska-Tokareva, Olexandr Kudryavcev. Smart-readiness assessment of a complex residential building in Ukraine. *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 30, 2022, № 2. Pp. 1–11. Публікація Web of Science.
5. Amjad Almusaed, Ibrahim Yitmen, Asaad Almasad Enhancing. Smart Home Design with AI Models: a Case Study of Living Spaces Implementation Review. *Energies* 2023. Vol. 16 (6). P. 2636. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16062636>.