

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 004.021:004.92

Х.М. Гоц

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ САПР ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

*Розглянуто інформаційну модель будівлі та шляхи підвищення рівня енергоефективності будівель у процесі їх проектування, будівництва, експлуатації та реконструкції.*

**Ключові слова:** *інформаційна модель будівлі, управління життєвим циклом будівлі, інформаційне моделювання, енергоефективна будівля*

#### Постановка проблеми

Ринкові аспекти змінюють умови будівництва і вимагають нового підходу до створення і використання вже розроблених САПР. Різноманітність функцій і велике коло учасників будівництва пояснює високу інтенсивність потоків інформації на всіх етапах життєвого циклу об'єктів будівництва. Також значно підвищились вимоги до ефективності проектування будівельного виробництва.

Параметри будівель і споруд, що формують їх енергоефективність, закладаються вже на передінвестиційній та інвестиційній фазах будівництва. При цьому енергоефективність стає узагальненою характеристикою функціонування будівлі, споруди, закладеної при проектуванні і реалізованої в процесі експлуатації. При такому підході до визначення енергоефективності виникає потреба розробки наукових основ, методів і засобів підвищення енергоефективності будівель, споруд.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Кінець ХХ, початок ХХІ століття, пов'язаний зі стрімким розвитком інформаційних технологій, поклав початок принципово новому підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, який полягає в створенні комп'ютерної моделі будівлі, що містить в собі всі відомості про майбутній або

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫХ  
ЗДАНИЙ**

*Рассмотрены информационная модель здания и пути повышения уровня энергоэффективности зданий в процессе их проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции.*

**USING MODERN TECHNOLOGY  
CAD DESIGN FOR ENERGY  
EFFICIENT BUILDINGS**

*Considered information model of the building and ways to improve the energy efficiency of buildings during their design, construction, maintenance and reconstruction.*

вже реалізований проект. В [1-4] визначено основні технології формування інформаційних моделей будівлі і типи інформації, що використовуються для опису параметрів моделі. В [5-7] висвітлені основні підходи, що використовуються для проектування енергоефективних будівель.

**Метою** даної роботи є аналіз нового підходу в будівельних САПР, що базується на створенні інформаційної моделі будівлі (ІМБ). Визначити основний формат передачі інформації між ІМБ, створених в різних програмах. Визначити можливість взаємодії ІМБ і засобів, направлених на підвищення рівня енергоефективності будівель при їх проектуванні, будівництві, експлуатації і реконструкції із застосуванням інформаційних систем і інтелектуальних технологій, заснованих на принципах саморегулювання із автоматизації управління процесами життєвого циклу будівель.

#### Виклад основного матеріалу досліджень

**Інформаційна модель будівлі** Building Information Model (BIM) – це новий підхід до проектування і створення документації будівельних об'єктів.

**Building** (Будівля) – враховує повний життєвий цикл будівлі (проектування, будівництво, експлуатація).

**Information** (Інформація) – міститься вся інформація про будівлю протягом всього її життєвого циклу.

**Modeling** (Моделювання) – моделювання будівлі і зв'язаних з нею процесів з використанням інтегрованих інструментів.

Досить близька до BIM сформульована Dassault Systemes в 1998 році концепція **PLM** (Product Lifecycle Management) – управління життєвим циклом виробу, якою сьогодні активно користується практично вся індустрія машинобудівельного САПР.

Концепція PLM припускає, що створюється єдина інформаційна база, яка описує три основних компоненти створення будь-чого нового по **Продукт - Процеси – Ресурси**, а також зв'язки між цими компонентами. Наявність такої об'єднаної моделі забезпечує можливість швидко і ефективно зв'язувати і оптимізувати наведений вище ланцюжок.

Концепція управління життєвим циклом базується на уявленні про об'єкт будівництва (будівлю) як єдиний інформаційний об'єкт, навколо якого відбуваються різні процеси – проектування, будівництво, експлуатація, ремонт та діагностика технічного стану, кожний з яких використовує і додає ту або іншу інформацію про об'єкт [3].

Життєвий цикл об'єктів будівництва – перелік етапів, через які проходить об'єкт будівництва (будівля) за весь період свого існування. Він включає, як зазначено вище, етапи проектування, будівництва, експлуатації, реконструкції, ремонту та діагностики технічного стану будівель [3].

Але управління життєвим циклом будівлі - це лише частина інформаційної моделі будівництва. Концепція **інформаційного моделювання будівлі** – це набагато більше, ніж просто новий метод в проектуванні. Це також принципово інший підхід до зведення, оснащення, забезпечення; експлуатації і ремонту будівлі, до управління життєвим циклом будівлі, включаючи його економічну складову.

Підхід до проектування будівель через їх інформаційне моделювання направлений перш за все на збирання і комплексну обробку в процесі

проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все що має до неї відношення розглядається як один об'єкт.

Правильне визначення цих взаємозв'язків, а також точна класифікація, добре організоване структурування і достовірність даних, що використовуються – залог успіху інформаційного моделювання.

**Інформаційна модель будівлі (BIM)** – це:

- добре скоординована, погоджена і взаємозалежна;
  - піддатлива розрахункам і аналізу;
  - з геометричною прив'язкою;
  - придатна до комп'ютерного використання;
  - здатна допускати необхідні оновлення;
- числова інформація про об'єкт, що проектується, чи вже існує, яка може використовуватись для:
- прийняття конкретних проектних рішень;
  - створення високоякісної проектної документації;
  - передбачення експлуатаційної якості об'єкту;
  - складання кошторисів і будівельних планів;
  - замовлення і виготовлення матеріалів і обладнання;
  - управління зведенням будівлі;
  - управління і експлуатація самої будівлі і засобів технічного оснащення протягом всього життєвого циклу;
  - управління будівлею як об'єктом комерційної діяльності;
  - проектування і управління реконструкцією або ремонтом будівлі;
  - знесення і утилізації будівлі;
  - інших зв'язків з будівлею [2].

Схематично вхідна і вихідна інформація, що належить до BIM, показана на рис.1.



Рис. 1. Основна інформація, що проходить через BIM і має до BIM пряме відношення

Іншими словами, BIM – це вся інформація про об'єкт, що має числовий опис і необхідним чином організована, яка використовується як на стадії проектування і будівництва будівлі, так і в період її експлуатації і навіть знесення [2].

### Переваги BIM над CAD

BIM має дві головних переваги над CAD (англ. Computer-Aided Design - Система автоматизації проектних робіт):

1. Моделі і об'єкти управління BIM — це не просто графічні об'єкти, це інформація, що дозволяє автоматично створювати креслення і звіти, виконувати аналіз проекту, моделювати графік виконання робіт, експлуатацію об'єктів і т.д.; надає колективу будівельників необмежені можливості для прийняття найкращого рішення з урахуванням всіх наявних даних.

2. BIM підтримує розподілені групи, тому люди, інструменти і задачі можуть ефективно і сумісно використовувати цю інформацію протягом всього життєвого циклу будівлі, що виключає надлишковість, повторне введення і втрату даних, помилки під час їх передачі і перетворення.

Підхід BIM реалізовано декількома великими розробниками програмного забезпечення (Autodesk, Graphisoft, Bentley), але потрібно відмітити, що не всі з них намагаються поєднати можливості підходу з вимогами розрахунку екологічного навантаження на об'єкт.

Основними відмінностями **BIM** від традиційних **комп'ютерних моделей будівель, є:**

**Інтегрована інформація** – модель містить всю інформацію в єдиному центрі, забезпечуючи, таким чином, її узгодженість, точність и доступність;

**Точна геометрія** – всі об'єкти задаються достовірно (в повній відповідності з реальною, в тому числі і внутрішньою, конструкцією), геометрично правильно і в точних розмірах;

**Всеохоплюючі і доповнювані властивості об'єктів** – всі об'єкти в моделі мають деякі завчасно задані (характеристики матеріалу, код виробника, ціну, дату останнього обслуговування і т.д.), деякі можна змінювати, доповнювати і використовувати як в своїй моделі, так і через спеціальні формати (наприклад, IFC) за її межами;

**Багатство смислових зв'язків** – в моделі задаються і враховуються при розгляді такого відношення зв'язку і взаємного підпорядкування складових частин, як «міститься в», «залежить від», «є частиною чогось» и т.д.

**Підтримка життєвого циклу** – модель підтримує роботу з даними протягом всього періоду проектування, зведення, експлуатації і навіть кінцевого знесення (утилізації) будівлі.

### BIM-технології

Технологія BIM або інформаційне моделювання будівель базується на створенні і управлінні точною і узгодженою інформацією протягом всього життєвого циклу будівлі: від розробки концепції до зведення і здавання об'єкта в експлуатацію. Вона ґрунтується на ідеї фізичної моделі і дає змогу представляти її окремі елементи як у вигляді геометричних об'єктів, так і в інформаційному вигляді для використання на всіх етапах життєвого циклу проектів. Використовуючи BIM, розробник знає всі експлуатаційні характеристики об'єкта ще до початку його будівництва. BIM також забезпечує екологічну раціональність проектування, виявлення колізій, планування будівництва і дозволяє отримати вихідні дані для виготовлення будівельних виробів.

Основу BIM складають об'єктно-орієнтовані параметричні моделі. На різних етапах проектування будівель і споруд використовується спеціалізована модель представлення даних про об'єкт, яка описує певний розділ проектування. Згідно принципу комплексності і з урахуванням призначення, модель будівлі M потрібно розглядати як об'єднання моделей даних, що використовуються на різних етапах проектування:

$$M = M_A \cup M_C \cup M_E \cup M_S \cup M_F \cup M_M .$$

Складовими моделі M є:

MA — архітектурна модель будівлі. Містить інформацію про об'ємно-планувальні архітектурні рішення (кількість поверхів, розбиття поверхів на приміщення, ліфтові шахти, сходи і т. д.);

MC — конструктивно-розрахункова модель будівлі. Частково включає інформацію про архітектурну частину проекту, а також інформацію про характеристики міцності елементів споруди;

ME — модель представлення даних про внутрішні електротехнічні мережі та прилади будівлі. Включає інформацію про всі електротехнічні прилади, що використовуються в будівлі, мережі їх з'єднання, а також розрахункові дані;

MS — модель представлення даних про внутрішні сантехнічні мережі та прилади будівлі. Включає інформацію про всі сантехнічні та газопровідні прилади, що використовуються в будівлі, мережі їх з'єднання, а також розрахункові дані;

MF — кошторисно-фінансова модель будівлі. Включає інформацію про вартість зведення окремого елемента, групи елементів, поверху та всієї споруди в цілому;

MM — модель представлення даних про етап управління будівництвом об'єкта. Включає

інформацію про розбиття процесу зведення будівлі на «захватки» і черги, а також інформацію про календарне планування проведення будівельних робіт [1].

Інформаційне моделювання будівлі (BIM) - процес під час якого створюється єдина модель будівлі, яка складається з різних проектувальних частин і містить усю необхідну інформацію. Така модель може бути використана для управління будівлею на всіх етапах її життєвого циклу (побудова, оснащення, експлуатація, ремонт, демонтаж).

3D-моделювання – процес створення і відображення тривимірної комп'ютерної моделі об'єкта, що використовує різноманітні методи і техніки. 3D-модель може бути використана для побудови геометричної проекції тривимірної моделі на площину або для створення фотореалістичної цифрової симуляції: як статичної (рендер), так і динамічної анімації.

4D проектування - це BIM-модель + час. Планування і керування процесами будівництва та експлуатації будівлі в часі, що використовує інформацію закладену в BIM-моделі. Формування завдань будівельної технології, відомостей, замовлень і т.д. ґрунтується на реальних даних проекту. Тривимірні візуалізації будівельних робіт за розрахованими графіками завдань, на основі проектувальних даних.

5D – це BIM-модель + гроші. Об'єднавши сплановану у часі тривимірну модель з грошовими показниками, можна передбачати грошові потоки на всіх етапах будівництва.

6D - технічна експлуатація споруд та будівель з використанням 3D проектної моделі будівлі. Обслуговування всіх комунікаційних систем та кількість витрат, моніторинг стану установок і періодичний огляд для підтримки необхідного рівня комфорту. 3D-модель містить величезну кількість проектної та будівельної інформації, яку можна відразу задіяти в експлуатації будівлі.

Інформаційна модель будівлі несе в собі таку інформацію:

- геометричні параметри об'єктів (розміри, об'єм і т.д.);
- фізичні параметри об'єктів (маса, матеріал, фізичні константи і т.д.);
- присвоєні (атрибутивні) параметри об'єктів (ім'я, перетин, маркування, ГОСТ і т.д.);
- топологічні параметри об'єктів (описують взаємозв'язки між елементами);
- часові параметри об'єктів.

Отже, інформаційна модель будівлі (BIM) містить в собі таку інформацію:

$$BIM = \{IG, IM, IA, It, IT\}$$

де IG – геометричні параметри об'єкта;

IM – фізичні параметри об'єкта;

IA – атрибутивні параметри об'єкта;

It – часові параметри;

IT - топологічні параметри.

Таким чином, ми визначили п'ять типів інформації, що містить в собі інформаційна модель будівлі (рис.2).

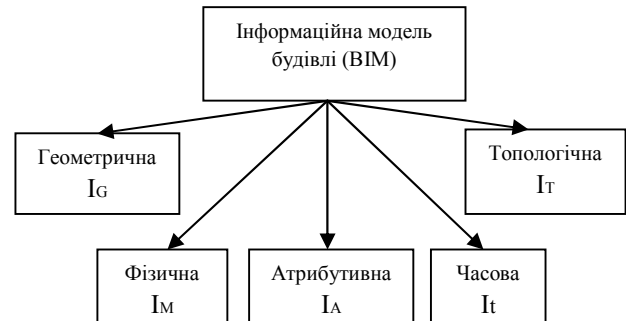


Рис.2. Типи інформації, що містить в собі інформаційна модель будівлі

Особливістю інформаційної моделі є те, що всі її складові частини можуть бути виконані в різних BIM-програмах, обмін даними між якими здійснюється за допомогою формату IFC [2].

Формат IFC (Industry Foundation Classes) був розроблений Міжнародним альянсом по забезпеченню сумісності будівельних САПР (International Alliance for Interoperability) в 1997 р. і являє собою міжнародний стандарт опису об'єктів будівельної індустрії для архітектурних і будівельних САПР.

Принципова відмінність формату IFC від інших форматів обміну даними (наприклад, DWG/DXF) полягає в тому, що він передбачає не лише повний геометричний опис об'єкта в 2D і 3D, але і зберігає його взаємозв'язки з іншими об'єктами. І також містить всі функціональні параметри, ретельно пропрацьовані для кожного типу об'єктів (наприклад, вага, опис матеріалів, температурні характеристики, ціна і т.д.).

Формат IFC підтримується великою кількістю розробників програмного забезпечення, зокрема Graphisoft, Autodesk, Nemetschek, Robobat, Tekla, Bentley і SCIA.

В BIM існує можливість враховувати особливе місце розташування об'єкта будівництва, приділяючи увагу точній геодезичній прив'язці об'єкта і моделюванню місцевості на основі даних GIS-систем. В інформаційній моделі також є можливість об'єднувати кадастрові, землекористувачські, геологічні і багато інших даних із різноманітних джерел, отриманих в різних GIS-форматах і переведені в IFC. Вже з архітектурної підмоделі дані у форматі IFC можна передавати у

спеціалізовані FM-програми, створені для задач управління і експлуатації будівлі [2].

Отже, можна зробити висновок, що всі типи інформації, що містяться в інформаційній моделі будівлі (BIM), за допомогою формату передачі даних IFC, можливо використовувати в спеціалізованих програмах орієнтованих на задачі управління, удосконалення і експлуатації будівель.

Події останнього часу, пов'язані в першу чергу з великими природними і техногенними катастрофами, показують, наскільки корисно було б мати в критичний момент (а ще краще до нього) максимально повну комп'ютерну модель, що містить в собі інформацію про досліджуваний об'єкт.

Відносно нещодавно виникли і стрімко розвиваються наукові напрямки в будівництві, так звані «енергоєфективні будівлі», «інтелектуальні будівлі», «екологічні будівлі». Всі ці підходи можна представити як спосіб забезпечення в будівлі комфортного мікроклімату окремих приміщень, максимальне використання енергії зовнішнього середовища і енергоєфективних елементів будівлі як єдиного цілого [5].

BIM дозволяє спрогнозувати і мінімізувати витрати на експлуатацію будівлі, обґрунтовано створити енергетично раціональний, «зелений» об'єкт.

Проблема підвищення енергоєфективності в будівлях є актуальною, але складною як в Україні, так і за кордоном.

Енергозбереження в будівлях при вирішенні практичних задач скорочення загальних витрат невідновлюваних енергоресурсів реалізується шляхом використання ефективних теплоізоляційних матеріалів, енергоєкономічних конструкцій зовнішніх стін, суттєвого збільшення теплозахисту експлуатаційного фонду і т.д. [6].

Енергоєкономічною називають будівлю, в якій в процесі проектування, будівництва і експлуатації здійснено максимальну кількість заходів, направлених на економію паливно-енергетичних ресурсів. Енергоєкономічними можуть бути як житлові, так і будівлі загального користування.

Основними шляхами економії енергії в громадських будівлях є підвищення теплової ефективності будівельних конструкцій, архітектурно-планувальних рішень, інженерних систем; використання нетрадиційних видів енергії.

Домогтися цього можна такими заходами: збільшення теплозахисту стін, стиків, вікон, даху і т.д.; покращенням вологісного режиму зовнішніх огорожень зменшення площі зовнішньої поверхні будівлі, проектуванням фасадів з урахуванням вітрового захисту, раціональним плануванням приміщень; застосуванням більш удосконалених

систем опалення і вентиляції, автоматизацією систем опалення, автоматизацією управління мікрокліматом будівлі, утилізацією тепла витяжного повітря; і т.д. [6].

На рівні з вищенаведеними заходами необхідно вдосконалювати методи розрахунків енергетичних процесів в будівлі.

Для правильного визначення внутрішнього мікроклімату і практичних затрат при проектуванні енергоєкономічних будівель необхідно правильно вибрати архітектурно-планувальне рішення. При цьому велике значення має правильна орієнтація будівлі, топографія земельної ділянки, ґрунт, кількість сонячної радіації, вітрові характеристики, опади, водойми і рослинність. На внутрішній мікроклімат приміщень впливає сонячна радіація і природна вентиляція, яка безпосередньо залежить від орієнтації будівлі і переважаючих вітрів. Остаточний вибір орієнтації будівлі може бути зроблений лише після оцінки всіх переваг кожного елементу.

Використовуючи інтелектуальну інформаційну модель, можна на ранніх стадіях проектування провести аналіз, що дозволить з'ясувати, чи відповідає об'єкт проектування вимогам по екологічності і в тому числі енергоєфективності.

Існують програмні продукти направлені на раціональне енергоєфективне проектування будівель. Розглянемо деякі з них:

**Autodesk Ecotect Analysis** – це комплексний програмний засіб для аналізу екологічності на всіх етапах проектування. Ecotect Analysis містить широкий спектр інструментів енергетичного моделювання і розрахунків, застосування яке здатне поліпшити експлуатаційні характеристики як будівель, що проектується, так і наявних будівель. Можливість виконувати в онлайн-режимі розрахунки енергоспоживання, водоспоживання і викиди вуглецю будівлею інтегрована з функціями, які дозволяють візуалізувати і моделювати процес експлуатації будівлі в умовах реального навколишнього середовища.

В програмі Ecotect Analysis можна виконати такі розрахунки:

- Розрахунок енергоспоживання і викидів кисню будівлею – протягом року, по місяцях, днях і годинах; використовується інформація із глобальних метеорологічних баз даних.

- Розрахунок опалювальних і термічних навантажень для моделей, аналіз ефектів населеності, внутрішнього тепловиділення, інфільтрації і працюючого обладнання.

- Визначення об'ємів витрат води всередині і ззовні будівлі.

- Візуальна інсоляція вікон і поверхонь протягом певного часу.

- Розрахунок показників природного освітлення і визначення рівнів освітленості в будь-яких точках будівлі.

- Візуалізація положення і траєкторії руху сонця відносно моделі в будь-який час і в будь-якому місці.

**Green Building Studio** являє собою інтернет-додаток «Програмне забезпечення як послуга» (software-as-a-service). Цей онлайн-сервіс допомагає архітекторам і конструкторам, працюючим в системі інформаційного моделювання будинків (BIM), аналізувати споживання об'єктом енергії і води, а також оптимізувати ефективність і екологічність на самому початку процесу проектування. Завдяки більш високій швидкості і точному аналізу потенціалу проектних рішень архітектори й конструктори зможуть оцінювати екологічну раціональність на ранніх стадіях, що сприятиме будівництву більш енергоефективних будівель.

Graphisoft **EcoDesigner** - програма для моделювання енергетичного балансу віртуальної будівлі на ринку BIM. EcoDesigner містить такі інструменти для енергетичного моделювання і розрахунків:

- набір функцій, що дозволяє оцінити екологічність архітектурного рішення за різних кліматичних умов;
- розрахунок геометрії будівель і систем вентиляції, опалення та кондиціонування (MEP);
- докладні звіти, що надають всю необхідну інформацію про системи енергозабезпечення будівель.

Користуючись EcoDesigner, архітектори можуть швидко аналізувати енергоефективність проекту на самій ранній стадії проектування. Недоліком програми можна вважати обмежені можливості зі створення об'єктів зі складною, нестандартною геометрією.

**RETScreen** – програмне забезпечення, призначене для аналізу і прийняття рішень щодо екологічно чистої енергії. RETScreen значно знижує витрати (часові та фінансові), необхідні для визначення і оцінки потенціальних енергетичних проектів. Ці затрати, що виникають на стадіях попередньої оцінки технічного впровадження проекту, техніко-економічного аналізу, інженерно-технічних робіт, можуть стати суттєвою перешкодою для застосування технологій з використанням поновлюючої енергії і енергозберігаючих технологій. Допомагаючи подолати ці перешкоди, RETScreen знижує затрати пов'язані з підготовкою проектів і веденням бізнесу в області екологічно чистої енергії.

RETScreen дозволяє визначити фінансову придатність запропонованих проектів з використання поновлюючої енергії, енергозберігаючих проектів. Якщо проект здійснений або нездійснений – RETScreen допоможе зрозуміти це швидко, в ясній формі і зручному для користувача форматі при відносно малих затратах. Стандартний аналіз проекту включає в себе п'ять етапів: енергетичний аналіз, аналіз собівартості, емісійний аналіз, фінансовий аналіз, а також аналіз ризиків і чутливості системи.

Даний аналітичний засіб включає в себе повністю інтегровані бази даних продуктів, проектів, гідрологічної і кліматичної інформації, а також посилання на карти енергетичних ресурсів всього світу.

Отже, розглянувши основні програмні продукти орієнтовані на енергоефективне проектування будівель, можемо порівняти їх функціональні можливості. Для більшої виразності результатів дослідження подамо їх у вигляді зведеної таблиці.

Таблиця

Порівняльний аналіз функціональних можливостей програмних продуктів направлених на енергоефективне проектування будівель

Функції	Ecotect Analysis (Візуалізація і моделювання експлуатаційних характеристик)	Green Building Studio (Аналіз проектних альтернатив)	EcoDesigner (Моделювання енергетичного балансу)	RETScreen (Аналіз і оцінці енергетичних проектів)
Розрахунок енергоспоживання будівлею	-	+	+	+
Оцінка вибрасів вуглецю будівлею	-	+	-	+
Оцінка водоспоживання будівлею	-	+	-	+
Оцінка природнього освітлення	-	+	-	+
Природня вентиляція	-	+	+	+
Вітрова енергія	+	+	-	+

Закінчення таблиці

Екологічність архітектурного рішення	-	-	+	+
Фотоелектричні характеристики	+	+	-	+
Термічні характеристики	+	+	+	+
Інсоляція	+	-	+	+
Затінення	+	-	-	+
Розрахунок акустичних параметрів	+	-	-	-
Розрахунок геометрії будівель	+	-	+	-
Фінансова ефективність проекту	-	-	-	+

## Висновки

З розвитком інформаційних технологій в галузі комп'ютерного проектування, поняття САПР для будівництва набуває нового сенсу і змісту:

- BIM (Building Information Modeling) – інформаційна модель будівлі;
- PLM (Product/ Project Lifecycle Management) – управління життєвим циклом проекту або продукту;
- 3D CAD/ 4D CAD/ 5D CAD є новим підходом до концепції автоматизованого проектування.

Технологія BIM або інформаційне моделювання будівель базується на створенні і управлінні точною і узгодженою інформацією протягом всього життєвого циклу будівлі: від розробки концепції до зведення і здавання об'єкта в експлуатацію.

Особливістю інформаційної моделі є те, що всі її складові частини можуть бути виконані в різних BIM-програмах, обмін даними між якими може здійснюватися з допомогою формату IFC.

Існують програмні продукти направлені на раціональне енергоефективне проектування будівель, але всі вони прив'язані до своїх розробників. В основу цих продуктів покладені досить розвинуті методи розрахунків, але розширення цих методів і засобів можливо лише серед свого розробника. Всі ці програми прив'язані до своїх моделей, але не до формату IFC. На жаль архітектура цих програм не є відкритою. Обмін інформацією між BIM-програмою і програмою з екологічного проектування відбувається лише в межах однієї платформи.

Використовуючи інтелектуальну інформаційну модель, за наявності програмного продукту:

- з розвинутими інтелектуальними методами розрахунку енергоефективності будівлі;
- з урахуванням складної геометрії будівлі;
- враховуючи часові та фінансові показники проекту;
- який би базувався на стандарті IFC,

можна на всіх етапах життєвого циклу проекту аналізувати енергоефективність будівельного об'єкта. Але на жаль, досі не існує такого продукту.

Отже, науковий напрям з підвищення енергоефективності будівель є доволі новим і потребує подальшого розвитку.

## Список літератури

1. Демченко В.В. Формальний опис і практичне використання уніфікованої цифрової моделі об'єкта будівництва / В.В. Демченко, Є.В. Бородавка // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2007. - №2/2(26). – С.64-69.
2. Талапов В.В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. – М.: «ДМК-пресс», 2011. - 392 с.
3. Гайна Г.А. Інформаційна технологія управління життєвим циклом будівель. / Г.А. Гайна, П.М. Яцик, О.О. Терентьєв, Р.В. Ластівка, О.Б. Полторак - // Нові технології в будівництві. – К.: НДІБВ, 2009. - С.132-134
4. Бородавка Є.В. Способи подання моделі будівельного об'єкта / Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем, зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2011. - С 100-106.
5. Табуничиков Ю.А. Энергоэффективные здания: мировой и отечественный опыт/ Ю.А. Табуничиков, Н.В. Шилкин // - Экологические системы, электронный журнал энергосервисной компании. – М.: №9, 2005.
6. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий: Учеб пособие для студ. вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство». – М.: Высш. шк., 1991. - 255 с.
7. Бродач М.М., Табуничиков Ю.А., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: Издательство АБОК-ПРЕСС, 2003. - 200с.

Стаття надійшла до редколегії 10.04.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., С.Д. Бушуєв, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.