

## Архітектура і САПР: особливості комп'ютерного моделювання будівель

У статті коротко описується параметричне моделювання будівель, приводяться критерії, яким повинна задовольняти архітектурна САПР, що підтримує параметричне моделювання, а також пояснюється, чому параметризація так важлива для інформаційного моделювання будівель і споруд.  
**параметричне моделювання, параметризація моделі**

Раніше для побудови моделей промислових та цивільних споруд архітектори і проектувальники використовували елементи геометрії з відомими значеннями координат. Їхнє ручне редагування було трудомістким процесом і часто призводило до помилок. Технічна документація створювалася шляхом добування значень координат елементів моделі і створення 2D креслень на їхній основі. В міру вдосконалення методів комп'ютерної обробки стало можливим поєднувати окремі графічні елементи, формуючи з них більш складні компоненти (стіни, перерізи і т.п.). Моделі ставали більш інтелектуальними, а їх редагування спрощувалося. З'явилась можливість створювати елементи моделей складної форми на основі поверхонь і тіл. Однак в результаті всерівно залишалася модель з явними координатами елементів, яку складно редагувати. Модель практично не мала зв'язку з кресленнями, створеними на її основі: при зміні моделі креслення доводилося формувати заново. Пізніше з'явилися системи, що підтримують параметричне моделювання, суть якого - у параметризації елементів моделі. Параметри визначають поведінку кожного елемента моделі і його взаємозв'язок з іншими елементами. Цифрове параметричне моделювання зробило переворот у світі комп'ютерного моделювання. САПР, що підтримують такий спосіб моделювання, стали широко застосовуватися в машинобудівному проектуванні.

На жаль, параметричні машинобудівні САПР не підходять для моделювання будівель і споруд. Вони підтримують дві основні технології поширення змін: на основі історії змін (з повтором операцій, що створюють модель або її елементи) і варіаційну (з підтримкою заданих умов для геометрії, що перебудовується). Використання цих технологій при моделюванні навіть невеликих будинків значно сповільнює роботу. Крім цього, машинобудівні САПР вимагають від користувача зв'язувати всі елементи моделі виробу залежностями, що описують їх взаємодію. Це виправдано при проектуванні машин і механізмів, але є зайвим для будівель, які, як правило, складаються з збірних компонентів, пов'язаних невеликим числом залежностей. Для моделювання будівель потрібна параметрична система, здатна автоматично координувати будь-які зміни. Спеціально з цією метою була розроблена платформа Revit (рис. 1).

Revit - це платформа параметричного моделювання з контекстним механізмом змін, що підтримує залежності між елементами. Одна частина залежностей задається користувачем, інша встановлюється програмою автоматично. Модель сприймає всі зміни, керуючись встановленими залежностями. При введенні нових компонентів модель Revit зберігає внутрішні залежності цих елементів, не встановлюючи їх, в якомусь певному порядку. Якщо елемент змінюється, програма сама визначає, які пов'язані з ним елементи

послідовно з окремих елементів. Поширення змін у моделях є вибірковыми і стосуються мінімального числа елементів, підвищуючи швидкість роботи програми.

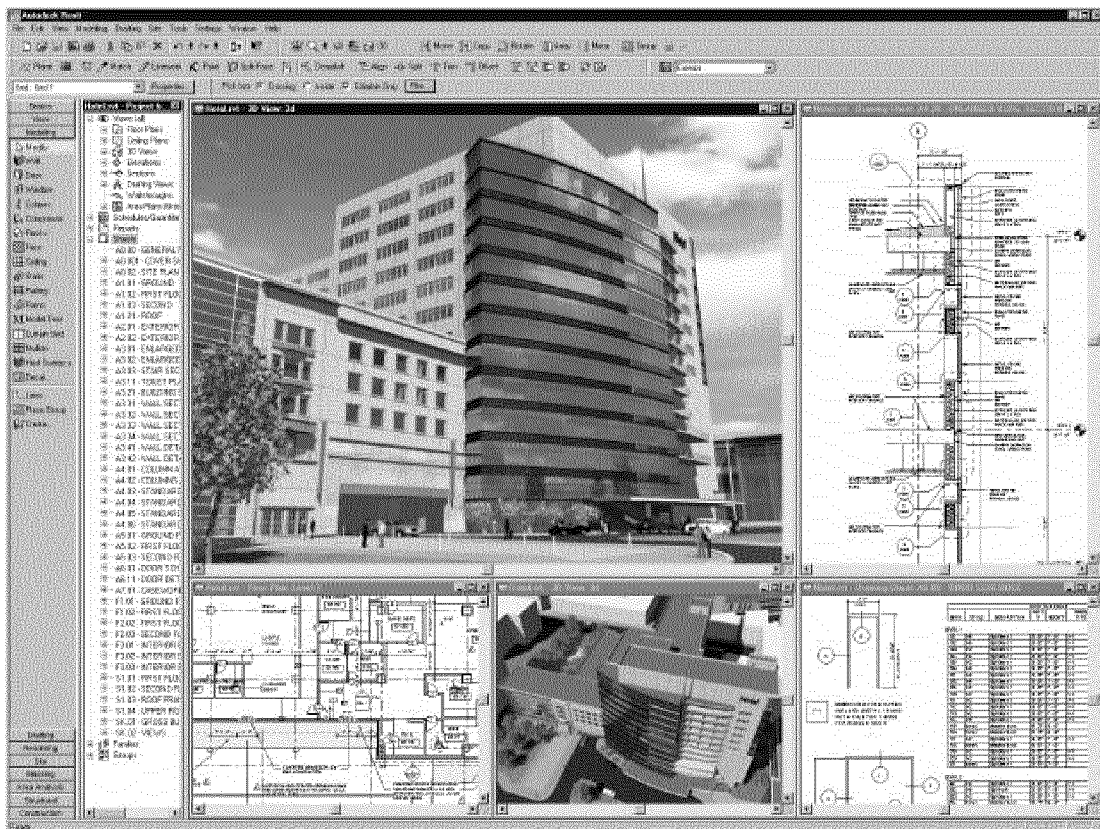


Рисунок 1 – Робоче вікно програми

Система інформаційного моделювання будівель, що підтримує параметричне моделювання, здатна координувати всі внесені в модель зміни, в тому числі зроблені в документації. Коректуються 3D види і аркуші креслень, специфікації і фасади, розрізи та плани поверхів.

Сутність архітектурного проектування полягає у формуванні і впровадженні в модель залежностей між елементами будівлі. По суті справи, проектування - це процес створення залежностей і маніпуляції ними. Параметричне моделювання забезпечує безпосередній доступ до залежностей. Тому саме, системи параметричного моделювання дозволяють проектувати будівлю так само легко, як працювати з текстом у текстовому редакторі або виконувати розрахунки в електронній таблиці. Однак не всі системи інформаційного моделювання будівель реально підтримують параметричне моделювання. Нижче наводяться критерії, які допоможуть показати відмінності параметричного моделювання від інших технологій. Ці критерії дозволяють перевірити, чи підтримує ваша САПР параметричне моделювання в повному обсязі. В традиційній САПР користувач повинен сам визначити елементи моделі, на які поширюються зміни. Наприклад, він може вибрати ці елементи за допомогою рамки. Якщо елемент моделі не видимий або недоступний, то користувачеві необхідно знайти і оновити його вручну. У системі параметричного моделювання, подібній Revit, користувач, наприклад, може просто вибрати і перемістити стіну на плані першого поверху на інший. Усі пов'язані з нею елементи будуть оновлені автоматично. Дах переміщається, зберігаючи задану залежність величину зв'язу. Зовнішні стіни подовжуються автоматично, так як вони повинні завжди примикати до стіни, що переміщується. Підтримка асоціативності елементів моделі дуже важлива для систем інформаційного моделювання будівель.

Деякі програми містять бібліотеки команд або утиліти, що автоматично відновлюють креслення і специфікації на основі змін, внесених у модель будівлі. Однак це

односпрямована операція, і користувачі САПР повинні переконатися в тому, що всі зміни внесені. Такі програми працюють аналогічно програмам автоматизації бухгалтерського обліку - ви повинні перевірити одержання всіх необхідних відомостей після внесення в систему нових первинних даних, оскільки отримані до внесення даних відомості безнадійно застаріли. Відмінною особливістю параметричного моделювання є здатність координувати всі внесені зміни і забезпечувати постійну погодженість усіх елементів моделі. Система працює подібно електронним таблицям, що змінюють значення гнізд на основі формул. При зміні моделі будівлі система автоматично модифікує всі її види, креслення і специфікації.

У традиційних САПР, як правило, пояснювальні елементи не включаються до складу моделі. Тим часом відомо, що від ступеня інтеграції пояснювальних елементів і моделі будівлі, безпосередньо залежить зв'язок документації з моделлю. В традиційних САПР, як правило, розміри являють собою звичайний текст. У найкращому випадку вони обновляються при заміні елементів моделі. У сучасних системах, що підтримують координацію змін, можливо й зворотне: редагування розмірного числа призводить до відповідної зміни елементу моделі, до якого проставляються розміри. В традиційних САПР розріз і лінія розрізу являють собою окремі об'єкти. Лінія розрізу є звичайним пояснювальним елементом. У системі параметричного моделювання будівель зовнішній вигляд розрізу визначається положенням лінії розрізу. При переміщенні лінії розрізу розріз миттєво змінюється.

Системи моделювання, що дозволяють працювати з елементами моделі як з окремими об'єктами, сьогодні широко поширені. На елементарному рівні вони дозволяють виділити в моделі трубопровідну мережу або інші технічні комунікації, полегшуючи тим самим ручні побудови. Оскільки в галузі прийнято зв'язувати такі дані, як найменування і позначення з об'єктами моделі, останні одержали назву "інтелектуальних". У деяких випадках додаткові дані, наприклад значення висоти, можуть впливати на геометрію об'єкта - дані стають параметром, а об'єкт параметричним. Інші базові залежності, такі як залежність другорядних елементів моделі від головних, впливають на елементи моделі. Це дозволяє, наприклад, переміщати в моделі стіну разом з вікнами, що перебувають у ній. Необхідність існування залежностей між усіма елементами будівлі відчувається зараз найбільш актуально. Сильною стороною параметричного моделювання є автоматичне керування залежностями при кожній зміні моделі. Ефективна система параметричного моделювання підтримує роботу з об'єктними даними на рівні компонентів і, що ще більш важливо, підтримує залежності між усіма компонентами, пояснювальними елементами і видами. Користувач може задати умови, що двері на сходову клітку завжди повинні перебувати на певній відстані від сходів або від іншої стіни. Модель містить повну інформацію про будівлю, а не просто про окремі об'єкти. Чому параметричне моделювання будівель має таке значення? Чому параметричне моделювання так важливе при інформаційним моделюванні будівель?

Одержання достовірних відомостей про будівлю є істотною перевагою інформаційного моделювання. Підтримка параметричного моделювання в САПР, призначених для інформаційного моделювання будівель, підвищує надійність, якість і внутрішню узгодженість моделей та будівельної документації. Традиційні САПР також дозволяють створювати креслення і зображення. Але використані в них моделі не відрізняються високим рівнем координації, внутрішньої погодженості і надійності, що характерно для параметричного моделювання. Традиційні САПР рідко використовуються для комп'ютерного моделювання будівель через великі зусилля і втрати часу на внесення і узгодження актуальної для будівництва інформації, такої як специфікації, кошториси, графіки робіт, експлуатаційні параметри і т.п.

Більш досконалі САПР підтримують роботу з елементами 3D моделі як з окремими об'єктами і їх атрибутами. Користувачі таких САПР можуть створювати 2D креслення на основі 3D моделей. Атрибути об'єктів використовуються для створення будівельної

документації. Але навіть такі системи дозволяють створити тільки графічну модель будівлі. Для погодженого зміни моделі і її атрибутів, що зберігаються в базі даних, доводиться використовувати додаткові засоби. Одним з таких засобів є програма Solibri Model Checker, що виявляє невідповідності й помилки в даних. Чим масштабніше проект, тим більше зусиль доводиться прикладати для узгодження даних, і тим вище ймовірність помилок. Параметрична модель будівлі поєднує власно 3D модель і зовнішні дані. Модель коректно обновляється при зміні її окремих елементів. На її підставі формується вся робоча документація. Усі елементи моделі зв'язані залежностями; при зміні моделі документація обновляється автоматично. Погоджена зміна моделі нагадує зміну гнізд електронної таблиці, значення яких задані формулами. Зміни в будь-якому гнізді автоматично відбиваються у всій таблиці. Подібним же чином система параметричного моделювання будівель забезпечує погодження зміни моделі будівлі і будівельної документації в реальному часі. Формули в електронних таблицях дозволяють автоматизувати обчислення на основі внесених змін. Системи параметричного моделювання будівель поводяться аналогічно, автоматизуючи випуск будівельної документації. Двонаправлена асоціативність і миттєве внесення змін у модель підвищують якість проектування і спрощують рутинну роботу, пов'язану з проектуванням, розрахунками й формуванням документації.

Параметричне моделювання будівель дозволяє зосередитися безпосередньо на проектуванні. Крім спрощення самого процесу проектування, простота редагування параметричної моделі дозволяє більш ретельно досліджувати можливі варіанти проекту, що веде до підвищення його якості. Revit забезпечує оптимізацію процесу проектування, дозволяючи архітекторам вибрати найбільш ефективне проектно рішення, усі можливі варіанти якого зберігаються в одній моделі. Користувач може включити або відключити візуалізацію, підготовку специфікацій і розрахунки для різних варіантів проекту. Система підтримує взаємозв'язки усередині кожного варіанта проекту і виконує автоматично погодження змін елементів моделі. Параметричне моделювання підвищує ступінь деталізації моделей будівель. Приклад – модель будівлі розроблена в середовищі Revit (рис. 2).

На сьогоднішній день більшість моделей не містять достатньої кількості інформації для розрахунку експлуатаційних характеристик будівель. Це відноситься до моделей, розроблених у традиційних САПР. Користувачі таких САПР змушені здійснювати розрахунки вручну, втрачаючи багато часу й засобів. Параметрична модель будівлі полегшує завдання, тому що містить усі дані, необхідні для виконання розрахунків. Детальна і надійна модель дозволяє здійснювати їх уже на ранніх стадіях проектування. Проектувальники можуть самі розраховувати енергоспоживання, змінюючи конструкцію будівлі відповідно до отриманих результатів.

На думку фахівців, тільки використання спеціалізованих архітектурних САПР, що підтримують параметричне моделювання, дозволяє швидко одержувати точну і надійну робочу документацію. Такі САПР виконують погодження в зміні моделі й документації, дозволяючи приділяти більше часу творчій стороні проектування. Передбачені можливості внесення змін у край важливі для забезпечення якості документації.

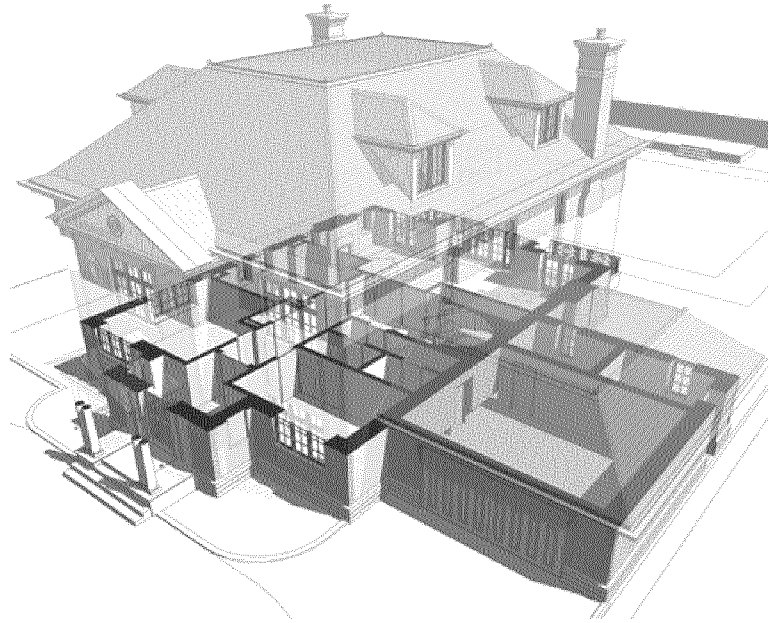


Рисунок 2 – Розроблена модель будівлі

Технологія комп'ютерного моделювання будівель і споруд застосовується досить давно. Останнім часом особливий інтерес викликає інформаційне моделювання, що забезпечує нові можливості підвищення ефективності і росту конкурентоспроможності організацій. Однак не всі САПР придатні для інформаційного моделювання будівель. Найкращі результати забезпечує застосування спеціалізованих архітектурних САПР, що підтримують параметричне моделювання.

### Список літератури

1. Ланцов А.Л. Компьютерное проектирование зданий. Autodesk Revit 2010. Архитектура. Инженерные сети. Несущие конструкции/Ланцов А.Л. – Изд-во: Фойлис, 2009 – 628 с.
2. Ланцов А. Л. Компьютерное проектирование в архитектуре. ArchiCAD 11/Ланцов А. Л. – Изд-во: ДМК пресс, 2008 – 800 с.

Одержано 16.08.10