

ПОБУДОВА КОМПЛЕКСНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОАКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ АРХІТЕКТУРИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

В статті розглянута методика побудови комплексної геометрично-математичної моделі для проектування та реконструкції енергоефективних та енергоактивних об'єктів архітектури. Створенні схеми формування енергоефективної моделі, враховані деякі обмеження при впровадженні енергоефективних систем та технологій в житловій забудові. Визначений склад енергетичних моделей, внутрішніх зв'язків, що базуються на системному підході при побудові комплексної енергоактивної моделі як сукупності трьох: кліматичної, конструктивної та теплотехнічної з використанням BIM технологій. Побудована комплексна модель теплового режиму енергоактивної будівлі.

Ключові слова: енергоактивна будівля; енергоефективні технології; геометрична модель; BIM технології; енергобаланс; тепловий режим.

Постановка проблеми. Одним із основних напрямків розвитку сучасного будівництва є використання енергоефективних технологій при проектуванні нових енергоактивних об'єктів архітектури, а також в процесі реконструкції існуючих будівель. Враховуючі ці умови виникає потреба в розробці комплексної моделі енергозберігаючих рішень, розробки наукових основ, методів і засобів підвищення енергоефективності будівель.

Ціль статті. Побудова енергоефективних моделей функціонування енергоактивних об'єктів архітектури при новому будівництві та при реконструкції існуючих будівель.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Принципи системного аналізу енергоефективних та енергоактивних будівель при їх проектуванні і розробці ефективних моделей енергозберігаючих рішень були сформульовані в працях зарубіжних та вітчизняних вчених: Ю.А. Табунщикова, М.М. Бродач, Н.В. Шилкіна, О.В. Сергейчука, В.О. Плоского та ін.

Основна частина. За європейською класифікацією будівель, згідно їх рівня енергоефективності, активний дім (*active house*), дім с плюсовою енергією (*energy plus house*) – це, будівля, яка за допомогою встановленого в ній обладнання (сонячних батарей, колекторів, теплових насосів,

рекуператорів тепла, ґрунтових теплообмінників) генерує енергії більше ніж їй необхідно для власного забезпечення та обслуговування потреб. Загальний річний об'єм енергоспоживання є позитивний в порівнянні із будинком низького енергоспоживання. Характерною особливістю енергоактивних споруд є те, що їх конструкції наділені здатністю вловлювати, перетворювати та передавати у внутрішню або зовнішню енергосистему енергію відновлювальних джерел: сонячну, вітрову, гідроенергію, геотермальну, біотермічну та інші види енергії. Енергоактивні будівлі орієнтовані на ефективне використання енергетичного потенціалу навколишнього середовища, цілями яких є енергозабезпечення за допомогою комплексних архітектурних рішень: ландшафтно-містобудівних, об'ємно-планувальних, інженерно-технічних, конструктивних засобів з акцентом на енергетичні джерела навколишнього середовища (сонце, вітер, ґрунт) [1].

Аналізуючи наявний досвід проектних рішень [2, 3], слід виділити загальні принципи функціонування енергоактивних споруд. І в першу чергу фактори, які впливають на енергоактивні будівлі. Вони поділяються на дві групи зовнішні та внутрішні. До зовнішніх відносяться: кліматично-екологічні умови регіону, містобудівні фактори, архітектурно-ландшафтні умови. До внутрішніх факторів відносяться: архітектурно-планувальний рівень, конструктивний рівень, інженерно-технічний рівень (рис. 1).

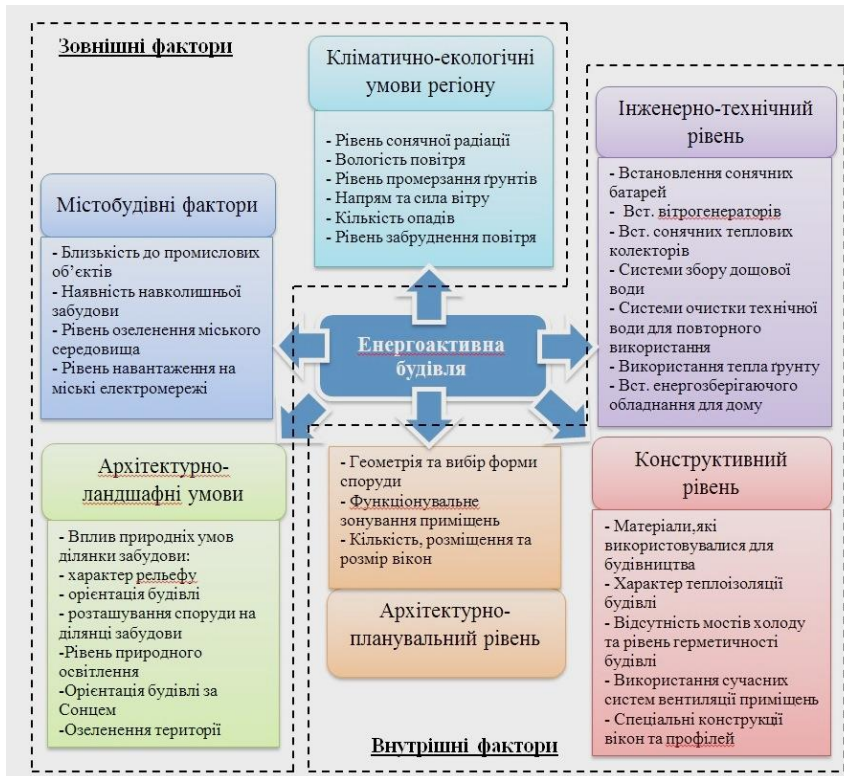


Рис. 1. Модель формування енергоактивної будівлі

Відповідно до принципів системного аналізу проектування енергоактивної будівлі слід розглядати як оптимізацію взаємозалежних енергетичних підсистем. Поняття будівлі як єдиної енергетичної системи складається з трьох основних енергетично взаємопов'язаних підсистем:

- Енергетичний вплив зовнішнього клімату на оболонку будівлі.
- Енергія, що накопичена в оболонці будівлі (зовнішні огорожувальні конструкції)
- Енергія, що надходить від систем кліматизації будівлі і внутрішніх джерел тепла.

Для енергоактивних будівель в разі декількох незалежних інноваційних енергозощаджувальних рішень, можливо навіть взаємне зниження початкової енергоефективності, а в деяких випадках призводить до негативного ефекту [4].

В зв'язку з цим необхідно враховувати деякі обмеження при впровадженні енергоефективних систем і технологій в житловій забудові. Їх умовно можна розділити на дев'ять груп: екологічні обмеження, природно - кліматичні, соціальні, містобудівні, економічні, естетичні та архітектурно - стилістичні, об'ємно - планувальні, конструктивні та інженерні (рис. 2).



Рис. 2. Обмеження при впровадженні енергоефективних систем та технологій в житловій забудові

Звісно, кожна із даних груп обмежень буде мати різну вагу для конкретного житлового об'єкту. Основними обмеженнями, які мають більш

пріоритетне значення будуть: географічне положення будівлі, кліматичні особливості регіону, економічні можливості замовника, можливість встановлення сучасного інженерного обладнання. Важливо розуміти, що пріоритетність обмежень буде залежати й від типу будівлі: нове будівництво або модернізація старої будівлі [5].

Для побудови комплексної енергоактивної моделі будівлі використовуються базові об'ємно-орієнтовані моделі на основі *BIM* технологій, що складаються з архітектурно-конструктивної, кліматичної та моделі теплового балансу будівлі з урахуванням обмежень (рис. 3).



Рис. 3. Об'ємно-орієнтовна модель енергоактивної будівлі

На різних етапах проектування будівель на основі *BIM* [6] складаються об'єктно-орієнтовані параметричні моделі, які описують певний розділ даних про об'єкт :

- геометричні параметри об'єктів (розміри об'ємно - планувальних рішень) ;
- фізичні параметри (матеріали та їх властивості);
- атрибутивні параметри (авторські архітектурні рішення згідно ДСТУ та ДБН);
- топологічні параметри (взаємозв'язки між елементами);
- параметри часу.

Всі складові частини комплексної інформаційної моделі, що виконанні в різних *BIM* програмах, об'єднуються за допомогою формату *IFC* [7]. Комплексний системний аналіз для єдиної системи енергоактивної будівлі складається з декількох компонент:

- Визначення складу енергетичних моделей складається:
 - група кліматичних моделей $C_i(T_i)$, $i=1 \dots N_C$;
 - група архітектурно-конструктивних моделей $K_i(P_i)$, $i=1 \dots N_K$;
 - група теплотехнічних моделей $E_i(L_i)$, $i=1 \dots N_E$, де N_C, N_K, N_E – кількість кліматичних, архітектурно-конструктивних та теплотехнічних моделей;
 - T_i, P_i, L_i – параметри, що характеризують конкретні елементи цих моделей;
 - C_i, K_i, E_i – функції просторових координат або їх апроксимація заданими множинами;
- Визначення зв'язків всередині енергоактивної моделі, що базуються на системному підході при побудові комплексної енергоактивної моделі як сукупності трьох моделей: кліматичної, конструктивної та теплотехнічної (рис. 4):

$$M_{EB} = M_{CI} \cup M_{AK} \cup M_T,$$

до $M_{CI} \subset C_i(T_i)$, $i=1 \dots N_C$ належить група кліматичних моделей $C_i(T_i)$;

до $M_{AK} \subset K_i(P_i)$, $i=1 \dots N_K$ належить група архітектурно-конструктивних моделей $K_i(P_i)$;

до $M_T \subset E_i(L_i)$, $i=1 \dots N_E$ належить група теплотехнічних моделей $E_i(L_i)$.

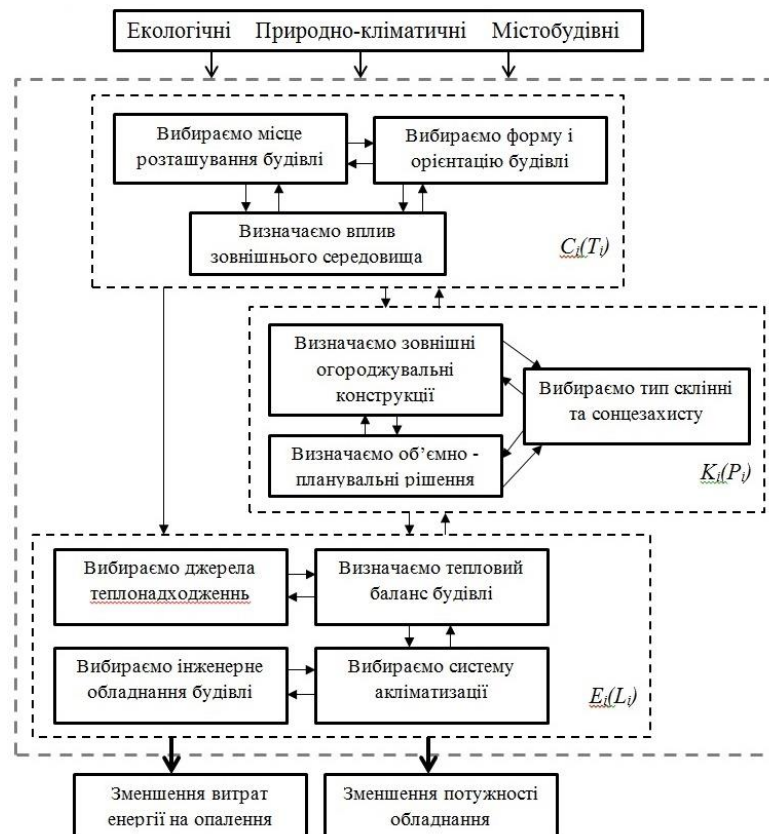


Рис.4. Функціональна схема комплексної енергоактивної моделі будівлі

Для створення енергетичної моделі енергоактивної будівлі в цілому спочатку аналізуємо архітектурно-конструктивну частину на *ВІМ*-орієнтованих засобах. Модель впливу зовнішніх факторів на енергоактивність будівлі *МСІ* побудована на основі теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі, врахування форми будівлі, площі заповнення та розташування світлових отворів, регулювання вентиляційних потоків та ін. Схема кліматичної моделі показана на рис.5.

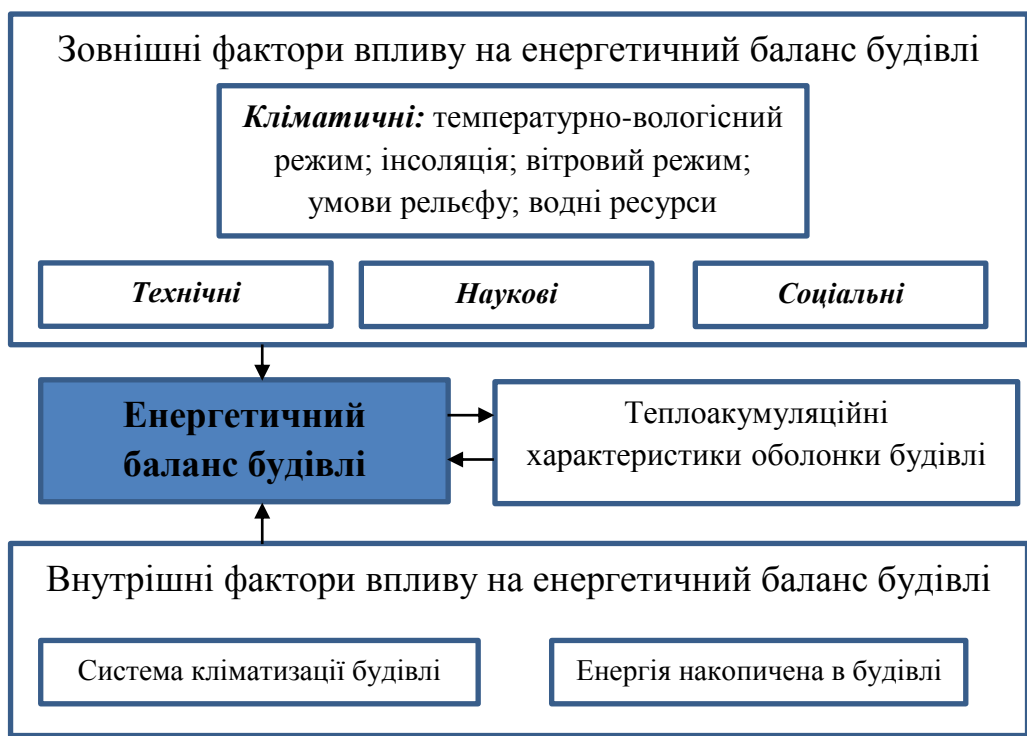


Рис.5. Схема кліматичної моделі впливу навколишнього середовища на енергобаланс будівлі

Модель впливу зовнішніх факторів на енергоефективність будівлі M_{CI} :

$$M_{CI} = T_{\lambda} \cup T_{CI}; (t_d, t_y),$$

де T_{λ} – теплопровідність зовнішніх огорожувальних конструкцій;

T_{CI} – кліматичні дані (температурний, вологісний режими, рельєф, сонячна радіація, вітер і т.д.)

t_d – час доби; t_y – пора року.

Для системного аналізу математичну модель теплового режиму будівлі подають у вигляді трьох взаємопов'язаних моделей (рис.6):

$$M_T = M_{CI} \cup M_{TZ} \cup M_{TV},$$

де M_{CI} – модель теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату на будівлю;

M_{TZ} – теплоенергетична модель огорожувальних конструкцій;

M_{TV} – теплоенергетична модель мікроклімату приміщень будівлі [8].

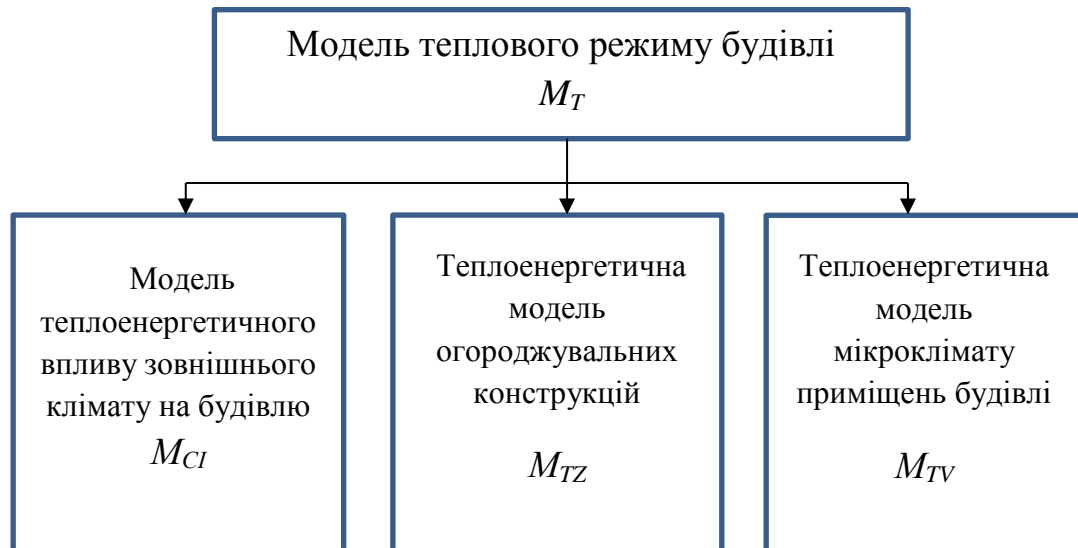


Рис. 6. Модель теплового режиму будівлі

Архітектурно-конструктивна модель визначається на основі аналізу фізичних та конструктивних даних:

$$M_{AK} = M_{Физ} \cup M_{Констр.},$$

де $M_{Физ}$ – фізична модель отримана в результаті моделюванні конструкції у *VIM*;

$M_{Констр.}$ – конструктивна модель отримана в результаті аналізу конструктивних елементів (грунти, фундамент, каркас будівлі і т.д.), спеціальні елементи (в'язі, шарніри, жорсткі вставки і т.д.) та властивості параметрів для аналізу, що передає механічні особливості конструкції.

Конструктивна модель розкладається як комплексна модель даних на різних етапах проектування та реконструкції:

$$M_{Констр.} = K_A \cup K_C \cup K_E \cup K_S \cup K_F \cup K_M,$$

де K_A – архітектурна модель будівлі;

K_C – розрахункова-конструктивна модель будівлі;

K_E – модель електротехнічних мереж та приладів будівлі;

K_S – модель внутрішніх сантехнічних мереж та приладів будівлі;

K_F – кошторисно-фінансова модель будівлі;

K_M – модель етапу управління будівництвом об'єкта.

Комплексна розрахункова модель створена на основі аналізу основних факторів дає можливість визначити потреби в енергетичному забезпеченні будівлі, енергоефективність її огорожувальних конструкцій та додаткові джерела надходження енергії для функціонування енергоактивної будівлі (рис. 7).

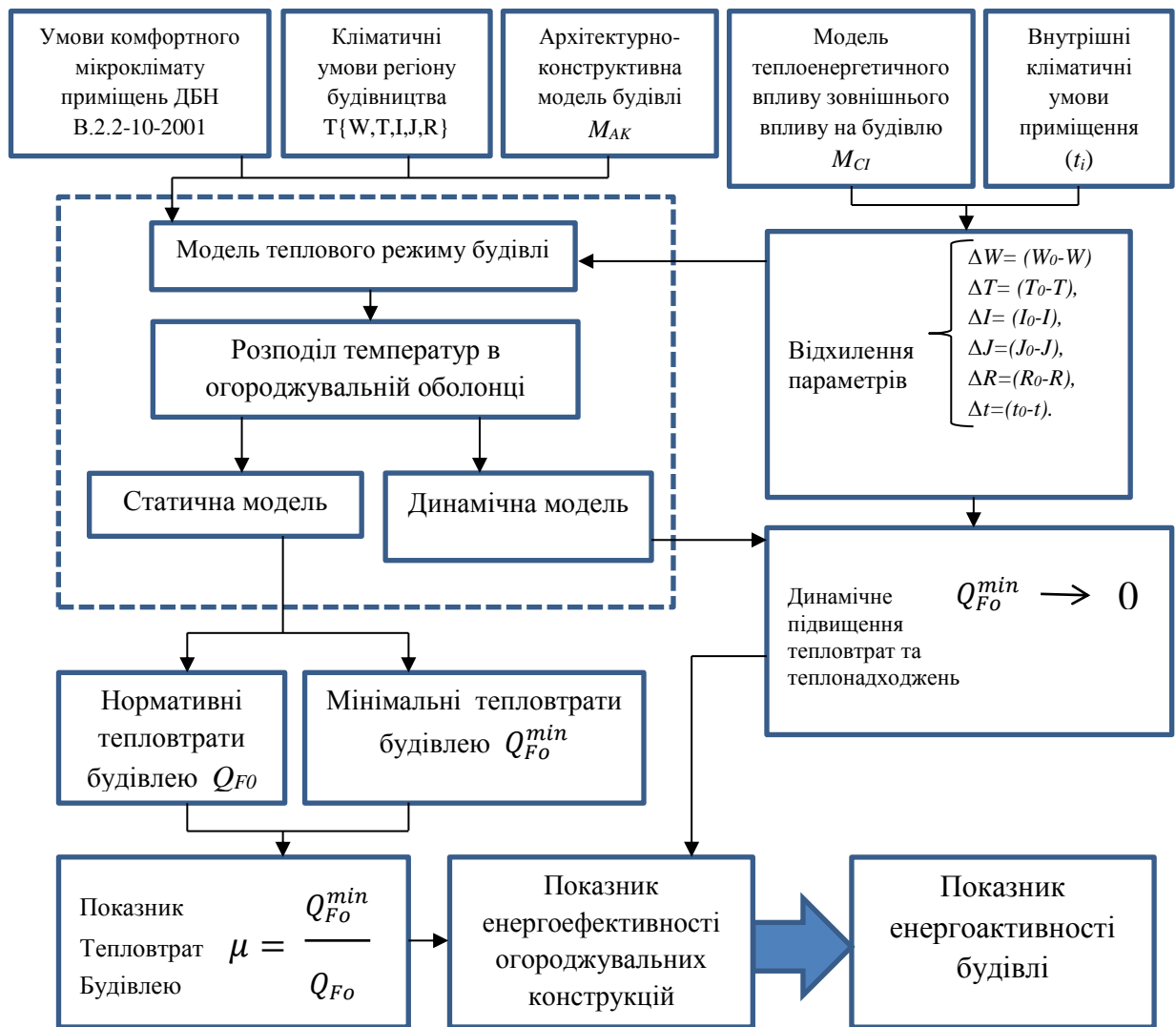


Рис. 8. Комплексна розрахункова модель теплового режиму енергоактивної будівлі

Висновки та перспективи. Створення комплексної геометричної моделі енергоактивної будівлі дає можливість візуалізувати та математично обґрунтувати процес проектування або реконструкції будівель та споруд з урахуванням кліматично-екологічних, містобудівних, архітектурно-конструктивних, інженерно-технологічних, наукових рішень. Отримані показники енергоефективності можуть використовуватись як для аналізу, так і для визначення технічних та технологічних показників енергоефективності для об'єктів сучасної архітектури та містобудування.

Література

1. Кошева В.О. Енергогенеруючі будівлі та фактори, що впливають на прийняття їх проектних рішень в сучасній архітектурі. *Технічна естетика і дизайн*; н.- т. збірник. відповідальний редактор М.І. Яковлев. Київ : КНУБА, 2012. Вип. 11. – 224с. С. 80-84.

2. *Н.П. Селиванов, А.И. Мелуа, С.В. Зокорей и др.* Энергоактивные здания; под редакцией Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова. Москва : Стройиздат, 1988.
3. *Ю.А. Табунищikov.* Энергоэффективные здания: мировой и отечественный опыт – http://esco-ecosys.narod.ru/2005_9/art01.htm.
4. *Дмитриев А.Н.* Управление энергозберегающими инновациями: Учебное пособие для вузов по строительным специальностям. Рек.МО РФ. Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. – 320 с.
5. *Таланов В.В.* Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. Москва : «ДМК-пресс», 2011. – 392 с.
6. *Кошева В.О, Чорноморденко Є.І.* Обмеження при впровадженні енергоефективних систем і технологій в житловій забудові. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*: н.-т. збірник/ Відпов. Ред. М.М. Дьомін. – Київ : КНУБА, 2014. Вип. 35. – 460 с. С. 258-263.
7. *Chupryna S h.M.* METHOD of IMPORTING DATA from a BUILDING INFORMATION MODEL (BIM) // *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering Vol. 1, Issue 10, 2013* www.ijircce.com
8. *Чуприна Х.М., Невмержицький О.В., Демченко В.В.* Методи підвищення енергоефективності будівлі / *Управління розвитком складних систем*, зб. наук. праць. Київ : КНУБА, 2013. С. 98-104.

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ АРХИТЕКТУРЫ

В.О. Кошева

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

В статье рассмотрена методика построения комплексной геометрически математической модели для проектирования и реконструкции энергоэффективных и энергоактивных объектов архитектуры. Созданы схемы формирования энергоэффективной модели, учтены некоторые ограничения при внедрении энергоэффективных систем и технологий в жилой застройке. Определен состав энергетических моделей, её внутренних связей, основанных на системном подходе для построения комплексной энергоактивной модели, как совокупности трех: климатической, конструктивной и теплотехнической с использованием BIM технологий. Построена комплексная модель теплового режима энергоактивного здания.

Создание комплексной геометрической модели энергоактивного здания дает возможность визуализировать и математически обосновать процесс проектирования или реконструкции зданий и сооружений с учетом климатически-экологических, градостроительных, архитектурно-конструктивных, инженерно-технологических, научных решений.

Полученные показатели энергоэффективности могут использоваться как для анализа, так и для определения технических и технологических показателей энергоэффективности для объектов современной архитектуры и градостроительства

Ключевые слова: энергоактивные здания; энергоэффективные технологии; геометрическая модель; BIM технологии, энергобаланс, тепловой режим.

DESIGNING AN INTEGRATED MODEL OF FUNCTIONING ENERGY-ACTIVE BUILDINGS

V. Kosheva

Kyiv National University of Construction and Architecture

The article discusses the methodology for constructing an integrated geometrically mathematical model for the design and reconstruction of energy-efficient and energy-active architectural objects. Schemes for the formation of an energy-efficient model have been created, some restrictions have been taken into account when introducing energy-efficient systems and technologies in residential buildings. Defined the composition of energy models, its internal relationships, based on a systematic approach to constructing a comprehensive energy-active model, it is defined as a combination of three: climatic, structural and heat engineering using BIM technologies. A complex model of the thermal regime of an energy-active building was built.

The creation of a complex geometric model of an energy-active building makes it possible to visualize and mathematically justify the process of designing or reconstructing buildings and structures. Take into account climatic-ecological, urban planning, architectural-constructive, engineering-technological, scientific solutions. The obtained energy efficiency indicators can be used both for analysis and for determination of technical and technological energy efficiency indicators for objects of modern architecture and urban planning.

Key words: energy-active buildings; energy efficient technologies; geometric model; BIM technology; energy balance; thermal mode.