

П.Є. Григоровський, д.т.н., с.н.с, перший заступник директора ДП "НДІБВ", м. Київ

Orcid 0000-0003-0527-5890

О.В. Горда, к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Orcid 0000-0001-7380-0533

Н.П. Чуканова, завідувачка відділу обстеження, комплексної діагностики та експериментального проектування будівель і споруд ДП "НДІБВ", м. Київ

Orcid 0000-0003-1768-4579

ІНФОРМАЦІЙНІ СЕРЕДОВИЩА В БУДІВНИЦТВІ

Анотація. В роботі запропоновано і описано підхід до дослідження будівельного об'єкта на основі інформаційного моделювання в управлінні будівельним процесом і інформаційного моделювання в рамках життєвого циклу. Отримали розвиток поняття - інформаційні середовища, інформація і моделювання в будівництві. Інформаційний підхід до зведення, оснащення, експлуатації, зносу, реконструкції та ремонту будівлі з метою ефективного управління життєвим циклом об'єкта, який передбачає збір і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, організаційної, технологічної, технічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до нього відношення, розглядаються як єдиний об'єкт дозволить проектним, будівельним та експлуатуючим організаціям комплексно, всебічно інтегрувати і аналізувати проблеми в проектах будівлі протягом її життєвого циклу.

Ключові слова: інформація, моделювання, будівельний процес, інформаційна модель, інформаційні середовища, BIM, спостережуваність, життєвий цикл.

Вступ

Для оптимізації управління будівельним проектом і якісної ідентифікації об'єкта управління на різних етапах життєвого циклу, актуальною є проблема об'єктивної спостережуваності процесів реалізації відповідних його етапів з метою ефективної організації управління за рахунок підвищення повноти та достовірності інформаційної моделі будівельного об'єкта в умовах реального будівництва або експлуатації. Для реалізації такого завдання в даний час знаходять широке застосування будівельні інформаційні моделі – технології BIM.

BIM – Building Information Model або Modeling, інформаційна модель або моделювання будівель, споруд та їх елементів, що формується на основі комплексного збору інформації протягом життєвого циклу. Це інформаційний підхід до зведення, оснащення, експлуатації та реконструкції, ремонту, а також зносу будівлі для ефективного управління життєвим циклом об'єкта, який передбачає збір і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, організаційної, технологічної, технічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до нього відношення, розглядаються як єдиний об'єкт. BIM, охоплюючи весь життєвий цикл будівлі та підтримуючи всі процеси, включаючи управління витратами, управління будівництвом, управління проектом, експлуатацію об'єкта і управління в екологічному будівництві допомагають проектним, будівельним та експлуатуючим організаціям комплексно, всебічно інтегрувати і аналізувати, в тому числі, і екологічні проблеми в проектах будівлі протягом її життєвого циклу.

Незаперечною перевагою застосування BIM-технологій в будівництві є наступні:

- ретельний контроль організаційно-технологічних процесів та операцій;

- контроль за основними техніко-економічними та організаційно-технологічними показниками, в тому числі за дотриманням термінів виконання робіт;

- оперативне коригування вартісних показників процесів в залежності від динаміки розвитку організаційно-технологічних та економічних рішень відповідного етапу життєвого циклу;

- скорочення термінів введення будівлі в експлуатацію на етапі будівництва, реконструкції та ремонту, зниження непродуктивних виробничих запасів.

Використання технології інформаційного моделювання при реалізації будівельних проектів та експлуатації споруд, забезпечує:

- можливість моделювання змін в конструкції будівель в залежності від стадії реалізації проекту;

- фіксацію і відстеження поточного стану будівлі на всіх етапах життєвого циклу за рахунок порівняння фактично отриманих технічних, технологічних та організаційних показників з очікуваними їх проектними значеннями.

Таким чином дослідження BIM-технологій як інформаційних технологій в будівництві є актуальним.

Огляд літератури та теоретичні відомості.

"Інформаційна модель будівлі" і "Інформаційне моделювання будівлі" (BIM – технологія інформаційного моделювання в будівництві, на основі створення, зміни і подальшого використання віртуального будівлі) широко використовуватися з 2002 року [1]. Залежно від сукупності вирішуваних завдань будівництва, синтезуються програмні продукти, прикладом яких є широко відомі вітчизняні, створені під керівництвом А.С. Городецького програмні комплекси – ЛІРА, МОНОМАХ-САПР, САПФІР-3Д, Еспрі [2].

Розвиток BIM технологій в даний час визначається, з одного боку, комплексом вирішуваних завдань, а з іншого – забезпеченням цих рішень різним рівнем деталізації інформації та складності інформа-

ційних моделей на різних рівнях такої деталізації [3,4,5]. Інформаційне моделювання будівель, споруд і конструкцій це процедури, результати яких (інформаційні моделі), відрізняються між собою в залежності від організаційно-технологічного складу етапу життєвого циклу об'єкта і вимог до деталізації моделі при вирішенні конкретних завдань. На кожному етапі життєвого циклу інформаційна модель доповнюється і коригується, тобто динамічно змінюється.

В якості основи інформаційної моделі ефективно використовується геометрична модель. На її основі розвиваються інші види просторово-подібних моделей, наприклад, топографічна, архітектурна, конструктивна, модельні характеристики міцності та стійкості. Геометрична модель семантично пов'язує інформацію про процеси, що відбуваються всередині об'єкта, під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників. Геометрична модель спочатку будується як об'єктно-орієнтована параметрична 3D модель. В основній частині геометричної моделі, в першу чергу, міститься схематична модель, що характеризує геометрію об'єкта. Модель об'єкту, при обов'язковому прагненні максимально точно відтворити оригінал, буде все ж дуже наближено відповідати реальній геометрії існуючої будівлі і, наприклад, абсолютно непридатною для геодезичного контролю.

Схематично геометрія забезпечує опис взаємодії (з'єднання) складових елементів об'єкта будівництва. Вона може використовуватися, зокрема, для створення схеми розрахунків міцності та стійкості будівлі до зовнішніх та внутрішніх навантажень при проектуванні будівництва, експлуатації, реконструкції, реставрації або ремонту.

Агрегування в рамках дослідженої інформаційної моделі будівельних споруд і конструкцій в рамках загальної структури та життєвого циклу дозволить автоматизувати побудову множин вихідних даних під рішення прикладних задач, аналізу їх обумовленості, синтезувати РБД – реляційні бази даних (англ. relation "відношення, залежність, зв'язок") і структури інформаційної платформи предметної області, що робить дослідження актуальним.

Спостережуваність, щодо об'єкта будівництва має два аспекти:

- технічну спостережуваність об'єкта будівництва;
- розуміння (ідентифікація) будівельних процесів, що протікають протягом життєвого циклу об'єкта будівництва.

Достатність спостережуваності визначається ступенем організації контролю стану об'єкта будівництва, стадії виконання проекту, повнотою і достовірністю обліку матеріальних, трудових, технічних ресурсів, їх прив'язкою до реальних потоків поставок і освоєння, здатністю на основі даного контролю та обліку, визначати напрямки управління будівельним проектом та моніторингу об'єкта будівництва.

Вихідними даними для забезпечення спостережуваності об'єкту є:

1) будівельний проект (БП), в якому, зокрема, зазначено що, де, коли має бути побудовано (мережевий графік) і за яких умов;

2) які матеріали, техніка, витратні ресурси і фактори якої кваліфікації потрібні на кожному етапі будівництва;

3) план будівництва, який визначає етапність виконання робіт і темпи будівництва і потреби кожного етапу;

4) фактори, що впливають на реалізацію БП:

- постачальники, дисципліни поставок, умови договорів на поставку;
- підрядники, умови договорів підрядників, дисциплін виконання робіт;
- перевізники, умови договорів перевізників, дисциплін виконання робіт;
- наявність працездатної техніки, умови договорів лізингу, оренда, ремонт;
- кваліфікація виконавців (робочої сили), умови та договори трудового найму;
- природні фактори;
- ресурси, що споживаються в процесі будівництва.

5) функціональне зонування території будівельного майданчика і під'їзних доріг та комунікацій;

6) специфікація ресурсів: що зберігається, для чого зберігається, де зберігається, в якій кількості, як зберігається, маркування, упаковка, розфасовка.

7) для закінченого будівництвом об'єкта – технічний паспорт і акти обстеження технічного стану.

У плані спостережуваності, для ілюстрування процесів, що відбуваються на будівельному майданчику, при формуванні бази знань використовують перспективу, розподіл тіней і розподіл кольорів на зображенні.

Підвищення рівня спостережуваності, як розуміння (ідентифікації) об'єкту забезпечується за рахунок візуалізації інтегрування баз знань складних технічних областей до яких відноситься будівельний майданчик і об'єкт будівництва.

Інформаційний образ будівельного майданчика і об'єкт будівництва містить:

- класифікатори елементів будівництва як процесу;
- прототипи конструкторських проектних рішень в рамках даного будівельного проекту;
- сукупність методик повірочних розрахунків;
- базу даних матеріалів, комплектуючих, будівельної техніки; критеріальні простори, умови експлуатаційних навантажень та природно-кліматичні умови експлуатації.

Технічна спостережуваність в сукупності з спостережуваністю як розумінням процесів на об'єкті будівництва робить можливим розрахунок величин, що характеризують 3D-модель будівельного майданчика і об'єкта будівництва:

1) дислокацію місць і обсягів зберігання матеріальних ресурсів і технічних засобів;

2) атлас локалізації ресурсів на будівельному майданчику;

3) шляхи і засоби переміщення ресурсів в рамках будівельного майданчика з урахуванням поточних заявок;

4) дислокацію тари, упаковки, сміття, неробочої техніки на будівельному майданчику;

5) визначаємість і спостережуваність збудованих об'єктів з урахуванням їх локалізації, кількості, якості;

6) фрагментованість зображення самих будматеріалів, конструкцій, комплектуючих, їх упаковки і тари для функціонування бази знань, що ідентифікує об'єкт.

Моніторинг в часі і на підстав побудованої технічної мережі WEB-камер, та автоматизованих систем технічної діагностики дозволяє забезпечити вирішення таких завдань управління проектом та моніторингу готового об'єкта як:

1) візуалізація результатів будівництва і стану будівництва за рахунок 3D-моделювання будівельного майданчика в прив'язці до будівельного проекту;

2) адаптивність інформаційного ядра системи моделювання процесу виконання будівельного проекту і об'єкту будівництва, як системи, що розвивається, і його послідовної динаміки та синтезу;

3) візуалізацію системи обліку і контролю виконання прихованих будівельних робіт;

4) накопичування і каталогізація управлінських рішень з урахуванням візуалізації їх переваг і недоліків;

5) побудова візуального ряду, що відображає тенденції дослідження, розвитку та формування управлінських рішень щодо реалізації подібних проектів в схожих умовах;

6) побудову візуального ряду якості управління проектами в залежності від ступеня важливості, рівня доцільності і можливості реалізації прийнятих управлінських рішень;

7) розширення кола інтелектуальних носіїв і експертів щодо прийнятих управлінських рішень при реалізації будівельних проектів за рахунок створення віртуального експерта і відповідних кореляційних допусків з наявними експертними оцінками.

Постановка задачі

З метою визначення меж застосування ВІМ-технологій в будівництві визначити та дослідити властивості понять:

1) інформаційні середовища будівництва;

2) інформація та інформаційне моделювання в будівництві.

Результати дослідження

Інформаційне середовище, як частина штучного середовища, є одним з найважливіших атрибутів і чинників розвитку будівництва. Термін середовище означає сукупність зовнішніх умов, щодо процедури і результату будівництва, як суб'єкта. Інформаційне середовище будівництва (ІСБ) — це інформація про: апаратні, матеріальні і технічні засоби, науково-методичне забезпечення, телекомунікації, рівень підготовки кадрів (фахівців і користувачів), форми стимулювання, контроль, методи і форми управління, документування, процедури, юридичні норми. В інформаційне середовище входять не тільки керуюча підсистема, а й об'єкт, а також всі фактори, що розглядаються як елементи єдиної системи, що впливають на інформаційні процеси та інформаційні системи протягом всього життєвого циклу від проектування до виведення з експлуатації.

Інформаційне середовище — це весь набір умов для технічного отримання, переробки і ефективного використання знань у вигляді інформаційного ресурсу.

Структура і склад ІСБ:

1. Джерела інформаційного ресурсу — тобто об'єкти, носії засвоєних знань (включаючи факти, відомості, проекти, абстракції і гіпотези), під якими мається на увазі відображення тієї чи іншої сторони об'єктивної дійсності, виражене у вигляді ідей, поня-

ть, уявлень про який-небудь предмет або явище, що стали інформацією. Особливостями інформаційного ресурсу ІСБ є наступне:

— наявність інтелектуального ресурсу, як фактору індивідуальної та колективної творчості;

— зберігання і збільшення знань, тобто розвиток баз знань в міру розвитку технологій будівництва;

— не самостійний і сам по собі має лише потенційне значення;

— виникає в результаті творчої діяльності розумової праці.

Таким чином, в рамках ІСБ знання проходять всі етапи еволюції від виникнення, сприйняття і передачі знань "від людини до людини" до дифузії в інші ІСБ.

2. Канали отримання інформації ІСБ — засоби і способи здійснення комунікацій, як матеріальної форми повідомлень, а не смислів — усної, документальної, електронної, у вигляді наслідування, управління, діалогу, ІСБ як між іншими середовищами, так і в рамках ІСБ. Як система управління комунікацією передбачає планування, організацію, облік, мотивацію і контроль.

3. Інформаційні системи, що володіють емергентністю (від emergent "виникає, несподівано з'являється") і відносною відособленістю від середовища ІСБ і певною цілісністю, оскільки вони існують в сукупності своїх частин і виконують свою окрему функцію в середовищі свого існування, в залежності від поставленої перед ними мети, а також сукупністю зв'язків, що існують між частинами системи.

4. В рамках розуміння, де онтологія є специфікацією концептуальної моделі — концептуалізації онтології можуть бути застосовані, для того щоб надати конкретну специфікацію імен термінів і значень термінів ІСБ і, як правило, представлені словниками, глосаріями, тезаурусами, таксономії, слотами, аксіомами і концептами. В рамках цієї класифікації виділено 4 рівня призначення онтології за метою.

Онтологія уявлення. Описання області уявлення знань, створення мови для специфікації інших онтологій нижчих рівнів, описання найбільш загальних концептів, незалежних від конкретної проблеми або області;

Онтологія верхнього рівня. Фіксація знання, загального для кількох предметних областей будівництва;

Онтологія предметної галузі будівництва. Узагальнення понять, що використовуються в задачах домену;

Прикладна онтологія. Описання концептуальної моделі конкретної задачі або програми залежить від онтології задач і від онтології будівництва.

Вся система категорій (понять) ІСБ складається з трьох частин:

— Поняття, запозичені ІСБ з інших наук — інформація, інформаційний ресурс, інформаційні технології, штучний інтелект;

— Оригінальні, характерні для будівництва, або такі, що відрізняються принциповою новизною поняття і аксіоми;

— Поняття нижчих ієрархій, що розкривають зміст кожного з основних понять.

5. ІСБ є інтелектуальною системою для яких характерні два процеси: витяг знань в процесі взаємодії

суб'єкта з джерелом знань і придбання знань — абсорбція в інтересах суб'єкта або синтез всередині ІСБ знань, що включають знання про предметну область будівництва, знання про суб'єкта предметної області, знання про інтелектуальну систему даного суб'єкта даної предметної області, і конгломеруються в семантичних мережах, базах знань, каталогах, системах управління базами знань, які супроводжуються збільшенням складності системи управління знаннями в цілому.

ІСБ як інтелектуальне середовище є комплекс вибірково залучених компонентів, у яких взаємна дія і взаємини приймають характер взаємодії компонентів для отримання фіксованого результату, і володіють двома фундаментальними властивостями: обмін з навколишнім середовищем (дисипація енергії, маси, інформації) і когерентність між компонентами ІСБ.

6. ВІМ — як система, що самоорганізується в ІСБ, тобто вона синергетична, це безпосередньо ви-

пливає з вище наведеного складу ІСБ. Більш того, ВІМ в рамках ІСБ є системою, що розвивається, де цілі для систем, що входять до її складу задають біфуркаційні стани — перехід в множину нових станів і відповідають новим задачам, що підлягають вирішенню за рахунок генетичного алгоритму розвитку. Еволюція ІСБ представляється як синергетичний процес утворення нових структур ІСБ.

Висновки

1. Визначено та досліджено інформаційні середовища будівництва.

2. Досліджено поняття інформація та інформаційне моделювання в будівництві.

3. Показано, що будівельне інформаційне моделювання є спільною технологією для інформаційного середовища будівництва в цілому і призначене для отримання, накопичення і реалізації на практиці відповідної інформації і, як наслідок, межі його застосування визначаються межами інформаційного середовища будівництва.

Література

1. Астафьева Н.С., Кибирева Ю. А, Васильева И. Л Примушества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. ISSN 2304-6295. 8 (59). 2017. С.41-62
2. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплек- са САПФИР Киев: издательство "Сталь", 2012. — 485 с.
3. Григоровський П.Є. Вплив застосування інтелектуальних систем при технічному обстеженні будівель в умовах невизначеності на збільшення життєвого циклу будівель // П.Є. Григоровський, В.О. Косолап, Н.П. Чуканова // *Нові технології в будівництві : наук-техн. зб. К. : Вид-во "Ліра-К", 2012. Вип. 23. С. 8 12.*
4. Михайленко В.М. Моделі і методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва : підручник / В.М. Михайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терент'єв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. ? К. : ЦП "Компринт". — 2018. — 225 с.
5. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий — современное понимание // *CADmaster*. 2010.№4. С.114-121.

Reference

1. Astaf`eva N.S., Ky`by`reva Yu. A, Vasy`l`eva Y`. L Prey`mushhestva y` spol`zovany`ya y` trudnosty` vnedreny`ya y`nformacy`onного modely`rovany`ya zdanyj` // *Stroy`tel`stvo uny`kal`nyx zdanyj` y` sooruzheny`j*. ISSN 2304-6295. 8 (59). 2017. S.41-62
2. Barabash M.S., Bojchenko V.V., Paly`enko O.Y`. Y`nformacy`onny`e texnologiy`y` y`ntegracy`y` na osnove programmnogo komplek- sa SAPFY`R Ky`ev: y`zdatel`stvo «Stal`», 2012. — 485 s.
3. Gry`gorovs`ky`j P.Ye. Vply`v zastosuvannya intelektual`ny`x sy`stem pry` texnichnomu obstezhenni budivel` v umovax nevy`znachenosti na zbil`shennya zhy`ttjevogo cy`klu budivel` / P.Ye. Gry`gorovs`ky`j, V.O. Kosolap, N.P. Chukanova // *Novi` texnologiyi` v budivny`cztvi : nauk-texn. zb. ? K. : Vy`d-vo «Lira-K», 2012. ? Vy`p. 23. ? S. 8?12.*
4. Mixajlenko V.M. Modeli` i metody` informacijnoyi sy`stemy` diagnosty`ky` texnichnogo stanu ob`yektiv budivny`cztva : pidruchny`k / V.M. Mixajlenko, I.V. Rusan, P.Ye. Gry`gorovs`ky`j, O.O. Terent`yev, A.T. Sviders`ky`j, Ye.V. Gorbatyuk. — K. : CzP «Kompry`nt». — 2018. — 225 s.
5. Talapov V.V. Y`nformacy`onnoe modely`rovany`e zdanyj` — sovremennoe pony`manu`e // *CADmaster*. 2010.#4. S.114-121.
6. Ciorascu C., Ciorascu I. and Stoffel K. knOWLer — Ontological Support for Information Retrieval Systems // *Proceedings of 26th Annual International ACM SIGIR Conference, Workshop on Semantic Web, Toronto, Canada, August 2003.*
7. Guarino N. Understanding, Building, and Using Ontologies // URL: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/guarino/guarino.html>

П.Є. Григоровський д.т.н., первый заместитель директора ГП "НИИСП", г. Киев.
Orcid 0000-0003-0527-5890

Є.В. Горда к.т.н, доцент кафедри інформаційних технологій проектування і прикладної математики. Київський національний університет будівництва і архітектури, г. Киев.
Orcid 0000-0001-7380-0533

Н.П. Чуканова завідувача отдела обстеження, комплексної діагностики і експериментального проектування будівель і споруд ГП "НИИСП", г. Киев
Orcid 0000-0003-1768-4579

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СРЕДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В работе предложен и описан подход к исследованию строительного объекта на основе информационного моделирования в управлении строительным процессом и информационного моделирования в рамках жизненного цикла. Получили развитие понятия — информационные среды, информация и моделирование в строительстве. Информационный подход к возведению, оснащению, эксплуатации, износа, реконструкции и ремонта здания с целью эффективного управления жизненным циклом объекта, который предусматривает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, организационной, технологической, технической, экономической и другой информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект позволит проектным, строительным и эксплуатирующим организациям комплексно, всесторонне интегрировать и анализировать проблемы в проектах здания в течение ее жизненного цикла.

Ключевые слова: информация, моделирование, строительный процесс, информационная модель, информационные среды, BIM, наблюдаемость, жизненный цикл.

P.E. Hryhorovskiy Doctor of Technical Sciences, First Deputy Director, State Enterprise "Research institute of building production named V.S. Balitsky", Kyiv.

Orcid 0000-0003-0527-5890

O.V. Gorda Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies of Design and Ordinary Mathematics. Kyiv National University, whose construction and architecture, Kiev.

Orcid 0000-0001-7380-0533

N.P. Chukanova Head of the Department of Observation, Comprehensive Diagnostics and Experimental Design of Construction and Structures of SE "Research institute of building production named V.S. Balitsky", Kyiv

Orcid 0000-0003-1768-4579

INFORMATION ENVIRONMENTS IN CONSTRUCTION

Annotation. The paper proposes and describes an approach to the study of a construction object based on information modeling in the management of the construction process and information modeling within the life cycle. The concepts of information environments, information and modeling in construction have been developed. An informational approach to the construction, equipment, operation, wear and tear, reconstruction and repair of a building in order to effectively manage the life cycle of an object, which provides for the collection and complex processing in the design process of all architectural, design, organizational, technological, technical, economic and other information about a building with all its interconnections and dependencies, when the building and everything related to it are considered as a single object will allow design, construction and operating organizations to comprehensively, comprehensively integrate and analyze problems in building projects during its life cycle.

Key words: information, modeling, construction process, information model, information environments, BIM, observability, life cycle.