

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ГЕОМЕТРІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

У статті проаналізовано питання енергоефективності будинків та визначено такі їх форми, що дозволять забезпечити зниження тепловитрат. Здійснено обчислення відповідних параметрів та співвідношень різних геометричних фігур. Проведено порівняння зміни співвідношень повної площі поверхні до об'єму у зв'язку із варіюванням пропорцій будинку.

Ключові слова: геометричні фігури, оптимізація форм будинків, підвищення енергоефективності будинків.

Постановка проблеми. До найважливіших проблем сучасності відноситься питання раціонального використання обмежених ресурсів. Воно набуло своєї вагомості не тільки в екологічному, а й в економічному плані. Якщо темпи споживання вугілля, нафти, природного газу залишаться на сучасному рівні, то, за найбільш оптимальними прогнозами, вони вичерпаються на початку наступного сторіччя. Тому раціональне їх використання та питання енергозбереження є своєчасним і актуальним. Одне із важливих місць у підвищенні енергоефективності може зайняти оптимізація форми будинків, оскільки вона є основою подальшого вдосконалення споруди.

Перший енергоефективний будинок був побудований у 1972 році в Манчестері (США) за проектом архітекторів Ніколаса і Ендрю Ісаків. Завдяки своїй кубічній формі, будівля мала мінімальну площу зовнішніх стін, а площа скління становила 10%. Тим самим були знижені втрати тепла. У Фінляндії подібне енергоефективне будівництво з'явилося дещо пізніше манчестерського куба. Був побудований цілий комплекс, який називався Econo-house: завдяки системі вентиляції здійснювався підігрів повітря сонячною радіацією, що акумулювався склопакетами і спеціальними жалюзі.

У Данії, Норвегії, Японії, Іспанії та інших країнах також вже побудовано багато енергоефективних будинків. Усе більше приділяється уваги їх формі. Безперечне лідерство у цьому питанні належить видатному сучасному британському архітектору серу Норману Фостеру. Прекрасним творінням архітектора є "Сіті-хол", що знаходиться у Лондоні. Будівля розташована недалеко від Тауерського мосту на набережній Темзи. Споруда за формою схожа на яйце, що тонко нарізане скибочками. Вибір архітектором такої форми пояснюється тим, що він прагнув, щоб "Сіті-хол" заощаджував електроенергію. До речі, покриття складається із 3844 скляних панелей, кожна із них є абсолютно унікальною (кожний аркуш вирізували спеціальним лазером). В середині споруди є гвинтові сходи, якими можна піднятися до десятого поверху.

За результатами проведеного аналізу [1], переважна кількість житлових будинків міст і сіл України на сьогоднішній день не відповідає вимогам енергоощадності з причин недосконалості архітектурних рішень, використання в будівництві неефективних конструктивних матеріалів та застарілих типів інженерних систем.

Відомо, що житлові будинки в містах і сільській місцевості України потребують 25-30 % палива від загальної його кількості, що витрачається щорічно в державі. Для загальної характеристики витрат палива на опалення будинків в середньому по Україні за один опалювальний період на 1 млн. м² житлової площі витрачається приблизно 55000 т натурального палива, що у 1,5 рази більше ніж у США та у 2 рази – ніж у Швеції. Причиною цього є досить вузьке використання енергозберігаючих технологій та незначне розповсюдження альтернативних джерел енергії [2].

Аналіз останніх досліджень. Теоретичною базою даних досліджень є роботи в галузі прикладної геометрії та інженерної графіки Бухарова О.Ю., Волошина М.А., Даніелса К., Зейтуна Ж., Кашенко Т.О., Маркуса Т.А., Мартинова В.О., Морріса Е.Н., Сергійчука О.В., Солара І., Фаті Н. та інших.

Метою статті є вивчення питання енергоефективності будинків та визначення таких їх форм будівель, що дозволять забезпечити зниження тепловитрат.

Виклад основного матеріалу. Зазвичай, коли говорять про зменшення витрат на опалювання будинку, майже відразу спадає на думку утеплення стін, це цілком зрозуміло, бо немає сенсу говорити про енергоефективність, коли захисні конструкції будинку в прямому сенсі гріють повітря. Ми вважаємо одним із способів зменшення витрат є добір оптимальної (раціональної) форми будинку.

На практиці проектування часто буває неможливим використання оптимальних пропорцій будинку. Це пов'язано із застосуванням уніфікованих розмірів прогонів, конструкційних елементів, висот поверхів, функцією будинку, можливістю підбору пропорцій з точки зору візуальної виразності тощо. У зв'язку з цим постає задача знаходження раціональних пропорцій будинку (наближених до оптимальних).

У своїй роботі доцент Кременчуцького державного політехнічного університету Мартинов В.Л. запропонував власну концепцію визначення оптимальних пропорцій житлових будинків [3]. Він для

вирішення цього питання розробив комплекс геометричних моделей, які дозволяють архітектору-проектувальникові в інтерактивному діалоговому режимі проектувальник-ЕОМ знаходити:

- оптимальні пропорції будинку;
- раціональні пропорції будинку (тепеловтрати на заданий рівень відсотків перевищують оптимальні);

– визначати межі можливого варіювання пропорціями будинку та інше.

Солара І. вважає, що потрібно прагнути, щоб форма будинку була якомога компактніше, з мінімальним відношенням площі зовнішніх огорожень до житлової площі будинку. Він розглянув 3 види фігур: куля, квадрат, витягнутий прямокутник. На його думку, найбільш ідеальною формою будинку буде куля, але оскільки такі будинки не завжди зручні в будівництві, тому оптимальною формою можна вважати квадрат. Найгірше з точки зору зниження витрат на опалення будинку – витягнуті будівлі з порізаними фасадами або будівлі у вигляді високої вежі [5].

Ми розширили перелік геометричних фігур та провели власне дослідження, яке дало такі результати (розрахунки проведені для умовно взятої території забудови площею $100 \text{ м}^2 (10 \times 10)$ та висотою 10 м.

Проведемо відповідні розрахунки для таких геометричних фігур: паралелепіпед, циліндр, куля, піраміда, конус.

Паралелепіпед:

$$V_{\text{парал}} = abc = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000 \text{ (м}^3\text{)}, \text{ де } a, b, c \text{ – висота, ширина, довжина паралелепіпеда.}$$

$S_{\text{бок.пов.}} = 4S = 400 \text{ (м}^2\text{)}$. Бічну поверхню обчислюємо як чотири площі бічної грані оскільки всі грані заданого паралелепіпеда рівні.

$$S_{\text{пов.пов.}} = 4S + 2S_{\text{осн}} = 400 + 200 = 600 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Циліндр: $V_{\text{цил}} = \pi R^2 h = 3,14 \cdot 25 \cdot 10 = 785 \text{ м}^3$, де h – висота, R – радіус основи.

$$S_{\text{бок.пов.}} = 2\pi R h = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10 = 314 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$S_{\text{пов.пов.}} = S_{\text{бок.пов.}} + 2S_{\text{осн}} = 314 + 2 \cdot 3,14 \cdot 25 = 471 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Куля:

$$V_{\text{кулі}} = \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 125 = 523 \frac{1}{3} \text{ (м}^3\text{)}, S_{\text{бок.пов.}} = 4\pi R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot 25 = 314 \text{ (м}^2\text{)}, S_{\text{пов.пов.}} = S_{\text{бок.пов.}}$$

Конус:

$$V_{\text{конуса}} = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} h = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 10 = 261 \frac{2}{3} \text{ (м}^3\text{)}, S_{\text{бок.пов.}} = \pi R l = 3,14 \cdot 5 \cdot 5\sqrt{5} = 175,53 \text{ (м}^2\text{)},$$

де l – твірна, довжина якої $5\sqrt{5}$.

$$S_{\text{пов.пов.}} = S_{\text{бок.пов.}} + \pi R^2 = 175,53 + 3,14 \cdot 25 = 254,03 \text{ (м}^2\text{)}$$

Піраміда: $V_{\text{піраміди}} = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} h = \frac{1}{3} \cdot 100 \cdot 10 = 333 \frac{1}{3} \text{ (м}^3\text{)}, S_{\text{бок.пов.}} = 4S_{\text{бок.грані}} = 4 \cdot 25\sqrt{5} = 223,6 \text{ (м}^2\text{)},$

$$S_{\text{пов.пов.}} = S_{\text{бок.пов.}} + S_{\text{осн}} = 223,6 + 100 = 323,61 \text{ (м}^2\text{)}$$

Представимо результати обчислень у табл.1.

Таблиця 1

Результати обчислень (для висоти будівлі 10 м)

Форма будинку	Об'єм, м ³	Площа повної поверхні, м ²	Співвідношення $\frac{S_{\text{повн.пов.}}}{V}$
Паралелепіпед	1000	600	0.6
Циліндр	785	471	0.6
Куля	523,33333	314	0.6
Конус	261,66666	254,03	0.97081
Піраміда	333,3333	323,61	0.97083

Ми вважаємо, що найбільш вдалою є та форма, яка дотримується поєднання за двома категоріями: найменша площа повної поверхні та найбільший об'єм. Результати нашого дослідження показали, що достатньо вдалими для будівництва будинку висотою 10 метри буде паралелепіпед, куля та циліндр, оскільки їх відношення площі до об'єму найменші із запропонованих.

Проведемо аналогічне дослідження, але з висотою фігур 3 м. За результатами обчислень складемо таблицю 2.

Таблиця 2

Результати обчислень (для висоти будівлі 3 м)

Форма будинку	Об'єм м ³	Площа повної поверхні, м ²	Співвідношення $\frac{S_{\text{повн. пов.}}}{V}$
Паралелепіпед	300	320	1.06666
Циліндр	235,5	251,2	1.06666
Куля	14,13	28,26	2
Конус	78,5	170,0459	2,16618
Піраміда	100	216,62	2,1662

Наші обчислення показали, що для будинків відповідних форм висотою 3 м доречними для будування будуть: паралелепіпед і циліндр.

Таким чином, при збільшенні висоти будинку відбувається і зміна його пропорцій, тобто кількість і перелік фігур оптимальних для будування можуть варіюватися та змінюватися. То ж підвищення енергоефективності житлових будинків залежить не тільки від їх форм, але й від співвідношення площі зовнішніх огорожень до об'єму.

Висновки. Отже, розглядаючи питання підвищення енергоефективності будинків шляхом оптимізації їх форм, ми вважаємо, що не враховуючи інші чинники, оптимальними для будування будуть будівлі у формі паралелепіпеда та циліндра (з переліку нами розглянутих геометричних фігур), але також треба враховувати і пропорції будівництва.

Зауважимо, що крім оптимізації форм будинків для підвищення їх енергоефективності треба використовувати альтернативні джерела і способи енергопостачання: теплові насоси, сонячні колектори, вітрові генератори, різноманітні акумуляційні станції тепла та електроенергії. Саме забезпечення будинку такими альтернативними джерелами енергії робить його ще й економним та екологічним.

Використані джерела

1. Бухарова О.Ю. Енергозбереження в будівництві / О.Ю.Бухаров // ЕСТА.–2002.–№ 1.–С. 53.
2. Кашенко Т.О. Архітектура енергозбереження / Т.О.Кашенко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Науково-технічний збірник.–Вип. 1.–К.: КНУБА, 1997.–С. 122-127.
3. Моделирование поступления солнечной радиации на гранные поверхности архитектурных объектов: дис.канд.техн.наук: 05.01.01 / Мартынов Вячеслав Леонидович ; КИСИ.–К., 1992.–147 л.
4. Сергійчук О.В. Форма тіла, що забезпечує мінімальний теплообмін при близько розташованому джерелі тепла // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Міжн. від. наук.-техн. зб.– К.:КНУБА, 2005.–Вип. 75.– С. 105-111.
5. Солара І. Способи зниження витрат на опалення будинку / [Електронний ресурс].

Tkach Yu.M., Lavrenko Yu.O.

USE OF GEOMETRY FOR ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDINGS

The article analyzes the energy efficiency of buildings and their forms are defined that will ensure reduction of losses of heat. Done calculating the relevant parameters and ratios of various geometric shapes. did Comparison of changes in ratios full surface area to volume due to the varying proportions of the house.

Key words: *geometric shapes, the optimization of forms of buildings, energy efficiency of buildings.*

Стаття надійшла до редакції 17.06.2013 р.

