

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**КВАСНЕВСЬКИЙ Владислав Михайлович**



УДК 004:021: 004.92

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ**  
**У ALLPLAN**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Київ - 2020**

На правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник**

доктор технічних наук, доцент

**Бородавка Євгеній Володимирович**, професор кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики Київського національного університету будівництва і архітектури, МОН України, м. Київ.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор

**Бідюк Петро Іванович**, професор кафедри математичних методів системного аналізу ННК «ІПСА» Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського, МОН України, м. Київ.

кандидат технічних наук, професор

**Мельниченко Олександр Іванович**, кандидат техн. наук, професор, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства Національного транспортного університету, МОН України, м. Київ.

Захист дисертації відбудеться «21» лютого 2020 року о 12:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.01 у Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03680, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31

Автореферат розісланий «17» січня 2020 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат технічних наук, доцент  
М.І. Цюцюра



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день існує багато спеціалізованих інформаційних систем. Кожен окремий клас інформаційних систем дозволяє розв'язати ті чи інші проблеми у певній галузі.

Тенденція створення інформаційних систем в будівництві почалася з кінця ХХ століття. Саме в цей час і виник підхід створення комп'ютерної моделі будівельного об'єкта. Тенденція продовжується і до тепер, адже в сучасних умовах неможливо обробляти вручну величезні об'єми даних, які продовжують невпинно рости. Кожного року складність проектів зростає, збільшуються потреби інвесторів до представлення проекту на передпроектній стадії з одного боку та потреби конструкторів та архітекторів з іншого. Актуальною стає проблема не лише створення будівельної моделі об'єкта, а і її ведення протягом усіх стадій експлуатації об'єкта та його взаємодія з навколишнім середовищем та іншими об'єктами.

На сьогодні активно розвивається та впроваджується технологія BIM (Building Information Model). Ця технологія являє собою створення спеціальної інформаційної моделі будівлі, яка передбачає збір і комплексну обробку в процесі інформаційного моделювання всієї архітектурно-конструктивної, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями. Будівля і все, що має до неї стосунок розглядається як єдиний об'єкт. Технологія забезпечує управління об'єктом протягом усього його життєвого циклу. Використання цієї технології забезпечує ефективне управління даними будівельного об'єкта. Все це дозволяє максимально зменшити проектні терміни, детально візуалізувати інтер'єри та екстер'єри у віртуальній реальності. Традиційний підхід до інформаційного моделювання спирається на 2D-моделі, плани та іншу паперову документацію. На відміну від традиційного підходу, BIM технологія додає нові виміри, такі як: плани будівництва, час будівництва, вартість. Всі вони знаходяться в базі даних інформаційної моделі об'єкта. Тривимірна модель будівлі тісно пов'язана з інформаційною базою даних, в якій кожному елементу моделі відповідає певний набір атрибутів, що може бути розширений додатковими атрибутами. При такому підході будівельний об'єкт є одним цілим і зміна кожного його параметру тягне за собою автоматичну зміну інших пов'язаних параметрів: креслень, візуалізацій, специфікацій і календарного графіка. Інформаційне моделювання скорочує витрати протягом всього життєвого циклу об'єкта. Сюди входять витрати на управління фінансами, ресурсами, обладнанням

та матеріалами. Накопичені з BIM дані значно спрощують роботу на етапах проектування, управління, будівництва, експлуатації та реконструкції об'єкта.

Архітектурна частина проекту тісно пов'язана з конструктивною частиною проекту. Архітектурна частина відповідає за забезпечення об'ємно-планувальних рішень, відповідність об'єкта своєму призначенню, тобто функціональність об'єкта.

Конструктивна частина відповідає за забезпечення надійності та довговічності об'єкта будівництва. Важливим питанням інформаційних систем автоматизованого проектування в будівництві стає перетворення складної архітектурної моделі насиченої різноманітними архітектурними деталями та елементами, які несуть в собі декоративний характер у строгу конструктивну модель.

На теперішній час в Україні кількість наукових досліджень по розробці та практичній реалізації уніфікованих моделей, методів та технологій інтеграції засобів автоматизованого проектування та управління є доволі незначною. Не розкрита проблема переходу від архітектурної моделі до конструктивної та проблема усунення колізій, які виникають на певних стадіях переходу між даними моделями. Тому сформульовані та розв'язані в даній дисертаційній роботі науково-технічні задачі уніфікації будівельних елементів та їх властивостей, побудови пластинчато-стержневої моделі (ПСМ) та інтеграції програмних комплексів є **актуальними**.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є дослідження, розробка та практична реалізація моделей та методів, які дозволяють автоматизувати конкретні процеси проектування і управління в будівництві та надають можливість автоматизованого переходу між окремими процесами.

Основними задачами дослідження є:

- дослідження методів інтеграції комп'ютерних застосунків;
- виокремлення і аналіз основних етапів проектування будівель і споруд та їх послідовності;
- виокремлення і аналіз основних САД-систем, що використовуються на основних етапах процесу проектування будівель і споруд, та порівняння їх можливостей;
- проектування та розробка бібліотеки уніфікації архітектурних елементів;
- розробка методів генерації пластинчато-стержневої моделі (ПСМ);
- розробка та аналіз методів усунення колізій на створеній ПСМ;
- розробка та аналіз методів генерації календарно-планувальних даних та їх передачі в програмні комплекси управління проектами (зокрема у Microsoft Project).

**Об'єкт дослідження:** процес інформаційного моделювання будівельних об'єктів на різних етапах їх життєвого циклу.

**Предмет дослідження:** моделі та методи інформаційного моделювання будівельних об'єктів.

**Методи дослідження.** Під час проведення досліджень в дисертаційній роботі використані методи системного аналізу для вибору оптимальної технології інтеграції, об'єктно-орієнтованого моделювання з використанням уніфікованої мови моделювання (UML) для створення базових об'єктно-орієнтованих розширюваних моделей комплексної ЦМО, еволюційний метод пошуку бази розширюваних систем для визначення множини елементів базових моделей комплексної цифрової моделі об'єкта (ЦМО), онтологічні методи дослідження предметної області для визначення ієрархії елементів та сутностей будинків і споруд, теорія множин для визначення ступеня спорідненості окремих моделей будівельного об'єкта та теорія графів для реалізації ієрархічних зв'язків елементів будівель.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у тому, що в дисертації вперше:

- запропонована модель уніфікації будівельних елементів, що надає чіткі правила ідентифікації типів елементів за їх цифровими моделями;
- розроблений метод ідентифікації будівельних елементів за їх цифровими моделями, що дозволив автоматизувати процес декомпозиції будівельних об'єктів на складові елементи;
- запропоновані методи побудови пластинчато-стержневої моделі, що дозволили автоматизувати перехід від архітектурної моделі будівлі до конструктивної;
- створені методи виправлення колізій, що виникають під час побудови пластинчато-стержневої моделі;
- розроблені методи автоматичної генерації об'ємно-планувальної інформації на базі даних інформаційної системи Allplan та її подальша передача у Microsoft Project.

**Удосконалено:**

- модель життєвого циклу будівельного об'єкта, що дозволило формалізувати складності передачі інформації між етапом архітектурного проектування та етапом конструктивних розрахунків на міцність;
- пластинчато-стержневу модель, як проміжну ланку між етапами архітектурного проектування та конструктивних розрахунків на міцність, що дозволило запропонувати ефективні методи її побудови.

### **Отримали подальший розвиток:**

- класифікація будівельних елементів в напрямку уніфікації їх цифрових моделей для інформаційного моделювання будівель;
- класифікація колізій перетворення архітектурної моделі в пластинчато-стержневу модель в напрямку їх автоматизованої обробки та усунення.

**Теоретична цінність** полягає в тому, що розроблена пластинчато-стержнева модель та методи її генерації, методи усунення колізій, що отримані внаслідок генерації, модель бібліотеки уніфікації, методи генерації календарно-планувальних даних та їх передача у Microsoft Project є внеском в розвиток багаторічних досліджень в цьому напрямку. Одержані результати дозволяють формалізувати перехід від архітектурної моделі до конструктивної, дозволяють ефективно усувати колізії в конструктивній моделі та надають змогу реалізувати автоматизовану видачу календарно-планувальної інформації у системи управління проектами. Також отримані результати надають теоретичне підґрунтя для створення нових моделей та методів, які дозволять зробити процес інформаційного моделювання будівельних об'єктів ще більш автоматизованим.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в розробці модуля бібліотеки уніфікації, функції якого використовуються групою модулів в інформаційній системі Allplan, розробці модуля генерації пластинчато-стержневої моделі та модуля для генерації та передачі календарно-планувальної інформації у комплекси для управління проектами.

**Особистий внесок здобувача.** У ході досліджень автором особисто удосконалена розширювана модель будівельного об'єкта, яка відображає стан будівлі на всіх етапах життєвого циклу та формалізує його. Автору особисто належить розробка моделі інформаційної бібліотеки уніфікації. Особисто автором розроблена модель пластинчато-стержневої моделі та розроблена низка методів для її генерації та усунення колізій, які можуть виникнути. В рамках дослідження календарно-планувального модуля Allplan автором особисто розроблена інформаційна модель взаємодії Allplan та комплексів для управління проектами на прикладі Microsoft Project.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень обговорювались на III науково-практичній конференції «Modern Methodology of Science and Education» (травень 2017, м. Дубай), науково-практичній конференції молодих вчених «Build master class 2017» (КНУБА, листопад 2017, м. Київ), науково-практичній конференції «Management of the development of technologies» (КНУБА, березень 2018, м. Київ)

**Публікації.** За результатами дослідження опубліковано 9 друкованих праць, у тому числі 3 статті в наукових фахових виданнях, 3 статті у міжнародних фахових виданнях та 3 публікації в матеріалах науково-технічних конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Робота, загальним обсягом 163 сторінки складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 119 найменувань на 10 сторінках та 2 додатків. Основна частина роботи подана на 149 сторінках. У роботі наведено 8 таблиць, 69 рисунків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, формулюється мета, задачі, об'єкт і предмет дослідження.

У **першому розділі** проводиться аналіз процесу проектування будівель та споруд. На основі аналізу виділяються основні етапи процесу проектування та їх основні характеристики. Досліджуються та аналізуються основні типи САХ-систем для моделювання будівельних об'єктів та наводиться їх класифікація. На базі попереднього аналізу виділяються наступні інформаційні системи моделювання: Allplan, ArchiCAD та Revit. Проводиться порівняльний аналіз обраних систем інформаційного моделювання будівельних об'єктів за їх основними функціональними та конструктивними особливостями. Розглядається поняття життєвого циклу будівельного об'єкта та проводиться аналіз всіх існуючих труднощів на кожному окремому етапі життєвого циклу. Досліджуються сучасні методи та засоби інтеграції САХ систем для будівельних об'єктів, детально розглядаються різноманітні нейтральні формати, проводиться їх аналіз та порівняння. Пропонується вдосконалення розширеної моделі будівельного об'єкта та виділяється проблема переходу від архітектурної моделі до конструктивної.

Модель будівельного об'єкта на кожному із етапів життєвого циклу безпосередньо залежить від конкретного етапу життєвого циклу. Залежно від того які дані про будівлю потрібні на тому чи іншому етапі для його автоматизації, створюється модель подання будівельно об'єкта. Визначимо типи моделей будівельних об'єктів:

3D модель – віртуальна тривимірна модель будівельного об'єкта. Ця модель є досить інформативною, вона дозволяє отримати інформацію як про всю будівлю, так і про окремі її елементи; 3D модель може бути розділена на два підтипи:

3D модель (архітектурна) – ця модель є дещо спрощеною відносно повної тривимірної моделі, адже в ній можуть бути відсутні дрібні конструктивні елементи, які не впливають на загальний вигляд будівлі;

3D модель (розрахункова) – ця модель містить лише несучі конструкції, а всі інші елементи замінюються навантаженнями на них.

2D модель – цей тип моделі використовується, для відображення креслень, планів, розрізів та інших 2D елементів.

Топологічна модель – модель подання будівельного об'єкта у вигляді ієрархічного дерева або графу.

Нормативно-кошторисна об'ємна модель – специфікація елементів з їх прямими та супутніми об'ємними показниками. Сюди також входять усі кошторисні норми.

Нормативно-кошторисна об'ємна модель з часовими характеристиками – ця модель дозволяє отримати інформацію про ступінь завершеності елемента будівельного об'єкта. Дану модель не можна виділити, як самостійну, адже для цього потрібно, щоб кількісні характеристики були прив'язані до часових.

4D модель – в цій моделі кожному елементу окрім геометричних характеристик надається часова характеристика, яка дозволяє в кожен момент часу отримати інформацію про ступінь завершеності цього елемента. Також часова характеристика впливає на розрахунок об'ємних характеристик будівельного об'єкта та його візуалізацію. В цьому випадку кількісні та часові характеристики пов'язані.

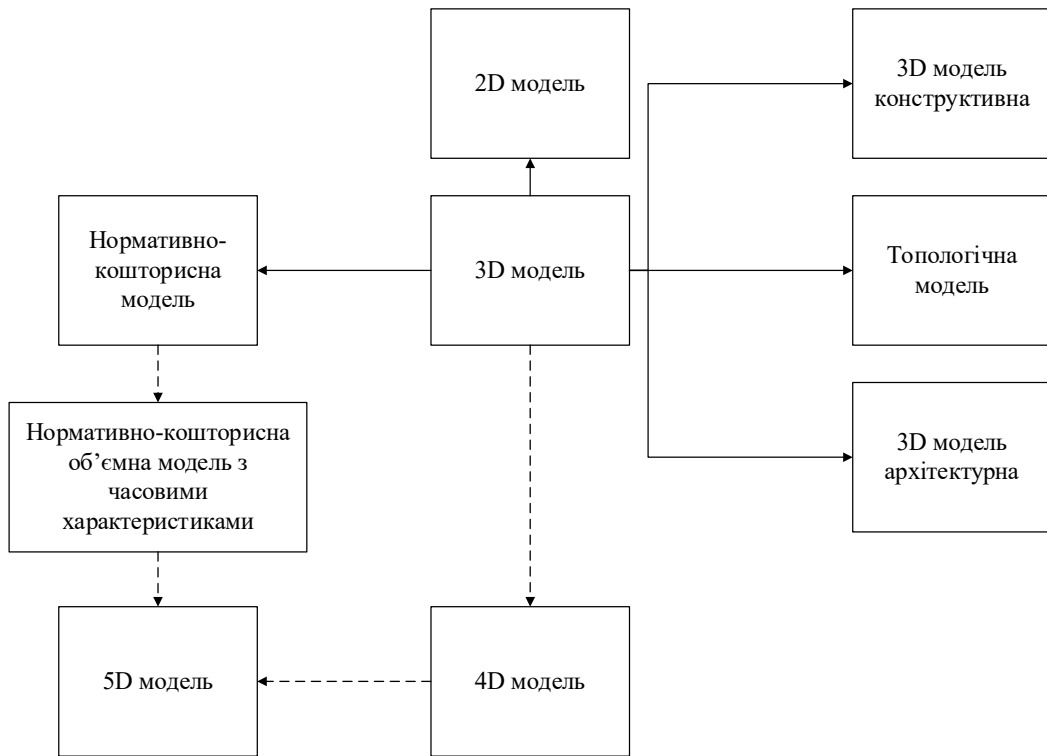
5D модель – ця модель поєднує в собі 4D модель та кошторисно-нормативну модель, тобто вона зберігає в собі геометричні, часові та кошторисно-фінансові характеристики кожного елемента будівлі. Така модель забезпечує максимальну інтеграцію різних напрямів проектування.

Зобразимо взаємозв'язок між моделями у вигляді схеми (рис. 1)

Як бачимо з рис. 1, існують проблеми переходу між деякими моделями, а саме:

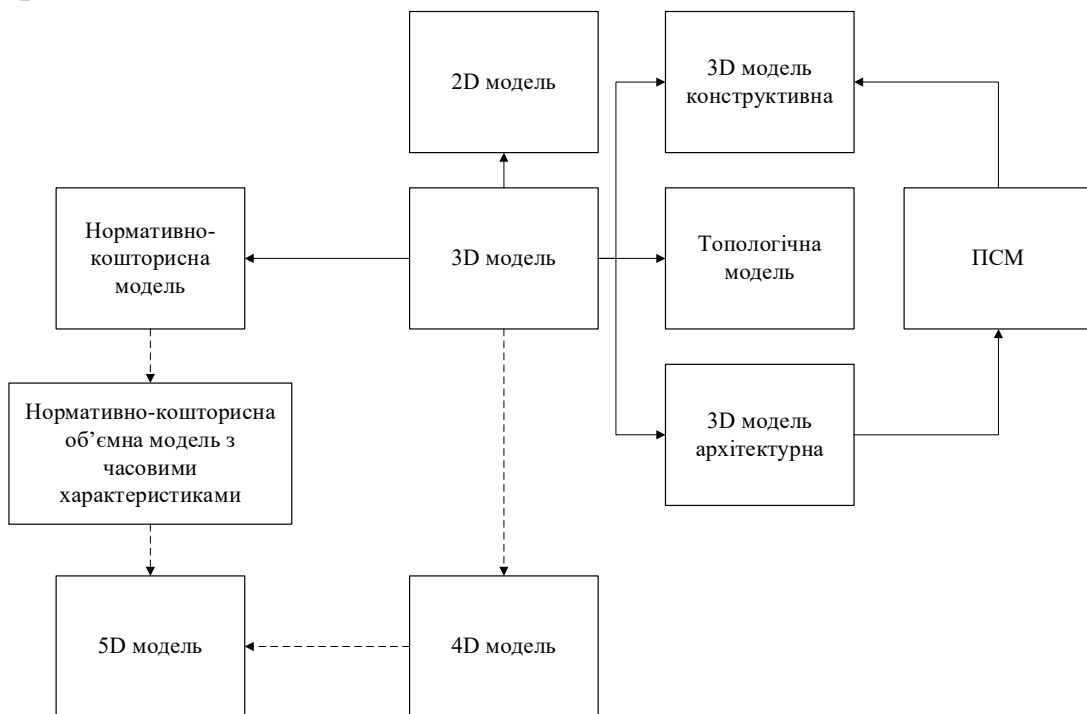
- перехід від топологічної моделі до конструктивної;
- перехід від конструктивної моделі до топологічної;
- перехід від архітектурної моделі до топологічної;
- перехід від топологічної моделі до архітектурної;
- перехід від архітектурної моделі до конструктивної;
- перехід від конструктивної моделі до архітектурної.





*Рисунок 1. Взаємозв'язок між моделями будівельного об'єкта*

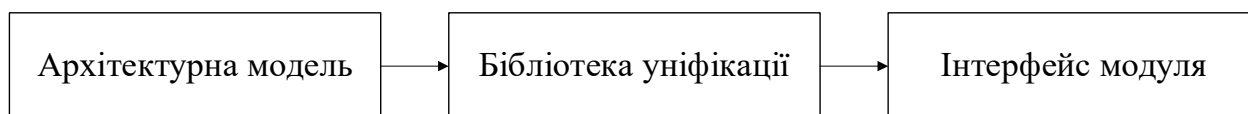
В роботі акцентовано увагу на проблемі переходу від архітектурної моделі до конструктивної за рахунок створення проміжної пластинчато-стержневої моделі (ПСМ) (рис. 2).



*Рисунок 2. Взаємозв'язок між моделями будівельного об'єкта з ПСМ*

У другому розділі проводиться аналіз проблеми уніфікації будівельних понять в комплексі процесу моделювання будівельного об'єкта на прикладі інформаційної системи Allplan. Досліджується модель об'єкта в Allplan. Пропонується інформаційна модель бібліотеки уніфікації, на базі якої в подальшому можна буде розробити інші моделі, що дозволять автоматизувати процес інформаційного моделювання будівель. Детально розглядаються всі необхідні методи для створення та використання бібліотеки уніфікації.

Першочергове призначення бібліотеки - виступати проміжним шаром між вхідним набором даних моделі та інтерфейсом того чи іншого модуля (рис. 3).



*Рисунок 3. Бібліотека уніфікації, як проміжний шар між модулем та архітектурною моделлю*

Для більшості модулів використання бібліотеки уніфікації є необхідністю. Наприклад, для модуля генерації ПСМ, вхідні дані повинні бути чітко формалізовані та розбиті на групи (несучі стіни, перегородки і т.н.). Також використання бібліотеки позитивно впливає на швидкодію модулів, адже на вхід модуля надходять вже чітко формалізовані дані, що дозволяє відкинути необхідність повторної формалізації даних безпосередньо у самому модулі.

У третьому розділі детально розглядається та аналізується проблема переходу від архітектурної моделі до конструктивної. Досліджуються сучасні проблеми побудови конструктивної моделі. Пропонується введення проміжної моделі між архітектурною та конструктивною, що значно полегшить процес переходу між цими моделями. Ця модель отримала назву пластинчато-стержнева модель (ПСМ). Наводяться та аналізуються 3 різні підходи до генерації ПСМ, детально розглядаються та описуються методи, необхідні для створення ПСМ. На базі аналізу визначається, що методів генерації ПСМ недостатньо і після її створення виникає маса різноманітних колізій. Проводиться аналіз всіх можливих колізій ПСМ, та пропонуються методи усунення колізій, що виникли. Детально аналізуються та розглядаються всі методи усунення колізій ПСМ.

Пластинчато-стержнева модель (ПСМ) - це уніфікована модель, склад якої зводиться до пластин та стержнів, основним завданням якої є збереження конструктивних характеристик архітектурних елементів моделі. ПСМ є свого роду проміжною моделлю між архітектурною і конструктивною моделями (див. рис. 4).

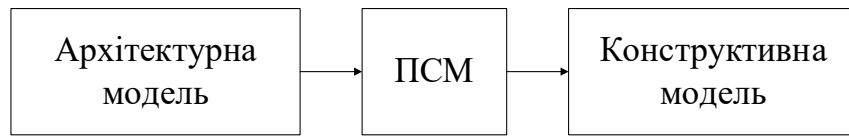


Рисунок 4. Перехід від архітектурної моделі до конструктивної

Створена PCM служить лише основою для подальшої побудови розрахункової схеми, адже в PCM відсутні чисто розрахункові елементи, які моделюють ті чи інші конструктивні вузли (жорсткі вузли шарнірні вузли, платформні стики та ін.), відсутня кінцево-елементна сітка, відсутня необхідна інформація для підготовки розрахунку на сейсмічні та вітрові навантаження, немає інформації для формування умов спирання і т.д.

$$PCM = \{P\} \cup \{B\} \quad (1)$$

де  $P = \{P_1, P_2 \dots P_n\}$  – множина всіх пластин;

$B = \{B_1, B_2 \dots B_n\}$  – множина всіх стержнів.

Для генерації PCM потрібно спочатку проаналізувати вхідну архітектурну модель і на основі цього згенерувати пластини та стержні. Тобто, пройдемося по всіх елементах, визначимо що за тип у елемента і на основі цього згенеруємо його подання у PCM. Зобразимо схематично цей метод (рис. 5).

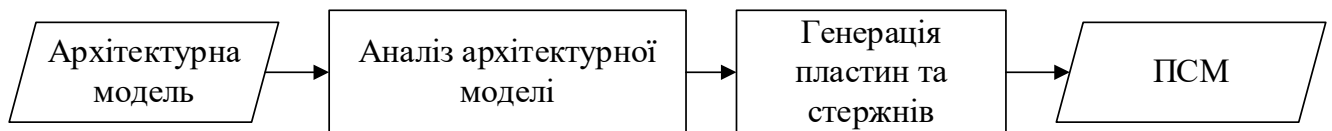


Рисунок 5. Схема генерації PCM

Після генерації PCM, потрібно обов'язково «дотягнути» створену модель, для того щоб позбавитись від колізій, які виникли внаслідок обробки. Прикладом найпростішої колізії можуть бути дві стіни, що примикають одна до одної (рис. 6).

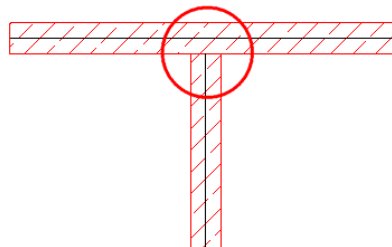


Рисунок 6. Колізія між пластинами двох стін в згенерованій PCM

Для уникнення, подібних колізій, зобразимо схему алгоритму з урахуванням використання методів дотягувань (рис. 7).

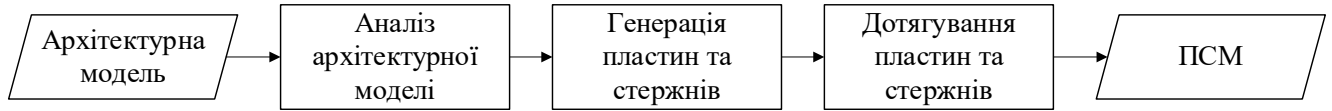


Рисунок 7. Схема генерації ПСМ з урахуванням необхідності усунення колізій

*Переваги:*

Простота в реалізації.

*Недоліки:*

- потребує написання великої кількості алгоритмів дотягування;
- послідовність виконання алгоритмів дотягування впливає на результат;
- можлива поява нових колізій внаслідок виконання дотягувань не в тому порядку;
- повільна робота програмного застосунку внаслідок перебору всіх елементів, які беруть участь у дотягуванні.

Проаналізувавши результати роботи такого підходу, можемо зробити висновок, що цей підхід не є оптимальним і потрібно знаходити більш дієвий спосіб генерації пластинчато-стержневої моделі.

Для подальшого аналізу потрібно дати визначення поняттю стик. **Стик** – це торкання (дотик) двох архітектурних елементів, яке може бути вираженим у вигляді точки, лінії або площини.

$$\text{ПСМ} = \{CC\} \cup \{CS\} \cup \{CW\} \cup \{CB\} \cup \{CF\} \cup \{SS\} \cup \{SW\} \cup \{SB\} \cup \{SF\} \cup \{WW\} \cup \{WB\} \cup \{WF\} \cup \{BB\} \cup \{BF\} \cup \{FF\} \quad (2)$$

де  $CC = \{CC_1, CC_2 \dots CC_n\}$  – множина стиків «колона-колона»;

$CS = \{CS_1, CS_2 \dots CS_n\}$  – множина стиків «колона-перекриття»;

$CW = \{CW_1, CW_2 \dots CW_n\}$  – множина стиків «колона-стіна»;

$CB = \{CB_1, CB_2 \dots CB_n\}$  – множина стиків «колона-балка»;

$CF = \{CF_1, CF_2 \dots CF_n\}$  – множина стиків «колона-фундамент»;

$SS = \{SS_1, SS_2 \dots SS_n\}$  – множина стиків «перекриття-перекриття»;

$SW = \{SW_1, SW_2 \dots SW_n\}$  – множина стиків «перекриття-стіна»;

$SB = \{SB_1, SB_2 \dots SB_n\}$  – множина стиків «перекриття-балка»;

$SF = \{SF_1, SF_2 \dots SF_n\}$  – множина стиків «перекриття-балка»;

$WW = \{WW_1, WW_2 \dots WW_n\}$  – множина стиків «стіна-стіна»;

$WB = \{WB_1, WB_2 \dots WB_n\}$  – множина стиків «стіна-балка»;

$WF = \{WF_1, WF_2 \dots WF_n\}$  – множина стиків «стіна-фундамент»;

$BB = \{BB_1, BB_2 \dots BB_n\}$  – множина стиків «балка-балка»;

$BF = \{BF_1, BF_2 \dots BF_n\}$  – множина стиків «балка-фундамент»;

$FF = \{FF_1, FF_2 \dots FF_n\}$  – множина стиків «фундамент-фундамент».

Кожен стик може мати свої колізії після генерації ПСМ. Розбиття всієї моделі на стики дозволяє нам для кожного виду стику розробити певний набір методів, який дозволить на етапі генерації ПСМ автоматично, або ж за участі користувача, усунути ті чи інші колізії. Приведемо загальну схему генерації ПСМ (рис. 8).



Рисунок 8. Схема генерації ПСМ

*Переваги.* Розбиваючи модель на стики, ми спрощуємо задачу із пошуком колізій між елементами і дотягуванням пластин та стержнів елементів у подальшому.

*Недоліки.* Хоч при цьому підході ми й застосовуємо методи дотягувань окремо до кожного стику, враховуючи те, що елемент з одного стику може входити до іншого, ми знову отримаємо проблему з накладанням дотягувань одне на одного. У випадку з великою моделлю, у нас буде занадто велика кількість стиків, що ще більше ускладнить поставлену задачу та поставить під сумнів коректність результуючої пластинчато-стержневої моделі.

Базуючись на попередньому підході введемо поняття **складного стику або архітектурного вузла** – це система, яка складається з певної взаємопов’язаної кількості архітектурних об’єктів.

### Параметри архітектурного вузла

Архітектурний вузол	
Вхідні архітектурні елементи	Всі елементи, що входять у вузол
Геометричні параметри	Набір геометричних залежностей для визначення типу вузла
Додаткові параметри	Набір додаткових залежностей, наприклад, атрибути вхідних елементів

За такого підходу, ми абстрагуємося та не використовуємо поняття стіна, пластина стіни чи стик стін і т.д., а оперуємо лише вузлами. Цей підхід дозволяє описати вузли будь-якої складності, а вже в подальшому розбити вузол на конкретні пластини та стержні і усунути всі колізії, що з'явилися внаслідок генерації ПСМ.

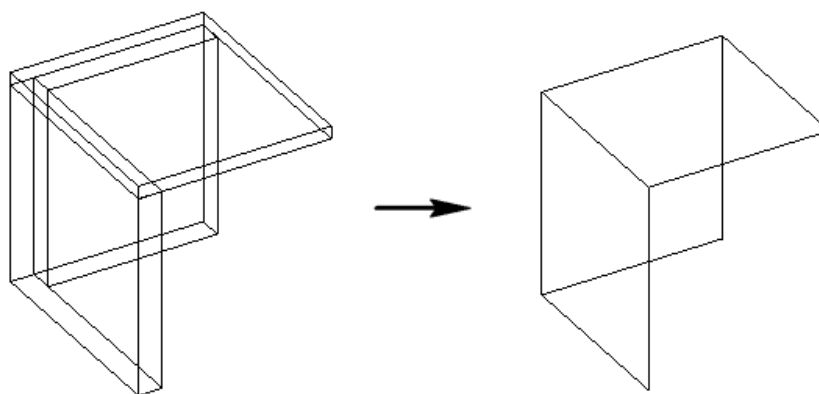


Рисунок 9. ПСМ архітектурного вузла

Можемо розглядати ПСМ, як сукупність «дотягнутих» вузлів.

$$\text{ПСМ} = \cup_n \mathbf{T} \quad (3)$$

де  $\mathbf{T}$  – архітектурний вузол;

$\mathbf{n}$  – кількість архітектурних вузлів.

Зобразимо роботу даного підходу у вигляді схеми.



Рисунок 10. Схема генерації ПСМ

**Методи які необхідні для генерації ПСМ:**

- генерація пластин стін;
- генерація пластин перекриття;
- генерація стержнів колон та балок.

Під час генерації ПСМ виникають колізії внаслідок перетворення об'ємних 3D тіл в пластини та стержні. Для усунення цих колізій розроблені наступні методи:

- дотягування пластин до пластин;
- дотягування стержнів до пластин;
- дотягування стержнів до стержнів;
- дотягування пластин до стержнів.

У четвертому розділі розглядається загальна архітектура інформаційної системи Allplan. На етапі аналізу календарно-планувального модуля Allplan виділяється проблема генерації та передачі інформації у комплекси для управління проектами. Пропонується розробка інформаційної моделі об'єкта для передачі у комплекси для управління проектами на прикладі Microsoft Project. Проводиться аналіз та дослідження всіх методів розроблених у попередніх розділах на прикладі системи Allplan, проводиться аналіз їх ефективності.

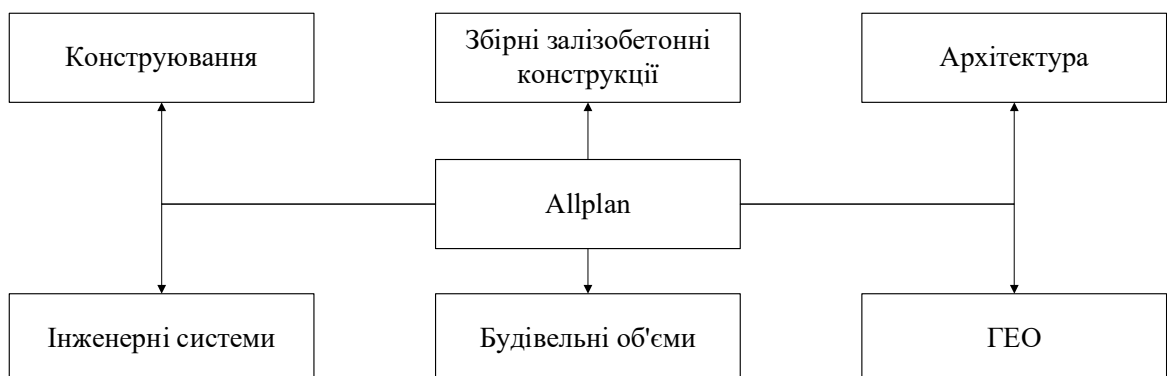


Рисунок 11. Узагальнена модель архітектури Allplan

Проаналізувавши Allplan та Microsoft Project, для того щоб виявити точки дотику в їх інформаційних моделях було запропоновано інформаційну модель інтеграції Allplan та Microsoft Project.

Основними сутностями інформаційної моделі є:

Mo – модель об'єкта;

G – геометричні дані;

T – топологічні дані;

C – міцнісні характеристики;

A – атрибутивні дані;

P – параметри об'єкта;

V – об'ємні дані;

F – фрагменти;

N – розцінка;

Mr – модель об'єкта в MS Project;

Z – задача в MS Project.

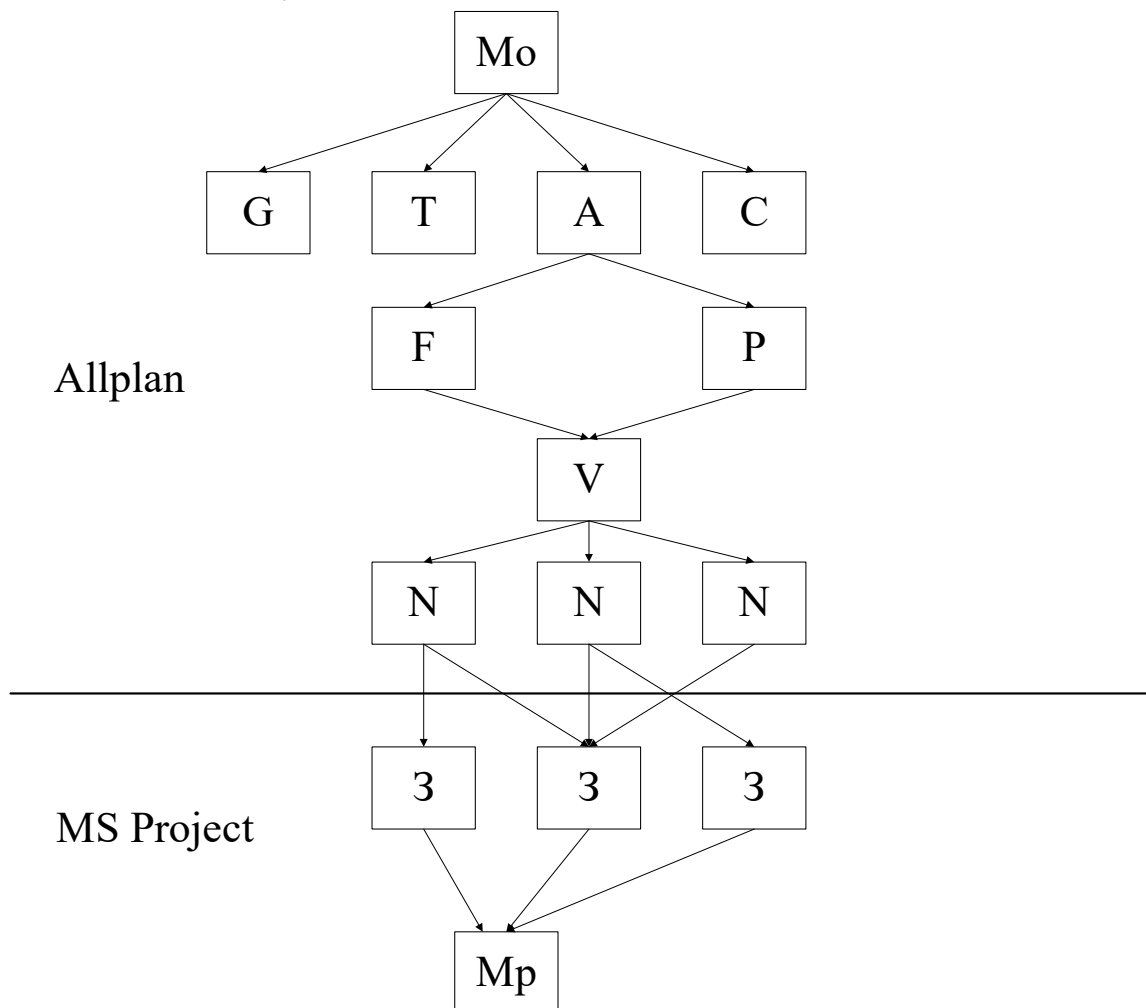


Рисунок 12. Інформаційна модель інтеграції між Allplan та Microsoft Project



## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу розробки методів та моделей для автоматизації процесу моделювання об'єктів в інформаційних системах автоматизації життєвого циклу БО. В результаті виконаної роботи було розроблено модель та методи створення інформаційної бібліотеки уніфікації будівельних об'єктів, модель та методи створення пластинчато-стержневої моделі (ПСМ), методи усунення колізій на створеній ПСМ та модель і методи для передачі календарно-планувальної інформації у системи управління проектами. Всі створені методи та моделі були використані під час розробки різноманітних модулів для інформаційної системи Allplan, що дозволило збільшити кількісні та якісні показники ефективності проектувальних робіт.

У дисертації одержані такі основні теоретичні та практичні результати:

1. Досліджені методи інтеграції комп'ютерних застосунків. Виявлені та досліджені основні проблеми інтеграції спеціалізованих комплексів інформаційного моделювання будівель. Проаналізовані проблеми існуючих форматів даних, які використовуються для обміну даними між системами інформаційного моделювання будівель.
2. Проведено аналіз основних етапів інформаційного моделювання будівельних об'єктів. Удосконалено розширену модель життєвого циклу будівельного об'єкта, виділено проблему переходу від архітектурної моделі до конструктивної.
3. Досліджені основні CAD-системи, що використовуються на основних етапах процесу проектування будівель та споруд, проведено їх порівняння. На базі аналізу існуючих CAD-систем виокремлені наступні: Allplan, ArchiCAD та Revit, як найбільш перспективні.
4. Досліджені проблеми уніфікації будівельних об'єктів. Розроблені моделі та методи створення бібліотеки уніфікації, як загального інтерфейсу для інших модулів, що з практичної точки зору значно покращує якісні характеристики всіх інших модулів інформаційної системи моделювання будівель. Практична реалізація та запропоновані впровадження на прикладі інформаційної системи Allplan.
5. Проведено аналіз проблеми переходу від архітектурної моделі до конструктивної. Вперше запропонована проміжна модель між архітектурною та конструктивною – пластинчато-стержнева модель (ПСМ). Розроблено методи для генерації ПСМ.
6. Проведено аналіз всіх можливих колізій після створення ПСМ. Розроблено комплекс методів для усунення колізій на вже створеній ПСМ.

7. Досліджена проблема передачі календарно-планувальних даних із інформаційної системи Allplan у комплекси управління проектами на прикладі Microsoft Project. Розроблені моделі та методи, які дозволяють автоматизувати передачу календарно-планувальних даних із Allplan у Microsoft Project.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Публікації у закордонних виданнях

1. Квасневський В.М. Інформаційна бібліотека уніфікації будівельних конструкцій / В.М. Квасневський, Є.В. Бородавка // The Scientific Heritage. VOL 1. – 2018. №24. – С. 56 - 62.

*Автору належить модель уніфікованої бібліотеки будівельних елементів, яка дозволяє автоматизувати процес визначення типу елемента за його основними характеристиками.*

2. Tsiutsiura S. Implementation of Data Structure for Digital Representation of Building Model / S. Tsiutsiura, Y. Borodavka, V. Kvasnevskyi // International Journal of Computer Science and Telecommunications. – 2017. – VOL 8 – 2017. № 6 – С. 1-3.

*Автором запропонована структура даних для цифрового представлення моделі будівлі. Запропонована окрема інваріантна мета-база даних.*

3. Квасневський В.М. Базові принципи побудови УРМ (Універсальної розрахункової моделі). // The Scientific Heritage. VOL 2. – 2016. №6. – С. 82 - 88.

*Автором запропоновані 3 основні підходи до побудови універсальної розрахункової моделі (УРМ). Окремо розглянутий кожен підхід, його переваги та недоліки.*

### Публікації у фахових виданнях

4. Квасневський В.М. Методи сортування геометричних об'єктів та їх реалізація на прикладі плагіна автонумерації для САПР Allplan / В.М. Квасневський, Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем. – 2014. № 18. – С. 128 - 132.

*Автором запропоновано метод гнучкого групування архітектурних об'єктів на базі їх геометричних та якісних характеристик.*

5. Квасневський В.М. Геометричні методи побудови отворів та гільз для інженерних мереж в САПР Allplan / В.М. Квасневський, Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем. – 2015. № 22. – С. 128 - 133.

*Автором запропоновані методи для вирішення проблеми прокладання отворів та гільз в перекриттях та стінах, через які проходять елементи інженерних систем.*

6. Бородавка Є.В. Методи побудови об'єктів в комп'ютерній графіці / Є.В. Бородавка, В.М. Квасневський // Управління розвитком складних систем. – 2015. № 24. – С. 106 - 110.

*Автором розглядаються основні методи побудови графічних об'єктів. Всі методи проаналізовані на предмет їх переваг та недоліки, наведено принципи зберігання даних, що використовуються в кожному з методів.*

#### Матеріали міжнародних наукових конференцій

7. Квасневський В.М. Інформаційна модель інтеграції Allplan та Microsoft Project / В.М. Квасневський, Є.В. Бородавка // Тези доповіді III науково-практичної конференції «Modern Methodology of Science and Education». – Дубай, 2017. – С. 18 - 23.

8. Квасневський В.М. Information model of the Allplan and the Microsoft Project integration / Є.В. Бородавка, В.М. Квасневський // Тези доповіді науково-практичної конференції молодих вчених «Build master class 2017» – Київ, КНУБА, 2017. – С. 351.

9. Квасневський В.М. Інформаційна бібліотека уніфікації будівельних конструкцій / В.М. Квасневський, Є.В. Бородавка // Тези доповіді V науково-практичної конференції «Management of the development of technologies» Київ, КНУБА, 2018. – С. 74 - 75.

### **АНОТАЦІЯ**

**Квасневський В.М. Моделі і методи інформаційного моделювання об'єктів у Allplan. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Київський національний університет будівництва та архітектури. – Київ, 2020.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-практичної проблеми автоматизації процесу інформаційного моделювання будівельних об'єктів на різних етапах життєвого циклу. Запропоновані бібліотека уніфікації архітектурних елементів, пластинчато-стержнева модель, методи генерації пластинчато-стержневої моделі, методи усунення колізій на пластинчато-стержневій моделі та методи обміну даними між інформаційною системою Allplan та комплексом для управління проектами Microsoft Project.

Бібліотека уніфікації необхідна для формалізації таких понять як: несуча стіна, зовнішня стіна, назви матеріалів і т.н. Адже використання цих понять доволі часто інтерпретується різними системами по-різному. Використання бібліотеки уніфікації дозволить не лише уніфікувати певний набір понять, а й надасть можливість гнучко змінювати ці поняття впливаючи на роботу модулів які її використовують.

Запропонована пластинчато-стержнева модель дозволяє автоматизувати перехід від архітектурної моделі до кінцево-елементної, що дозволяє істотно прискорити процес інформаційного моделювання будівельного об'єкта і значно полегшує роботу конструктора. Надалі конструктор може передати пластинчато-стержневу модель в спеціалізовану інформаційну систему проектування, серед них: Ліра САПР, САПФІР.

Використання моделі для інтеграції Allplan і MS Project автоматизує процес управління ресурсами проекту на всіх етапах інформаційного моделювання і дозволяє наочно побачити зведення будівельного об'єкта в інформаційній системі Allplan.

**Ключові слова:** будівельний об'єкт, життєвий цикл, модель будівельного об'єкта, інформаційна технологія автоматизації, ПСМ, Allplan, інформаційна система, САХ-системи.

## АННОТАЦИЯ

**Квасневский В.М. Модели и методы информационного моделирования объектов в Allplan. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры. – Киев, 2020.

Диссертация посвящена решению важной научно-практической проблемы автоматизации процесса информационного моделирования строительных объектов на разных этапах жизненного цикла. Предложенные библиотека унификации архитектурных элементов, пластинчато-стержневая модель, методы генерации пластинчато-стержневой модели, методы устранения коллизий на пластинчато-стержневой модели и методы обмена данными между информационной системой Allplan и комплексом для управления проектами Microsoft Project.

Библиотека унификации необходима для формализации таких понятий как: несущая стена, внешняя стена, названия материалов и т.н. Ведь использование этих понятий довольно часто интерпретируется различными системами по-разному. Использование библиотеки унификации позволит не только унифицировать

определенный набор понятий, но и даст возможность гибко менять эти понятия влияя на работу модулей, которые ее используют. Библиотека унификации является расширяемой, что позволяет в дальнейшем наращивать количество определений в ней. Для формализации определенных понятий, библиотека использует, непосредственно, саму информационную модель строительного объекта, считывая с нее геометрические, топологические, атрибутивные и прочностные характеристики.

Предложенная пластинчато-стержневая модель (ПСМ) позволяет автоматизировать переход от архитектурной модели к конечно-элементной, что позволяет существенно ускорить процесс информационного моделирования строительного объекта и значительно облегчает работу конструктора. В дальнейшем конструктор может передать пластинчато-стержневую модель в специализированную информационную систему проектирования, среди них: Лира САПР, САПФИР. ПСМ служит только основой для дальнейшего построения конструктивно-расчетной схемы, поскольку в ПСМ отсутствуют расчетные элементы, которые моделируют те или иные конструктивные узлы (жесткие шарниры, шарнирные узлы, платформенные стыки и т.п.), отсутствует конечно-элементная сетка, отсутствует необходимая информация для подготовки расчета на сейсмические и ветровые нагрузки, нет информации для формирования условий опирания и т.д. ПСМ состоит из стержней и пластин, которые генерируются на базе архитектурной модели с учетом геометрических, атрибутивных и прочностных характеристик архитектурных элементов. Предлагается 3 подхода для генерации ПСМ: простой (базируется на анализе всех элементов архитектурной модели и поиске взаимосвязей между ними), подход на основе архитектурных стыков (базируется на предварительном анализе архитектурной модели и выделении архитектурных стыков), подход на основе архитектурных узлов (базируется на предварительном анализе архитектурной модели и выделении архитектурных узлов). Для устранения коллизий, которые возникают в последствии преобразования объемных 3D тел в пластины и стержни, предлагается использовать комплекс методов для устранения конкретных типов коллизий.

Использование модели для интеграции Allplan и MS Project позволяет автоматизировать процесс управления ресурсами проекта на всех этапах информационного моделирования и позволяет наглядно увидеть возведение строительного объекта в информационной системе Allplan. Модель интеграции основана на специальной системе правил, которые позволяют сопоставлять объемы из информационной системы Allplan с задачами в Microsoft Project.

**Ключевые слова:** строительный объект, жизненный цикл, модель строительного объекта, информационная технология автоматизации, ПСМ, Allplan, информационная система, СА-х системы.

## ABSTRACT

**Kvasnevskyi V.M. Models and methods of information modeling of objects in Allplan. – Manuscript.**

The thesis is for the candidate of technical sciences degree, specialty 05.13.06 – information technology. – Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2020.

The thesis is devoted to solve the important scientific and practical problem of automation of the process of information modelling of construction objects at different stages of the life cycle. The library of unification of architectural elements, plate-beam model, methods of generation of plate-beam model, methods of collision elimination on the plate-beam model and methods of data exchange between the information system Allplan and the complex for project management Microsoft Project are proposed.

A library of unification is necessary to formalize such concepts as: load-bearing wall, outer wall, names of materials, etc. Because the use of these concepts is often interpreted by different systems in different ways. The use of a unification library will not only unify a certain set of concepts, but will also allow flexible modification of these concepts by affecting the operation of the modules that use it.

The proposed plate beam model allows to automate the transition from the architectural model to the finite element, which allows to significantly accelerate the process of information modelling of construction object and greatly facilitates the work of the designer. In the future, the designer can transfer the plate-rod model to a specialized design information system, among them: Lira CAD, Sapphire.

Using the model to integrate Allplan and MS Project automates the process of managing project resources at all stages of information modelling and allows you to clearly visualize the construction object in the Allplan information system.

**Keywords:** construction object, lifecycle, construction object model, information technology of automation, PBM, Allplan, information system, CAx-systems.