

УДК 65.011.56

DOI: 10.30838/P.CMM.2415.200418.212.32

## РОЗВИТОК СИСТЕМ САПР-АСУБ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

ЧАШИН Д.Ю.<sup>1</sup> к.т.н, доц.,ДІКАРЕВ К.Б.<sup>2</sup> к.т.н, доц.

<sup>1</sup> кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-59-51, e-mail: dmytrochashyn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-9349

<sup>2</sup> кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-59-51, e-mail: kdikarev@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9107-3667

**Анотація. Мета.** Основою подальшого розвитку САПР-АСУБ є забезпечення інтеграції програмних комплексів різного призначення в єдину повнофункціональну автоматизовану систему. **Методика.** Комплексна інформаційна модель забезпечує автоматизацію вирішення всіх інженерних та розрахункових завдань в сфері проектування, управління та обліку на основі використання накопиченого досвіду вирішення цього завдання з використанням існуючих програм. **Результати.** Уніфікація технологічних рішень і особливо структури та засобів передачі обмінної інформації значно зменшить трудомісткість процесу інженерного забезпечення будівництва, підвищить достовірність інформації на всіх етапах будівництва. **Практична значущість.** Зменшення виробничих витрат, прискорення будівництва і забезпечить зниження його вартості.

**Ключові слова:** комплексна інформаційна модель, ЦМО, розвиток САПР-АСУБ, укрупнений вид робіт, програмний комплекс.

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМ САПР-АСУС НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

ЧАШИН Д.Ю.<sup>1</sup> к.т.н, доц.,ДИКАРЕВ К.Б.<sup>2</sup> к.т.н, доц.

<sup>1</sup> кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-59-51, e-mail: dmytrochashyn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0986-9349.

<sup>2</sup> кафедра технологи строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-59-51, e-mail: kdikarev@ukr.net, ORCID ID:

**Аннотация. Цель.** Основой последующего развития САПР-АСУБ является обеспечение интеграции программных комплексов различного назначения в единственную полнофункциональную автоматизированную систему. **Методика.** Комплексная информационная модель обеспечивает автоматизацию решения всех инженерных и расчетных заданий в сфере проектирования, управления и учета, на основе использования накопленного опыта решения этого задания с использованием существующих программ. **Результаты.** Унификация технологических решений и особенно структуры и средств передачи обменной информации значительно уменьшит трудоемкость процесса инженерного обеспечения строительства, повысит достоверность информации на всех этапах строительства. **Практическая значимость.** Уменьшение производственных расходов, ускорения строительства, и обеспечит снижение его стоимости.

**Ключевые слова:** комплексная информационная модель, ЦМО, развитие САПР-АСУБ, укрупненный вид работ, программный комплекс.

## DEVELOPMENT OF CAS-ACS SYSTEMS ON BASIS OF COMPLEX INFORMATIVE MODELS

CHASHYN D. Y.<sup>1</sup>, Ph. D., Assos.prof.,  
DIKAREV K.B.<sup>2</sup>, Ph. D., Assos.prof.,

**Annotation. Purpose.** Basis of subsequent development of CAS-ACS systems is providing of integration of programmatic complexes of the different setting in the unique full functional CAS. **Method.** A complex informative model provides automation of decision of all engineerings and calculation tasks in the field of planning, management and account, on the basis of the use of the accumulated experience of decision of this task with the use of the existent programs. **Results.** Standardization of technological decisions and especially structure and facilities of exchange information transfer considerably will decrease labour intensiveness of process of the engineering providing of building, will promote authenticity of information on all stages of building. **Practical meaningfulness.** Diminishing of production charges, accelerations of building, and will provide the decline of his cost.

**Keywords:** complex informative model, BIM, development of CAS-ACS systems, large-sized type of works, programmatic complex.

**Постановка проблеми.** Для забезпечення стабільного розвитку систем автоматизованого проектування (САПР) та автоматизованих систем управління будівництвом (АСУБ) необхідно розробити сучасні наукові принципи інтеграції цих систем (САПР-АСУБ).

**Аналіз досліджень та публікацій та зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Основні науково-практичні вимоги щодо розробки систем САПР-АСУБ викладені в поки ще нечисленних публікаціях [1,2,3,4,5,6,7] – які також потребують розвитку відповідно до вимог сучасного стану систем САПР-АСУБ та програмних засобів.

**Формулювання мети.** Метою дослідження в даній статті є розробка основних принципів розвитку та інтеграції систем САПР-АСУБ та наукове доведення, що основою подальшого розвитку САПР-АСУБ є забезпечення інтеграції програмних комплексів різного призначення в єдину повнофункціональну автоматизовану систему, що забезпечує автоматизацію вирішення всіх інженерних та розрахункових завдань в сфері проектування, управління та обліку на основі використання накопиченого досвіду вирішення цього завдання з використанням існуючих програм.

### Основний матеріал дослідження.

Розвиток сучасних інтегрованих систем САПР-АСУБ має базуватися на наступних основних принципах:

*1. Опис технологічного процесу функціонування автоматизованої системи проектування на основі використання цифрової моделі будівельного об'єкта.*

Цифрову модель об'єкта (ЦМО) можна інтерпретувати як «Віртуальну будівлю» - модель, що відповідає реальній будівлі, але існує тільки в пам'яті комп'ютера. Використовується цифрова модель, як інформаційний банк даних, які одержані з архітектурних, конструкторських, електротехнічних та сантехнічних проектувальних програм. З цієї віртуальної моделі можна отримати різноманітну інформацію про кожний елемент проектування, а

також сформувати креслення (поверхові плани, розрізи і фасади, вузли і деталі, і т.п.).

Завдяки використанню ЦМО швидко та в зручній формі формується вся проектна документація, а також автоматично формуються вхідні дані для програмних комплексів кошторисних розрахунків і автоматизованих систем управління – що, в свою чергу, дозволяє створити ефективну комплексну інформаційну модель (СІМ).

ЦМО (ВІМ)ІТ дозволяє впровадити нову концепцію інтеграції програмних засобів. З використанням технології ЦМО з'являється можливість автоматизації процесу проектування, починаючи від отримання і осмислення завдання на проектування, закінчуючи формуванням проектно-кошторисної документації, а також підготовки вхідних даних для автоматизованих систем керування, які забезпечують формування документів календарного планування, моніторинг виконання проекту, оперативний, періодичний і бухгалтерський облік. Використання даних ЦМО програмами керування дозволяє вирішити завдання візуалізації процесу будівництва, тобто отримання тривимірних моделей відображення стану об'єкта на довільну дату його будівництва з урахуванням фактичного виконання робіт, завдяки співставленню конструктивних елементів об'єкта відповідним роботам календарного плану. Таким чином, використання технології ЦМО дозволяє на базі програмних комплексів різного профілю створити повнофункціональну автоматизовану систему, що вирішує практично всі інженерні завдання в галузі будівництва.

Використання цифрової моделі об'єкта обумовлюють створення інтегрованої технологічної лінії проектування будівельних об'єктів. А саме, дозволяють раціонально розподілити автоматизовані робочі місця (АРМ) від архітектора до кошторисника і раціонально розподілити функції між людиною і комп'ютером при формуванні, контролі і редагуванні ЦМО; при виборі методів і алгоритмів моделювання,

а також при оцінці результатів моделювання і автоматизованому проектуванні в цілому.

Технологія проектування на основі концепції ЦМО полягає в послідовному "спілкуванні" з ЦМО спеціалістів різних спеціальностей, які викликають із ЦМО необхідну інформацію, на її основі приймають проектні рішення, і зберігають їх в ЦМО для подальшого використання іншими спеціалістами.

Для використання даних ЦМО програмами для кошторисних розрахунків і програмними комплексами управління вони потребують деякої модифікації з урахуванням організаційно-технологічних рішень, які нехарактерні для завдань проектування, це: рішення по організації будівельного майданчика, використання тих чи інших технологій виконання будівельних процесів.

Ці модифікації провадяться за допомогою спеціального програмного забезпечення, що реалізує технологію формування переліку робіт в прив'язці до виробничих нормативів, що використовуються для завдань календарного планування і в прив'язці до норм ДБН для кошторисних розрахунків.

Створення ЦМО відбувається поетапно. На першому етапі формується архітектурна частина ЦМО. В архітектурній системі проектування створюється архітектурний проект будівлі. Проектувальник-архітектор створює об'єкт проектування в довільній, зручній для нього графічній формі. Використовуючи вбудовану функцію "Зберегти для ЦМО" графічна інформація про об'єкт проектування перетворюється в чисельну інформацію у вигляді рядків реляційної бази даних. Таким чином, повна інформація про стіни, колони, балки, перекриття, кривлю і т. ін. розташовується у базі даних у параметричному вигляді.

У ЦМО об'єкт відображується як набір елементів (ригель, колона, плита, опалювальний прилад, кондиціонер, елемент освітлення і т.д., і т.п.), який описується у вигляді запису, в окремій для кожного типу елементів, таблиці, яка містить геометричні і змістовні реквізити.

До геометричних характеристик відносяться 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. До змістовних реквізитів відносяться параметри, що характеризують властивості цього елемента. Наприклад, якщо даним елементом є колона, то до змістовних характеристик відносяться її розміри, клас бетону, характеристики армування, параметри візуального зображення.

Концепція ЦМО дозволяє вносити деякі зміни в модель об'єкту, завдяки режиму візуалізації і корегування ЦМО.

Наступним етапом формування ЦМО є етап формування конструкторської частини. Конструктор імпортує з ЦМО архітектурні дані, формує всі необхідні навантаження на об'єкт, наприклад, залежно від призначення об'єкту визначається

корисне навантаження, а залежно від району будівництва задається навантаження від вітрових, сейсмічних дій, навантаження від снігу, призначаються технологічні і метеорологічні навантаження.

Потім за допомогою спеціалізованих конструкторських і розрахункових комплексів виконується повний комплекс розрахунків (статика, динаміка, розрахункові поєднання зусиль, розрахункові поєднання навантажень, підбір перетинів залізобетонних і сталевих елементів, стержневих і пластинчастих систем, видача рекомендацій для конструювання).

Результати розрахунку експортуються в ЦМО, доповнюючи наявні напрацювання інформацією, яка використовується в інтегрованій технологічній лінії проектування (ІТЛП). Таблиця результатів розрахунку міцності містить інформацію про марку бетону, цегли і розчину, а також про клас арматури і її кількість.

Наступний етап формування ЦМО є поповнення даними проектування сантехнічної частини. Фахівець імпортує з ЦМО архітектурну модель та інформацію про склад приміщень, їх призначення, теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій і т. ін., та експортує в ЦМО інформацію про опалювальні прилади, елементи вентиляції і кондиціонування, мережі опалювання, газопостачання і водопостачання і т.ін.

Наступний етап це поповнення даними проектування електротехнічної частини. Фахівець отримує з ЦМО інформацію про характеристики приміщення (призначення, середовище приміщення, матеріали поверхонь і т.д.), технологічне устаткування і наповнює ЦМО інформацією по електроустаткуванню (розподільні пристрої, пускозахисна і комутаційна апаратура) і матеріали (монтажні і провідникові).

Всі елементи ЦМО розподіляються на групи за ознакою приналежності до певного етапу формування. Виділені такі групи елементів: архітектурна група, конструкторська група, сантехнічна та електротехнічна.

Крім самих основних елементів існують ще й співвідношення між ними, які поєднують їх разом.

*2. Опис технологічного процесу функціонування систем автоматизованого проектування і автоматизованих систем управління з використанням технології ЦМО-УВР.*

УВР - Укрупнений Вид Робіт - це позиція нормативної бази виробничих норм користувача з відповідним числовим 5-значним кодом, найменуванням одиницею виміру та ін. Нормативна база УВР формується користувачем для використання в завданнях календарного планування з урахуванням спрямування організації (монолітне домобудування, ремонт, інженерні мережі, опорядження та ін.), прийнятої в конкретній будівельній організації технології виконання

будівельних процесів, наявності будівельного обладнання і розподілу робіт по підрядникам.

ПООБП – Планово-Облікова Одиниця Будівельної Продукції – це визначений захваткою об'єм УВР, який використовується в календарному плануванні як окрема робота календарного плану, що виконується одним виконавцем з використанням визначеної техніки і обладнання, для якої розраховуються чи встановлюються терміни початку і завершення, вартісні характеристики, на яку планується і фіксується фактична поставка фінансів, матеріалів, конструкцій та обладнання, яка може використовуватися для визначення обсягів фактично виконаних робіт при розрахунках між підрядником і замовником. Характеристиками ПООБП є: Найменування, що формується від найменування УВР, Захватка, код УВР, одиниця виміру УВР, фізичний обсяг, перелік і значення параметрів.

Назва кожної роботи календарного плану, як ПООБП, формується з двох частин:

“Де робити” - визначається Захваткою,

“Що робити”, тобто якому УВР вона відповідає.

Наприклад, “1 поверх, осі А-Д, 1-4 - (захватка); Мурування стін з пустотної цегли - (УВР)”.

Структура захваток об'єкта формується враховуючи наступні фактори:

- архітектурні рішення проекту;
- основні рішення по організації будівельного майданчика;
- пускові комплекси;
- технологія виконання будівельних процесів;
- потужність виконавців і їх технологічних ланок.

Структура захваток об'єкта завжди має деревовидну структуру, тобто захватки можуть цілком входити в захватки вищого рівня. Захватки не можуть частково перекривати одна одну.

В горизонтальній площині захватки можуть мати довільне розташування, але найчистіше прив'язуються до конструкторських осей. У вертикальному напрямку, як правило, захватки мають дискретний вимір і обмежуються кількістю і розмірами поверхів або, для складних споруд, характерними відмітками.

Маючи типовий для даного користувача і виду будівництва (поповнюваний) перелік УВР і відповідну конкретному об'єкту структуру захваток. Співвідносячи УВР до відповідних захваток в залежності від технології виконання, обсягу робіт і потужності виконавця з урахуванням інших факторів можна одержати структурований опис об'єкта, нижчий рівень якого представляє перелік робіт об'єкта з відповідними фізичними об'ємами.

3. *Опис технологічного процесу функціонування автоматизованої системи управління і системи кошторисних розрахунків з використанням технології УВР-СФ.*

СФ – Стандартний Фрагмент користувача це: визначений набір позицій ДБН з відповідними об'ємними коефіцієнтами, що відповідають конкретному УВР, як елементу бази виробничих

нормативів. СФ може мати інструмент розрахунку фрагменту кошторису відповідно до переданих зовні параметрів.

На відміну від терміну “Стандартний фрагмент”, що визначає стандартний, затверджений в установленому порядку, елемент нормативної бази ДБН, що може використовуватися всіма користувачами відповідних програм, стандартний фрагмент користувача формується і використовується самим користувачем кошторисної програми з метою зменшення трудомісткості процесу формування кошторисів і забезпечення інформаційного зв'язку з програмами АСУ. Програмні засоби формування і модифікації для всіх видів СФ єдині.

Традиційна структура кошторисної документації на рівні об'єкту, як правило, підрозділяється на, орієнтовані на традиційну спеціалізацію виконавців, локальні кошториси, які в свою чергу можуть мати розділи і підрозділи, що відповідають окремим конструктивним елементам (стіни, перекриття та ін.). Така структура виправдана при організації будівництва без застосування будь яких засобів автоматизації і календарного планування, коли організація – проектувальник не має тісного зв'язку з підрядною організацією, бо в такому випадку кошторисна документація в якійсь мірі дає потрібні підсумки і має найменший обсяг. Така кошторисна документація постійно використовується для різних вибірок для визначених обсягів робіт чи то для заявок на поставку матеріалів, чи для розрахунку орієнтовних, планових, підсумків на майбутні періоди, чи для формування актів виконаних робіт. При цьому така кошторисна документація використовується як ліміт по роботах визначених її позиціями. При такому підході кожна позиція кошторису є незалежною одиницею, що дозволяє, наприклад, в набір робіт включити роботу з мурування стін, при цьому забувши взяти позицію “Вартість цегли” і так далі.

Використання програмних засобів АСУ зобов'язує до використання планово – облікових одиниць будівельної продукції (ПООБП) як робіт календарного плану, які в свою чергу служать для визначення термінів виконання робіт, потреби в матеріалах, техніці і обладнанні на плановий період, моніторингу фактичного виконання робіт, поставок і фінансування, визначення фактично використаних матеріалів для бухгалтерського обліку і фактично виконаних робіт для взаєморозрахунків між замовником і підрядником. Сама ПООБП в інтерпретації методики ДБН може бути представлена набором позицій ДБН або ДСТУ з відповідними до одиниці виміру УВР і обсягу робіт на захватці, фізичними об'ємами по кожній позиції. Також структурований опис об'єкта може бути сформований спеціальними програмними засобами САПР.

**Впровадження результатів.** Результати досліджень були успішно впроваджені в процесі розробки програмного комплексу VM10.8-10.10.

**Результати дослідження. Висновки.** Розвиток сучасних інтегрованих систем САПР-АСУБ на основі комплексних інформаційних моделей має базуватися на наступних основних принципах:

1. Опис технологічного процесу функціонування автоматизованої системи проектування має бути виконаний на основі використання цифрової моделі будівельного об'єкта.
2. Опис технологічного процесу функціонування систем автоматизованого проектування і автоматизованих систем управління з використанням технології ЦМО-УВР.
3. Опис технологічного процесу функціонування автоматизованої системи керування і системи кошторисних розрахунків з використанням технології УВР-СФ.

Основою подальшого розвитку САПР-АСУБ є забезпечення інтеграції програмних комплексів різного призначення в єдину повнофункціональну автоматизовану систему, що забезпечує автоматизацію вирішення всіх інженерних та розрахункових завдань в сфері проектування, управління та обліку на основі використання накопиченого досвіду вирішення цього завдання з використанням існуючих програм.

Уніфікація технологічних рішень і особливо структури і засобів передачі обмінної інформації значно зменшить трудомісткість процесу інженерного забезпечення будівництва, підвищить достовірність інформації на всіх етапах будівництва і як наслідок приведе до зменшення виробничих витрат, прискорення будівництва і забезпечить зниження його вартості.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Donghai Liu, Bo Cui, Yugang Liu, Denghua Zhong, “Automatic control and real-time monitoring system for earth-rock dam material truck watering”. Automation in Construction, vol. 30, 2013, pp.70–80.
2. R.Volk, J. Stengel, F. Schultmann, “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs”. Automation in Construction, vol. 38, 2014, pp.109–127.
3. H. Penttilä, M. Rajala, S. Freese, “Building Information modelling of modern historic buildings”. eCAADe, 2007, pp. 607– 613.
4. Vishal Singh, Ning Gu, Xiangyu Wang, “A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform”. Automation in Construction, vol. 20, 2011, pp. 134–144.
5. EUROCODE 6: Design of masonry structures.
6. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, International Energy Agency, March 2008.
7. Institut Bruxellois pour la Gestion de l’Environnement (IBGE), “Guide pour la construction et la rénovation de petits bâtiments”. éditions IBGE, 2012, Bruxelles, Belgique.

### REFERENCES

1. Donghai Liu, Bo Cui, Yugang Liu, Denghua Zhong, “Automatic control and real-time monitoring system for earth-rock dam material truck watering”. Automation in Construction, vol. 30, 2013, pp.70–80.
2. R.Volk, J. Stengel, F. Schultmann, “Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs”. Automation in Construction, vol. 38, 2014, pp.109–127.
3. H. Penttilä, M. Rajala, S. Freese, “Building Information modelling of modern historic buildings”. eCAADe, 2007, pp. 607– 613.
4. Vishal Singh, Ning Gu, Xiangyu Wang, “A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform”. Automation in Construction, vol. 20, 2011, pp. 134–144.
5. EUROCODE 6: Design of masonry structures.
6. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, International Energy Agency, March 2008.
7. Institut Bruxellois pour la Gestion de l’Environnement (IBGE), “Guide pour la construction et la rénovation de petits bâtiments”. éditions IBGE, 2012, Bruxelles, Belgique.

*Стаття рекомендована до публікації д-ром. техн. наук, проф. Д.В. Лаухнім (Україна), д-ром. техн. наук, проф. Г.Д. Сухомліним (Україна)*