

УДК 539.375

М. С. Барабаш, канд. техн. наук, доц.
А. В. Дзюба, асист.

АНАЛІЗ СТУПЕНЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ

НАУ, кафедра комп'ютерних технологій будівництва, e-mail: angelive@mail.ru

Запропоновано розроблення інформаційно-логічної моделі, що дозволить виконувати варіантне проектування, оцінити отримані варіанти, вибрати з них найбільш раціональні, надати фахівцю вичерпну інформацію для вибору прийняттого варіанта.

Development of information and logical model which allows to carry out alternative designing is offered, to estimate the received variants, to select from them the most rational, to give to the expert exhaustive information for a choice of a suitable variant.

Аналіз стану автоматизації окремих процесів проектування, оцінювання ступеня їх можливої формалізації й автоматизації наведено в таблиці.

Етап «Завдання на проектування» є важко формалізованим, тому що складається, як правило, технологом (архітектором для житлових і цивільних об'єктів, головним інженером проекту для промислових об'єктів).

Етап враховує багато факторів (вимоги замовника, вимоги умов забудови і т.ін.) і містить багато елементів творчості. Часткова автоматизація цього процесу можлива, оскільки існує багато архітектурних систем, які дозволяють створювати графічну модель об'єкта.

Аналіз ступеня формалізованості знань

№ п/п	Перелік етапів проектування, набору вимог, виду знань	Ступінь формалізованості	Стан автоматизації	Можливість автоматизації за експертною системою
1	Завдання до проектування	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
2	Варіантне формування топології конструктивної схеми і набору даних для проектних рішень	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
3	Складання розрахункових схем, призначення типів перетинів стрижневих елементів і товщин плит, діафрагм; конструкцій вузлів та призначення навантажень	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
4	Розрахунок на статичні впливи (силові, температурні, деформаційні)	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
5	Розрахунок на стійкість і динамічні впливи (сейсміка, вітер з урахуванням пульсації, змушені коливання й ін.)	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
6	Визначення зусиль в елементах, розрахункових поєднань зусиль, розрахункових поєднань навантажень	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
7	Підбір перетинів залізобетонних, сталевих і дерев'яних елементів.	Формалізоване	Автоматизовано	Можливо
8	Аналіз результатів розрахунку і синтез проектних рішень	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
9	Вибір остаточного варіанта проектного рішення	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
10	Підрахунок обсягів робіт, оформлення позицій для кошторисів, вироблення проекту провадження робіт і проекту організації будівництва.	Важко формалізоване	Недостатньо автоматизовано	Можливо
11	Випуск проектної документації	Формалізоване	Автоматизовано	Можливо

Продовження таблиці

№ п/п	Перелік етапів проектування, набору вимог, виду знань	Ступінь формалізованості	Стан автоматизації	Можливість автоматизації за експертною системою
12	Вимоги замовника, технологічні й експлуатаційні вимоги	Важко формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо не цілком
13	Вимоги умов забудови, ґрунтових умов, умов зведення, можливостей виконавця робіт	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
14	Вимоги стандартів: СНіП, ДСТ і т. ін.	Формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
15	Знання щодо вибору доцільних параметрів проектних рішень	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
16	Знання з формування набору проектних даних	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
17	Інтуїтивні знання фахівця-експерта, знання з ідеалізації об'єкта проектування	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
18	Знання з декомпозиції задач	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
19	Знання про методи будівельної механіки і математичної фізики	Формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
20	Знання про напруження і деформації конструкцій, знання про закони стану і теорії та інші проблемно-орієнтовані знання	Формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
21	Знання про методи розрахунку конструктивних елементів	Формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
22	Знання про конструкції і матеріали	Формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
23	Алгоритмічні та неалгоритмічні знання	Частково формалізоване	Частково автоматизовано	Можливо
24	Знання про стратегії вирішення проектних завдань	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
25	Специфічні знання про предметну галузь	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
26	Знання про оцінювання проміжних проектних результатів	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
27	Знання про критерії оцінок їх імовірності	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком
28	Знання про інтерпретацію, оцінювання і пояснення проектних рішень	Важко формалізоване	Не автоматизовано	Можливо не цілком

Можлива безпосередня передача з архітектурних графічних систем файлів, які описують графічну модель об'єкта, що складає визначену частину завдання до проектування просторових конструкцій, в інформаційно-логічну модель. Інтелектуальна комп'ютерна система містить розділ бази знань «Аналоги проектних рішень».

Етап «Формування конструктивної схеми» – частково автоматизований в межах користувацького інтерфейсу, оскільки численні прийоми графічного діалогу можуть значно полегшити та прискорити виконання рутинних операцій цього етапу. В межах інтелектуальної системи автоматизація цього етапу може бути значно розширена. Так, наприклад, на основі розділу бази знань про навантаження (залежно від призначення

об'єкта можна визначити корисне навантаження, а залежно від району будівництва можна визначити навантаження від вітрових, сейсмічних впливів, від снігу) інтелектуальна система може автоматично призначити технологічні та метеорологічні навантаження [1].

Етап «Складання розрахункових схем» є важко формалізованим, однак для конкретного класу завдань, як, наприклад, проектування конструкцій каркасних будинків, він може бути автоматизований. В інформаційно-логічній моделі об'єкта можуть зберігатися моделі розрахункових схем для цього класу завдань.

Етапи, пов'язані з усім комплексом розрахунків (статика, динаміка, розрахункові поєднання зусиль, розрахункові поєднання навантажень,

підбір перетинів залізобетонних і сталевих елементів, стрижневих і пластинчастих систем, видача рекомендацій для конструювання), автоматизовані вже тепер для багатьох універсальних та спеціалізованих розрахункових комплексів, і їх автоматизація в інтелектуальній системі не викликає сумнівів. У свою чергу, база знань за допомогою інформаційно-логічної моделі об'єкта доповнюється напрацюваннями і рекомендаціями.

Етап «Синтез проектних рішень» може бути частково автоматизований у межах інтелектуальної системи із широким залученням процедурних знань бази знань аналогів проектних рішень.

Етап «Вибір остаточного проектного рішення» завжди буде прерогативою фахівця. Однак інтелектуальна система може значно полегшити, прискорити і підвищити якість виконання цього етапу, тому що може надавати фахівцеві обмежений набір найбільш прийнятних проектних рішень.

Етап «Підрахунок обсягів робіт, оформлення позицій для кошторисів, вироблення проекту провадження робіт і проекту організації будівництва» натеper автоматизовані.

Етап «Видача проектної документації» уже натеper добре автоматизований на основі наявних графічних систем типу «АВТОКАД», «МОНАРХ», «КОРТ» і його кошторисних систем АВК, тендер-контракту, оформлювальних систем WORD, COREL DRAW, EXCEL; автоматизація цього етапу в розглянутій системі не є складною [2].

Реалізація набору вимог і знань можлива і частково реалізується в розроблювальній інтелектуальній системі як у межах фактичних знань, так і знань, що здобуваються (знань про вибір параметрів проектних рішень, знань про оцінювання проміжних проектних результатів і т. ін.). У цьому разі реалізація таких знань має передбачати самонавчальні модулі, що реалізують процес здобуття й удосконалення знань у процесі автоматизованого проектування конструкцій.

Підвищення точності та надійності оцінок, необхідних для прийняття рішень, полягає не в одержанні кожної з них за допомогою аналітичних розрахунків, а в скороченні кількості факторів, що не піддаються формалізації.

Таким чином, для ухвалення обгрунтованого рішення треба прагнути максимально формалізувати всі етапи процесу проектування. Однак остаточний вибір правильного достовірного і найбільш раціонального проектного рішення залишається прерогативою фахівця-експерта. У ряді

випадків прагнуть до визначеності тільки тому, що не знають, як врахувати під час прийняття рішення можливий ризик. У тому разі проектне рішення може бути визначеним, але недостатньо правильним і раціональним.

Інформаційно-логічна модель об'єкта проектування містить знання експерта, подані за допомогою розвинутого математичного апарату з подання знань. Імовірна математична модель формується на основі оцінок, що характеризують передбачуваний розподіл шуканої величини.

Нагромадження знань у базі знань інформаційно-логічної моделі передбачає виявлення, структурування і формалізацію знань про предметну галузь. Найчастіше інформація про проєтований об'єкт з тих або інших причин не піддається безпосередньому вимірюванню. Експерт використовує свої методи і схеми логічного виведення (інтуїцію), щоб зробити пошук і вибір проектного рішення більш ефективним. Принцип, що застосовувався, – це принцип аналогії (новизни), що ґрунтується на використанні моделей, створених під час розрахунку проєктів-аналогів.

Усі без винятку завдання архітектурного проектування як у будівництві, так і в промисловості та інших прикладних галузях економіки належать до класу інтелектуальних задач. Усі розв'язання інтелектуальних завдань ґрунтуються винятково на інтуїтивних і аналітичних знаннях експертів [3].

Особливості проектування нетипових конструкцій будинків і споруд у будівельній галузі полягають у тому, що проектування, по-перше, здійснюється не одним експертом, а багатьма експертами (як правило, більше п'яти), що спеціалізуються у вузьких галузях знань; по-друге, рішення кожного з експертів базуються на вирішенні безлічі технологічних завдань (задач, що мають заздалегідь відомі алгоритми розв'язків).

У сформованій ситуації актуальним завданням є розроблення інформаційно-логічної моделі, що дозволить виконувати варіантне проектування, оцінити отримані варіанти, відібрати з них найбільш раціональні, надати фахівцю вичерпну інформацію для вибору прийнятного варіанта, а також розробити нові концепції інтеграції згідно з єдиною інформаційно-логічною моделлю, що ґрунтується на цифровій моделі об'єкта – «віртуальному об'єкті». Упорядкування альтернатив або факторів у вигляді єдиної цифрової моделі для розв'язання складних задач розрахунку і проектування конструкцій є способом, що дозволяє в короткий термін одержати наближену відповідь. При цьому дуже важливо оцінити наслідки прийнятого рішення. Зазвичай таке оцінюван-

ня виконують на підставі прямих розрахунків або за допомогою екстраполяції існуючих проектних рішень на проєктований об'єкт. В основу методів екстраполяції лежить припущення про незмінність факторів, які визначають вплив розглянутих процесів, що найчастіше виявляється неправильним при зведенні особливо складних об'єктів. Тому, проєктуючи нетипові конструкції, частіше застосовують методи експертної оцінки.

Створення цифрової моделі об'єкта

Створення цифрової моделі об'єкта (ЦМО) відбувається поетапно. На першому етапі формується архітектурна частина ЦМО. В архітектурній системі проєктування створюється архітектурний проєкт будинку. Проєктувальник-архітектор створює об'єкт проєктування в довільній, зручній для нього графічній формі. З використанням убудованої функції «Зберегти для ЦМО» графічна інформація про об'єкт проєктування перетворюється в числову інформацію у вигляді рядків реляційної бази даних. Таким чином, повна інформація про стіни, колони, балки, перекриття, покрівлі розміщуються в базі даних у параметричному вигляді.

У ЦМО об'єкт відображається як набір елементів (ригель, колона, плита, опалювальний прилад, кондиціонер і т.ін.), що описується у вигляді запису в окремій для кожного типу елементів таблиці, що містить геометричні та змістовні реквізити. До геометричних характеристик належать параметри, що визначають положення елемента в просторі. Це можуть бути глобальні або місцеві координати, узагальнені параметри, такі як номер поверху, номер приміщення, стеля, стіна або підлога. Змістовними реквізитами є параметри, що характеризують властивості цього елемента. Наприклад, якщо таким елементом є колона, то змістовними характеристиками будуть її розміри, клас бетону, характеристики армування, параметри візуального зображення. Концепція ЦМО дозволяє вносити деякі зміни в модель об'єкта завдяки режиму візуалізації і коригування ЦМО.

Наступний етап формування ЦМО – етап формування конструкторської частини. Програмний комплекс МОНОМАХ імпортує з ЦМО архітектурні дані, автоматично задає навантаження на власну масу, вітрову та інші навантаження додаються користувачем і виконується повний комплекс розрахунків (статика, динаміка, розрахун-

кові поєднання зусиль, розрахункові поєднання навантажень, підбір перетинів залізобетонних і сталевих елементів, стрижневих і пластинчастих систем, видача рекомендацій для конструювання).

Результати розрахунку експортуються в ЦМО, доповнюючи наявні напрацювання інформацією, яка надалі використовується в інтегрованої технологічній лінії проєктування. Таблиця результатів розрахунку міцності містить інформацію про марки бетону, цегли і розчину, а також про клас арматури і її кількість.

З використанням технології ЦМО з'являється можливість автоматизації процесу проєктування, починаючи від одержання й осмислення завдання на проєктування і закінчуючи формуванням проєктно-кошторисної документації, а також підготовкою вхідних даних для автоматизованих систем керування, що забезпечує формування документів календарного планування, моніторинг виконання проєкту, оперативний, періодичний і бухгалтерський облік. Використання даних ЦМО програмами керування дозволяє вирішити завдання візуалізації процесу будівництва, тобто одержати тривимірні моделі відображення стану об'єкта на довільну дату його будівництва з урахуванням фактичного виконання робіт завдяки зіставленню конструктивних елементів об'єкта з відповідними роботами календарного плану.

Висновок

Результати проведеного аналізу процесу проєктування нетипових конструкцій дають змогу зробити висновки про потребу використання інформаційно-логічної моделі, що містить структуровану інформацію про об'єкт і багатокритеріальну експертну оцінку отриманого рішення.

Література

1. *Городецкий А. С., Евзеров И. Д.* Компьютерные модели конструкций. – К.: Факт, 2005. – 344 с.
2. *Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона / А. С. Городецкий, Л. Г. Батрак, Д. А. Городецкий и др.* – К.: Факт, 2004. – 106 с.
3. *Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций: Учеб. пособие / А. С. Городецкий, В. С. Шмуклер, А. В. Бондарев – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.*

Стаття надійшла до редакції 23.01.07.