

Зареєстровано Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України.  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації.  
Серія КВ № 5091 від 28.04.2001

### Адреса редакційної колегії:

03680, Київ-680,  
просп. Космонавта Комарова, 1  
Тел. (38-044) 497-33-65

Відповідальний за випуск  
*Н.Б. Науменко*  
Коректори:  
*О.О. Крись, Л.М. Романова*  
Комп'ютерна верстка:  
*Л.Т. Колодіна, В.В. Мішкур*

Рекомендовано до друку вченою радою Національного авіаційного університету, протокол № 8 від 20.10.05

Підп. до друку 14.12.05.  
Формат 60x84/8. Папір офс.  
Офс. друк. Ум. друк. арк. 28,83.  
Обл.-вид. арк. 31,0.  
Тираж 100 пр.  
Замовлення № 272-1.  
Ціна договірна. Вид. № 20/П.

Видавництво НАУ.  
03680. Київ-680,  
просп. Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07. 2002

© Національний авіаційний університет, 2005

<i>Карускевич М.В., Кириленко О.Б., Корчук О.Ю., Пантелеєв О.В.</i>	
Вплив дезактивувальних обробок на характеристики корозійної стійкості та втоми сталі 08КП і алюмінієвого сплаву Д16АТ	108
<i>Корчук О.Ю.</i>	
Накопичення пошкоджень і руйнування кристалітів алюмінієвого сплаву	112
<i>Малежик О.І., Радченко В.А., Куклінський М.В.</i>	
Технологія організації допускового контролю окремого етапу польоту повітряного судна за даними бортових параметричних реєстраторів	117
<i>Клименко О.Д., Селезньов Е.Л.</i>	
Ефективність змінення вібраційно-відцентровою обробкою зубчастих коліс	121
<i>Толбатов Є.Ю., Гирич В.Ю.</i>	
Дослідження динаміки трубчастих змійовиків теплообмінних апаратів з внутрішніми потоками неоднорідної рідини	125
<i>Шимчук С.П.</i>	
Удосконалення сучасної експериментально-методичної бази для дослідження трибосистем ковзання в нестационарних умовах	129
<i>Ясиніцький Е.П., Налісний М.Б.</i>	
Прогнозування технічного стану газоперекачувальних агрегатів з використанням методів регресійного аналізу вібраційних параметрів	132
<i>Чоха Ю.М.</i>	
Методика оперативного прогнозування зміни технічного стану вузлів проточної частини газотурбінного двигуна	137
<i>Доник В.Д.</i>	
Аероакустичні процеси витікання газу з відсіку через зазор	140
<b>АЕРОПОРТИ ТА ЇХ ІНФРАСТРУКТУРА</b>	
<i>Завадскас Э.К., Каклаускас А., Андрушкявичюс А., Витейкіене М.</i>	
Інтернетна система підтримки прийняття рішень при оцінці інноваційних проєктів в будівництві	144
<i>Барабаш М.С., Тугай Т.В.</i>	
Методи експертних оцінок при автоматизованому проєктуванні нетипових конструкцій	151
<i>Кашка В.Б., Першаков В.М.</i>	
Впровадження ефективних паль у фундаментобудівництві	156
<i>Zaporozhets A.I., Tokarev V.I., Hufenbach Werner, Marburg Shtefen, Taeger Olaf, Modler Nils, Dannemann Martin</i>	
Modeling of sound radiation by a beam	160
<i>Франчук Г.М., Антонов А.М., Маджд С.М., Рахімбердіна Н.В.</i>	
Моніторинг стану атмосферного повітря зони аеропорту на підставі результатів досліджень атмосферних опадів	164
<i>Франчук Г.М., Антонов А.М., Маджд С.М., Загоруй Я.В.</i>	
Моделювання і прогноз забрудненості ґрунтів на території аеропорту важкими металами	168
<i>Матвеева І.В., Зайтов В.Р., Кутихмедов Ю.О., Ісачко В.М., Криворотько В.М.</i>	
Моделювання радіоекологічних процесів методом камерних моделей на прикладі села у Волинській області	173
<i>Кажан К.І.</i>	
Дослідження впливу екологічної ємності аеропорту на перспективу його розвитку	177
<i>Дубровін Л.Д., Козлітін О.О.</i>	
Людський фактор і нейтралізатор "Гамма-7.Н"	182
<i>Зеленков І.А., Вакула Н.О.</i>	
Динамічні режими освітлення у виробничих умовах	184
<i>Батуревич С.К., Петрище М.О.</i>	
Особливості проєктування перетворювачів активної потужності в частоту	188
<i>Матвеева О.Л., Михалевська Т.В.</i>	
Системний підхід дослідження експлуатаційної енергоефективності реактивних палив	192
<b>ХІМІЧНІ НАУКИ</b>	
<i>Гавєська Т.А., Бурлаченко Є.С., Красільнікова Н.А., Плєскул С.М., Іванов С.В., Білокопитов Ю.В.</i>	
Глибоке окиснення тетрахлорметану та гексахлоретану на гетерогенних каталізаторах	197
<i>Руднева А.В., Хоменко К.М., Коновалова Н.Д., Зажигалов В.О., Брей В.В., Білокопитов Ю.В.</i>	
Дослідження впливу складу та кислотності поверхні титанаеросилів на каталітичну активність нанесеного V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	201
<i>Соловійов С.О., Мохначук О.В.</i>	
Синтез структурованих Pd-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -каталізаторів відновлення оксидів азоту метаном	206
<i>Швець О.В., Заруба Л.М., Мишастий А.Ю., Ільїн В.Г.</i>	
Мезопорністі матеріали на основі оксидів олова та ванадію	211
<i>Орлик С.М., Бойчук Т.М.</i>	
Перетворення оксиду азоту (I) на цеолітних та цирконійоксидних каталізаторах	217
<b>КУЛЬТУРА</b>	
<i>Кузьменко К.В.</i>	
Інституціональні основи ринку рекламної продукції	222
<b>Автори номера</b>	227

УДК 721.011.56

М.С. Барабаш, канд. техн. наук  
Т.В. Тугай**МЕТОДИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЕКТУВАННІ  
НЕТИПОВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Кафедра комп'ютерних технологій будівництва, НАУ, e-mail: bmari@lira.kiev.ua

*Виконано аналіз існуючих систем автоматизованого проектування. Розглянуто нові інформаційні технології проектування на основі використання єдиної інформаційно-логічної моделі об'єкта.***Вступ**

Сучасні потужні технічні платформи, операційні системи і спеціалізовані програмні комплекси для розрахунку і проектування конструкцій дозволяють не тільки складати докладні розрахункові схеми, але й проводити комп'ютерне моделювання процесів життєвого конструювання, включаючи стадії зведення й експлуатації [1]. Володіючи такими інструментами, спеціаліст може отримати значно докладнішу інформацію про те, як працює конструкція, які її слабкі місця, на що потрібно звернути увагу в першу чергу. Різноманітні комп'ютерні моделі можуть відображати ті чи ті властивості конструкції. Але головною залишається проблема побудови комп'ютерної моделі, що по можливості адекватно відображає ті чи ті конструктивні рішення.

**Проектування нетипових конструкцій**

Основні труднощі щодо проектування нетипових конструкцій пов'язані не тільки з недостаткою надійних даних, але й з потребою правильної постановки проблеми, вибору оптимальних критеріїв і оцінки отриманих результатів. Як приклад таких конструкцій можна навести конструкції на ґрунтовій основі. Ці конструкції належать до класу важкоформалізованих задач. Одна з причин цього – той факт, що ґрунт являє собою різноманітне та недостатньо вивчене середовище. Отже, так чи інакше вирішення цього завдання пов'язано з використанням знань експерта в цій предметній області. Досвід показує, що традиційні математичні методи, які використовують для розв'язання багатьох складних проблем проектування нетипових конструкцій, виявляються недостатньо ефективними внаслідок різноманітності взаємозв'язків між основними елементами таких конструкцій і неможливості обсягу їх усіх. Усе це спонукає до використання знань групи експертів. Застосування групової експертизи дозволяє не тільки розглянути множину аспектів і факторів, але й об'єднати різні підходи, за допомогою яких інженер, економіст, керівник та математик знаходять найкраще рішення.

Надійність рішень, застосованих на основі суджень групи експертів, значною мірою залежить від організації і направленості процедури збору, аналізу і математичної обробки цих суджень.

Передусім створюються математичні й розрахункові моделі різних фрагментів просторових конструкцій.

Для складання розрахункової моделі використовують сучасні програмні комплекси з широко-розвиненим інтерфейсом користувача, що забезпечує таке:

а) інформацію про об'єкт проектування користувач подає у формі, яка зручна для візуального сприйняття завдяки діалоговій (інтерактивній) або графічній системі;

б) спілкування проектувальника з системою ґрунтується на звичайних для спеціалістів поняттях та зверненнях;

в) легкість внесення змін у модель об'єкта забезпечується через облік неформальних обмежень і режим багатоваріантного проектування;

г) трудомісткі роботи, що стосуються оформлення результатів розрахунку і підготовки звітної документації, автоматизуються.

Для того щоб бути "умілим", програмний комплекс повинен містити достатньо вичерпні знання про цю галузь, а його механізм виведення має бути інваріантним щодо розв'язуваних задач.

Під час дослідження нетипових конструкцій завжди відчувається неповнота статистичної і нормативної інформації. Тому в процесі проектування доводиться не тільки широко користуватися цією обмеженою інформацією, але й поповнити її рядом утверджень якісного характеру, а також суб'єктивними оцінками ймовірності або порядку різних величин.

Завдання підвищення точності і надійності оцінок, необхідних для прийняття рішень, полягає не в отриманні кожної з них за допомогою аналітичних розрахунків, а в скороченні факторів, що не піддаються формалізації.

Таким чином, для прийняття обґрунтованого рішення потрібно прагнути максимально формалізувати всі етапи процесу проектування.

Однак остаточний вибір правильного достовірного і найбільш раціонального проектного рішення залишається прерогативою спеціаліста-експерта.

Оцінки, використовувані в експертизах, можна поділити на дві групи: абсолютні і відносні [2]. Абсолютні оцінки в своїх термінах формулювань мають булеві смислові форми – у вигляді одиниці чи нуля відповідно. Більш широкого застосування набули відносні оцінки, в основі яких лежать методи порівняння певного набору властивостей, характеристик або параметрів проєктованого об'єкта за визначеним критерієм.

У процесі проєктування користувач стикається з проблемою вибору раціональних проектних рішень, а саме: створюючи розрахункові схеми та комп'ютерні моделі, необхідно раціонально розподілити функції між людиною і ЕОМ для формування, вибору методів і алгоритмів моделювання, а також для оцінки результатів моделювання й автоматизованого проєктування в цілому з метою вироблення прийнятного рішення на основі отриманих результатів.

Ідея включення ймовірнісних оцінок у розрахунки викликає труднощі прийняття рішення. Актуальним є розробка адекватної розрахункової моделі, в якій можна знехтувати малозначущими факторами й оперувати лише тими, котрі є найбільш вагомими.

У ряді випадків прямують до визначеності тільки тому, що не знають, як врахувати під час прийняття рішення можливий ризик. У таких випадках, як наслідок, проектно рішення може бути визначеним, але недостатньо правильним і раціональним.

Формуючи інформаційно-логічну модель об'єкта проєктування нетипових конструкцій цивільних, житлових і промислових будинків, необхідно враховувати інформацію про конструкції і матеріали, знання законів стану і методів будівельної механіки і математичної фізики, критерії оцінок їх достовірності, знання про формування набору проектних рішень, ідеалізацію об'єкта проєктування, декомпозицію завдань, вибір доречності проектних рішень і отримання оцінок прийнятих проектних рішень.

Інформаційно-логічна модель об'єкта проєктування – це знання експерта, представленні за допомогою розвинутого математичного апарата з подання знань. Ймовірнісна математична модель формується на підставі оцінок, що характеризують передбачений розподіл шуканої величини. Загалом експертне оцінювання призначене для таких цілей:

– вирішення альтернативних завдань на всіх етапах проєктування;

– розв'язування задач з оцінювальними критеріями якості проектного рішення;

– передбачення включення нових правил вирішення проектних завдань і вилучення застарілих;

– забезпечення широких можливостей моделювання на різних етапах проєктування.

Для досягнення цих цілей інформаційно-логічна модель має:

– містити експертні правила з відповідними ваговими оцінками;

– не допускати складного пошуку проектних рішень (проектне завдання розв'язувати впорядковано);

– забезпечити надійну роботу, спираючись на наявні ресурси проєктування;

– забезпечити методи оброблення суджень людини-експерта.

Нагромадження знань у базі знань інформаційно-логічної моделі включає виявлення, структурування і формалізацію знань про предметну галузь. Найчастіше інформація про об'єкт, що проєктується, з тих чи інших причин не піддається безпосередньому виміру, експерт використовує свої прийоми і схеми логічного висновку (інтуїцію), щоб зробити пошук і вибір проектного рішення більш ефективним.

Професіонала високого рівня, який має глибокі знання про певну галузь і отримує результати високої якості, називають експертом.

Підготовка експерта – це дуже трудомісткий, довготривалий та дорогий процес. Головна вимога, яка ставиться до кожного експерта – це звичайно його компетентність у досліджуваній галузі. Крім того, потрібно, щоб він був також ерудований у суміжних галузях, тобто мав достатньо широкий кругозір. Експерти також повинні володіти аналітичним і тверезим розумом, добре відчувати тенденції розвитку.

Більшість проєктувальників – це спеціалісти середньої кваліфікації.

Однак вимоги до проектних рішень розраховані на наявність у спеціалістів, що приймають ці рішення, великого досвіду і глибоких знань про певну галузь, тобто на експертів предметної області.

#### **Аналіз евристичних методів прийняття рішень**

Для розв'язання важкоформалізованих задач з неповними даними про об'єкт проєктування використовують евристичні, тобто емпіричні правила або спрощення, які ефективно обмежують пошук рішення.

Евристичні методи особливо ефективні на початковій стадії досліджень про об'єкт проектування, коли потрібно визначити найбільш коректні засоби пошуку проектного рішення, сформулювати концептуальні рішення, визначити межі пошуку або з множини можливих варіантів розв'язання задачі вибрати доцільніші, які потім будуть піддані більш детальному дослідженню за допомогою математичних і експериментальних методів. Зокрема застосовують евристичний метод морфологічного аналізу – метод логічної організації ідеї проектування. Цей метод відрізняється від інших евристичних методів, що ґрунтуються тільки на інтуїції та досвіді.

В основу морфологічного аналізу покладено багато принципів. Принципами, які застосовують для проектування складних конструкцій, є принцип аналогії, що заснований на використанні моделей, створених під час розрахунку проектів-аналогів, та принцип адаптації, що полягає в пристосуванні відомих конструкцій, технологічних процесів чи форм матеріалів до конкретних умов. Інколи існує ступінь невпевненості у розв'язанні задач.

Задачі, що розв'язуються програмними комплексами, часто не піддаються строгому математичному аналізу або алгоритмічному розв'язанню. Алгоритмічний метод ґрунтується на строгих аналітичних методах.

Аналітичні методи базуються на математичних моделях, які можна подати у вигляді функцій, систем рівнянь здебільшого диференціальних або інтегральних, які встановлюють математичну залежність між параметрами об'єкта, що вивчається. Коли прагнуть спростити досліджувану модель і отримати наближені розв'язки задачі, застосовують числові методи проектування.

Найбільше поширений метод сучасного проектування – це метод скінченних елементів в переміщеннях, що дозволяють відобразити і врахувати для розрахунку та проектування будівельних конструкцій такі специфічні особливості:

– сумісної деформації елементів складних комбінованих систем, що складаються із стрижнів, пластин, оболонки, масивних тіл та ін.;

– поведінки під навантаженням конструкцій зі складною структурою (мінливість механіко-геометричних характеристик в межах елемента, наявність вирізів, порожнин, ребер жорсткості, точкових і безперервних опор та ін.);

– пов'язані з конструкцією вузлів, як правило, що характеризуються різною податливістю за різних видів взаємодій;

– пов'язані з видом навантажень (статичне, динамічне, температурне тощо);

– пов'язані з урахуванням процесу зведення, коли на окремих етапах будівництва може істотно змінюватися конструктивна схема споруди;

– пов'язані з властивостями матеріалу: пластичністю, повзучістю, релаксацією, усадкою, тріщиноутворенням, специфічними властивостями ґрунту. Унаслідок канонічності подання даних у методі скінченних елементів істотно спрощується організація обміну інформацією із системами проектування.

Однак метод скінченних елементів – це числовий метод, тобто наближений метод математичної фізики. На різних скінченно-елементних сітках можна отримати різні розв'язки однієї і тієї самої задачі. Причому ця відмінність може бути значною. Також для визначення правильного проектного рішення дуже важливо прийняти рішення щодо типів скінченних елементів, які використовують для проектування нетипової конструкції, густини скінченно-елементної сітки, щоб максимально наблизити комп'ютерну модель до реальної роботи споруди і оцінити точність отриманого рішення.

Таким чином, перед фахівцями-експертами стоїть багатокритеріальна задача – серед безлічі варіантів розрахункових схем відібрати за певними критеріями найкращий. Умовно оцінювати варіанти рішень можна за рядом критеріїв, кожний з яких залежно від відносної значущості в забезпеченні вимог, що ставляться до розрахункової схеми, має свій ваговий коефіцієнт  $\alpha$ , що набуває значення від 0 до 1; сума всіх вагових коефіцієнтів має дорівнювати одиниці. Найчастіше беруть такі критерії:

– застосування стандартних скінченних елементів в розрахунковій схемі;

– застосування суперелементів;

– застосування числових скінченних елементів характеристик властивостей матеріалу;

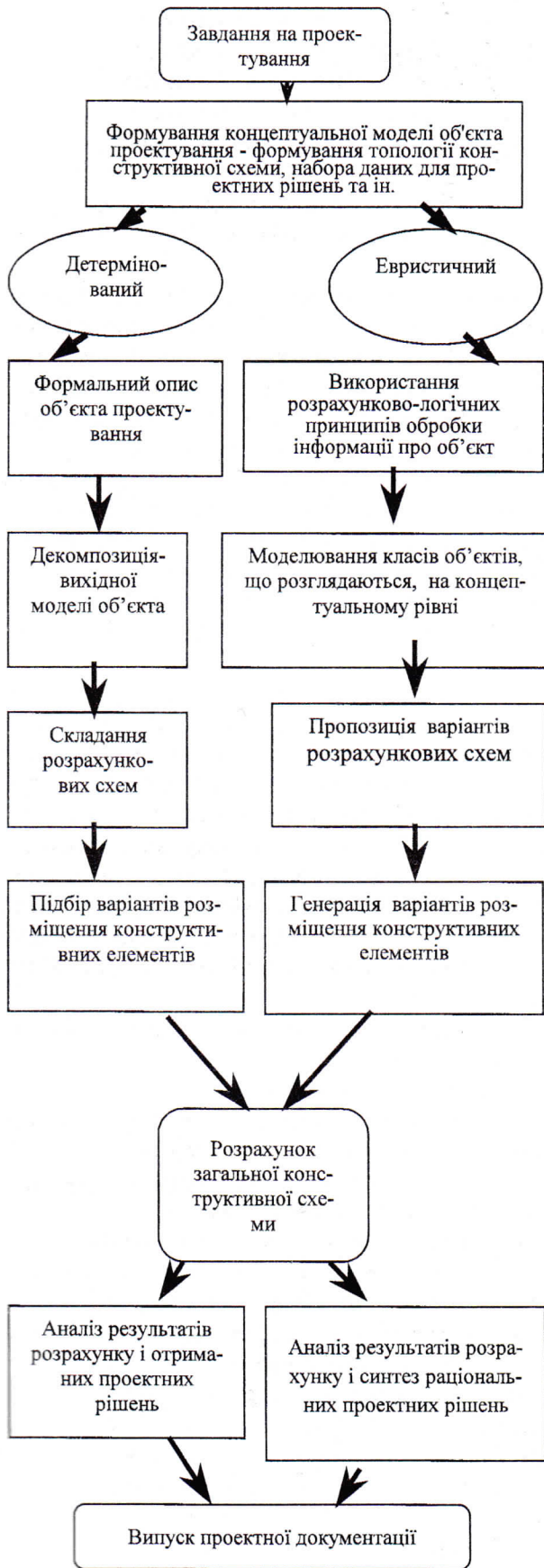
– збіжність розв'язків у разі використовування різних типів скінченних елементів.

Кожен варіант розрахункової схеми залежно від відповідності його прийнятим оцінним критеріям отримує відповідну кількість балів (від 0 до 10). Чим більше вибраний варіант відповідає прийнятому критерію, тим більше балів він отримує.

Отже, якщо позначити через  $\alpha_i$  ваговий коефіцієнт, наданий експертами для  $i$ -го критерію, а через  $\beta_{ij}$  – бал, визначений експертами для  $j$ -го варіанта розрахункової схеми, що відповідає  $i$ -му критерію, то сумарну оцінку кожного  $j$ -го варіанта можна визначити за формулою [3]:

$$S_j = \alpha_1 \beta_{j1} + \alpha_2 \beta_{j2} + \dots + \alpha_m \beta_{jm},$$

де  $m$  – кількість критеріїв для оцінки варіантів.



Порівняльна характеристика детермінованого й евристичного методів отримання проектних рішень

Дуже важливо для знаходження правильного проектного рішення задати умови визначеності. Установлення крайових умов потребує ретельного аналізу експериментальних даних та досвіду експертів-проектувальників.

Таким чином, надзвичайно плідним і необхідним є поєднання аналітичних, експериментальних і евристичних методів проектування. Алгоритмічний метод гарантує коректне або оптимальне розв'язання задачі, тоді як евристичний метод дає прийнятне рішення в більшості випадків.

Детермінований алгоритмічний метод забезпечує знаходження оптимального рішення серед запропонованих проектувальником варіантів конструктивних схем. Але він потребує дуже багато часу та великих затрат. Добре формалізовані задачі розв'язуються детермінованими методами. За евристичним методом можна знайти найбільш раціональне рішення, але це не гарантує, що воно буде оптимальним. Використовування евристичних правил дає можливість генерації рішення, а пошук раціонального стає набагато легшим і більш практичним [4]. Евристичний метод застосовують для розв'язання важкоформалізованих проектних задач (див. рисунок).

Усі без винятку завдання архітектурного проектування як в будівництві, так і в промисловості та інших прикладних галузях економіки належать до класу інтелектуальних завдань. Вирішення інтелектуальних завдань ґрунтується виключно на інтуїтивних та аналітичних знаннях експертів. Особливості проектування нетипових конструкцій будинків і споруд у будівельній галузі полягає в тому, що проектування, по-перше, здійснює не один експерт, а багато експертів (як правило, більше п'яти), що спеціалізуються у вузьких галузях знань; по-друге, рішення кожного з експертів базуються на розв'язанні множини технологічних задач (задач, що мають заздалегідь відомі алгоритми розв'язання).

У ситуації, що склалася, актуальним є: розроблення інформаційно-логічної моделі, яке дозволить робити варіантне проектування, оцінить отримані варіанти, відібрати з них найбільш раціональні, надати спеціалісту вичерпну інформацію для вибору прийнятного варіанта; і також розроблення нових концепцій інтеграції, що ґрунтуються на використанні єдиної інформаційно-логічної моделі, що включає цифрову модель об'єкта – віртуальний об'єкт.

Під час проектування нетипових конструкцій складної конфігурації інколи виникає необхідність давати на складні питання термінову відповідь, для точного обґрунтування якої потрібно багато часу, а можливо, і значні витрати ресурсів.

Для створення комп'ютерної моделі об'єкта проектування використовують принцип ідеалізації, за яким ураховують тільки ті елементи конструктивної схеми, що істотно впливають на міцність, стійкість, деформативність конструкції. Упорядкування альтернатив або факторів у вигляді єдиної цифрової моделі для розв'язання складних задач розрахунку і проектування конструкцій – це спосіб, що дозволить у короткий термін отримати наближену відповідь завдяки використанню методів вагових коефіцієнтів для оцінки значущості та ваги тієї чи тієї ознаки серед інших ознак, що характеризують властивості об'єкта. При цьому дуже важливо оцінити наслідки прийнятого рішення. Таку оцінку виконують на підставі прямих розрахунків або за допомогою екстраполяції існуючих проектних рішень на об'єкт, що проектується. В основі методів екстраполяції лежить припущення про незмінність факторів, що визначають потік розглядуваних процесів, що зазвичай виявляється неправильним під час зведення особливо складних об'єктів. Тому, проектуючи нетипові конструкції, частіше вдаються до методів експертної оцінки.

## Висновок

Результати проведеного аналізу процесу проектування нетипових конструкцій дають змогу зробити висновки щодо необхідності використання інформаційно-логічної моделі, яка містить структуровану інформацію про об'єкт.

## Література

1. *Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона (проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации)* / А.С. Городецкий, Л.Г. Батрак, Д.А. Городецкий и др. – К.: Факт, 2004. – 106 с.
2. *Гохман О.Г. Экспертное оценивание: Учеб. пособие.* – Воронеж: Наука и техника, 1991. – 150 с.
3. *Гоберман В.А., Гоберман Я.Л. Технология научных исследований – методы, модели, оценки.* – М.: Мир. – 2001. – 390 с.
4. *Барабаш М.С. Методи та засоби експертної системи вибору раціональних проектних рішень просторових конструкцій: Автореф. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук.* – К.: Наук. світ, 2003. – 17 с.

Стаття надійшла до редакції 05.04.05.

М.С. Барабаш, Т.В. Тугай

Методи експертних оцінок при автоматизованому проектуванні нетипичних конструкцій  
Выполнен анализ существующих систем автоматизированного проектирования. Рассмотрены новые информационные технологии проектирования на основе использования единой информационно-логической модели объекта.

M.S. Barabash, T.V. Tugay

Methods of expert estimations at the automated planning of untypical constructions  
The article is devoted to the questions of analysis of existing computer-aided designs and questions of development of new information technologies of planning on the basis using of united informatively-logical model of object.