

ВІМ-МОДЕЛЮВАННЯ. ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Поняття та історія виникнення ВІМ. Сучасний розвиток інформаційних технологій ознаменувався появою принципово нового підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, що полягає у створенні комп'ютерної моделі нової будівлі, яка охоплює всі відомості про майбутній об'єкт – Building Information Model (ВІМ).

Поняття інформаційного моделювання будівлі як засіб її параметризації було запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії (Georgia Tech) Чаком Істманом (Chuck Eastman) у 1975 р. під назвою Building Description System (Система опису будівлі) [1, 2]. Пізніше, у 1986 р., англієць Роберт Ейш (Robert Aish) вперше використав термін Building Modeling у його нинішньому розумінні при проектуванні Терміналу 3 в аеропорту Хітроу [19]. Також він вперше сформулював основні принципи інформаційного підходу у проектуванні: тривимірне моделювання; автоматичне отримання креслень; інтелектуальна параметризація об'єктів; відповідні об'єктам бази даних; розподіл процесу будівництва за тимчасовими етапами тощо. Термін ВІМ (Building Information Modeling) вперше з'явився у 1992 р. у роботі Г.А. ван Недервена (G.A. van Nederveen) і Ф.П. Толмана (F.P. Tolman) з Нідерландів [3]. Приблизно із 2002 р. концепцію Building Information Model перейняли розробники програмного забезпечення, зробивши це поняття одним із ключових у своїй термінології. Невдовзі ВІМ було узято на озброєння Bentley Systems, Autodesk и Graphisoft та ін. Надалі абревіатура ВІМ увійшла до лексики фахівців із систем автоматизованого проектування і набула широкого розповсюдження в усьому світі.

ВІМ може використовуватися як для позначення безпосередньо самої інформаційної моделі будівлі, так і для процесу інформаційного моделювання. Наприклад, компанія Graphisoft – автор широко розповсюдженого пакета ArchiCAD, запровадила термін VB (Virtual Building) – віртуальна будівля, який по суті є ВІМ. Іноді можна зустріти схоже за значенням словосполучення *електронне будівництво* (e-construction). Wikipedia визначає ВІМ як процес генерації та



А.С. Білик

доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, к.т.н., керівник інженерного центру УЦСБ



М.А. Беляєв

провідний інженер-конструктор Українського Центру Сталевого Будівництва

управління даними єдиної інфраструктури впродовж її життєвого циклу, що відбувається із використанням спеціального програмного забезпечення динамічного моделювання будівель у тривимірному просторі та реальному часі, з метою зменшення втрат часу та ресурсів у проектуванні та будівництві. Цей процес відбувається у інформаційній моделі інфраструктури (також позначений ВІМ), що включає в себе геометрію будівлі, просторові відношення, географічну інформацію, а також кількість та властивості компонентів інфраструктури тощо.

Класифікація і особливості ВІМ. Інформаційне моделювання будівлі – це комплексний підхід до зведення, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будівлі, який передбачає збирання та комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, фінансової та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями. В інформаційному моделюванні будівля і все, що до неї відноситься, розглядається як єдиний об'єкт. Кожен елементарний модуль, об'єкт будівлі є просторовою інформаційною моделлю, яка пов'язана із базою знань, і у якій кожному елементу можна привласнити додаткові атрибути. Такі ознаки і переваги органічно впливають із глобальних відмінностей знань від інформації – їх композитивність, ієрархічність, процедуральність та описовість [4]. Будівельний об'єкт відтоді проектується фактично як єдине ціле і зміна

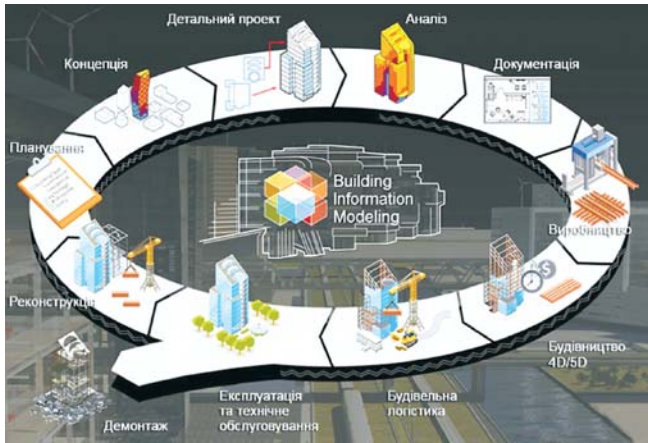


Рис. 1. Основні процеси BIM



Рис. 2. Укрупнена схема інформаційних зв'язків BIM [5]

будь-якого його параметра тягне за собою автоматичну зміну інших, пов'язаних з ним параметрів і об'єктів, зміни креслень, візуалізацій, специфікацій, графіка будівництва тощо на всіх етапах життєвого циклу (рис. 1).

Компанія Autodesk визначає наступні особливості BIM: добра координація, узгодженість та взаємозв'язок, піддатливість розрахункам та аналізу, наявність геометричного прив'язування,

придатність до комп'ютерного використання та можливість необхідних оновлень.

Числова інформація щодо існуючого або запланованого об'єкта у BIM може використовуватися для: прийняття конкретних проектних рішень; створення високоякісної проектної документації; передбачення експлуатаційних якостей об'єкта; розроблення кошторисів та будівельних планів; замовлення та виготовлення матеріалів, конструкцій та обладнання; управління зведенням будівлі та її експлуатацією, а також засобів технічного оснащення протягом усього життєвого циклу; управління будівлею як об'єктом комерційної діяльності; проектування та реконструкції або ремонту будівлі, її знесення та утилізації тощо (рис. 2).

Застосування інформаційної моделі будівлі істотно полегшує роботу з об'єктом і має ряд переваг порівняно з класичними методами проектування. Насамперед, BIM дозволяє у віртуальному режимі розробити, пов'язати разом та узгодити створювані різними фахівцями та організаціями компоненти, системи майбутньої споруди, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональність і експлуатаційні якості. BIM дає змогу створити модель, у якій можуть паралельно працювати архітектори, конструктори, інженери та інші фахівці, залучені до проекту. Середовище BIM підтримує функції спільної роботи впродовж усього життєвого циклу будівлі без ризику неузгодженості або втрати даних, а також унеможливорює помилки при їх передачі та перетворенні. Прийняття зважених рішень на ранніх етапах існування об'єкта заздалегідь дозволяє заощадити, адже відомо, що ціна внесення змін у проект зростає експоненціально із часом від початку робіт (рис. 3).

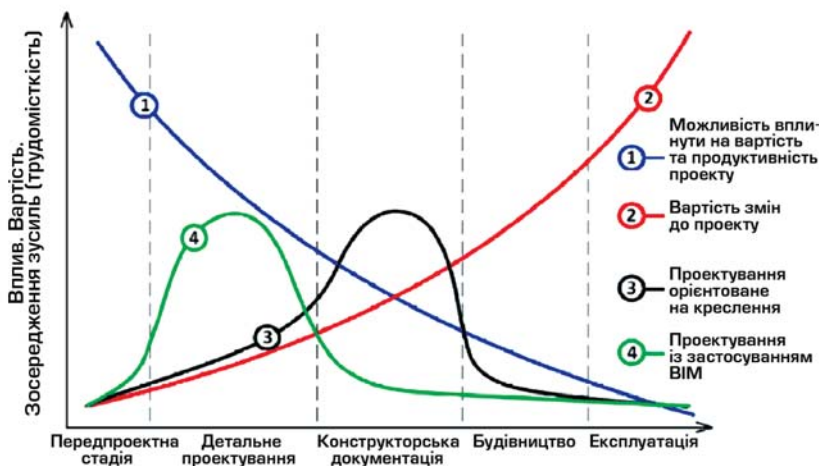


Рис. 3. Зміна ціни та можливостей внесення змін у проект із часом від початку проектних робіт при звичайному проектуванні та із застосуванням BIM

Таким чином, основними перевагами BIM можна назвати наступні:

- Значне скорочення часу проектування для типових, регулярних об'єктів, а також для внесення змін у проектну документацію.
- Упередження конфліктів між системами та підсистемами будівлі і окремими елементами.
- Детальне опрацювання збільшує прогностичність техніко-економічних показників та зменшення операційних витрат.
- Виявлення взаємозв'язків між елементами будівлі, функціональністю.
- Здатність до накопичення предметних знань.
- Можливість дослідження та оптимізації експлуатаційних показників.
- Компактність систем, що проектуються, можливість значного ускладнення їх функції та форми.

Наприклад, при створенні складного за формою і внутрішнім оснащенням нового корпусу Музею мистецтв у Денвері (США) була використана спеціально розроблена для цього об'єкта інформаційна модель. Тільки організаційне застосування BIM для взаємодії субпід-

рядників і оптимізації графіка робіт дозволило скоротити термін будівництва на 14 місяців, що призвело до економії приблизно 400 тис. доларів при кошторисній вартості об'єкта в 70 млн. доларів (рис. 4).

Сучасне інформаційне моделювання – Building Information Modeling – нерозривно поєднане із управлінням ефективністю (Building Performance Management) та життєвим циклом будівлі (Building Lifecycle Management) [6]. BIM дає змогу не тільки полегшити виготовлення, прискорити монтаж конструкцій, а й прослідкувати ефективність інвестицій, акумулювати якісні та кількісні дані, що застосовуються у різних сферах за схемою Продукт – Процеси – Ресурси [7, 16].

Розвиток BIM у світі. Сучасний напрямок розвитку будівельної галузі рухається до об'єднаної парадигми архітектурної та конструктивної форми – алгоритмічної архітектури. Висока точність BIM-моделей з урахуванням технологічних вимог виготовлення дає можливість отримувати нові конструктивні та архітектурні форми (рис. 5). Наразі всі провідні розробники

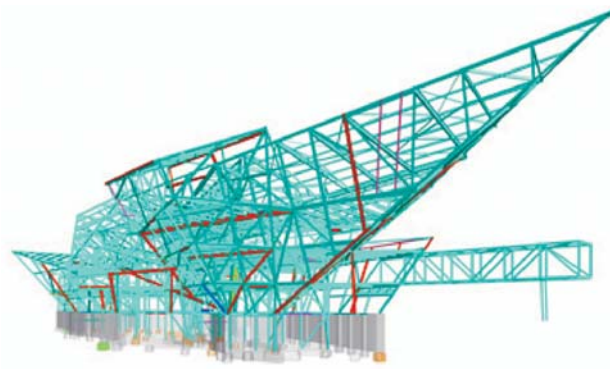


Рис. 4. BIM сталевого каркаса та фасад Музею мистецтв у Денвері, США, арх. бюро D. Libeskind, 2006 р.

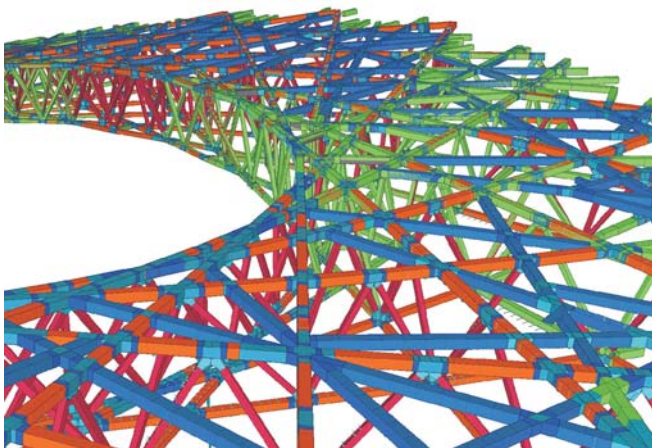


Рис. 5. Фрагмент BIM-моделі каркаса та реалізований проект стадіону Bird's Nest у Пекіні (КНР), 2008 р. Арх. бюро Херцог та де Мерон

будівельних САПР – Autodesk, Nemetschek, Graphisoft та ін. – підтримують у своїх продуктах технологію BIM. Для сумісності різних програм був розроблений спеціальний формат обміну даним – IFC. Початково запроваджений для комплексів Autodesk Revit та Tekla, IFC поступово став буфером обміну повних даних без втрати найціннішого – інформаційного наповнення.

BIM є сумою технологій, наслідком еволюції систем імітаційного моделювання. Це відповідь на зростаючу складність функції та підсистем її обслуговування у будівлях, на вимоги сучасності до форми конструкцій як з архітектурної, так і конструктивної точки зору. Сучасні BIM укрупнюють підсистеми будівлі в один супероб'єкт, що вже реалізовано у деяких комплексах [17]. Вочевидь укрупнення і взаємointegraція BIM не може залишитися у межах будівлі. Наразі системи BIM кожної споруди органічно виходять на рівень інтеграції у міське середовище. Це зумовлює перехід BIM-технологій у 4D та 5D-системи. 4D вже широко застосовується у локальних BIM, дозволяючи моделювати монтаж елементів каркаса та огороження. 5D-системи мають на увазі накопичення якісних даних BIM та поширення сполученості із ГІС-технологіями [8]. Таким чином, сучасні BIM-системи є частиною інформаційних систем (I-Model), які накопичують і несуть інформацію щодо явищ природи, з якими ми взаємодіємо, соціально економічну історію життя людей [18].

Розглянемо ще більш глобальну перспективу, що вже стає реальністю. Уряд Британії у 2015 р. анонсував програму тотального впровадження BIM у країні: Digital-Built-Britain [12, 13]. Програма систематизує існуючий розвиток BIM та 4 шаблі та передбачає перехід Великої Британії на третій BIM-рівень (див. таблицю). Рівень 1 взаємодії був досягнутий при проектуванні та будівництві п'ятого терміналу аеропорту Хітроу, проте очікування учасників не виправдалися. Приріст продуктивності порівняно із неорганізованими формами роботи був усього на рівні 10 %. Прикладом програмного втілення середовища рівня 2 є Autodesk Navisworks, Solibri Model Checker, Bentley Navigator. На цьому рівні організована взаємодія може забезпечити до 50 % скорочення невиробничих витрат проекту. Для цього рівня доступні візуальне планування та управління будівництвом – 4D, а також управління вартістю проекту – 5D.

Британська систематизація BIM

Рівень	Назва	Опис
0	Некерований CAD	Робота ведеться у режимі 2D.
		Передача інформації суміжникам відбувається в основному через паперові носії або електронну форму паперу
1	Керований CAD	Взаємодія між членами команди проекту в організованому вигляді відсутня
		Робота наряду із 2D ведеться у 3D-графіці
2	Федерований BIM	Передача інформації відбувається в електронному вигляді через середовище загальних даних (Common Data Environment), специфіковане британським стандартом BS 1192:2007
		Взаємодія між учасниками різних дисциплін у повноцінному вигляді ще не організована
3	Інтегрований BIM	Робота кожного учасника відбувається у 3D-моделі своєї дисципліни
		Передача інформації відбувається в електронному вигляді междисциплінарної координації через середовище загальних даних відповідно до стандарту BS 1192:2007; автоматично визначаються та усуваються колізії, вивіряються проектні рішення тощо
3	Інтегрований BIM	Взаємодія учасників проекту має форму повної та повноцінної колективної роботи
		Робота кожного учасника відбувається у 3D-моделі своєї дисципліни, передача інформації відбувається у вигляді електронного одночасного доступу усіх учасників до єдиної моделі, при цьому ризик виникнення конфліктних ситуацій зведений до мінімуму
3	Інтегрований BIM	Взаємодія між дисциплінами реалізована повною мірою через сумісне використання єдиного центрального репозитарію

В окресленому ракурсі BIM є технологією, яка символізує прихід «цифрового будівництва». У 2011 р. уряд Великої Британії прийняв рішення, що із квітня 2016 р. усі держзакупівлі у галузі будівництва будуть здійснюватися тільки для проектів, що виконуються у технології BIM рівня 2. Таким чином, галузь отримала потужну стимуляцію для поступу. Була сформована спеціальна робоча група (BIM Task Group), якій було доручено розробити необхідні стандарти та протоколи для роботи з безкоштовним доступом (оскільки левову частину ринку представляють компанії середнього та малого бізнесу).

Пілотні проекти, виконані у рамках держзамовлення за технологією BIM рівень 2, продемонстрували скорочення 20 % капітальних витрат на будівництво порівняно із аналогічними проектами 2009–2010 рр. Протягом 2013–2014 рр. економія склала £840 мільйонів. У 2015 р. за рахунок застосування BIM другого рівня очікува-

на економія складе £1,2 мільярдів. Наприкінці 2014 р. Британський Construction Leadership Council започаткував галузеву стратегію «Будівництво 2025», запланувавши амбітні показники: на 33 % зниження початкових витрат на будівництво та вартість експлуатації готового об'єкта; на 50 % скорочення загального часу від початку і до завершення проекту; на 50 % скорочення викидів парникових газів від капітального будівництва; до 50 % зростання експорту будівельних продуктів та послуг. Країни Європейського Союзу планують затвердити рівень 2 як стандарт для держзамовлень із встановленими граничними значеннями вже у 2017 році. Аналогічні програми вже анонсовані у деяких країнах Євросоюзу, зокрема у Франції та Німеччині. Окреслені успіхи та перспективи ВІМ корелюють із прогнозом розвитку глобального ринку будівництва на 2025 р. [9], згідно із яким прогнозується зростання на рівні 70 %, в основному за рахунок ринку Азії та ЕМЕА (Європа, Близький Схід та Африка).

На фоні цього, не очікуючи повної інтеграції рівня 2, у Британії розпочалася розробка якісно нового – третього рівня ВІМ (власне Digital-Built-Britain) паралельно з іншими стра-

тегіями: «Розумні цифрові міста» – інтелектуальні системи інфраструктури, енергетики, охорони здоров'я, водопостачання та переробляння відходів; «Інформаційна економіка» – високопродуктивні обчислення, Інтернет речей, у формі автоматичних сенсорів для автоматизації процесів та ін. Сукупність трьох стратегій дає змогу побачити недалеко майбутнє соціально-економічної організації глобалізованого світу високих технологій. Стратегія Digital Built Britain у підсумку представила бачення високопродуктивної, збалансованої та прозорої кібернетичної держави, яка ефективно обслуговує потреби громадян. Можливість виміряти параметри функціонування готового об'єкта та порівняти їх із вимогами, встановленими у технічному завданні, а також із початковими експлуатаційними параметрами, значно покращують умови його використання. Переваги стратегії для суспільства від її реалізації автори визначили як:

- Істотна економія на державних закупівлях.
- Швидка та широка реалізація покровових змін щодо продуктивності будівельної галузі, підвищення її ефективності.
- Оптимізація експлуатації будівель, економія на життєвому циклі, зокрема від зменшення енергоспоживання.
- Безпечне користування відкритими даними у контрольованому режимі.
- Переваги для національних компаній від міжнародного прийняття стандартів та протоколів.
- Надання нових можливостей суміжним областям: «розумні» цифрові міста та «інтелектуальні» енергосистеми, виробництво, кібербезпека, нові матеріали.

Перспективи ВІМ в Україні. Як описано вище, впровадження ВІМ-технологій у світі відбувається зростаючими темпами, причому нерідко за державної підтримки. В Україні також спостерігається пошук інтересу до інформаційного моделювання будівельних систем, однак цей процес притаманний лише окремим інтегрованим підприємствам або компаніям із іноземними інвестиціями. ВІМ активно застосовується у будівельній галузі України, де очевидна його ефективність: будівництво великих торговельно-розважальних центрів (наприклад Ocean Plaza, Республіка у Києві тощо, рис. 6), мультифункціональних об'єктів зі складною внутрішньою інфраструктурою (наприклад укриття над ЧАЕС). При цьому основними

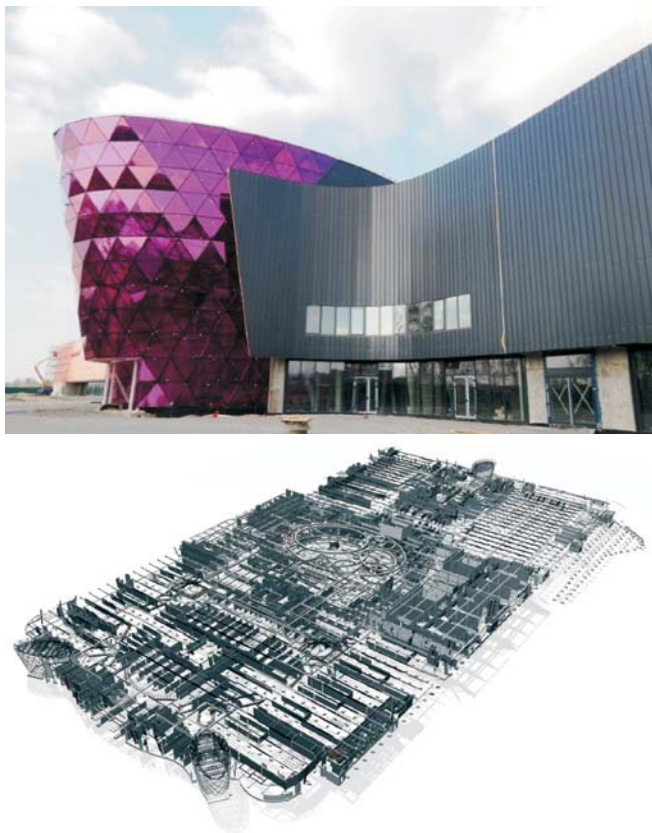


Рис. 6. ВІМ-модель та фасад найбільшого в Україні ТРЦ «Республіка» у м. Києві (арх. бюро «Архіматика», 2014 р.)

бар'єрами щодо впровадження BIM в Україні видаються наступні:

- Висока вартість програмних комплексів BIM порівняно із вартістю проектних послуг.
- Рентабельність тільки для великих, типових або закордонних проектів.
- Неврегульованість нормативної бази щодо статусу інформаційного моделювання та його впровадження у процес будівництва на всіх етапах.
- Недосконале законодавство, яке допускає виробництво конструкцій некваліфікованими учасниками.
- Невизначеність розподілу відповідальності та права інтелектуальної власності.
- Неготовність інвесторів додатково вкладати у інформаційні моделі, що можуть бути використані не тільки при будівництві, але і при експлуатації об'єктів.
- Інерціальність та традиційність будівельної галузі, недостатнє розуміння переваг BIM.
- Сумісність між різними програмними продуктами, вироблення єдиних стандартів із передачі даних.
- Інерціальність будівельної галузі щодо впровадження BIM, неготовність виконавців проектування; асиметричність ризиків та винагород у будівництві; відсутність стандартизованих бізнес- та контракт моделей у будівництві, до яких міг би бути прив'язаний наскрізний процес BIM [10].

У той же час можна позначити чинники, що в сучасних умовах стимулюють впровадження BIM в Україні:

- Орієнтація проектування на зовнішні західні ринки, для яких BIM є природним.
- Імплементация європейських будівельних норм, що органічні для BIM комплексів.
- Зростання вартості енергоносіїв, що змушує девелоперів та власників переходити на інформаційні технології проектування, будівництва та експлуатації із високим рівнем прогнозування та контролю.
- Впровадження енергоощадних програм та реформ, що спонукає державу виступати ефективним ощадним власником.
- Очікування закордонних інвестицій та програм і необхідність дієвого контролю за їх виконанням.

Органічно конструктивно орієнтовані BIM насамперед набули застосування у галузі проектування сталевих конструкцій, що мають нас-

крізний інтегрований ланцюжок проектування, виробництва і монтажу. Історично склалося так, що проектування сталевих конструкцій в Україні та СНД складається з двох розділів: КМ (конструкції металеві) і КМД (конструкції металеві деталювальні). BIM-технологія дозволяє моделювати об'єкти будь-якої складності, без поділу процесу на КМ і КМД. Повні інформаційні моделі будівель створюються довше ніж звичайні креслення КМ і КМД, але дозволяють отримати всю проектну документацію на об'єкт. Висока геометрична точність конструкцій, що отримується за допомогою BIM, і можливість передачі даних у САМ-системи (у виробниче устаткування) значно підвищують технологічність виробництва та скорочують час монтажу, а також дають можливість реалізувати складні архітектурні форми, мінімізують терміни на розроблення проекту, а також внесення до нього змін.

Із метою популяризації BIM-технології в Україні на початку 2014 р. Український Центр Сталевого Будівництва уклав партнерську угоду із компанією Tekla, що спеціалізується на розробленні програмного забезпечення архітектурного, інженерного і будівельного призначення. В рамках укладеної угоди сторони домовилися спільно здійснювати просування одностадійного проектування та BIM-моделювання на ринку України з метою підвищення ефективності сталевих будівництва. Наступними перспективними кроками щодо розвитку BIM в Україні мають бути такі:

- Сучасні стандарти повинні містити опис та закріпити статус інформаційної моделі.
- Реалізація впровадження BIM на державному рівні, спеціальні програми нормативної адаптації BIM комплексів та розвитку власного спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад [14]).
- Запущення пілотних проектів із розроблення інформаційних моделей типових об'єктів та оцифрування існуючих будівель та систем.
- Відкриття геоінформаційних BIM бази даних міст, що також є елементом стійкого розвитку міського середовища та електронної демократії.

Досвід свідчить, що для переходу компаній на BIM потрібні поетапні зміни, що відбуваються відповідно до концепції (насамперед виконання малих, типових об'єктів), у виокремленій

частині персоналу (т.зв. команда BIM). Такий підхід за умови однорідності та поступовості виконання роботи здатний призвести до зростання продуктивності із часом [11].

Тотальний перехід на BIM у майбутньому неминучий. Але слід розуміти, що він можливий лише за умови зміни технологій та організації процесу проектування. Для активного застосування BIM-технологій в Україні необхідно, перш за все, провадити роз'яснювальну роботу, змінювати підхід замовників і проєктувальників будівельних об'єктів, при цьому ефективним замовником має бути держава.

Висновки.

BIM виходить за межі проєктування і нерозривно застосовується для виробництва, експлуатації, діагностики будівель, слугує інформаційним кластером наповнення відомостями щодо взаємодії між системами будівлі, моделей їх деградації у реальних умовах, даних щодо ергономіки, екології при експлуатації та утилізації – так утворюється Цифрове Місто. Джерелами наповнення при цьому виступають автоматизовані системи моніторингу із стаціонарними датчиками отримання інформації у реальному часі, а також люди, які є кінцевими експлуатантами будівлі та мають датчики у мобільних пристроях. Неминуча інтеграція BIM із іншими глобальними інформаційними

інструментами, такими як соціальні мережі, GPS, системами моніторингу даних щодо навантажень та впливів на будівлю, її взаємодії із середовищем [15]. Таким чином, BIM-будівля з усіма підсистемами дає змогу управляти та коригувати її стан як цілісного об'єкта, накопичувати якісні та кількісні дані, що формують базу знань для прийняття рішень для наступних споруд.

Детальна інформаційна модель будівлі дозволяє оптимізувати її параметри виявляє чутливість до змін умов та параметрів, викриває усі їх взаємозалежності між собою. При спорудженні та експлуатації будівлі інформаційна модель у режимі реального часу акумулює історію появи відхилень станів елементів системи, їх усунень. Застосування інтелектуалізованих інструментів виконання робіт та інтеграція із системами доповненої реальності мінімізує різницю між віртуальною та фактичною моделями, дозволяє вчасно виявляти позапланові ситуації та пропонувати шляхи реагування. Накопичений безцінний досвід може бути застосований для планування програми обслуговування та ремонтів, складання моделей деградації елементів систем як для конкретної будівлі, так і для аналогів. BIM дозволяють формувати економіку стійкого розвитку, записувати та творити історію нашої цивілізації.

- [1] Eastman, Charles; Fisher, David; Lafue, Gilles; Lividini, Joseph; Stoker, Douglas; Yessios, Christos (September 1974). An Outline of the Building Description System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University
- [2] Eastman, C. (1975). The use of computers instead of drawings in building design. Journal of the American Institute of Architecture. March Issue. pp. 46-50
- [3] Van Nederveen, G.A.; Tolman, F.P. (1992). «Modelling multiple views on buildings». Automation in Construction 1 (3): 215-24. doi:10.1016/0926-5805(92)90014-B
- [4] Шлепаков Л.Н. Системы с базами данных по решению задач распознавания и классификации информационных сообщений // Интеллектуализация сист. обраб. инф. сообщ. – К. : НАНУ, 1995. – С. 11-38.
- [5] В.Талапов BIM: что под этим обычно понимают // http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078
- [6] BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)-BASED DESIGN OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS Chung-Suk Cho, Don Chen, and Sungkwon Woo <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/S31-1.pdf>
- [7] Understanding the BIM concept from the Bentley Systems perspective // <http://www.egeomate.com/understanding-the-bim-concept-from-the-bentley-systems-perspective>
- [8] The future of national mapping agencies over the next 5-10 years // <http://geospatial.blogs.com/geospatial/2013/07/un-ggim-on-trends-over-the-next-5-10-years-in-the-geospatial-sector.html>
- [9] Global Construction Report 2025
- [10] BIM implementation strategies /Howard Ashcraft, Dennis R.Shelden/Gehry technologies 2007
- [11] Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии // АИПТ: электрон. журн. 2010. 1(10).
- [12] Марк Бью, Мервин Ричардс BIM Task Group, <http://digital-built-britain.com>
- [13] Марина Король Британцы сообщили миру, что такое BIM уровня 3: это – Digital Built Britain http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17570
- [14] Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР Киев: издательство «Сталь», 2012. – 485 с.
- [15] М.Фрідрих Використання чотиривимірної інформаційної моделі будівлі для ідентифікації часово просторових загроз безпеки в будівництві // «GEODESY, ARCHITECTURE & CONSTRUCTION 2011» (GAC-2011), 24-26 NOVEMBER 2011, LVIV, UKRAINE. С. 78-79
- [16] Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages // Automation in Construction Volume 18, Issue 2, March 2009, Pages 153-163
- [17] Salman Azhar and Justin Brown, Rizwan Farooqui BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software // <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT125002009.pdf>
- [18] What is BIM? Part 2 – Building Information Modelling and BIM Maturity Levels // <http://www.architect-bim.com/what-is-bim-part-2-building-information-modelling-and-bim-maturity-levels/#.VUNnjPntmkp>
- [19] Aish, R. (1986): 'Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD', CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings, 7-9 July

Надійшла 12.05.2015 р.