

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ ПАРАМЕТРІВ

*В. Л. Мартинов, к.т.н., доц.*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського*

*вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна*

*E-mail: ddd151@yandex.ru*

Пропонується спосіб оптимізації декількох геометричних параметрів енергоефективних будівель одночасно (форма, пропорції, опір тепловтрапам огорожувальних конструкцій, азимут будівлі та інше) з метою підвищення енергоефективності.

**Ключові слова:** енергоефективні будівлі, геометричне моделювання, оптимізація параметрів, тепловий баланс, огорожувальні конструкції, архітектурне проектування.

**Вступ.** На сьогодні проблема енергоресурсозбереження в електричних системах вимагає комплексного розв'язання. На підприємствах це можливо не тільки за рахунок оптимізації параметрів електричних систем, але й за рахунок оптимізації параметрів будівель, що значно впливають на витрати енергії (для опалення та гарячого водопостачання будинків й т. ін.). Так, при розробці проектів нових промислових будинків актуальним є підвищення їх енергоефективності, використання відновлюваних екологічно чистих джерел енергії (сонця, землі, вітру та ін.), розробка енергоекономічних та енергоефективних будинків. Підвищення енергоефективності будинків можливе за рахунок оптимізації параметрів (форми, пропорцій, розподілу утеплювача, орієнтації будівель, геліоприймачів та ін.).

На рис. 1 наведено геометричні параметри

будівлі, які впливають на енергоефективність.

**Аналіз попередніх досліджень.** Вирішенню питання підвищення енергоефективності будівель присвячено роботи [1–4], але в них визначалися оптимальні пропорції будівель з точки зору мінімізації тепловтрат через огорожувальні конструкції за одним параметром (пропорцій). У роботах [5, 6] окремо оптимізувалася форма будівлі та окремо параметри утеплення непрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу огорожувальних конструкцій.

**Мета роботи.** Розробити спосіб оптимізації декількох геометричних параметрів гранних енергоефективних будівель одночасно з метою мінімізації теплового балансу огорожувальних конструкцій з атмосферою, підвищення енергоефективності будівель.

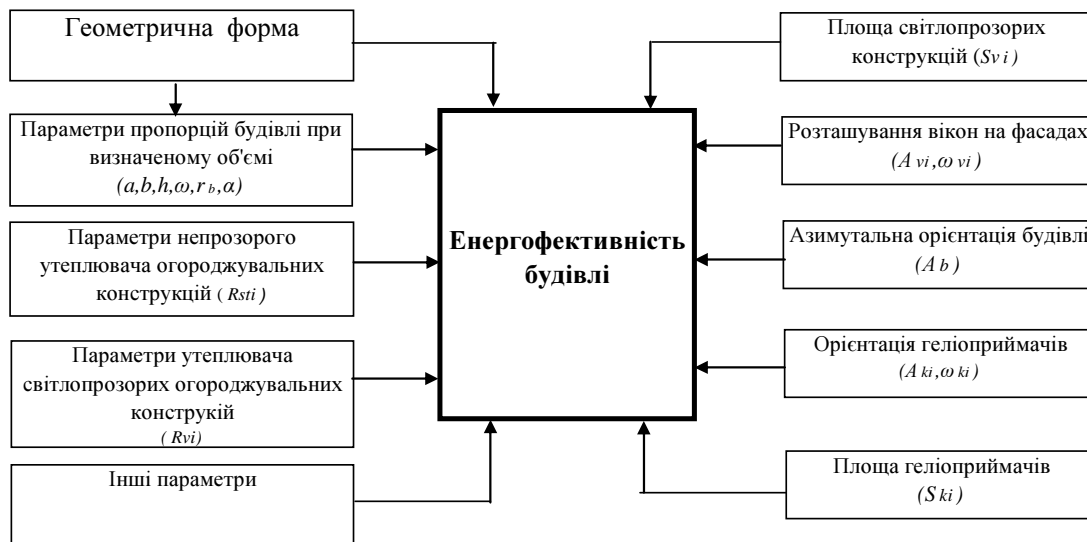


Рисунок 1 – Параметри, що впливають на енергоефективність

**Матеріал і результати дослідження.** Поверхня гранної будівлі складається з окремих граней. Криволінійна поверхня апроксимується площинами, утворюються грані. Для будівлі пропонується спосіб оптимізації декількох геометричних параметрів одночасно з метою зменшення теплового балансу огорожувальних конструкцій. Для цього складається математична модель теплового балансу  $\Delta Q_i$  кожної грані енергоефективного будинку, що включає па-

раметри пропорцій будинку ( $a, b, h, r_b, \omega, \alpha$ ), параметри утеплювача (опір тепловтрапам  $R_{sti}$ ) непрозорих конструкцій (граней), параметри утеплювача (опір тепловтрапам  $R_{vi}$ ) світлопрозорих конструкцій, площу світлопрозорих конструкцій  $S_{vi}$ , параметри розташування вікон на фасадах будівлі ( $A_{vi}, \omega_{vi}$ ), азимутальну орієнтацію будівлі ( $A_b$ ), параметри орієнтації геліоприймачів ( $A_{ki}, \omega_{ki}$ ), площу геліоприймачів ( $S_{ki}$ ) та інше.

Площу вікон на грані можливо знайти за формулою:

$$S_{vi} = f(S_{pid} \cdot N_{пов} \cdot F \cdot P_i), \quad (1)$$

де  $S_{pid} = f(a, b, r_b, \alpha)$  – площа підлоги поверху, що залежить від параметрів пропорцій будинку;  $N_{пов}$  – кількість поверхів будівлі;  $F$  – співвідношення площі вікон до площі поверху (від 0,125 до 0,2);  $P_i$  – коефіцієнт засклення стін будинку (від 0 до 1).

Математична модель теплового балансу грані будівлі можливо надати у вигляді нелінійної функції з декількома змінними.

Цільова функція

$$\Delta Q_i = \left[ \frac{1}{R_{sti}} \right] \left[ S_{sti} \left( t_{bi} - \left( t_{zi} + \frac{r_i \cdot Q_{sri}}{\alpha_{zsti}} \right) \right) 183 + \right. \\ \left. + \left[ \frac{1}{R_{vi}} \right] S_{vi} D_{di} - Q_{sri} K_i \zeta_i \varepsilon_{oi} S_{vi} \right] \quad (2)$$

Тепловий баланс огорожувальних конструкцій гранної будівлі при цьому мінімізується за наступною формулою:

Система обмежень:

$$\Delta Q_b = \sum \Delta Q_i - \sum Q_{ki}; \quad (3)$$

$$\Delta Q_b \rightarrow \min. \quad (4)$$

Кількість утеплювача залишається незмінною:

$$\sum R_{sti} S_{sti} + \sum R_{vi} S_{vi} = \text{const}, \quad (5)$$

але обмежуються параметри опору тепловтратам утеплювача:

$$1 \leq R_{cmi} \leq 7; \quad 0,5 \leq R_{vi} \leq 0,7. \quad (6)$$

Залежно від типів оптимізації параметрів уточнюються обмеження, де  $t_{umi}$ ,  $t_{zi}$  – умовна і фактична температури зовнішнього повітря;  $r_i$  – альbedo поверхні грані;  $Q_{sri}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією;  $Q_{sri} = f(A_{sti}, \omega_{sti})$  або  $Q_{sri} = f(A_b + \lambda_i, \omega_{sti})$  при оптимізації орієнтації будівлі;  $A_b$  – азимут будівлі;  $\lambda_i$  – кут між орієнтацією будівлі та грані;  $Q_{ki}$  – кількість короткохвильової сонячної радіації, що надходить на сонячний колектор;  $\alpha_{zsti}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огороження і зовнішнім повітрям;  $S_{sti}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій;  $R_{sti}$  – опір тепловтратам непрозорих огорожувальних конструкцій; 183 – кількість днів опалювального періоду;  $R_{vi}$  – опір тепловтратам світлопрозорих огорожувальних конструкцій [8];  $D_d$  – кількість градусо-днів опалювального періоду [8];  $\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами [8];  $\varepsilon_{oi}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій [8];  $K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження сонячної радіації [8].

Розв'язання даної задачі зводиться до оптимізації нелінійної функції з використанням ЕОМ за декількома змінними (метод Хука–Дживіса) [7].

У результаті досліджень при оптимізації пропорцій будівлі (змінні параметри пропорцій  $(a, b, h)$ ) ефект зменшення тепловтрат становив 5,68 %.

При оптимізації перерозподілу утеплювача (змінні параметри утеплювача опору тепловтратам  $R_{st1}, R_{st2}, R_{st3}, R_{st4}, R_{st5}, R_{st6}$ ) тепловтрати скоротилися на 11,23 %.

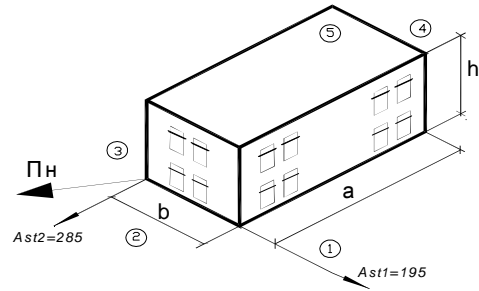


Рисунок 2 – Аксонетрія будинку

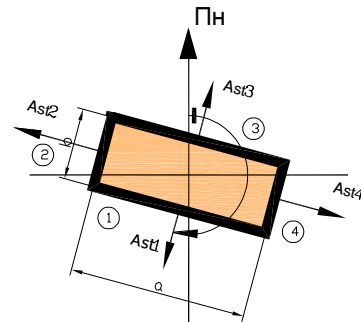


Рисунок 3 – План будинку

При оптимізації перерозподілу утеплювача (змінні параметри утеплювача опору тепловтратам  $R_{st1}, R_{st2}, R_{st3}, R_{st4}, R_{st5}, R_{st6}$ ) та оптимізації пропорцій будівлі (змінні параметри пропорцій  $(a, b, h)$ ) скорочення тепловтрат становило 12,31 %.

**Висновки.** Для вирішення проблеми енергоресурсозбереження запропоновано комплексний підхід. Пропонується спосіб оптимізації декількох параметрів енергоефективних будівель (пропорцій та розподілу утеплювача, орієнтації будівлі та ін.), з метою мінімізації теплового балансу огорожувальних конструкцій з атмосферою, що підвищує енергоефективність будівлі. Для будинку в Києві за рахунок оптимізації пропорцій та розподілу утеплювача тепловтрати через огорожувальні конструкції зменшилися на 12,31 %. Даний спосіб доцільно використовувати при комплексному вирішенні проблеми енергоресурсозбереження.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Маркус Т.А., Морис Э.Н. Здания, климат и энергия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.

3. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий / В.С. Беляев, П.П. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1991. – 255 с.

4. Мартинов В.Л. Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харьков, 2009. – С. 153–158.

5. Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності / О.В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.

6. Сергейчук О.В. Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якого n-параметрична поверхня // Матеріали VII Міжнародної Кримської науково-практичної конференції

«Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С.150–155.

7. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Пер. с англ. О.В. Шихеевой; под. ред. В.А. Волынского. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.

8. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – (Чинний від 2007-04-01) // Мін буд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – ( Державні будівельні норми України).

Стаття надійшла 30.06.2011 р.  
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.  
Огарь В.О.

## ОПТИМИЗАЦИЯ НЕСКОЛЬКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРАННЫХ ЗДАНИЙ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

*В. Л. Мартынов, к.т.н., доц.*

*Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского*

*ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина*

*E-mail: ddd151@yandex.ru*

Предлагается способ оптимизации нескольких геометрических параметров энергоэффективных зданий одновременно (это форма, пропорции, сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций, азимут здания и др.) с целью повышения энергоэффективности.

**Ключевые слова:** энергоэффективные здания, геометрическое моделирование, оптимизация параметров, тепловой баланс, ограждающие конструкции, архитектурное проектирование

## OPTIMIZATION OF MULTIPLE PARAMETERS OF GRAND BUILDINGS TO INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY

*V. Martynov, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof.*

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*

*vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine*

*E-mail: ddd151@yandex.ru*

A method of optimizing multiple parameters simultaneously energy efficient buildings (shape, aspect ratio, heat loss resistance building envelope, building azimuth, etc.) to improve energy efficiency.

**Key words:** energy efficient buildings, geometric modeling, optimization parameters, heat balance, walling, architectural engineering.