

**НАСКРІЗНІ АВТОМАТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ
БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

В. М. Андрухов, В. В. Матвійчук, А. О. Колесник

Проаналізовано стан розробки проектної документації для будівництва та рівень автоматизації виконання проектних робіт.

Досліджено можливості функціонування та перспективи використання наскрізних інтегрованих ліній технологічного проектування об'єктів будівництва.

Проанализировано состояние разработки проектной документации для строительства и уровень автоматизации выполнения проектных работ.

Исследованы возможности функционирования и перспективы использования сквозных интегрированных линий технологического проектирования объектов строительства.

The state of development of project document for building and level of automation of implementation of project works is analysed.

Possibilities of functioning and prospect of the use of through computer-integrated lines of the technological planning of building objects are investigational.

Огляд питання розробки проектної документації для будівництва

Широке впровадження комп'ютеризації в умовах науково-технічного прогресу забезпечує зростання продуктивності праці в різних областях суспільного виробництва. Головна увага при цьому звертається на ті області, де зростання продуктивності праці до застосування ЕОМ проходило украй поволі. Це, в першу чергу, області, пов'язані з визначальною часткою розумової праці людини, тобто управління виробництвом, проектування і дослідження об'єктів і процесів. Якщо продуктивність праці у сфері виробництва з початку століття зросла в сотні разів, то в області проектування тільки в 1,5-2 рази [1]. Це обумовлює значні терміни проектування нових об'єктів, що не відповідає вимогам часу.

На сьогоднішній день, як і раніше, домінуючими факторами при розробці проектної документації для будівництва залишаються: загально-інженерна підготовка фахівців всіх розділів проекту, їх виробничий досвід, професійна інтуїція та ін. Але існує потреба вдосконалення індустрії будівельного проектування і значною мірою вирішення цього питання полягає в комплексному залученні, а в майбутньому – повній переорієнтації на автоматизовані системи проектування. Йдеться про систематизацію накопиченого досвіду та напрацьованої бази даних у цифровому форматі, створенні загальної, зручної для всіх користувачів (від замовника проекту до виконавця робіт), універсальної лінії інтегрованого проектування з високим ступенем мобільності.

Автоматизоване проектування дозволяє значно скоротити суб'єктивізм при ухваленні рішень, підвищити точність розрахунків, прийняти найкращі варіанти для реалізації на основі математичного аналізу всіх або більшості варіантів проекту з оцінкою технічних, технологічних і економічних характеристик виробництва і експлуатації об'єкту проектування, значно підвищити якість конструкторської документації, істотно скоротити терміни проектування і передачі конструкторської документації у виробництво.

Застосування ЕОМ при проектуванні будівельних об'єктів з часом зазнавало значних змін. З появою обчислювальної техніки був зроблений перехід від традиційних “ручних” методів проектування до реалізації окремих завдань проектування на ЕОМ [1, 2]. Цей підхід, що характеризував використання ЕОМ на першому етапі, носить назву “позадачного” і полягає в тому, що кожне знов виникаюче завдання вирішується за допомогою наступної автономної програми, яка функціонує незалежно від інших. Корінний недолік такого підходу полягає в тому, що подібні програми будуються за принципом “натурального господарства”, коли для вирішення окремого завдання потрібна повна підготовка допоміжних засобів (технічних, інформаційних, програмних і таке інше). Оскільки проектування об'єкта, як правило, припускає і його оптимізацію, то машинна програма в цьому випадку представляє “симбіоз” моделі об'єкта проектування і деякого алгоритму оптимізації. Природно, що в цьому випадку ні модель, ні

алгоритм оптимізації не можуть використовуватися для інших цілей (наприклад, щоб провести оптимізацію моделі будівельного об'єкта за допомогою іншого алгоритму, необхідно розробити нову програму).

З появою обчислювальної техніки нових поколінь, вдосконаленням методів її використання та накопиченням досвіду з розробки ПП (програмних продуктів) та ППП (пакетів прикладних програм) намітився новий системний підхід до організації процесу розробки проектної документації на ЕОМ, що полягає в створенні великих програмних комплексів у вигляді пакетів програм (ПП), а в подальшому – і САПР, орієнтованих на вирішення певного комплексу задач в автоматизованому режимі [2]. Комплекси САПР будуються за модульним принципом з універсальними інформаційними зв'язками, що налагоджені між модулями. При вирішенні завдань даного класу використовуються єдині інформаційні масиви, організовані в базі даних. В міжнародній термінології така концепція спільної роботи над проектом отримала назву BIM (Building Information Modeling або Building Information Model), засновником якої є Autodesk [3, 4] – потужна компанія з розробки програмного забезпечення (САПР) для будівництва. На сьогоднішній день така ідеологія проектної роботи знайшла свою реалізацію у розробці фахівців з Німеччини – фірми Nemetschek AG. Результат їх роботи викладений в нових рішеннях для складного архітектурно-будівельного проектування за допомогою комплексного програмного середовища «Allplan» [5, 6] (рис. 1). Орієнтовна вартість комерційної версії пакета програм «Allplan» становить 42000 у.о.

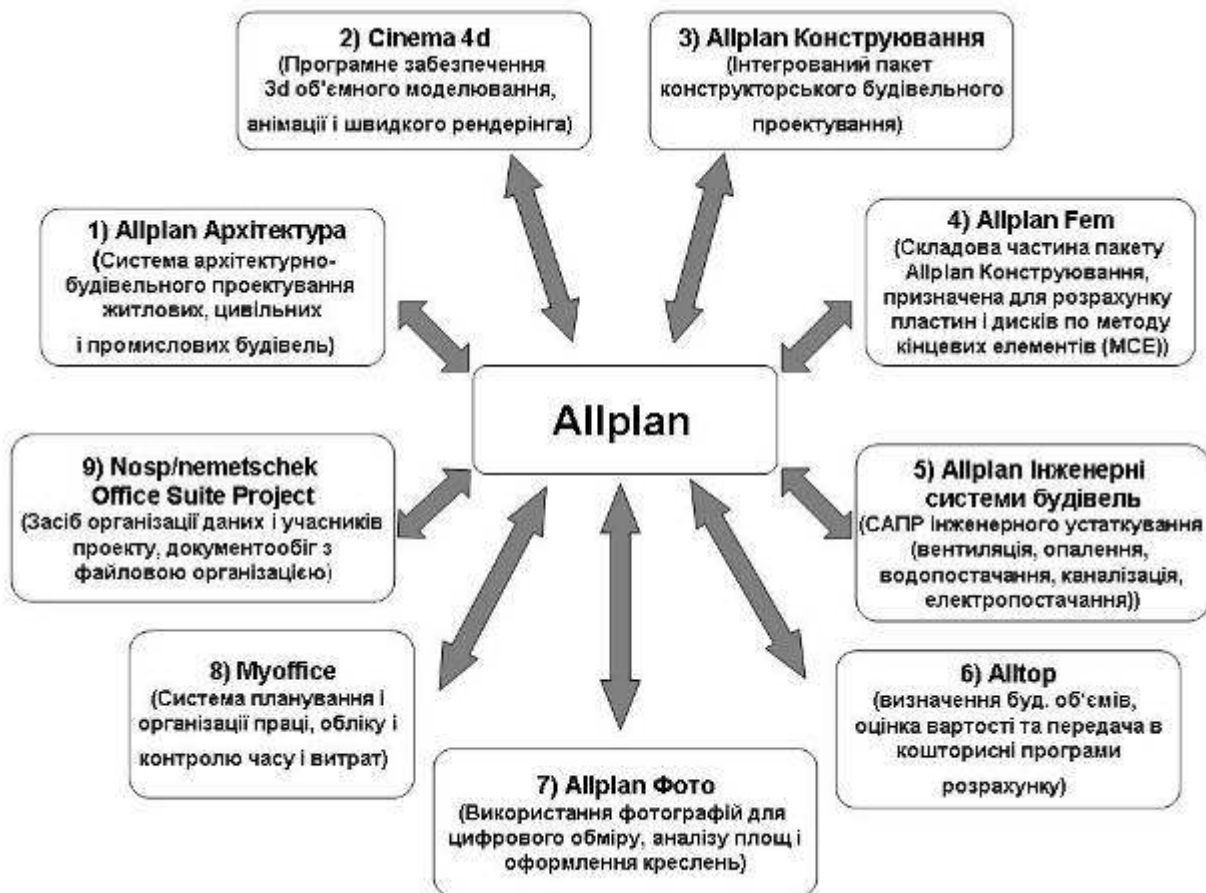


Рис. 1. Структурна блок-схема САПР комплексу «Allplan»

Об'єднання декілька ПП в єдину систему, призначену для реалізації певних функцій з комплексної автоматизації проектних робіт, дозволяє говорити про інший варіант розробки комплексів САПР. При цьому якісні зміни зазнають і організація інформаційного, технічного і інших видів забезпечення і, що особливо важливе – умови обміну інформацією між людиною і ЕОМ. Як правило, ці зміни направлені на підвищення гнучкості і універсальності системи, поліпшення характеристик взаємодії проектувальника з ЕОМ, підвищення якості отриманого

результату і зниження часу його отримання. Власне САПР можуть як підсистема входити в системи більш високого рівня [7], наприклад АСУП (автоматизованих систем управління виробництвом).

Вітчизняні розробники, а саме – «Державний науково-дослідний інститут автоматизованих систем в будівництві» (ДНДІАСБ) започаткував вирішення поставленої задачі шляхом розробки ідеології автоматизації будівельної галузі. Дана концепція отримала назву «ПУСК» (Проектирование и Управление Строительным Комплексом), а згодом – в її складі було розроблено комплекс САПР – «КАЛИПСО» [8] (Комплексная Автоматизированная Линия Интегрированного Проектирования Строительных Объектов) (рис. 2).



Рис. 2. Схема наповнення та функціонування інтегрованої лінії проектування «КАЛИПСО»

В процесі створення, головною задачею була орієнтація «КАЛИПСО» на український ринок вже існуючих програмних продуктів. Хоча цей підхід носив здебільшого вимушений характер, в той же час він дозволив використовувати традиційні для українських користувачів програмні комплекси без потреби адаптації до заново розроблених програм. Вартість набору програм, необхідних для функціонування лінії проектування «КАЛИПСО», менша відносно вартості пакета «Allplan» і становить приблизно 13000 у. о.

Для забезпечення інформаційної і програмної стиковки між підсистемами проектування і управління в системі "КАЛИПСО" всі дані архітектурних і конструктивних розрахунків передаються в єдину базу даних [9], так звану уніфіковану цифрову модель об'єкта – УЦМО. В УЦМО [10] зберігається інформація про всі використані для будівництва даного об'єкта матеріали, виробу, конструкції і устаткування в прив'язці до координатних осей і висотних відміток будівлі або споруди, що проектується.

Таким чином, кожний розділ проекту створюється поетапно, наповнюючи віртуальну будівлю новими вхідними параметрами та базуючись відповідно на початковій архітектурній моделі та виконаній роботі в попередніх ПК, які працюють з єдиною цифровою моделлю даних в розрізі комплексної автоматизації розробки проекту. Такий взаємозв'язок між складовими проекту дозволяє в подальшому реалізувати автоматизований підхід до визначення фізичних об'ємів робіт та трудових затрат із прив'язкою їх до кошторисних нормативів, причому результати кошторисних розрахунків можуть бути сформовані і представлені відповідно до норм, що є актуальними для конкретного завдання на проектування (можливе співставлення з нормативами ДБН, укрупненими та внутрішньо-організаційними нормативами, тобто – базою даних, з якою передбачена подальша робота) (рис. 3).



Рис. 3. Визначення об'ємів робіт і трудових затрат та прив'язка до кошторисних нормативів при роботі в «КАЛИПСО»

Перспективи розвитку та вдосконалення проектних робіт

Проектування складних об'єктів і вирішення основних завдань проектування неможливе сьогодні без систем автоматизованого проектування (САПР), систем управління базами даних (СУБД) і систем управління даними про проект. Функціональність таких систем стрімко розширюється. Проте не менш важливим чинником, що визначає успішне рішення задачі проектування, є використання відповідних методологій, що дозволяють відстежувати причинно-наслідкові зв'язки, використовувати накопичені раніше бази знань, генерувати і зберігати нові.

Реалізація сучасних вимог скорочення термінів і вартості проектування, повторне використання накопиченої типової інформації в числовому форматі при проектуванні нових будівель і споруд, забезпечення необхідної інформаційної підтримки проекту впродовж всього його життєвого циклу неможливе без застосування спеціальних методологій проектування. Такі методології повинні враховувати, що на різних етапах життєвого циклу потрібні різні варіанти подання даних про проект [11], і при цьому значної актуальності набуває вимога дотримання цілісності даних (наприклад, в частині збереження причинно-наслідкових зв'язків).

Сучасні системи автоматизованого проектування вже давно не є виключно системами тривимірного креслення. Вони включають розвинені засоби накопичення і використання знань, проектування в контексті, паралельного проектування, розділення по стадіях, підсистемах і ролях і т. і. Дотримання методологій проектування частково здійснюється стандартною функціональністю систем за рахунок реалізації організаційних мір, що дозволяють не тільки підтримувати нові функції, але і методологічні рішення вцілому. Для автоматизації цих можливостей потрібна відповідна інформаційна підтримка [7] з боку PDM, VPDM (Virtual Product Data Management), CPD (Collaborative Product Development), CPC (Collaborative Product Commerce) і т. і, які сьогодні позиціонуються як системи cpdm (collaborative Product Definition management). Відповідно до класифікації, ПП «КАЛИПСО» можна віднести до VPDM-систем (тобто – категорії систем

віртуального управління даними проекту), а ПП «Allplan» – до систем CPD та CPC (ідеологія спільного створення ПП для комплексної автоматизації розробки проектів будівництва).

Таким чином, складається ситуація, коли не можна говорити про якісне рішення питання автоматизації процесу проектування в будівництві без урахування сучасних комп'ютерних технологій і методології організації даного процесу.

В даний час поки що не існує систем, які повною мірою реалізують концепцію *cpdm*. Межі між CPD, CPC, VPDM, а також «класичними» PDM розмиті за своєю природою: не існує абсолютних критеріїв визначення належності системи до якогось специфічного класу. Багато розробників відносять свою систему до потрібного класу лише тому, що в неї включені відповідні функції. Якщо використовувати подібні «м'які» критерії, то майже всі сучасні PDM-системи можна позиціонувати як *cpdm*.

Отже, параметричні моделі складних проектів з тривалим життєвим циклом повинні містити опис всіх стадій і станів цього циклу, а також передбачати декілька різних способів візуалізації. Носій інформації про компонент містить безліч різних типів елементів даних, а проекти мають як мінімум два різні види конфігурацій: конфігурацію складу (або «Комплектація») і конфігурацію стану. Проектні дані повинні управлятися не тільки параметрами, але і Dts (таблиці, що керують), Rules (правила), Checks (перевірки) тощо. Проектні дані мають «поведінкові» елементи опису (Behavior features), потребуючи контролю засобами RDM і характеризуючись високою варіантністю. Це виражається в можливості моделювання повного життєвого циклу об'єкта проектування: «як задумано», «як запроектовано», «як виготовлено», «як існує при експлуатації».

Практичний досвід розробки проектної документації на прикладі будинку № 2 в 7-му кварталі мікрорайону «Поділля» м. Вінниця

В основу концепції наскрізних ліній проектування покладено побудову повноцінної (віртуальної) архітектурної моделі об'єкта будівництва. Дана задача успішно вирішується за допомогою можливостей ArchiCAD – програми для архітектурно будівельного 3D-проектування. У більшості систем автоматизованого проектування використовується принцип побудови об'єктів на основі параметризації за розмірами, зазвичай вони орієнтовані на створення ескізів для тривимірних операцій. На відміну від ПК такого типу, в програмному пакеті ArchiCAD використовується геометрична параметризація. На основі внутрішньої мови програмування GDL параметризуються всі елементи: лінії, геометричні параметри, тексти, атрибути елементів. При цьому параметри можуть бути пов'язані будь-якими взаєминами.

Створюючи ЦМО у вищезазначеному ПК об'єкт наповнюється такими елементами: зовнішні та внутрішні несучі стіни, перегородки, колони, балки, плити перекриття, сходові марші та площадки, віконні та дверні блоки. Для кожного з елементів призначаються відповідні прив'язки, належність до слоїв середовища ПК ArchiCAD, пріоритет конструкцій, геометричні характеристики та фізичні властивості матеріалів. Всі частини та конструкції будуються шляхом використання окремих стандартних бібліотечних елементів ArchiCAD з максимально можливим рівнем відповідності об'єкта проектування та опираючись на відомі підходи та рекомендації щодо створення ЦМО. Від рівня логічної завершеності та необхідного деталювання архітектурної частини залежить подальша налагоджена робота на кожному з етапів інформаційно-графічного супроводу ЦМО. В подальшому розроблена параметрична 3D-модель експортується до наступних модулів інтегрованої лінії проектування, це насамперед – конструкторські розрахунки, проектування інженерних мереж, програми кошторисних розрахунків та комплекси управління будівництвом [12].

Таким чином відбувається комплексне вирішення завдань проектування на базі однієї програмної системи, що пов'язує в одне ціле підсистеми CAD 2D (системи автоматизованого проектування двовимірних об'єктів), CAD 3D (системи автоматизованого проектування тривимірних об'єктів), розрахункові програми та решту ПП, що інтегровані з «материнською» системою автоматизованого проектування. Проектне рішення створюється в єдиній інтегрованій системі за ланцюжком 3D-модель – розрахункові програми – проектна документація. Результат – єдиний проект, в якому зберігається вся інформація про об'єкт проектування і його зведення. У будь-який момент можна змінити прийняті параметри проекту з оновленням всіх необхідних даних решти підсистем.

Висновки

- Виконання проектних робіт для будівництва із використанням ідеології BIM є найперспективнішим варіантом підвищення рівня оптимізації в цій галузі. Такий підхід суттєво підвищує якість та продуктивність проектування, знижує ймовірність помилок та відкриває можливість роботи всіх фахівців з єдиною віртуальною моделлю будівельного об'єкта. Досвід розвинених країн доводить необхідність розробки власних ПК та їх інтеграцію в наскрізні лінії автоматизованого проектування. Тому на сьогоднішній день важливим кроком є розробка та вдосконалення програм власного виробництва. Так, актуальним є запровадження вітчизняного програмного забезпечення для автоматизованого архітектурного 3D-моделювання (альтернативою є заміна ПК ArchiCAD на САПФІР) та проектування інженерних мереж, тобто, тих розділів, які сьогодні не мають автоматизованих засобів проектування або використовують розробки закордонного виробництва.

Список літератури

1. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2001/fvti/masyuk/bibl/intro.htm>
2. Гинзбург А. В. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве // А. В. Гинзбург, П. Б. Каган. – Открытые системы. – 1997. – № 4.
3. <http://www.autodesk.ru/>
4. <http://communities.autodesk.com/?nd=home> 8
5. <http://nemetschek.com.ua/news/press.html>
6. http://inc.istu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=225:allplan&catid=74:2008-03-25-05-36-29&Itemid=125
7. Казаков А. В. Методы автоматизации строительного проектирования // А. В. Казаков. – Технологии строительства. – 2003. – № 5. – С. 126-128.
8. Барабаш М. С. Організація технології інтеграції систем автоматизованого проектування на базі КАЛІПСО // М. С. Барабаш, А. В. Терещенко. – Будівництво України. – 2007. – № 4. – С. 40-43.
9. Зайцев В. Ф. ПК КАЛІПСО – Навигатор. Методика сбора строительных объемов и их привязки к сметным нормативам. – К.: НИИАСС Минрегионстроя Украины, 2008. – 74 с.
10. Городецький О. С., Бородавка Є. В. Засоби підтримки процесу проектування будівель і споруд з використанням уніфікованої цифрової моделі об'єкта // О. С. Городецький, Є. В. Бородавка. – Будівництво України. – 2007. – № 4. – С. 36-39.
11. Кураксин С. На пути к комплексной автоматизации // С. Кураксин. – Открытые системы. – 2001. – № 5.
12. Яременко Д. С. Автоматизация строительных предприятий с применением технологий «Building Manager» // Д. С. Яременко. – Рынок строительный. – 2002. – № 1(40).
13. <http://isicad.ru/ru/>

Андрухов Валерій Михайлович – к.т.н., доцент кафедри промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет.

Матвійчук Владислав Віталійович – студент Інституту будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет.

Колесник Андрій Олександрович – студент Інституту будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет.