

П.Є. Григоровський, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора інституту з наукової роботи, Дійсний член Академії будівництва України, ORCID: 0000-0003-0527-5890;

Ю.М. Червяков, к.т.н, с.н.с., заступник директора з наукової роботи;

В.О. Басанський, зав. сектору;

Ю.В. Крошка, ORCID: 0000100011611018443, зав. відділу;

О.В. Мурсьова, ORCID: 0000-0003-4995-3761, заступник зав. відділу;

Н.П. Чуканова, зав. відділу

Державне підприємство "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва ім. В.С.Балицького", м. Київ

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ТА УТРИМАННІ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. Важливою інтегральною характеристикою якості будівництва та експлуатації будівлі є тривалість її життєвого циклу. Надійність та довговічність забезпечують на всіх його етапах шляхом виконання вимог до: матеріалів, конструктивних і об'ємно-планувальних рішень, методів розрахунку, проектування, виконання робіт, контролю якості. Забезпечення довготривалої експлуатації будівлі є актуальною техніко-економічною проблемою, що потребує об'єктивної інформації, отриманої інструментальними методами щодо технічних, технологічних та організаційних параметрів будівель на всіх етапах їх життєвого циклу, для можливості прийняття ефективних рішень щодо його продовження. Тому тривалість життєвого циклу залежить від своєчасного виявлення, виправлення та прогнозування розвитку дефектів і пошкоджень, що неможливо без виконання вимірювальних робіт. Наукова проблема полягає в необхідності теоретичного обґрунтування системи концептуальних і теоретико-методологічних основ продовження терміну експлуатації, а також оптимізації організаційно-технологічних і техніко-економічних показників будівництва та експлуатації будівель і споруд за рахунок застосування ефективних методів інструментальних вимірювань. Вирішенню цієї проблеми сприятиме застосування інформаційних технологій.

Принцип проектування об'єктів за допомогою створення їх інформаційної моделі передбачає підготовку і комплексну обробку в процесі моделювання повних архітектурно-конструкторських, технологічних, економічних та інших даних про об'єкт з усіма взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до нього відношення, розглядаються як єдиний об'єкт. Ця концепція отримала назву "Інформаційне моделювання будівель" або скорочено BIM (від прийнятого в англійській мові терміна Building Information Model). Дослідження що виконані авторами в ДП НДІБВ ім. В.С.Балицького підтверджують можливість підвищення ефективності будівництва та експлуатації будівель, споруд і території забудови протягом їх життєвого циклу шляхом формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань з використанням будівельно-інформаційних моделей і методів для подальшого розвитку цього напрямку науково-технічної діяльності.

Ключові слова. Організація та технологія будівництва, експлуатаційна придатність будівель, життєвий цикл, інструментальні вимірювання, будівельні інформаційні моделі.

Вступ

Скорочення тривалості будівництва та продовження термінів експлуатації будівель і споруд є актуальною техніко-економічною проблемою, що потребує ефективних рішень на всіх етапах життєвого циклу, таких як: вишукувальні та проектні роботи, підготовчий період, роботи нульового циклу, зведення наземної частини, експлуатація, період фізичного зносу та закінчення життєвого циклу або початок нового, за умови відновлення експлуатаційних властивостей об'єкта. В ДП НДІБВ виконані дослідження щодо можливості підвищення ефективності будівництва та експлуатації будівель, споруд і території забудови протягом їх життєвого циклу шляхом використання інформаційних моделей для формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань.

Виклад основного матеріалу

Життєвий цикл будівлі — це час від моменту обґрунтування необхідності її зведення до настання економічної недоцільності її подальшої експлуатації. Він поділяється на наступні етапи: вишукування, проектні роботи, підготовчий період, нульовий цикл, зведення наземної частини, експлуатація, період фізичного зносу. Останній етап може бути закінченням життєвого циклу шляхом ліквідації або початком нового, за умови реконструкції, капітального ремонту або технічного переоснащення, тобто відновлення експлуатаційних властивостей будівлі. Протягом життєвого циклу виконують комплекс заходів, спрямованих на одержання інформації, необхідної для виконання робіт відповідного етапу. Від її об'єктивності залежить правильність прийняття рішень щодо збереження експлуатаційних характеристик будівель,

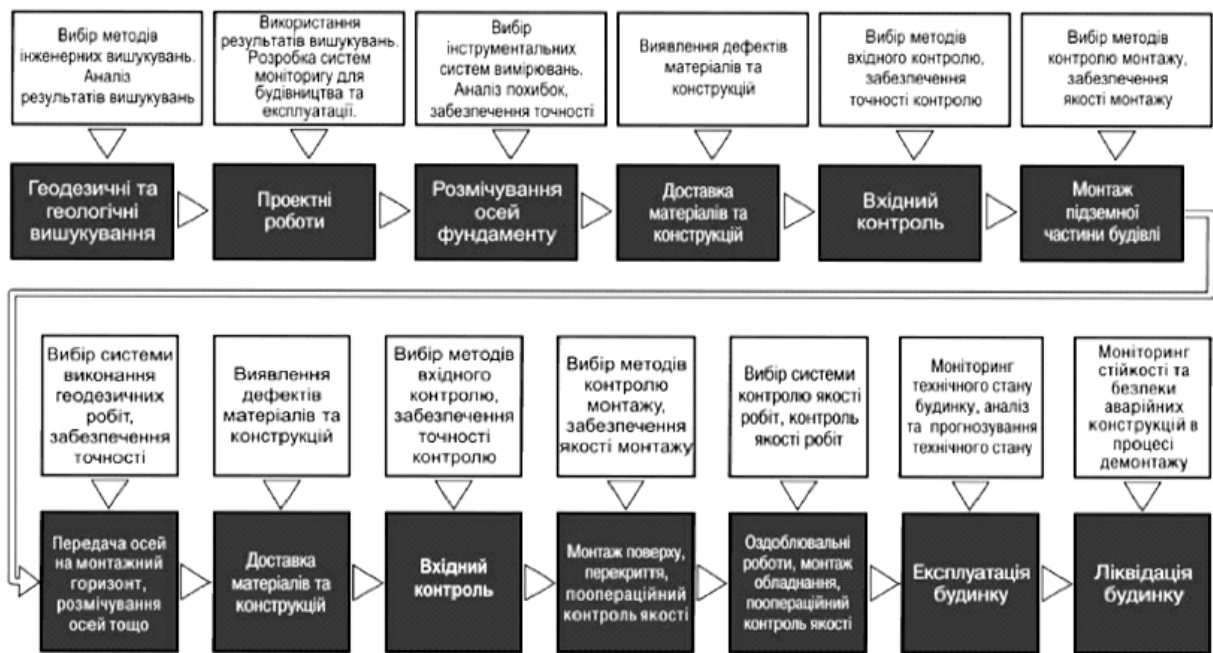


Рис.1 Вимірювальні роботи у складі життєвого циклу об'єктів будівництва

які впливають на тривалість експлуатації. Важливою складовою отримання інформації є ефективні методи вимірювань.

На рис. 1 представлено схему робіт на всіх етапах життєвого циклу у вигляді єдиного технологічного процесу, що включає, крім будівництва та експлуатації, також і вимірювальні роботи: вишукування, геодезичні роботи, випробування матеріалів і конструкцій, обстеження будівлі, які сприяють подовженню життєвого циклу.

На блок-схемах (рис. 2) відображені роботи, що пов'язані з вимірюваннями під час всіх етапів життєвого циклу. В схемах включені геодезичні роботи, контроль технологічних процесів та якості матеріалів і конструкцій, планові та позапланові огляди, обстеження технічного стану. Без виконання цих робіт неможливо проведення будівельних робіт та забезпечення експлуатаційної придатності об'єктів будівництва

Важливою інтегральною характеристикою якості будівництва та експлуатації будівлі є тривалість її життєвого циклу. Надійність та довговічність забезпечують на всіх його етапах шляхом виконання вимог до: матеріалів, конструктивних і об'ємно-планувальних рішень, методів розрахунку, проектування, виконання робіт, контролю якості. Забезпечення довготривалої експлуатації будівлі є актуальною техніко-економічною проблемою, що потребує об'єктивної інформації, отриманої інструментальними методами щодо технічних, технологічних та організаційних параметрів будівель на всіх етапах їх життєвого циклу, для можливості прийняття ефективних рішень щодо його подовження. Таким чином, тривалість життєвого циклу залежить від своєчасного виявлення, виправлення та прогнозування розвитку дефектів і пошкоджень, що неможливо без виконання вимірювальних робіт.

Існуючі сучасні технічні засоби інструментальних вимірювань в цілому відповідають технологіч-

ним, нормативним та проектним вимогам щодо забезпечення якості при будівництві та експлуатації будівель і споруд. Від способів виконання, взаємозв'язку та взаємовпливу вимірювальних та будівельних робіт залежать ефективність технологічних рішень, техніко-економічні показники виконання робіт, якість робіт і тривалість життєвого циклу об'єктів. На етапі будівництва перелік та обсяг вимірювальних операцій і контролю якості робіт залежать від технологій і матеріалів, що застосовуються, архітектурно-конструктивних рішень, умов будівництва. Зведення частин будівлі з однаковими об'ємно-планувальними параметрами та різними конструктивними рішеннями (з цегли, з монолітного залізобетону, з великорозмірних панелей, з монолітним або збірним каркасом тощо) мають різний зміст та послідовність будівельних та вимірювальних операцій, що впливає на техніко-економічні показники технологічних процесів. Тому техніко-економічні показники вимірювальних робіт будівельного етапу, що забезпечують однакові обсяги будівництва, залежать від застосованих технологій та архітектурно-конструктивних рішень.

Конструкції будівель характеризуються різними ступенями складності і невизначеності їх технічного стану, значною кількістю факторів, що впливають на технологію будівництва та експлуатації, призводять до їх фізичного зносу, деформацій, дефектів та пошкоджень, тому від конструктивних особливостей, технології зведення та експлуатації залежать необхідні обсяги інформації, інформаційні моделі, методи і заходи, спрямовані на подовження їх життєвого циклу. Інформація про якість нового будівництва, дефекти та пошкодження об'єкту, що експлуатується, має бути представлена на паперових або електронних носіях у вигляді виконавчих знімків, результатів контролю якості, карт та відомостей дефектів, звітів про обстеження. Визначення зв'язку між дефектами та причинами їх появи, прогнозування впливу цих

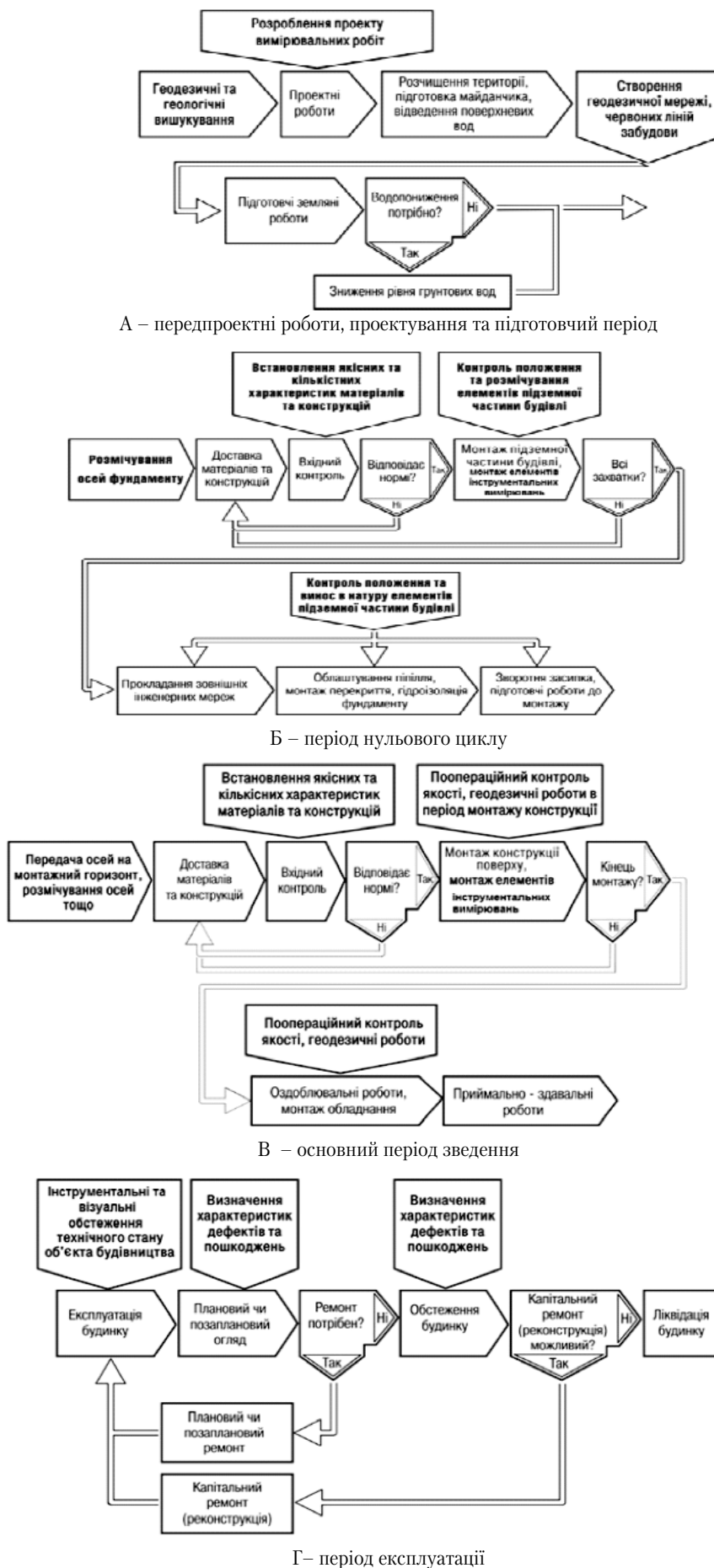


Рис. 2 Вимірвальні роботи протягом життєвого циклу будівель і споруд



Рис. 3. Структурна схема сучасних інформаційних технологій автоматизованої системи діагностики технічного стану будівель

дефектів на подальший технічний стан об'єкту є важливим та комплексним завданням, тому потребує детального вивчення.

Роботи провідних учених показують, що визначення параметрів будівель, споруд і території забудови супроводжується комплексом специфічних особливостей, впливом дестабілюючих факторів на техніко-економічні показники. У загальному вигляді ці аспекти характеризуються:

- зростанням потреб в збільшенні обсягів та ефективності будівництва об'єктів промислового і цивільного призначення, реконструкції та капітального ремонту об'єктів, перебувають в експлуатації;
- скороченням тривалості будівництва та збільшенням строків експлуатації об'єктів за рахунок використання нових технологій, конструкцій, обладнання та матеріалів;
- збільшенням соціального значення безпеки та зниження ризиків аварій об'єктів за рахунок забезпечення якості та надійності їх будівництва та експлуатації;
- комплексним вивченням властивостей будівель, споруд і територій, їх моделюванням для складних умов експлуатації та ущільненої забудови до початку будівництва;
- необхідністю формування системи раціональних технологічних рішень за рахунок методологічного забезпечення процесу технологічного проектування;
- інтенсифікацією інженерних вишукувань, підвищенням рівня проектного опрацювання, що враховують особливості застосування ефективних методів вимірювань та обробки інформації;
- підвищенням якості та складності будівельно-монтажних робіт і технологій, рівня кваліфікації фахівців;
- збільшенням масштабів і значення складних проектів.

Врахування специфічних особливостей та впливу дестабілюючих факторів на техніко-економічні показники процесу інструментального визначення

параметрів будівель і споруд для забезпечення їх експлуатаційної надійності дозволить оптимізувати технологічні процеси на всіх етапах життєвого циклу. Таким чином, існує можливість скорочення строків будівництва та подовження терміну експлуатації будівель і споруд за рахунок реалізації ефективних організаційно-технологічних рішень, розроблених на підставі своєчасної, достовірної інформації, необхідної та достатньої для забезпечення експлуатаційної придатності будівель і споруд на всіх етапах їх життєвого циклу, отриманої методами інструментальних вимірювань.

Наукова проблема полягає в необхідності теоретичного обґрунтування системи концептуальних і теоретико-методологічних основ подовження терміну експлуатації, а також оптимізації організаційно-технологічних і техніко-економічних показників будівництва та експлуатації будівель і споруд за рахунок застосування ефективних методів інструментальних вимірювань для своєчасного одержання та використання достовірної інформації, необхідної та достатньої для забезпечення експлуатаційної придатності будівель і споруд на всіх етапах їх життєвого циклу. Вирішення цієї проблеми сприятиме застосування інформаційних технологій.

Інформаційні технології є важливою складовою системного підходу до питань вишукувань, проектування, будівництва, обстеження та діагностики технічного стану будівель. Це обумовлено необхідністю застосування розвинутих інтерактивних засобів взаємодії та підтримки фахівців різного рівня підготовки в процесі визначення, обробки і використання інформації про значення параметрів будівель, споруд та території забудови шляхом формування інформаційних систем та моделей з використанням багатовіконних макетів екранів, структур меню, діалогових послідовностей тощо.

Інформація отримується з різних джерел і досліджується на різних рівнях деталізації. Збільшення потужності системи може бути забезпечено за раху-



Рис.4 Схема функціонування інформаційної системи управління для діагностики технічного стану будівель

нок застосування відкритої архітектури і можливості масштабування системи з підключенням як власних, так і зовнішніх засобів, організації модульності прикладних програм, гнучкої підтримки необхідної конфігурації системи, можливості використання відкритих стандартів. На рис.3-4 представлені схеми інформаційних технологій автоматизованої системи та алгоритм інформаційної системи управління для діагностики технічного стану будівель.

Принцип проектування об'єктів за допомогою створення їх інформаційної моделі (рис. 5) передбачає підготовку і комплексну обробку в процесі моделювання повних архітектурно-конструкторських, технологічних, економічних та інших даних про об'єкт з усіма взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до нього відношення, розглядаються як єдиний об'єкт [1-2]. Ця концепція отримала назву "Інформаційне моделювання будівель" або скорочено BIM (від прийнятого в англійській мові терміна Building Information Modeling).

До основних переваг BIM можна віднести наступне: моделюють весь життєвий цикл проекту від концепції до експлуатації та утилізації; при проектуванні використовують об'єкти, що мають всю необхідну інформацію про геометричні і технічні характеристики конструкцій, елементів та будівлі в цілому (основи, фундаменти, несучі та огорожувальні конструкції, мережі, прилеглу забудову та територію тощо); використання подібних об'єктів значно прискорює процес проектування і мінімізує можливі помилки; можливе сумісне використання розділів, створених різними САПР, проектування виконують

в тривимірному просторі з урахуванням часу (4D); відкритий стандарт обміну інформацією. Тому, впровадження BIM є стратегічним питанням розвитку будівельної галузі, а його своєчасне вирішення є об'єктивною необхідністю [2-5].

Основні напрямки розвитку BIM на підставі аналізу літературних джерел досить докладно наведено в [1-2]. Поняття "Інформаційна модель будівлі" запроваджене професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом в 1975 році в журналі Американського Інституту Архітекторів (AIA) "Building Description System" (Система опису будівлі), а сама концепція BIM існує з 1970-х років. Термін "інформаційна модель будівлі" вживається в статті 1992 року А.Недервеен і Толмена. Аббревіатуру "BIM" широко не використовували, поки Autodesk не випустив офіційний документ "Інформаційне моделювання будівель". Джеррі Лесрін сприяв популяризації і стандартизації цього терміну як загальноприйнятої назви процесу цифрового відображення будівлі. Слід відмітити, що свою термінологію пропонували також такі компанії: Graphisoft – "Віртуальна будівля", Bentley Systems – "Модель комплексного проекту", і Autodesk або Vectorworks – "Інформаційне моделювання будівель" для спрощення обміну і сумісності інформації в цифровому форматі. Визначення терміну "Інформаційна модель будівлі" описує суть поняття і відповідає сучасному підходу до BIM компанії Autodesk.

Інформаційна модель будівлі (BIM – Building Information Model) – це: вся інформація про об'єкт з числовим описом і потрібним чином організована,

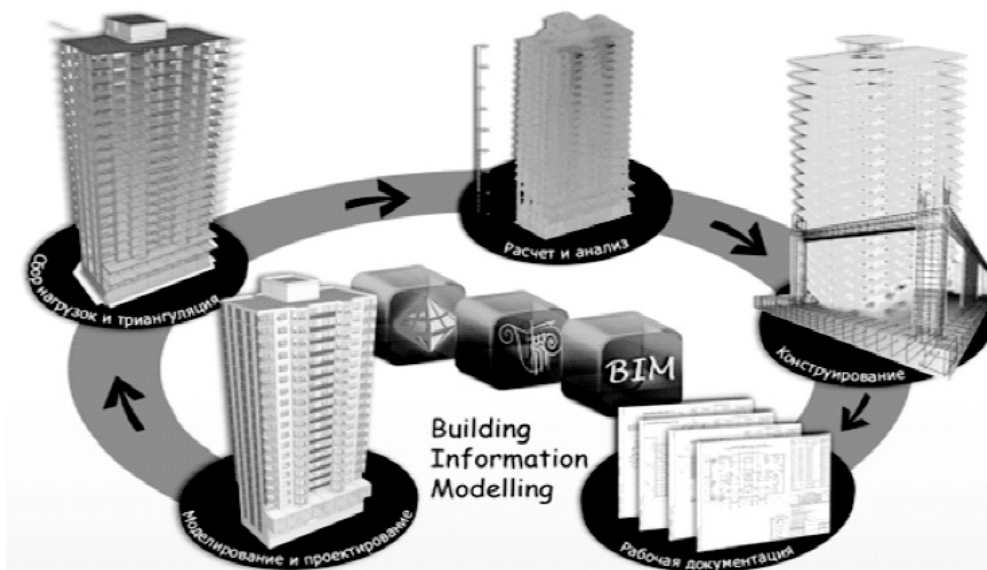


Рис. 5. Принцип проектування об'єктів за допомогою створення їх інформаційної моделі – "Інформаційне моделювання будівель" або скорочено BIM (від прийнятого в англійській мові терміна Building Information Modeling)

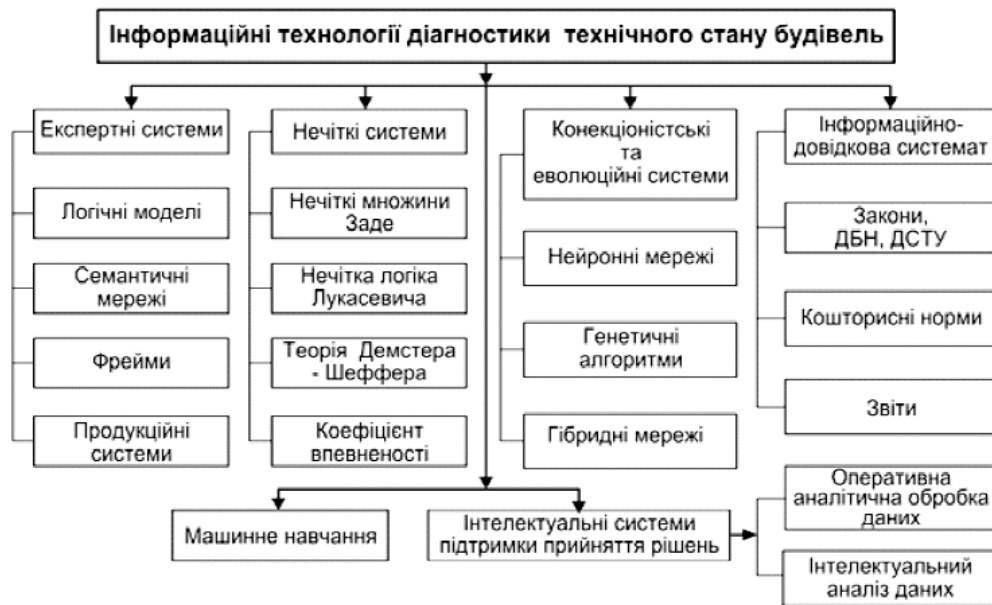


Рис. 6. Структурна схема інформаційних технологій стану будівель

яка використовується як на стадії проектування і будівництва будівлі, так і в період його експлуатації і навіть знесення. Застосування інформаційної моделі будівлі значно полегшує роботу з об'єктом і має значні переваги перед колишніми формами проектування. Вона дозволяє в віртуальному режимі зібрати воедино, підібрати за призначенням, розрахувати, зістикувати і узгодити розроблені різними фахівцями і організаціями компоненти і системи майбутньої будівлі, заздалегідь перевірити їх життєздатність, функціональну придатність та експлуатаційні якості, а також уникнути внутрішніх нестыковок, попередити аварійні ситуації при будівництві та експлуатації.

Числову інформацію щодо проєктованого або існуючого об'єкту використовують для: прийняття конкретних проєктних рішень, створення актуальної проєктної документації, передбачення експлуатаційних якостей об'єкта, складання кошторисів на проєкт і будівельних планів, замовлення і виготовлення необхідних матеріалів і обладнання, точного управління зведенням будівлі або споруди, управління і експлуатації самої будівлі і засобів технічного оснащення протягом всього життєвого циклу, управління будівлею як об'єктом комерційної діяльності, проектування і управління реконструкцією або ремонтом будівлі, знесення та утилізації будівлі, інших пов'язаних з будівлею цілей.

На відміну від традиційних систем комп'ютерного проектування, що створюють геометричні образи, результатом інформаційного моделювання будівлі зазвичай є об'єктно орієнтована цифрова модель, що включає як сам об'єкт, так і процес його будівництва, експлуатації і утилізації. Національний комітет США з проєктів "Інформаційного моделювання будівель" дав наступне визначення: інформаційне моделювання будівель (ВІМ) є цифровим представленням фізичних і функціональних характеристик об'єкта. ВІМ є загальнодоступним джерелом для отримання інформації в ході всього життєвого циклу будівлі, а саме поняття "життєвий цикл будівлі" визначається як існування його з ранньої стадії будівництва до повного зносу.

Для діагностики технічного стану будівель можуть використовуватися наступні інформаційні технології: експертні системи, нечіткі системи, нечіткі нейронні мережі, або гібридні мережі, інформаційно-довідкові системи, інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень та інші, що зображені на рис.6. У табл. 1 представлена порівняльна характеристика (переваги та недоліки) методів інформаційних технологій.

Експертні системи дозволяють створювати експертні методи та моделі діагностики технічного стану будівель, проводити дослідження інформаційних та експертних систем, формувати бази знань та нечіткі правила, досліджень при реалізації системи управління обстеженням та діагностикою технічного стану будівель, дослідження ланцюгів виведення для діагностики стану об'єктів. Експертні системи застосовуються та реалізовані в програмних комплексах, таких як: Mycin, Neomycin, Emycin, Prospector, Диaген, Генрост, Internist-I, Sphinx, Pheo-attending (медичні експертні системи), Exsys (призначена для побудови експертних систем класифікаційного типу), 1st-Class, Personal Consultant Plus, ПІЭС (програмний інструментарій експертних систем), GURU (інтегроване середовище розробки експертних систем).

Нечіткі системи дозволяють вирішувати задачі інформаційної технології для діагностики технічного стану будівель, розробки бази знань для об'єктів будівництва, розробки системи нечіткого висновку; досліджувати та реалізовувати на основі апарату нечіткої логіки моделі діагностики стану будівель. Нечіткі системи застосовуються та реалізовані в таких системах як: MOS/MIS (Mestska a Obecna Statistika/Mestska Informacny System – Міська і муніципальна статистика/міська інформаційна система, використовуються як початкова база для розвитку заснованої на знаннях системи. Система "Система-Р" – модуль суміщеного навігаційного супутникового приймача (МСНП) призначеного для застосування в корпоративних інтегрованих навігаційно-зв'язних системах управління і контролю. (CAD/САПР) – тех-

Таблиця 1. Порівняльна характеристика методів інформаційних технологій

Метод	Переваги	Недоліки
Експертні системи	Створення експертних моделей обстеження та діагностики технічного стану будівель; проведення досліджень інформаційних та експертних систем; розробка бази знань та нечітких правил; дослідження ланцюгів логічного виведення для діагностики технічного стану	Складність представлення глибших знань експерта щодо обстеження та діагностики технічного стану будівель; складність організації навчання на досвіді спеціаліста
Нечіткі системи	Розробка бази знань для будівель, розробка системи нечіткого виведення; дослідження та реалізація на основі апарату нечіткої логіки моделей діагностики технічного стану будівель	Суб'єктивність обстеження та діагностики технічного стану будівель; не дозволяє навчатися.
Нечіткі нейронні мережі або гібридні мережі	Можливість отримання інформації щодо обстеження будівель у формі прогнозу; побудова нейронних мереж обстеження та діагностики здійснюється за допомогою їх навчання на основі наявної і доступної інформації; дозволяє розробляти і представляти моделі систем у формі правил нечітких продукцій, які мають наочність і простоту змістовну інтерпретацію	Представлення знань щодо обстеження та діагностики технічного стану будівель в спеціальному вигляді, який може суттєво відрізнитися від можливої змістовної інтерпретації існуючих взаємозв'язків і відносин.
Генетичні алгоритми	Використовуються для пошуку оптимального декілька точок одночасно, а не переходять від точки до точки, що дозволяє уникнути попадання у локальний оптимум; не потрібно додаткової інформації, що збільшує швидкість роботи алгоритму; використовують детерміновані і ймовірнісні правила.	Працюють зі числовою інформацією, не працюють зі символічною інформацією
Інформаційно-довідкова система	Наявність законів, нормативних документів, кошторисних норм, ДБН, ДСТУ, положень, тощо.	Відсутність інформаційної системи, що дозволяє в автоматичному режимі обробляти інформацію; вибирати оптимальну технологію за наявності відповідних баз даних.
Машинне навчання	Рішення задач навчання базується або на лабиринтній моделі, яка передбачає пошук напрямку руху в лабиринті можливих варіантів, або встановлення асоціативних зв'язків у нейроподібних структурах	Проблеми узагальнення, накопичення досвіду вирішення задач і застосування цих проблем у вирішенні нових задач
Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень	Використання можливостей інформаційних систем обстеження будівель; сучасні бази даних включають ряд технологій, які підвищують інтелектуальні можливості; інтелектуальні інформаційні системи обстеження об'єктів об'єднують можливості СУБД, які знаходяться в основі інформаційних систем, завдяки цьому збереження інформації щодо обстеження послідується з її обробкою і підготовкою для використання при прийнятті рішень	Складність представлення різнобічної інформації

нологія, що об'єднує єдиний комплекс рішення задач автоматизації проектування, (САМ/АСУТП) – управління технологічними процесами.

Нечіткі нейронні мережі або гібридні мережі – об'єднують переваги нейронних мереж і систем нечіткого висновку; дозволяють отримувати інформацію щодо обстеження технічного стану будівель у формі прогнозу; дозволяють використовувати принцип навчання на основі наявної інформації при побудові нейронних мереж; дозволяють розробляти моделі систем у формі нечітких правил, які мають наочність і простоту змістовної інтерпретації. Нечіткі нейронні мережі або гібридні мережі застосовуються у системах Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System – ANFIS – адаптивна нейро-нечітка система висновків. Система RAISON – інтегрована система, заснована на знаннях, що включає нейронну мережу, базу даних, геоінформаційну систему, картографічний аналізатор, графічні та програмно-мовні компоненти.

Генетичні алгоритми використовуються для пошуку оптимуму одночасно декількох точок, а не поступово для кожної, що дозволяє уникнути небезпеки попадання у локальний оптимум; не потрібно у процесі роботи ніякої додаткової інформації, що збільшує швидкість роботи алгоритму; використовують детерміновані і ймовірнісні правила.

Інформаційно-довідкова система – законодавчі акти, нормативні акти та документи, реєстри аварійно небезпечних об'єктів. До аспектів інформаційної технології можна віднести питання створення і розвитку програмного забезпечення, постійну адаптацію його до еволюціонуючих потреб користувачів, забезпечення зручності і швидкості в прийманні та аналізі інформації, підтриманні її в актуальному стані, формуванні і наданні користувачам аналітичних зведень тощо.

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень – системи обстеження технічного стану об'єктів будівництва об'єднують можливості системи управління базами даних, що є основою інформаційних систем, завдяки цьому збереження інформації щодо обстеження поєднується з її обробкою і підготовкою для використання при прийнятті рішень. Задача аналізу полягає у виявленні в наявних даних прихованих закономірностей, залежностей і взаємозв'язків, які корисні при прийнятті рішень на різних рівнях управління. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень застосовуються та реалізовані в системах: OLAP (Discovery System та OLAP Affinity System) – призначені для інтелектуального аналізу багатовимірних агрегованих даних. Інтелектуальна система СААРП призначена для підтримки прийняття рішень у задачах проектування та планування гнучких систем.

Висновки

Результати інструментальних вимірювань на кожному етапі життєвого циклу будівлі є одним з найважливіших елементів інформаційного моделювання об'єкту. Якість робіт на всіх етапах в значній мірі залежить від повноти виконання заданих в проекті та нормативних документах вимог до вимірювань. На етапі проектування – це топогеодезичне знімання, визначення властивостей ґрунту та рівня підземних вод; на етапах підготовки до виконання робіт та будівництва – визначення властивостей матеріалів та конструкцій, геодезичне забезпечення будівництва, підготовчі роботи для проведення моніторингу в процесі експлуатації; на етапі експлуатації – інструментальні спостереження за технічним станом будівлі.

Забезпечення ефективності будівельного процесу та експлуатації – це оптимізація техніко-економічних показників і варіантів технології на всіх етапах життєвого циклу. Оптимізація тривалості життєвого циклу об'єктів будівництва є похідною доцільних меж реконструкції, модернізації і ремонту, що неможливо виконати без інформаційного моделювання їх технічного стану. Економічна доцільність реконструкції будівель може бути встановлена шляхом порівняння витрат на реконструкцію з витратами на будівництво нової будівлі. такої ж площі з прогнозуванням можливих термінів їх подальшої експлуатації.

Вимірювальні роботи є відповідальною складовою технологічного процесу будівництва та експлуатації і від їх якості залежить якість виконання будівельно-монтажних робіт та тривалість життєвого циклу об'єктів. Якісне виконання вимірювальних робіт, своєчасне визначення загрози руйнувань та аварій потребує застосування сучасного вимірювального обладнання, вартість якого може сягати значних величин.

В процесі визначення ефективності будівельно-вимірювальних робіт та методів моніторингу протягом життєвого циклу потрібно приймати до уваги не тільки точність вимірювань, їх своєчасність і можливість визначення вірогідності аварій, але й економічні показники технології вимірювань.

Дослідження, що виконані авторами в ДП НДІБВ ім. В.С.Балицького, підтверджують можливість підвищення ефективності будівництва та експлуатації будівель, споруд і території забудови протягом їх життєвого циклу шляхом формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань з використанням будівельно-інформаційних моделей і методів для подальшого розвитку цього напрямку науково-технічної діяльності.

Література

1. Григоровський П.Є Будівельно-інформаційні моделі та методи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві [Текст] Монографія. / П.Є. Григоровський – К.; "Майстер книг", 2019–340 с.
2. Астафьева Н.С., Кибирева Ю. А, Васильева И. Л Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 8 (59). 2017. С.41-62
2. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание // CADmaster. 2010.№4. С.114-121.
3. Талапов В.В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.:Изд-во ДМК Пресс, 2015. 410 с.
4. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: Изд-во ДМК Пресс, 2011. 392 с.

Reference

1. Grigorovskiy P.E. *Budivselno-Informatsiyni modeli ta metodi formuvannya organIzatsiyno-tehnologIchnih rIshen Instrumentalnih vimIryuvan v budivnitstvi* [Tekst] Monografiya. / P.E. Grigorovskiy - K.; «Mayster knig», 2019- 340 s.
2. Astafeva N.S., Kibireva Yu. A, Vasileva I. L. *Preimuschestva ispolzovaniya i trudnosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. ISSN 2304-6295. 8 (59). 2017. S.41-62*
3. Talapov V.V. *Informatsionnoe modelirovanie zdaniy – sovremennoe ponimanie // CADmaster. 2010.#4. S.114-121.*
4. Talapov V.V. *Tehnologiya BIM. Sut i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy. M.:Izd-vo DMK Press, 2015. 410 s.*
4. Talapov V.V. *Osnovy BIM: vvedenie v informatsionnoe modelirovanie zdaniy. M.: Izd-vo DMK Press, 2011. 392 s.*

П.Е. Григоровский, д.т.н., с.н.с. первый заместитель директора по научной работе,

ORCID: 0000-0003-0527-5890;

Ю.Н. Червяков, к.т.н, с.н.с., заместитель директора по научной работе;

В.А. Басанский, зав. сектора;

Ю.В. Крошка, ORCID: 0000100011611018443, зав. отдела;

Е.В. Мурсьова, ORCID: 0000-0003-4995-3761, заместитель зав. отдела;

Н.П. Чуканова, зав. отдела

ГП "Научно-исследовательский институт строительного производства им. В.С.Балицкого", г. Киев

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ И СОДЕРЖАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Важной интегральной характеристикой качества строительства и эксплуатации здания является продолжительность его жизненного цикла. Надежность и долговечность обеспечивают на всех его этапах путем выполнения требований к: материалам, конструктивным и объемно-планировочным решениям, методам расчета, проектирования, выполнения работ, контроля качества. Обеспечение долговременной эксплуатации здания является актуальной технико-экономической проблемой, требующей объективной информации, полученной инструментальными методами относительно технических, технологических и организационных параметров зданий на всех этапах их жизненного цикла для возможности принятия эффективных решений по его продлению. Поэтому продолжительность жизненного цикла зависит от своевременного выявления, исправления и прогнозирования развития дефектов и повреждений, что невозможно без выполнения измерительных работ. Научная проблема заключается в необходимости теоретического обоснования системы концептуальных и теоретико-методологических основ продления срока эксплуатации, а также оптимизации организационно-технологических и технико-экономических показателей строительства и эксплуатации зданий и сооружений за счет применения эффективных методов инструментальных измерений для своевременного получения и использования достоверной информации, необходимой и достаточной для обеспечения эксплуатационной пригодности зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла. Решению этой проблемы будет способствовать применение информационных технологий.

Принцип проектирования объектов с помощью создания их информационной модели предусматривает подготовку и комплексную обработку в процессе моделирования полных архитектурно-конструкторских, технологических, экономических и других данных об объекте со всеми взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. Эта концепция получила название "Информационное моделирование зданий" или сокращенно BIM (от принятого в английском языке термина Building Information Modelig). Исследования выполненные авторами в ГП НИИСП им. В.С.Балицкого, подтверждают возможность повышения эффективности строительства и эксплуатации зданий, сооружений и территории застройки в течение их жизненного цикла путем формирования организационно-технологических решений инструментальных измерений с использованием строительно-информационных моделей и методов для дальнейшего развития этого направления научно-технической деятельности.

Ключевые слова. Организация и технология строительства, эксплуатационная пригодность зданий, жизненный цикл, инструментальные измерения, строительные информационные модели.

P. Hryhorovskiy, ORCID: 0000-0003-0527-5890, Doctor of Technical Sciences ;

Yu. Chervyakov;

V. Basanskiy;

Yu. Kroshka, ORCID: 0000100011611018443;

O. Muraseva, ORCID: 0000-0003-4995-3761;

N. Chukanova

The state "Research institute of building production" (NDIBV), Kyiv

INFORMATION MODELING OF ORGANIZATION AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF INSTRUMENTAL MEASUREMENTS IN THE CREATION AND MAINTENANCE OF BUILDING OBJECTS

Annotation. An important integral characteristic of the quality of the construction and operation of a building is the length of its life cycle. Reliability and durability are ensured at all its stages by fulfilling the requirements for: materials, design and space-planning solutions, calculation methods, design, execution of works, quality control. Providing long-term operation of the building is an urgent technical and economic problem that requires objective information obtained by instrumental methods on the technical, technological and organizational parameters of buildings at all stages of their life cycle in order to be able to make effective decisions on its extension. Therefore, the life cycle depends on the timely detection, correction and prediction of the development of defects and damages, which is impossible without performing measuring work. The scientific problem is the necessity of theoretical substantiation of the system of conceptual and theoretical and methodological bases of the extension of the service life, as well as optimization of organizational, technological and technical and economic indicators of construction and operation of buildings and structures due to the use of effective methods of instrumental measurements. Use of information technologies will help to solve this problem.

The principle of designing objects by creating their information model involves the preparation and complex processing in the process of modeling complete architectural, technological, economic and other data about the object with all the interconnections and dependencies, when the building and everything that has to its relations, are considered as a single object. This concept has been called Building Information Modeling or abbreviated BIM. Investigations performed by the authors at the State Scientific Research Institute. V.S. Balitsky confirm the possibility of improving the efficiency of construction and operation of buildings, structures and territory of development during their life cycle by forming organizational and technological solutions of instrumental measurements using construction-information models and methods for the further development of this area of scientific and technical activity.

Keywords. Organization and technology of construction, operational suitability of buildings, life cycle, instrumental measurements, building information models.