

УДК 699.86:697.11

**ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ УТЕПЛЕННЯ ФАСАДІВ  
НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. РІВНЕ**

**В. П. Ковальчук**

студентка 4 курсу, група ТГВ-41, навчально-науковий інститут будівництва та архітектури  
Науковий керівник – к.т.н., доцент С. Б. Проценко

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**На прикладі житлового будинку в м. Рівне розглянута методика визначення економічно обґрунтованої товщини утеплення зовнішніх стін.**

**Ключові слова:** тепловтрати, утеплення, опалення, видатки, комп'ютерне моделювання.

**На примере жилого здания в г. Ровно рассмотрена методика определения экономически обоснованной толщины утепления внешних стен.**

**Ключевые слова:** теплопотери, утепление, отопление, издержки, компьютерное моделирование.

**The article describes the method of determining the economically feasible thermal insulation thickness of external walls on the example of a residential building in Rivne.**

**Keywords:** heat loss, thermal insulation, heating costs, computer simulation.

**Стрімке здорожчання всіх видів енергоресурсів** зумовлює необхідність активного пошуку способів скорочення видатків на опалення, в тому числі шляхом зменшення втрат тепла у приміщеннях.

Найбільш популярними заходами зі зменшення енерговитрат на опалення будинків є утеплення фасадів і заміна застарілих віконних систем на сучасні герметичні вікна. За літературними джерелами, ці заходи здатні забезпечити зменшення річних видатків на опалення на рівні 9-32 %. Однак слід зазначити, що утеплення будівель може дати реальну економію енергоресурсів та коштів споживачів тепла лише у випадку індивідуального регулювання теплоспоживання та організації оплати послуг з опалення за фактично спожиту теплову енергію. В іншому випадку єдиним результатом зазначених заходів є підвищення рівня теплового комфорту в приміщеннях, а «зайве» тепло просто відводиться назовні шляхом додаткового провітрювання кімнат.

При утепленні фасадів будівель закономірно постає питання, яку саме товщину утеплювача вибрати. При її збільшенні втрати тепла в приміщеннях зменшуються, натомість зростає вартість самого утеплювача. Цілком очевидно, має існувати певна «золота середина», за якої капітальні видатки на утеплення будівель досить швидко окупаються за рахунок економії експлуатаційних видатків на опалення. Вельми цікаво порівняти цю економічно обґрунтовану товщину утеплення з тією величиною, що необхідна для забезпечення нормативного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [1, пп. 2.2, 2.3, табл. 1].

**Метою даного дослідження** є розробка методики визначення економічно обґрунтованої товщини утеплення зовнішніх стін на прикладі житлового будинку в кліматичних умовах м. Рівне.

**Простий теплотехнічний розрахунок** показує (рис. 1), що опір теплопередачі неутепленої цегляної кладки товщиною 510 мм близький до  $1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Водночас, згідно з чинними нормативними вимогами, мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішньої

стіни для першої кліматичної зони, де розташоване м. Рівне, становить  $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  для нового будівництва [1, п. 2.2] та  $2,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  у випадку реконструкції існуючих будівель з метою їх термомодернізації [1, п. 2.3]. У випадку застосування для утеплення фасадів, приміром, пінополістиролу марки Penoboard з теплопровідністю  $\lambda_A = 0,031 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ , цим значенням нормативного опору теплопередачі відповідає товщина шару утеплювача відповідно 70 та 50 мм.

**Визначення економічно обґрунтованої товщини утеплення** є набагато складнішою задачею, оскільки варіантний аналіз тепловтрат у будинку вимагає проведення значного обсягу складних обчислень. Виконання такого аналізу може бути здійснене шляхом застосування інноваційних підходів та комп'ютерних методів моделювання і розрахунку.

З метою вирішення даної задачі, засобами комп'ютерної програми Kan OZC 6.1, що надана в навчально-дослідницьких цілях кафедрі ТГВ та СТ компанією Kan Sp. z o.o., розроблено тривимірну модель 9-поверхового 72-квартирного житлового будинку. Комп'ютерна модель (рис. 2) включає в себе планувально-конструктивне рішення будинку, теплотехнічні характеристики використовуваних будівельних матеріалів та огорожувальних конструкцій, кліматичні параметри району розташування об'єкта, вимоги до внутрішнього мікроклімату приміщень та інші необхідні для розрахунків дані. Змінюючи ті чи інші параметри моделі будинку, можна легко виконувати складні обчислення та аналізувати імовірні наслідки впровадження різних заходів з енергозбереження.

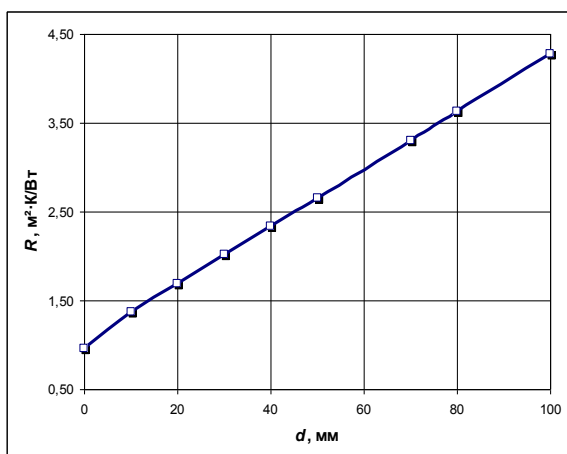


Рис. 1. Опір теплопередачі  $R$  зовнішньої цегляної стіни (510 мм) за різної товщини  $d$  шару утеплювача з пінополістиролу з теплопровідністю  $\lambda_A = 0,031 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$

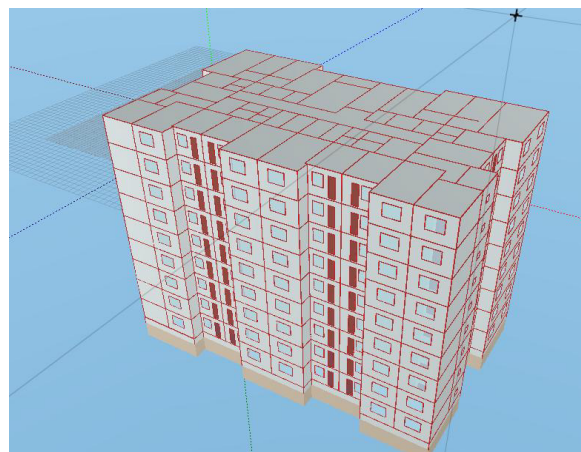


Рис. 2. Тривимірний моделювання житлового будинку в комп'ютерній програмі Kan OZC 6.1

**В даному дослідженні** виконано варіантний аналіз тепловтрат у будинку при утепленні зовнішніх стін товщиною 510 мм із дірчастої керамічної цегли плитами з екструдованого пінополістиролу марки Penoboard з розмірами  $1,25 \times 0,6 \text{ м}$ . За допомогою комп'ютерної моделі за різної товщини шару утеплювача в діапазоні від 0 до 100 мм обчислено тепловтрати будинку за рахунок теплопередачі та на вентиляцію і визначено проектну теплову потужність системи опалення  $\Phi$ , кВт (рис. 3). Відповідно до вимог п. 6.3.4 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [2], цей розрахунок виконано за методикою, що викладена в європейському стандарті EN 12831 [3].

Очікуване річне теплоспоживання системи опалення будинку  $Q_i$  за порівнюваними варіантами визначене за формулою [4, п. 4.5]:

$$Q_i = 3,6 \cdot \Phi_i \cdot \frac{t_B - t_{CO}}{t_B - t_3} \cdot 24 \cdot m \cdot 10^{-3}, \text{ ГДж}, \quad (1)$$

де  $\Phi_i$  – проектна теплова потужність системи опалення за  $i$ -м варіантом, кВт;  $t_3$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, яка для м. Рівне становить  $-21^\circ\text{C}$  [5, табл. 2];

$t_{CO}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, для м. Рівне  $0,1^{\circ}\text{C}$  [5, табл. 2];  $t_B$  – середня розрахункова температура внутрішнього повітря у приміщеннях, що прийнята рівною  $20^{\circ}\text{C}$ ;  $m$  – тривалість опалювального періоду, 182 доби [5, табл. 2].

Річні експлуатаційні видатки на опалення  $E_i$  в діючих тарифах для різних варіантів утеплення фасадів будинку обчислені за виразом:

$$E_i = \frac{Q_i \cdot T}{1000 \cdot 4,19}, \text{ тис. грн,} \quad (2)$$

де  $T$  – тариф на послуги централізованого опалення для житлових будинків з будинковими приладами обліку теплової енергії, який для м. Рівне становить 763,93 грн/Гкал; 4,19 – коефіцієнт для переведення ГДж у Гкал.

Економія видатків на опалення за різними варіантами утеплення будинку, порівняно з базовим варіантом – неутепленим будинком, наведена на рис. 4.

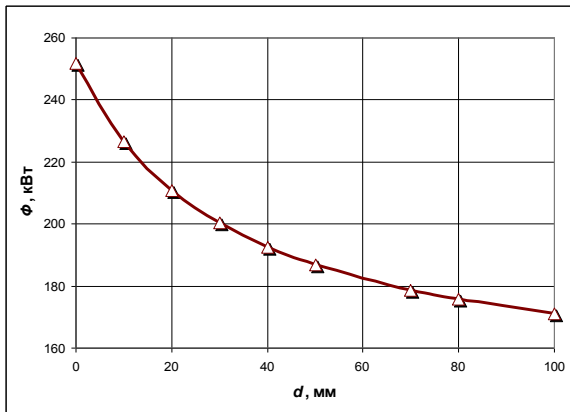


Рис. 3. Проектна теплова потужність системи опалення будинку  $\Phi$  за різної товщини  $d$  шару утеплювача з пінополістиролу

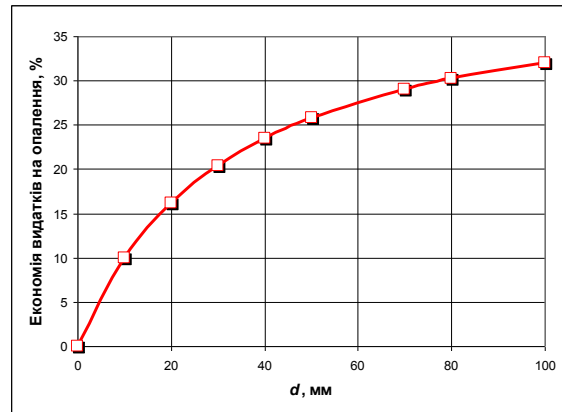


Рис. 4. Економія видатків на опалення за різної товщини  $d$  шару утеплювача, порівняно з неутепленим будинком

Капітальні видатки на утеплення будинку залежать від багатьох факторів, а саме: площі та геометрії фасадів, конструктивного рішення утеплення, вартості будівельних робіт, виду та товщини шару теплової ізоляції, видів інших необхідних матеріалів (клею для приклеювання утеплювача, клею та сітки для армування, дюбелів, перфорованих кутів, декоративної штукатурки, ґрунтовки, фасадної фарби тощо). В мережі Інтернет можна знайти численні online-калькулятори, що допомагають розрахувати вартість утеплення будинку (приміром, <http://kievrem.com.ua/ua/kalkulyator-uteplenie-fasadov/>, <http://www.kievbud.com.ua/calc.html>, <http://stroymateriali.kiev.ua/penoplast-fasad-cena> тощо).

У виконаному дослідженні площа утеплюваних зовнішніх стін будинку становить  $2860 \text{ м}^2$ , а як утеплювач прийнятий достатньо якісний і довговічний, а відтак і дорогий термоізоляційний матеріал – плити з екструдованого пінополістиролу. Вартість утеплення будинку за порівнюваними варіантами насамперед залежить від товщини шару утеплювача, натомість вартість будівельних робіт та інших необхідних матеріалів практично однакова.

Результати розрахунку капітальних та річних експлуатаційних видатків за порівнюваними варіантами наведені на рис. 5.

Окремою складною задачею при виконанні варіантного аналізу є вибір об'єктивного критерію оптимальності. Значна економічна нестабільність, швидка інфляція, стрімке здорожчання енергоресурсів, що спостерігаються нині в Україні, ще більше ускладнюють це завдання. Цілком очевидно, що робити якісь довгострокові прогнози в сучасних економічних умовах вкрай важко і недоречно.

Саме тому в якості критерію оптимальності в даному дослідженні був вибраний строк окупності капітальних вкладень на утеплення житлового будинку за рахунок економії

видатків мешканців цього будинку на оплату послуг централізованого опалення, що визначався за формулою

$$CO = \frac{K_i}{E_{БАЗ} - E_i}, \text{ роки}, \quad (3)$$

де  $E_i$  – річні експлуатаційні видатки на опалення за  $i$ -м варіантом утеплення будинку, тис. грн;  $E_{БАЗ}$  – річні експлуатаційні видатки на опалення за базовим варіантом – неутепленим будинком, тис. грн;  $K_i$  – капітальні видатки на утеплення за  $i$ -м варіантом, тис. грн.

**Як свідчать результати розрахунків** (рис. 6), найбільш економічно вигідною при використанні екструдованого пінополістиролу є товщина шару утеплювача 70 мм, оскільки видатки на утеплення будинку в цьому випадку, за діючих тарифів, здатні окупитися вже за 2,4 роки. Така товщина утеплювача цілком відповідає чинним нормативним вимогам щодо забезпечення мінімально допустимого опору теплопередачі зовнішніх стін у новому будівництві. Цілком прийнятною також є товщина шару утеплювача у 50 мм, що відповідає нормативним рекомендаціям стосовно термомодернізації існуючих будівель.

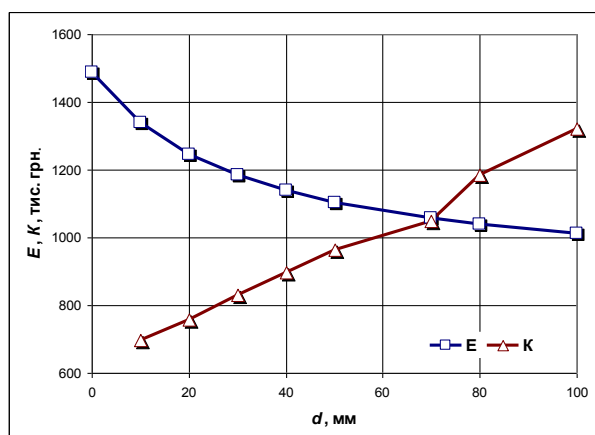


Рис. 5. Капітальні  $K$  та річні експлуатаційні  $E$  видатки за порівнюваними варіантами

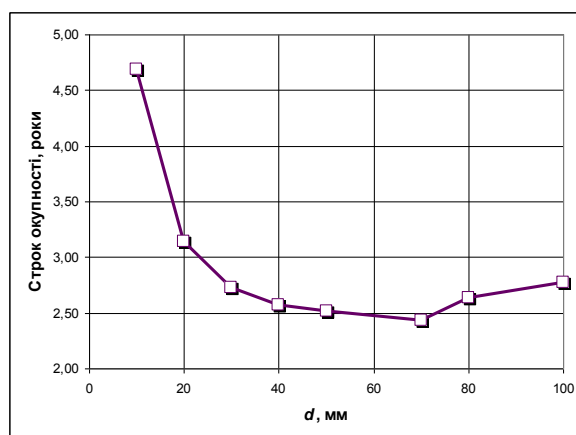


Рис. 6. Строк окупності капітальних видатків на утеплення будинку за різної товщини  $d$  шару утеплювача

Застосування теплоізоляції товщиною 30 мм і менше є економічно не вигідним, оскільки отримуване при цьому зменшення тепловтрат у будинку не компенсує настільки швидко видатків на його утеплення. І навпаки, збільшення товщини теплової ізоляції до 80-100 мм, хоча і окупується дещо довше, ніж за оптимальним варіантом, у довгостроковій перспективі здатне принести неабияку економію експлуатаційних видатків на опалення, особливо, якщо врахувати той факт, що в майбутньому тарифи тільки зростатимуть. При цьому також можна очікувати додаткової економії капітальних видатків за рахунок зменшення потрібної потужності і, відповідно, вартості як системи опалення, так і джерела теплопостачання, але це питання вимагає окремого дослідження.

Таким чином, на прикладі розглянутого житлового будинку доведена можливість застосування запропонованої методики варіантного аналізу ефективності заходів з енергозбереження шляхом комп'ютерного моделювання будівель.

**Список використаних джерел:**

- ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель (зі Зміною № 1 від 1 липня 2013 р.). – К. : Мінбуд України, 2006.
- ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2013.
- EN 12831:2003 (E) Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load. – CEN, 2003. – 76.
- Пособие по проектированию автономных инженерных систем многоквартирных и блокированных жилых домов (водоснабжение, канализация, теплоснабжение и вентиляция, газоснабжение, электроснабжение). – М.: Торговый Дом «Инженерное оборудование», 1997. – 49 с.
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.