

Тема 3. BIM-технології: поняття, історія розвитку, перспективи

1. BIM-технології: поняття, історія розвитку, класифікація та особливості, розвиток у світі

Сучасний розвиток інформаційних технологій ознаменувався появою принципово нового підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, що полягає у створенні комп'ютерної моделі нової будівлі, яка охоплює усі відомості про майбутній об'єкт - Building Information Model ([BIM](#)). Поняття інформаційного моделювання будівлі як засіб її параметризації було вперше запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом (Chuck Eastman) у 1975 році в журналі Американського Інституту Архітекторів (AIA) під робочою назвою «Building Description System» (Система опису будівлі) [19].

Наприкінці 1970-х - на початку 1980-х ця концепція розвивалася паралельно в Європі і США, причому в США найчастіше вживався термін «Building Product Model», а в Європі (особливо у Фінляндії) - «Product Information Model». При цьому слово Product підкреслювало першочергову орієнтацію уваги дослідників на об'єкт проектування, а не на процес. Об'єднання цих двох назв і привело до народження «[Building Information Model](#)» [19].

Паралельно в розробці підходів до інформаційного моделювання будівель європейцями в середині 1980-х застосовувалися німецький термін «Bauinformatik» і голландський «Gebouwmodel», які в перекладі також відповідали англійському «Building Model» або «Building Information Model». Ці концептуальні підходи супроводжувалися напрацюванням єдиного наповнення використовуваних понять, що в результаті і призвело в 1992 році до появи в науковій літературі терміну «Building Information Model» у його нинішньому змісті.

Трохи раніше, у 1986 році, англієць Роберт Ейш (Robert Aish), у той час творець програми RUCAPS, потім протягом тривалого періоду співробітник «Bentley Systems», який нещодавно перейшов у «Autodesk», у своїй статті вперше використав термін «Building Modeling» в його нинішньому розумінні як інформаційного моделювання будинків. Тоді він уперше сформулював основні принципи такого інформаційного підходу в проектуванні: тривимірне моделювання; автоматичне отримання креслень; інтелектуальна параметризація об'єктів; відповідні об'єктові бази даних; розподіл процесу проектування за тимчасовими етапами тощо.

Роберт Ейш проілюстрував новий підхід у проектуванні: прикладом успішного застосування комплексу моделювання будинків в ПК RUCAPS є

проект реконструкції «Терміналу 3» лондонського аеропорту «Хітроу». Цей досвід - перший випадок використання технології BIM у світовій проектно-будівельній практиці [19].

Термін BIM (Building Information Modeling) вперше з'явився у 1992 р. у роботі G.A. van Nederveen і F.P. Tolman з Нідерландів [20].

Приблизно із 2002 р. концепцію Building Information Model перейняли розробники програмного забезпечення, зробивши це поняття одним із ключових у своїй термінології. Невдовзі BIM було узято на озброєння Bentley Systems, Autodesk и Graphisoft та ін. Надалі аббревіатура BIM увійшла до лексикону фахівців із систем автоматизованого проектування і набула широкого розповсюдження в усьому світі.

BIM 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 BIM. Іноді можна зустріти схоже за значенням словосполучення *електронне будівництво* (e-construction). Wikipedia визначає BIM як процес генерації та 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 позначеній BIM), що включає в себе геометрію будівлі, просторові відношення, географічну інформацію, а також кількість та властивості компонентів інфраструктури тощо.

2. Класифікація та особливості BIM

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 та 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 та переваги органічно впливають із глобальних відмінностей знань від інформації - їх композитивність, ієрархічність, процедуральність та описовість [21]. Будівельний об'єкт відтоді проектується фактично як єдине ціле і зміна 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. 2).

Компанія Autodesk визначає такі 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.

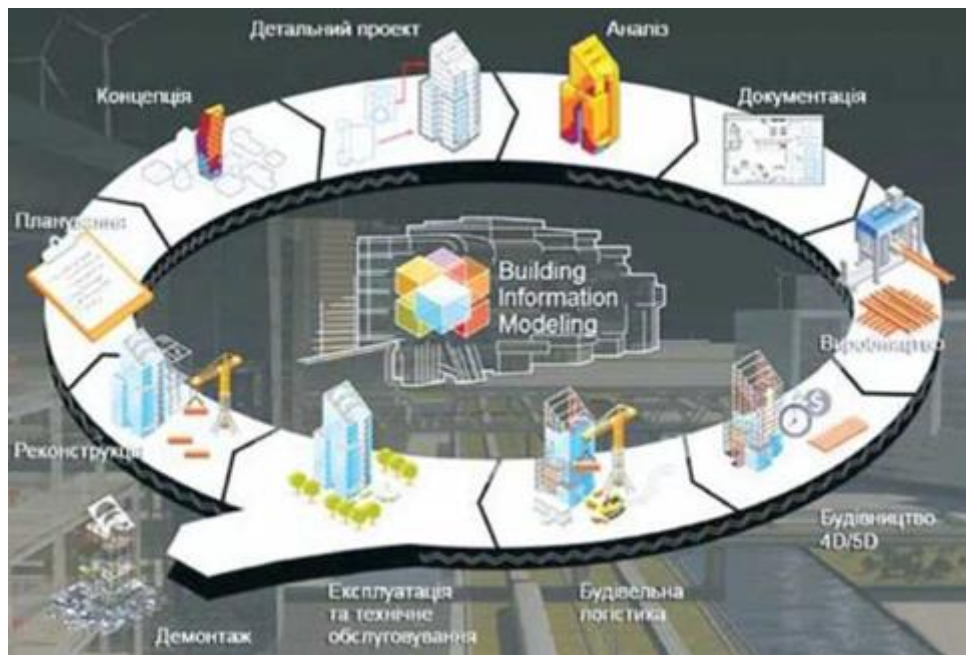


Рис. 2. Основні процеси [BIM](#)

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.

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 (рис. 3.7).

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 є:

- 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 і зменшення операційних витрат;
- виявлення взаємозв'язків між елементами будівлі, функціональністю;

- здатність до накопичення предметних знань;
- можливість дослідження та оптимізації експлуатаційних показників;
- компактність проєктованих систем, 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 [21]. Тільки організаційне застосування BIM для взаємодії субпідрядників і оптимізація 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).



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

Сучасне інформаційне моделювання - Building Information Modeling - нерозривно поєднане із управлінням [ефективністю](#) (Building Performance Management) та життєвим циклом будівлі (Building Lifecycle anagement) [22]. 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 [23,24].

3. 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).

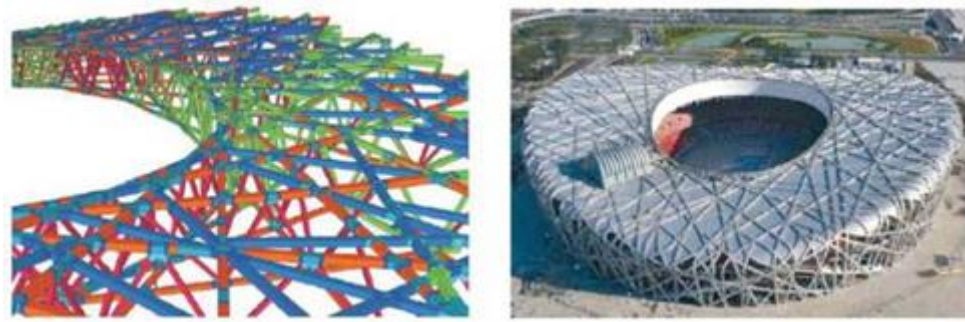


Рис. 5. Фрагмент BIM-моделі каркаса та реалізований проект стадіону Bird's Nest у Пекіні (КНР), 2008 р. Арх. бюро Херцог та де Мерон

Наразі всі провідні розробники будівельних САПР - Autodesk, Nemetschek, Graphisoft та ін. - підтримують у своїх продуктах технологію BIM. Для сумісності різних програм був розроблений спеціальний формат обміну даними - 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 функцій 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 [25]. Вочевидь укрупнення і взаємоінтеграція 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 SD-системи. 4D вже широко застосовується у локальних BIM, дозволяючи моделювати монтаж елементів каркасу та огороження. SD-системи мають на увазі накопичення якісних даних BIM. 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 [21].

Архітектори та будівельники уже давно можуть створювати свої проекти, використовуючи програми 3D- моделювання та візуалізації. Проте тепер вони можуть відчувати, як це - знаходитись всередині свого майбутнього творіння. Для цього їм потрібно одягнути окуляри віртуальної реальності та озирнутись навколо себе на 360 градусів. Ба навіть більше, їх колеги (також в окулярах) можуть разом з ними "відвідати" цю архітектурну модель і внести зміни в проект у режимі реального часу. При цьому вони можуть знаходитись на іншому кінці світу. Таким є захоплюючий світ сучасного віртуального будівництва. Це справді кардинальні інновації для галузі, яка традиційно була зорієнтована на будматеріали, а не на комп'ютерні програми.

Інформаційне моделювання будівель виходить на якісно новий рівень. У новій версії свого програмного продукту Revizto компанія Vizerra з Сан-Франциско розширює вже існуючі функції інформаційного моделювання. Спираючись на технології 3D-ігор і хмарні технології, Revizto об'єднує різноманітні архітектурні простори та виробничі потоки у єдину наочну модель, всередині якої можна пересуватись. Інтерактивний тривимірний робочий простір дозволяє користувачам "відвідати" об'єкти своїх розробок, паралельно виправляючи помилки чи вносячи зміни (рис. 6). Наразі Revizto підтримує 3D-окуляри HTC Vive та Oculus VR.

За допомогою трекара, вбудованого у Revizto, члени проектної групи можуть працювати в режимі реального часу та розподіляти виробничі завдання. Як стверджують представники компанії Vizerra, такий підхід допомагає клієнтам економити до 40% оплачуваного часу, адже тепер помилки, такі як, наприклад, нестача освітлення чи незручне розташування опорних колон, легко виправити ще до початку будівництва. Тому що доведено, що понад 30% загального бюджету проекту витрачається на виправлення помилок, непомітних на етапі розробки. Величезні кошти витрачаються даремно через застарілі стандарти.

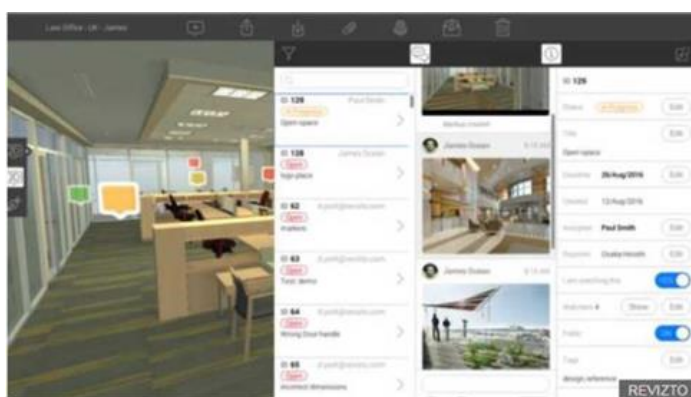


Рис. 6. Наочна модель Revizto, всередині якої можна пересуватись

Абсолютно новий підхід у даній розробці доводить, що навіть у найсерйозніших галузях є місце для ігрових технологій, які фундаментально змінюють методи координації та співробітництва учасників проекту. Представники Vizerra стверджують, що у програмі Revizto на даний час працює понад 60 тисяч клієнтів у 150 країнах світу, серед яких - всесвітньо відомі архітектурні та будівельні компанії, такі як Foster & Partners і Perkins & Will. Інші ключові гравці цього ринку - це компанії AutoCAD, Revit і Vectorworks Architect. Прогнозують, що до 2022 року світові продажі у цій галузі складуть майже 12 мільярдів доларів [27].

Крупні будівельні об'єкти можуть бути складними та дорогими, тому дуже важливо вести якісне врахування робочого часу співробітників, витрати матеріалів і процесу будівництва. Зарплата співробітників - це найбільша стаття витрат, її найпростіше систематизувати. Бездротовий зв'язок, смартфони та планшети змінили правила гри, вони заклали необхідний технологічний фундамент для розробки програм для будівельної галузі. У минулому виконроби зазвичай вели облік кількості відпрацьованих робітниками годин у записній книжці, далі переносили ці дані у таблицю і, за необхідності, на комп'ютер. На сьогодні автоматизувати збір такої інформації допоможе стартап у галузі аналізу даних Rhubix [27].

Однотименний мобільний додаток (рис. 7) дозволяє робітникам вести облік робочого часу на смартфоні, автоматично передаючи ці звіти на затвердження виконробам. За допомогою GPS виконроби можуть відслідковувати, де саме знаходились робітники у той чи інший час.

Крім врахування робочого часу, програма Rhumbix дозволяє зберігати у режимі реального часу актуальні прайс-листи та інформацію про наявність будівельних матеріалів. Це дозволяє своєчасно фіксувати та усувати затримки в роботі. Підрядники також можуть відправляти туди свої розрахунки. Це важливо, тому що 15% матеріалів, які були доставлені на будмайданчики, за даними Британської ради з екологічного будівництва, в результаті виявляються на звалищах. У США будівельне сміття складає майже 40% усіх твердих відходів.

Для того, щоб реалізація великого будівельного проекту пройшла гладко, необхідно, щоб усі учасники процесу працювали злагоджено. В аналоговому світі це було практично неможливо, адже помилки часто допускаються тоді, коли виконроби не мають доступу до потрібної інформації у потрібний час.



Рис. 7. Мобільний додаток для обліку робочого часу

Компанія BaseStone, що спеціалізується на програмних рішеннях для будівництва, розробила платформу для групової роботи. Пов'язуючи між собою всі будмайданчики та офіси, ця платформа дозволяє організувати [ефективну](#) комунікацію і виявити проблеми на ранніх стадіях. Креслення і документи завантажують у загальну базу, а програма втоматично оновлює нові версії. До появи таких програм будівельники іноді помилково керувались у роботі застарілими кресленнями чи не могли відповідним чином зафіксувати проблеми безпеки. "Цифрову платформу для будівництва" компанії BaseStone використовують у 50 країнах світу - зокрема, такі клієнти, як Alstom, Skanska, Balfour Beatty та Crossrail. Серед інших компаній, які пропонують схожі програми для проектного менеджменту, - HBXL і Builk [27].

Будівельний сектор поступово заглиблюється у новітні цифрові технології. Завдяки комп'ютерному дизайну та віртуальній реальності на світ з'являються будівлі, які, здавалося б, побудувати неможливо.

4. Перспективи BIM в Україні

Впровадження [BIM](#)- технологій у світі відбувається зростаючими темпами, причому нерідко - за державної підтримки. В Україні також спостерігається поживлення інтересу до інформаційного моделювання будівельних систем, однак цей процес притаманний лише окремим інтегрованим підприємствам або компаніям із іноземними інвестиціями. BIM 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).



Рис. 8. BIM-модель та фасад найбільшого в Україні ТРЦ «Республіка» у м. Києві (арх. бюро «Архіматика», 2014 р.)

При цьому основними бар'єрами щодо впровадження BIM в Україні є:

- 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 наокрізний процес BIM [28].

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;
- імплементація європейських будівельних норм, що органічні для BIM комплексів;
- зростання вартості енергоносіїв, що змушує девелоперів та власників переходити на інформаційні технології проектування, будівництва та експлуатації з 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 наскрізний 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. Подальшими 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 [29]);
- запуск 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 [21].

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 проектувальників будівельних об'єктів, при цьому ефективним замовником має бути держава.

BIM виходить за межі проектування 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 [26]. 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. ВІМ дозволяють формувати економіку стійкого розвитку, записувати та творити історію нашої цивілізації [21].