

УДК 697.1:692.5:620.9

## ВПЛИВ МІНЛИВОСТІ ПАРАМЕТРІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Луpir О. О.<sup>1</sup>, аспір., Нікіфорова Т. Д.<sup>2</sup>, докт. техн. наук, проф.  
 ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»  
 Українського державного університету науки і технологій  
<sup>1</sup> [lupyr.oleksandr@365.pdaba.edu.ua](mailto:lupyr.oleksandr@365.pdaba.edu.ua), <sup>2</sup> [t.d.nikiforova@ust.edu.ua](mailto:t.d.nikiforova@ust.edu.ua)

**Постановка проблеми.** Проблема енергоефективності житлових будівель є однією з ключових у сфері сучасного будівництва. Основною причиною високого рівня енергоспоживання в опалювальний період є тепловтрати, що виникають через огорожувальні конструкції. Особливо актуальним є питання вивчення впливу мінливості їх фізичних характеристик на загальний енергетичний баланс будівлі.

**Мета дослідження.** Вплив мінливості фізичних характеристик огорожувальних конструкцій житлових будівель на рівень енергоспоживання шляхом енергетичного моделювання та аналізу результатів за допомогою сучасних програмних комплексів.

**Результати дослідження.** Сучасні вимоги до енергоефективності житлових будівель визначають необхідність глибокого аналізу впливу огорожувальних конструкцій на загальне енергоспоживання. Огорожувальні конструкції (стіни, покрівля, вікна, двері, перекриття) відіграють ключову роль у формуванні теплового балансу будівлі.

Основними параметрами, що впливають на теплозахист житлових будівель, є: об'ємна вага, коефіцієнт теплопровідності матеріалів; товщина теплоізоляційних шарів; щільність і паропроникність конструкцій.

Мінливість цих характеристик може виникати з різних причин: технологічні відхилення під час будівництва, зношування матеріалів, кліматичні впливи та модернізація. Навіть незначні зміни теплопровідності або товщини теплоізоляційного шару можуть призвести до суттєвого зростання тепловтрат. Це, в свою чергу, зумовлює збільшення витрат на опалення взимку або кондиціонування влітку. Погіршення одного з цих параметрів здатне знизити енергоефективність конструкції.

В таблиці наведені дані середнього значення об'ємної ваги та коефіцієнта варіації для найбільш поширених матеріалів конструкцій огороження [1].

Таблиця

**Мінливість об'ємної маси матеріалів огорожувальних конструкцій**

| №п/п | Матеріал       | Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>     |                        |
|------|----------------|-------------------------------------|------------------------|
|      |                | Середнє значення, кг/м <sup>3</sup> | Коефіцієнт варіації, % |
| 1    | Ґрунт          | 1 600                               | 22,0                   |
| 2    | Залізобетон    | 2 500                               | 2,0                    |
| 3    | Шлакобетон     | 1 000                               | 15,0                   |
| 4    | Шлак           | 500                                 | 18,0                   |
| 5    | Газобетон      | 500                                 | 7,0                    |
| 6    | Піноскло       | 100                                 | 5,0                    |
| 7    | Пінополістирол | 50                                  | 3,0                    |

Примітка: приведено середні значення згідно статистичних даних.

Оцінка енергоспоживання з урахуванням невизначеності параметрів огорожувальних конструкцій може бути суттєво покращена за допомогою імовірнісних методів. Методи імовірнісної оцінки дозволяють не просто отримати «середнє значення», а спрогнозувати

діапазон можливих результатів, враховуючи варіації в характеристиках матеріалів, кліматичних умовах чи експлуатаційних режимах.

У зв'язку з цим дедалі більшого значення набувають методи імовірнісної оцінки, що дозволяють враховувати невизначеність і варіативність вхідних даних. Один із найпоширеніших підходів – метод Монте-Карло, який передбачає багаторазове моделювання сценаріїв із випадковими значеннями параметрів у заданих межах. У результаті замість одного «середнього» значення енергоспоживання отримується розподіл імовірності, який краще відображає реальний стан речей.

Крім того, стохастичне моделювання дозволяє задавати параметри огорожувальних конструкцій як випадкові змінні з певним законом розподілу (наприклад, нормальним або трикутним), що особливо актуально для старих будівель із неоднорідними матеріалами. А аналіз чутливості допомагає визначити, які саме параметри мають найбільший вплив на енергоспоживання, дозволяючи оптимізувати заходи з термомодернізації.

Застосування імовірнісних методів можливе як у спеціалізованому програмному забезпеченні (EnergyPlus, IDA ICE, THERM), так і через інтеграцію з математичними пакетами (Python, R, MATLAB). Такий підхід відкриває нові можливості для точного прогнозування енергетичної ефективності будівель, підвищує достовірність результатів і сприяє прийняттю більш обґрунтованих рішень у сфері енергоаудиту та реконструкції.

Результати імовірнісної оцінки методом стохастичного моделювання з використанням нормального розподілу параметрів свідчать, що в разі втрати теплоізоляційних властивостей на 10–20 %, енергоспоживання будівлі може зрости на 15–30 % [1] у порівнянні з енергоспоживанням визначеним за методикою розрахунку згідно норм [2]. Особливу увагу слід приділяти конструктивним недолікам – місткам холоду, які виникають у місцях з'єднання елементів (кутові зони, примикання плит перекриття, віконні отвори [3]). Вони можуть спричиняти до 20 % загальних тепловтрат будівлі, навіть при дотриманні норм по основних площинах огорожень.

**Висновки.** Мінливість фізичних характеристик огорожувальних конструкцій є важливим фактором, що впливає на енергоефективність будівель. Для забезпечення сталого низького енергоспоживання важливо не лише правильно проектувати огорожувальні конструкції, а й враховувати їхню потенційну мінливість протягом терміну експлуатації будівель. Використання методів імовірнісної оцінки є важливим для врахування невизначеності та варіативності характеристик огорожувальних конструкцій, що дозволяє отримати більш точний і надійний прогноз енергоспоживання будівлями. Використання високоякісних матеріалів з гарантованими стабільними властивостями, точне дотримання технологій будівництва, а також регулярні обстеження, термографія та моніторинг житлових будівель і своєчасна модернізація конструкцій є ключовими чинниками в управлінні енергоефективністю.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нікіфорова Т. Д. Наукові основи і методи розрахунку конструкцій заглиблених будівель із урахуванням зовнішніх впливів [Текст] : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.01. Нікіфорова Тетяна Дмитрівна. Дніпропетровськ, 2016. 346 с.
2. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. Нац. стандарт України. Вид. офіц. [Чинний від 2023-03-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 60 с.
3. Nikiforova Tetiana, Sopilniak Artem, Radkevych Anatolii, Shevchenko Tetiana. Simple methods of increasing the energy efficiency of windows in the reconstruction of old buildings. Sustainable housing and human settlement : monograp. Dnipro – Bratislava : SHEE “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture” – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. Pp. 94–101.