

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

БУДІВЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО



№ 67 2019

Міжвідомчий науково-технічний збірник (технічні науки)

Випуск присвячено науково-технічній конференції
“ВІМ. ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ
БУДІВЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ” 9-10 грудня 2019 р.



Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

Серія КВ № 21921-11821ПР від 23.03.2016 р.

Наказ Міністерства освіти і науки України про реєстрацію фахового видання № 515 від 16.05.2016 (технічні науки) та № 1222 від 07.10.2016 (економічні науки).

Міжвідомчий науково-технічний збірник видається з 1965 року.

Співзасновниками є: ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» (ДП «НДІБВ») та Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА).

Розглянуто питання становлення саморегулювання в будівництві, економічної ефективності енергозберігаючих заходів у будівництві, механізм оптимізації діяльності будівельних підприємств, удосконалення технології та організації виконання робіт у промисловому і житловому будівництві, висвітлено нові напрями у технології будівельних процесів.

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

Редакційна колегія

Головний редактор

Григорівський П.Є. д.т.н., с.н.с. ДП "НДІБВ". Київ;

Заступник головного редактора (технічні науки)

Молодід О.С. к.т.н., доцент, ДП "НДІБВ". Київ;

Заступник головного редактора (економічні науки)

Молодід О.О. к.е.н., с.н.с., ДП "НДІБВ". Київ;

Члени редколегії

Барабаш М.С. д.т.н., с.н.с. НАУ. Київ;

Беленкова О.Ю. к.е.н., доцент, КНУБА. Київ;

Білоконь А.І. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Бондар О.А. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Бондаренко Є.В. д.е.н., проф. ДП "НДІБВ". Київ;

Вечеров В.Т. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Галінський О.М. д.т.н., с.н.с., ТОВ "НАНЦ". Київ;

Гончаренко Д.Ф. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Городецький О.С. д.т.н., проф. ТОВ "Ліра-САПР". Київ;

Данченко Ю.М. к.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Дмитренко Г.А. д.е.н., проф. ДП "НДІБВ". Київ;

Дорофєєв В.С. д.т.н., проф. ОДАБА. Одеса;

Кравчуновська Т.С. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Куліков П.М. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Менейлюк О.І. д.т.н., проф. ОДАБА. Одеса;

Міхайленко В.М. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Млодецький В.Р. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Назаренко І.І. д.т.н., проф., президент АБУ, Київ;

Ніколаєв В.П., д.е.н., проф. НАДУ. Київ;

Осіпов О.Ф. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Плюський В.О. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Радкевич А.В. д.т.н., проф. ДНУЗТ ім. В. Лазаряна. Дніпро;

Рижакова Г.М. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Савйовський В.В. д.т.н., проф. Київ;

Сопов В.П. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Сорокіна Л.В. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Стеценко С.П. д.е.н., доц. КНУБА. Київ;

Сухоруков А.І. д.е.н., проф. АБУ Київ;

Терентєв О.О. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Тонкачєєв Г.М. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Тугай О.А. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Хижняк В.О. к.е.н., доцент, ДП "НДІБВ". Київ;

Шатов С.В. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Шимановський О.В. д.т.н., проф., УІСК ім. В. М.

Шимановського. Київ;

Шумаков І.В. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Зарубіжні члени редколегії

Дзвігол Хенрік, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща

Долотов О.В. д.т.н., проф. США;

Клованич С.Ф. д.т.н., проф. Польща;

Котовіч Януш, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща

Кузіор Олександра, проф. Сілезька політехніка. Глівіце,

Польща

Лакатош Янош д.е.н., проф. Угорщина;

Пилипенко В.М. д.т.н., проф. ГП "НИПТИС". Беларусь;

Радей Карел докт. Чехія;

Сиройч Здислав д.е.н., проф. Польща;

Сломски Войтех д.е.н., проф. Словаччина;

Трейковські Маріан д.е.н., проф. Македонія;

Фингер Матіас д.е.н., проф. Швейцарія;

Відповідальний секретар О.В. Сирота

Літературний редактор О.Ю. Деркач

Комп'ютерна верстка та графіка О.В. Сирота

Мова видання: українська і російська.

Затверджено до друку Вченою радою інституту протокол № 2 від 10.12.2019 р. №67

(технічні науки)

Адреса редколегії збірника:

03110, МСП, Київ, проспект Лобановського (Червонозоряний), 51. Тел. 275-20-78

E-mail: vistavca@ukr.net

web: <http://ndibv-building.com.ua>

Редакція не завжди поділяє думку та погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, власних імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

Відповідно до Закону України «Про авторське право та суміжні права» при використанні наукових ідей та матеріалів цього збірника посилання на авторів і видання є обов'язковим.

Журнал реферується у наукометричній базі даних



ISSN 2524-2555 (online)

ISSN 0131-8942 (print)

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ. BIM. ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Державне підприємство "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" за підтримки Міністерства розвитку громад та територій України, Міністерства освіти і науки України, Академії будівництва України, Київського національного університету будівництва і архітектури, ХК "Київміськбуд", "Ліра-САПР" ініціював, взяв безпосередню участь в організації VII Міжнародної науково-технічної конференції "Нові технології в будівництві. BIM. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій", яка відбулася 9-10 грудня 2019 року у його стінах.

Конференція мала на меті створення наукового підґрунтя та популяризацію сучасних інформаційних технологій серед виробників та фахівців будівельної галузі шляхом вирішення наступних завдань:

1. Привернути увагу до необхідності розвитку BIM на всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд (вишукування, проектування, будівництво, утримання та експлуатація).

2. Створити платформу для обговорення будівельниками-користувачами BIM сучасних проблем, пов'язаних із його впровадженням в Україні.

3. Налагодити та зміцнювати науково-виробничі зв'язки фахівців – учасників конференції.

Програма конференції була спрямована на конкретизацію та обговорення наступних питань:

1. *Законодавче та нормативне забезпечення BIM в Україні.*

Законодавча та нормативна база BIM в Україні. Перспективи впровадження.

Світовий досвід впровадження BIM. Тенденції розвитку BIM у світі.

Досвід країн ближнього зарубіжжя у процесі інтеграції BIM.

Глосарій BIM в Україні.

2. *Технічне забезпечення BIM в Україні.*

Сучасні програмні продукти і рішення в Україні та світі.

Взаємозв'язок та інтеграція програмних рішень BIM на всіх етапах життєвого циклу будівель.

Практичний досвід використання BIM на всіх етапах життєвого циклу.

3. *Проектна та кошторисна документація з використанням BIM.*

Інженерні вишукування.

Архітектурно-будівельні рішення.

Організаційне проектування.

Технологічне проектування.

Кошторисна документація

Експлуатаційна документація.

4. *Наукове забезпечення BIM в Україні.*

Сучасний стан BIM інформаційного моделювання в Україні.

Інформаційна модель, як основа для розробки та аналізу нових технологій.

Дослідження технічного нормування будівельних процесів.

Дослідження впровадження BIM рішень на всіх етапах життєвого циклу споруд.

5. *Підготовка кадрів.*

Підготовка фахівців в області будівельних інформаційних технологій.

Досвід інтеграції BIM в освітній процес.

У конференції взяли участь представники державних, наукових, проектних, будівельних установ і підприємств, громадських організацій та навчальних закладів вищої освіти будівельного профілю.

Міністр розвитку громад та територій України Альона Бабак у своєму виступі на відкритті конференції підкреслила актуальність застосування інформаційного моделювання будівель в Україні. заступник Міністра з питань європейської інтеграції Юліан Чаплінський наголосив, що BIM технологія – це процес колективного створення та використання інформації про об'єкт будівництва, який є основою для прийняття рішень з метою оптимізації витрат на його створення та утримання. Директор Державного підприємства "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" Владислава Хижняк зазначила, що головна мета фахівців будівельної галузі – привернути увагу до необхідності розвитку і застосування BIM-моделювання, створити умови для обговорення сучасних проблем, пов'язаних з упровадженням BIM в Україні на основі новітніх розробок технології та організації будівництва. У відкритті також взяли участь президент Академії будівництва України Іван Назаренко та ректор Київського національного університету будівництва і архітектури Петро Куліков.

Доповіді на конференції відбувались за такими напрямками:

- **специфіка формування системи, підсистем і елементів BIM в Україні, де було приділено увагу досвіду європейських країн з упровадження BIM технологій у будівельній галузі**, наведено принципи моделювання BIM та план виконання дій щодо упровадження BIM (Назаренко І.І., Академія будівництва України);

- **концептуальні положення упровадження BIM в управління державними і комунальними об'єктами**, еволюція поглядів на проблему за 35 років, цілі, завдання, методологічна основа, предметна область BIM в управлінні нерухомістю, основні принципи, нормативні передумови впровадження BIM, окупність BIM і пілотні проекти (Ніколаєв В.П., НАДУ при Президентіві України);

- **синтез BIM-моделей та інструментальних вимірювань при прийнятті організаційно-технологічних рішень в умовах інформаційного дефіциту**, де розглянуто вимірювальні процеси у життєвому циклі будівель і споруд, методи та технічні засоби інструментальних вимірювань для визначення їхнього стану, вплив вимірювальних робіт на експлуатаційну придатність будівель на всіх етапах життєвого циклу, основні види досліджень на етапах передпроектного та підготовчого періодів будівництва та засоби їх виконання у період будівництва, підготовки та проведення моніторингу під час експлуатації, вибір

інформаційних технологій для забезпечення експлуатаційної придатності будівель, вплив технології та організації вимірювальних робіт на подовження етапу експлуатації будівлі, вплив системи інтегральної оцінки експлуатаційної придатності на обсяг ремонтних робіт, тривалість монтажних робіт на етапі будівництва, структурна схема моделювання та реалізації моделі комплексного процесу визначення експлуатаційної придатності та безпеки на усіх етапах життєвого циклу, експериментальні дослідження та реалізація інформаційної системи експлуатаційної придатності будівель і споруд та упровадження інформаційної системи інтегральної оцінки ефективності вимірювань при проектуванні та виконанні робіт будівельного етапу (Григорівський П.Є., ДП НДІБВ);

- **класифікація та формування конструктивних елементів при впровадженні 5D BIM** (Судак В.С., МНІАЦ "Інфобуд"). У доповіді розглянуто класифікатори, які об'єднують ознаки формування інформації для процесів інформаційного моделювання на усіх етапах життєвого циклу об'єктів, класифікацію і кодування конструктивних елементів будівель, споруд та інженерних комунікацій у УБК, гармонізацію з відповідною міжнародною класифікацією Uniforformat II, прив'язування конструктивних елементів та укрупнених видів робіт до ресурсних елементів кошторисних норм, підхід зарубіжних та вітчизняних розробників програмних засобів до проектної моделі BIM-3D, головну ідею технології iBMS, управління будівельним процесом при впровадженні BIM технологій BIM-4D та BIM-5D, інформаційне моделювання об'єктів у сфері ЖКГ, приклади використання iBMS та першочергові кроки впровадження BIM в Україні;

- **запровадження інформаційного моделювання будівель у нормативно-правовий простір будівельної галузі** (Адріанов В.П., ТОВ "Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського" організаційно-методичне забезпечення впровадження BIM, дорожня карта впровадження BIM, апробація BIM на етапах створення об'єктів нерухомості, впровадження BIM у практику будівництва. Підготовка проекту постанови КМУ, щодо обов'язкового застосування BIM-технологій при спорудженні об'єктів за бюджетні кошти;

- **концепція упровадження BIM в Україні** (Андре Поддубни, консультант проекту ЕС), розробка стратегії впровадження технологій та підходів BIM задля вирішення частини проблем будівельного сектору України, де розглянуто ключові напрями впровадження, а саме: зміни у системі державного регулювання будівельної галузі, зміни у системі державного замовлення та фази її впровадження;

- **цифрові інструменти забудовника або як збільшити прибуток у реальному будівництві** (Куликівський Д.П., BIM&IPD, Білорусь) де розкрито дійсну цінність BIM, коли є 3D візуалізація об'єкту, точна та повна інформація щодо об'ємів матеріалів і робіт, їх ринкової вартості та технічної послідовності, а також повний список платежів по всьому проекту. Можливість здійснювати безперервний попереджувальний контроль усіх процесів проекту: будівельних робіт, логістики поставок матеріалів, процесу фінансування, моніторингу ризиків;

- **досвід і перспективи застосування BIM інженером-консультантом. ISO 19650 у контексті управління проектами** (Рева С.Л., Громадська спілка "Міжнародна гільдія інженерів консультантів");

- **вартість ресурсів та технічні проблеми реалізації 5D BIM** (Січний С.Б., ССБ Електронікс), де розглянуті проблеми, пов'язані з визначенням вартості ресурсів, термінологія, стандартна структура IFC-4, правила визначення вартості етапів життєвого циклу об'єкту, визначення вартості і ціни ресурсів та потреба створення Національного реєстру будівельних ресурсів.

- **BIM в управлінні життєвим циклом об'єктів**, де розглядалися: деякі аспекти моделювання конструкцій з урахуванням процесів їх життєвого циклу в ПК Ліра-САПР (Барабаш М.С., Ліра-САПР), у тому числі деякі комп'ютерні програми, що використовуються на різних етапах процесу проектування об'єктів будівництва, стадії життєвого циклу будівельного об'єкту, розвиток технологій проектування та розрахунки конструкцій;

- **застосування BIM у будівельних компаніях повного циклу** (Залізняк М.Є., Корпорація "Ріел", КНУБА), де розглянута BIM-модель, концептуальне та робоче проектування на її основі, використання моделі у будівництві, процес отримання об'ємів з BIM-моделі, експортування структури графіку з призначеними ресурсами та об'ємами в MS Project. Структура BIM-моделі та графіку в MS Project побудована на основі бюджетних статей БМР, трансформована BIM модель в MSP, обмін інформацією між BIM та MSP та експлуатація BIM-моделі;

- **управління вартістю у BIM: від проекту до експлуатації** (Смірнов Ю.О., Allbau Software), де BIM розглядалась як система забезпечення ефективного девелопменту нерухомості;

- **інструменти BIM** (Баранецька Д., Softprom by ERC), де розглядалися: технологія BIM на платформі ALLPLAN, модульність ALLPLAN, openBIM, локалізація за ДБН/ДСТУ, ALLPLAN архітектура, конструювання та ліцензування;

- **ALLPLAN BIMPLUS – хмарний технічний документообіг** (Торяник Д., Softprom by ERC), де подало можливість цієї компанії,

- **досвід застосування сучасних технологій для збору просторових даних** (Горб О.І., NGC) де рекламувалась робота та можливості Навігаційно-геодезичного центру;

- **BIM у проектуванні, експертизі, будівництві та експлуатації, де розглядалися реалії BIM-проекування та досвід проходження експертизи у BIM-форматі** (Галімов М. Р., Кожем'яченко Н.О., ТОВ "НБК");

- **переваги створення електронна експертиза будівельних проектів BIM** (Виноградов В. В., BIM PROVE та ООО "Вітан-Естейт"), що містить мету створення електронної експертизи, відповідь на питання, що дає BIM для експертів, автоматизовану перевірку на відповідність нормам, досвід Сінгапуру та Британії;

- **конструктивно-технологічний шаблон як інтеграції інформаційного моделювання об'єктів і процесів** (Менейлюк О. І., Нікіфоров А. Л., Менейлюк І. О., ОДАБА), яка містить: мету і задачі дослідження, резерви підвищення ефективності будівництва при

використанні сучасних концепцій управління, принципову схему та функціональну схему використання інформаційних засобів при управлінні у будівництві, визначення концепції "конструктивно-технологічний шаблон при управлінні у будівництві", деталізацію та структурування конструктивно-технологічних шаблонів при різних факторах середовища будівництва, деталізацію та структурування конструктивно-технологічних шаблонів протягом інвестиційно-будівельного проекту, застосування концепції "конструктивно-технологічний шаблон при управлінні у будівництві", принципову схему управління знаннями з використанням інжинірингового підходу і представленої концепції елементів;

– **особливості використання BIM-технології у вітчизняних компаніях в умовах відсутності національних стандартів інформаційного моделювання будівель – BIM** (Чертков О.Ю., Цегельний В.О., Єрмолович Д.С., КНУБА), де мова йде про зміну концепцій та появу принципово нового програмного забезпечення, концепцію об'єктно-орієнтованого параметричного проектування (моделювання) будівель, що лежить в основі технології BIM, параметричне моделювання – новий підхід до автоматизації проектування, об'єктно-орієнтоване проектування, BIM і концепція LOD де основна задача отримання мінімально необхідної, але достатньої інформації кожним учасником процесу інформаційного моделювання для рішення специфічних задач на певному проектному етапі або стадії впровадження BIM у проектуванні та будівництві, недоліки BIM;

– **розробка методики досліджень і вибору ефективних варіантів реконструкції житлових будинків перших масових серій** (Дубельт Т. М., ОДАБА) – постановка проблеми, причини, що обмежують реконструкцію житлових будинків перших масових серій, класифікація житлових будинків перших масових серій, основний перелік робіт, методи планування робіт, робоча гіпотеза, вибір та опис абстрактної моделі, побудова моделі реконструкції житлових будинків, розрахунок показників фактичної вартості та рентабельності для кожної з побудованих графічних моделей, побудова експериментально-статистичних моделей у вигляді графіків залежності отриманих показників від прийнятих факторів, аналіз та обробка залежності показників від прийнятих факторів – вибір найбільш ефективної моделі реконструкції;

– **ECODOMUS – BIM-платформа для експлуатації об'єктів і споруд** (3D + інформація + АСУ ТП)

(Лопатин Е.Ю., Аркада) – можливості ECODOMUS, а саме: управління даними для усього життєвого циклу, інтеграція з іншими системами, "Від моделей окремих будинків до Розумного Міста", лазерне сканування та будконтріль;

– **BIM у геодезії та просторовому плануванні** (Гандзюк В.А. ПрАТ "Систем Солюшнс"), використання лазерного сканування для моделювання, яке містить опис моделі лазерного сканеру Leica rtc 360, результат лазерного сканування у вигляді хмари точок, проміри за результатами лазерного сканування, результат лазерного сканування технічного поверху, процес створення моделі у AutoDesk Revit, процес моделювання на основі хмари точок, імпортована хмара точок в AutoDesk Revit, створена модель, створення процесу симуляції, BIM-модель виробничого приміщення, модель фасаду споруди, суміщені BIM-моделі, BIM-модель технічного поверху;

– **технології авіаційного лазерного сканування для топографічного картографування** (Карпинський Ю.А., Малашенкова С., НДІ геодезії і картографії), досвід Польщі та США, технологічна схема авіаційного лазерного знімання, декомпозиція блоку моделі технологічної схеми "Проектування маршрутів лазерного знімання", планування авіаційних лазерних знімків у ПЗ MissionPro, коригування траєкторії польоту у ПЗ InertialExplorer, ортоформування знімків, генерація хмари точок з бінарних файлів, результати оброблення, оцінку точності дослідної зони;

– **досвід роботи з хмарою точок на закордонних та українських ринках** (Виноградов В. В., ООО "Вітан-Естейт"), на прикладі двох об'єктів – експлуатаційна модель будівлі (6D модель) з використанням BIM при наповненні інформаційними даними для процесу обслуговування та експлуатації будівлі на принципах "Розумного будинку" та цеху заводу. Наведено зміст виконавчого плану проектів, хмари точок, BIM-моделі об'єктів, точність і якість хмар точок будівельних та конструктивних елементів будівель;

– **BIM-освіта**, де була представлена програма онлайн підтримки навчання "LET'S BIMPROVE". (Виноградов В. В., ООО "Вітан-Естейт").

Учасники конференції прийняли резолюцію, у якій вони звернулись до зацікавлених установ та організацій з проханням прикласти максимум зусиль для знаходження і здійснення заходів, які дадуть можливість пришвидшити застосування та розвиток технологій BIM у будівельній галузі України.

РІШЕННЯ
VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ. БІМ. ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ
ВПРОВАДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ"

9-10 грудня 2019 р. проведено VII Міжнародну науково-технічну конференцію **"Нові технології в будівництві. БІМ. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій"**, організаторами якої виступили Міністерство розвитку громад та територій України, Міністерство освіти і науки України, Академія будівництва України, Будівельна палата України, Науково-дослідний інститут будівельного виробництва, Київський національний університет будівництва і архітектури, ПрАТ ХК "Київміськбуд", ТОВ "ЛІРА-САПР".

У роботі конференції взяли участь понад 100 представників державних установ і громадських об'єднань, науково-дослідних, проектних та будівельних організацій, закладів вищої освіти будівельного профілю. Заслухано 42 доповіді про зарубіжний і вітчизняний досвід використання інформаційних технологій у будівельній практиці, напрацювання вітчизняних фахівців щодо програмних документів розвитку БІМ в Україні.

У вітальному слові Міністр розвитку громад та територій України А.В. Бабак наголосила на актуальності застосування інформаційного моделювання будівель в умовах України і ролі міністерства у застосуванні БІМ для підвищення ефективності державних інвестицій протягом усього життєвого циклу будівель, зокрема при здійсненні проектів Фонду регіонального розвитку, програми модернізації житлового фонду.

Конференція вирішила:

1. Вважати інформаційне моделювання будівель пріоритетним напрямом реформ в управлінні будівництвом, житловим господарством та державним нерухомим майном.

2. Схвалити поданий учасникам на розгляд проект Концепції застосування будівельного інформаційного моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу державних об'єктів.

3. Рекомендувати Міністерству розвитку громад та територій України з урахуванням профілю, нормотворчої та наукової спеціалізації:

- призначити головною організацією з питань розробки програмних документів, нормативної бази та координації впровадження БІМ в управлінні життєвим циклом будівельних об'єктів Науково-дослідний інститут будівельного виробництва;

- визначити інші базові організації Мінрегіону та залучити професійні, громадські об'єднання, заклади вищої освіти, спроможні і зацікавлені у вирішенні завдань планування та розробки підсистем

БІМ, залученні фінансування та реалізації груп заходів з удосконалення методів і функцій управління на різних стадіях життєвого циклу об'єктів (проектнування, експертизи, ціноутворенні, закупівлях і контрактах, спорудженні, утриманні, експлуатації, реновації та ліквідації об'єктів);

- розробити та внести до Кабінету Міністрів України проект постанови щодо використання інформаційного моделювання в управлінні життєвим циклом державних та комунальних об'єктів;

- забезпечити розроблення та затвердити зміни до державних будівельних норм щодо вимог до проектної та іншої документації застосування БІМ при зведенні та експлуатації об'єктів будівництва;

- внести зміни в накази стосовно професійної атестації відповідальних виконавців окремих видів послуг у сфері архітектурної діяльності в частині використання БІМ.

4. Рекомендувати Міністерству розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України в рамках формування та реалізації державної політики з питань технічного регулювання:

- визначити технічний комітет стандартизації зі сферою діяльності "інформаційне моделювання будівель";

- забезпечити розроблення національних стандартів, що гармонізовані з міжнародними нормативними документами стосовно інформаційного моделювання будівель;

- забезпечити розроблення змін до національних стандартів щодо проектної документації та здійснення експертизи проектів при використанні БІМ.

5. Рекомендувати Міністерству освіти і науки України:

- забезпечити розроблення для закладів вищої освіти будівельного профілю навчальних програм з інформаційного моделювання будівель;

- визначити Київський національний університет будівництва і архітектури базовим науково-навчальним закладом для запровадження у навчальний процес програм з інформаційного моделювання будівель;

- забезпечити розроблення для закладів вищої та середньої спеціальної освіти будівельного профілю навчальних посібників з інформаційного моделювання будівель.

6. Вважати за доцільне щорічне проведення науково-практичних конференцій з питань застосування інформаційного моделювання будівель в управлінні життєвим циклом будівельних об'єктів.

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,

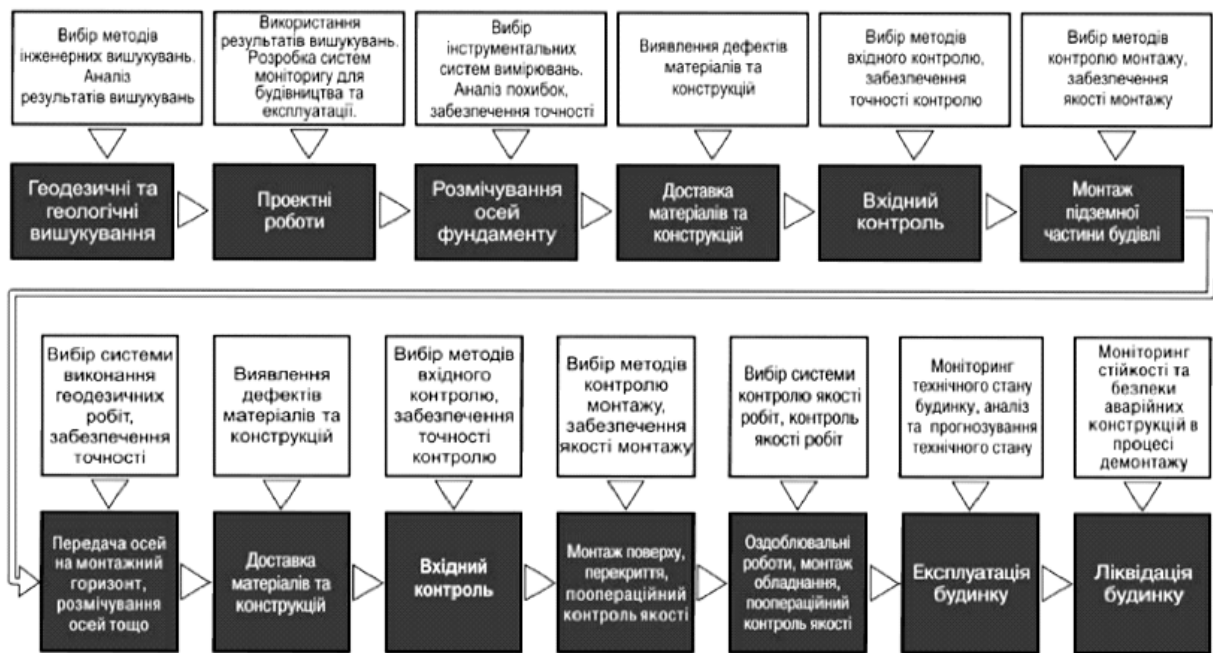


Рис.1 Вимірювальні роботи у складі життєвого циклу об'єктів будівництва

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 знімів, результатів контролю якості, карт та відомостей дефектів, звітів про обстеження. Визначення зв'язку між дефектами та причинами їх появи, прогнозування впливу цих

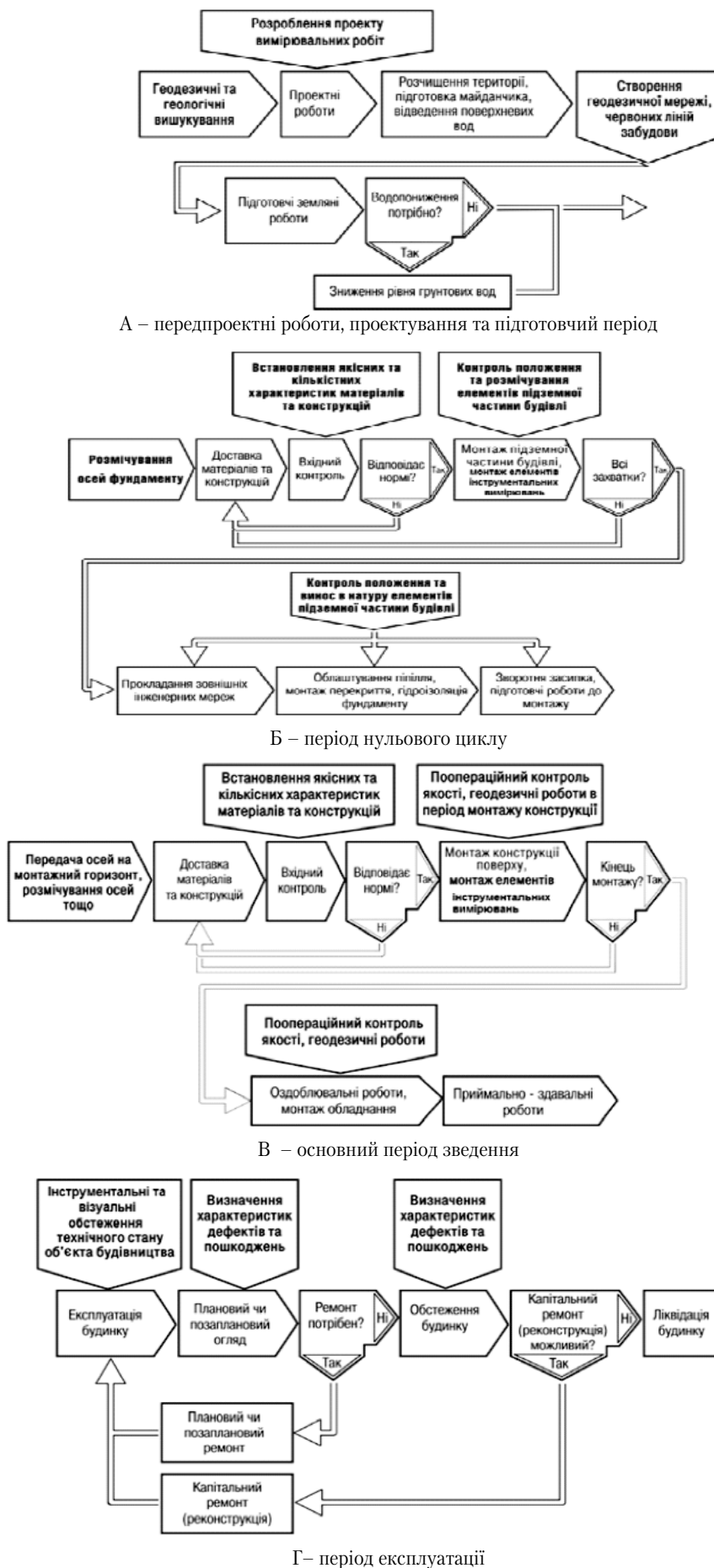


Рис. 2 Вимірвальні роботи протягом життєвого циклу будівель і споруд



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,

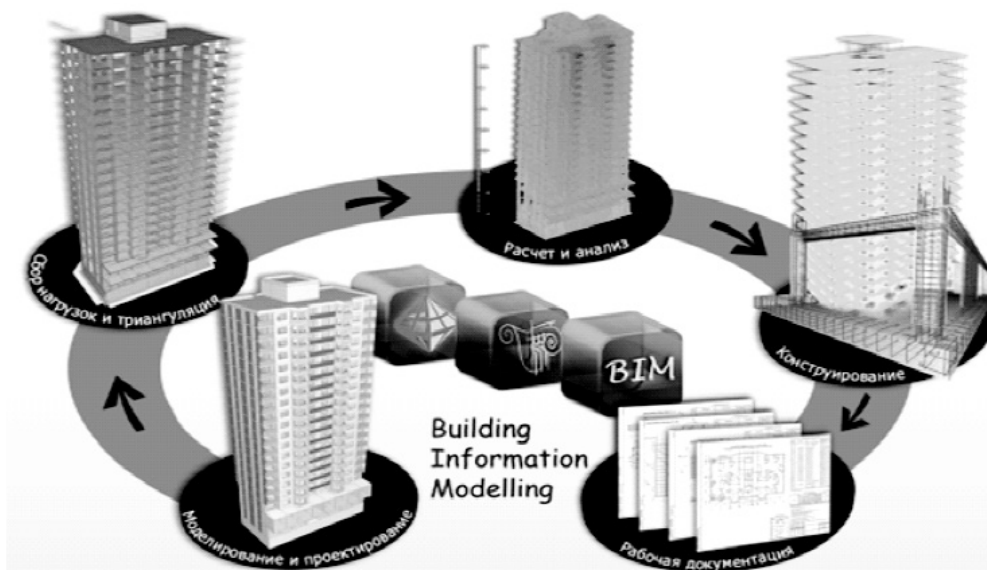


Рис. 5. Принцип проектування об'єктів за допомогою створення їх інформаційної моделі – "Інформаційне моделювання будівель" або скорочено BIM (від прийнятого в англійській мові терміна Building Information Modeling)

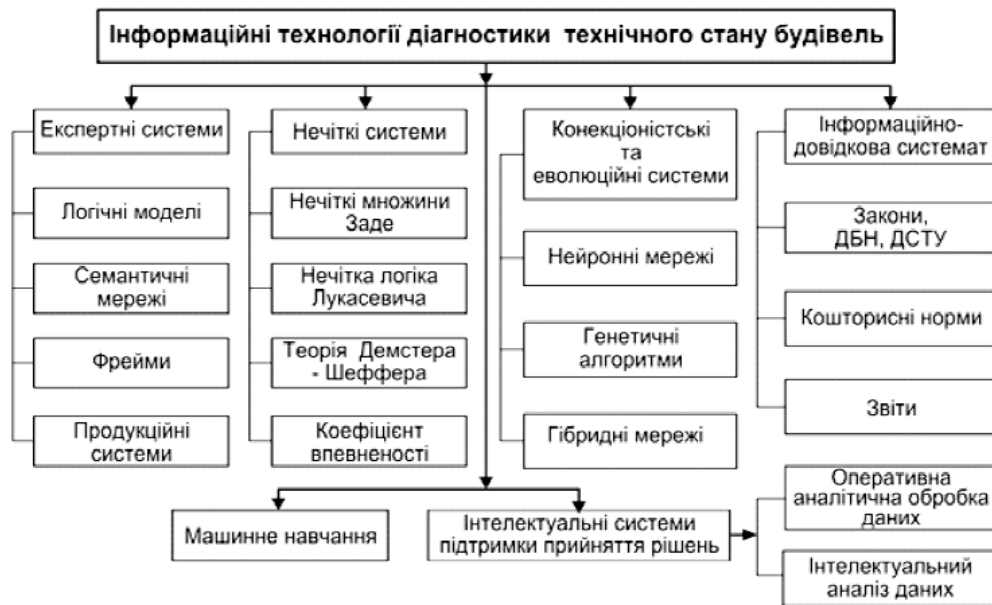


Рис. 6. Структурна схема інформаційних технологій стану будівель

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.*

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

ORCID: 0000-0003-0527-5890;

О.О. Терентьєв, д.т.н., проф., КНУБА, Київ;

І.В. Русан, к.т.н., доц., КНУБА, Київ;

Є.В. Горбатюк, к.т.н., доц., КНУБА, Київ

ПРОГРАМНО – ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація. Актуальність проведених досліджень обумовлено необхідністю розроблення інформаційної технології та аналітичних засобів її підтримки щодо автоматизованої діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд на етапах їх життєвого циклу. Проведена оцінка ризику при прийнятті діагностичних висновків щодо технічного стану будівельних конструкцій та будівель в цілому. Запропоновано архітектуру системи автоматизованої діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд та проведено експериментальне дослідження її працездатності та ефективності.

Ключові слова: будівельні конструкції, споруди, життєвий цикл, діагностика, технічний стан, нечіткі моделі, база знань, інтелектуальні системи, ризик.

Актуальність та аналіз проблеми. Для забезпечення безпечних умов експлуатації споруд першорядне значення набуває підтримання на належному рівні технічного стану споруд, у тому числі за рахунок продовження нормативних термінів експлуатації, відновлення та реконструкції. Загальною метою обстежень технічного стану будівельних конструкцій і споруд є виявлення ступеня фізичного зносу, причин, які обумовлюють їх стан, фактичної працездатності конструкцій і розробка заходів щодо забезпечення їх експлуатаційних якостей. У зв'язку з цим актуальним є побудова моделей, розробка методів та інформаційної технології діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд. Проблемою даної задачі є: відсутність системостворюючого формалізованого опису будівельних конструкцій на рівні деталізації їх фізичних, технологічних та конструктивних чинників і параметрів, що забезпечують їх функціонування та які дають можливість створення потужної інформаційної бази для розв'язання задач діагностики технічного стану; не розв'язана задача інформаційного та операційного поєднання моделей діагностики технічного стану і моделей проектування будівельних конструкцій. А тому, розв'язання вище зазначених задач є актуальним і дає можливість створення надійної і ефективної системи автоматизованої діагностики технічного стану будівельних конструкцій із можливістю коригування фізичних, технологічних та конструктивних параметрів на етапі їх проектування.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка інформаційної технології та аналітичних засобів її підтримки щодо процесів автоматизованої діагностики та їх інформаційного зв'язку з процесами проектування, що дозволить підвищити ефективність цих процесів на довгострокових етапах життєвого циклу будівельних конструкцій і споруд.

Достовірність результатів дослідження підтверджується застосуванням потужної бази даних щодо глибокої деталізації технічних характеристик будівельних конструкцій та достовірної бази знань

щодо багаторічного накопичення в ній позитивних результатів чисельних практичних експериментів; коректного математичного апарату, результатами реальних практичних експериментів та позитивними оцінками збігу реальних практичних експериментів з результатами комп'ютерного моделювання діагностичних процесів.

Виклад основного матеріалу. У роботі описуються методи, за допомогою яких був створений інтерфейс програми, та методи, за допомогою яких користувач зможе правильно та швидко користуватись програмним продуктом. Кожна форма розбита на декілька логічних частин, що значно полегшує роботу. На рис. 1 представлено структуру меню програми.

Можливість роботи в одному вікні (рис. 2) дає свої переваги. Це зручно, коли паралельно запущені інші програми чи користувач має маленькі розміри монітору. Змінюючи розміри головної форми всі наступні форми викликаються у тому ж розмірі. Права частина цієї форми (рис. 2) призначена для вводу вхідної інформації. На формі у певному порядку розташовані активні вікна (Edit) для занесення цифр, необхідних для розрахунку. Біля кожного такого вікна розташований надпис (Label), який вказує на коефіцієнт, що вводиться. В нижній частині знаходиться кнопка (Button) "Розрахунок". При натисканні якої в правій частині форми з'являються прораховані результати.

Вся права частина (вхідні дані) об'єднана в блок, який відділяє її від даних, отриманих при розрахунку (GroupBox).

Ліва частина представляє собою розділену (за допомогою Panel) на три частини, в кожній з яких є опис, символ змінної та значення величини, яка була розрахована. В нижній частині є дві кнопки "Додати у звіт", при натисканні які дані передаються до звіту, або ">>Нескельним ґрунтам", при натисканні якої розрахунки передаються до наступного етапу проектування. За допомогою галочки (CheckBox) користувач вибирає, друкувати проміжні значення чи ні.

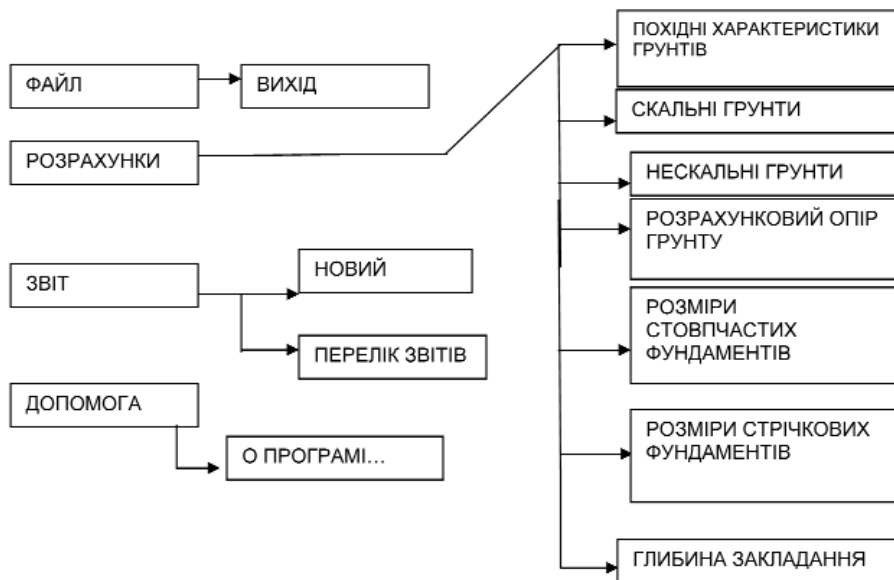


Рис. 1 Структура меню

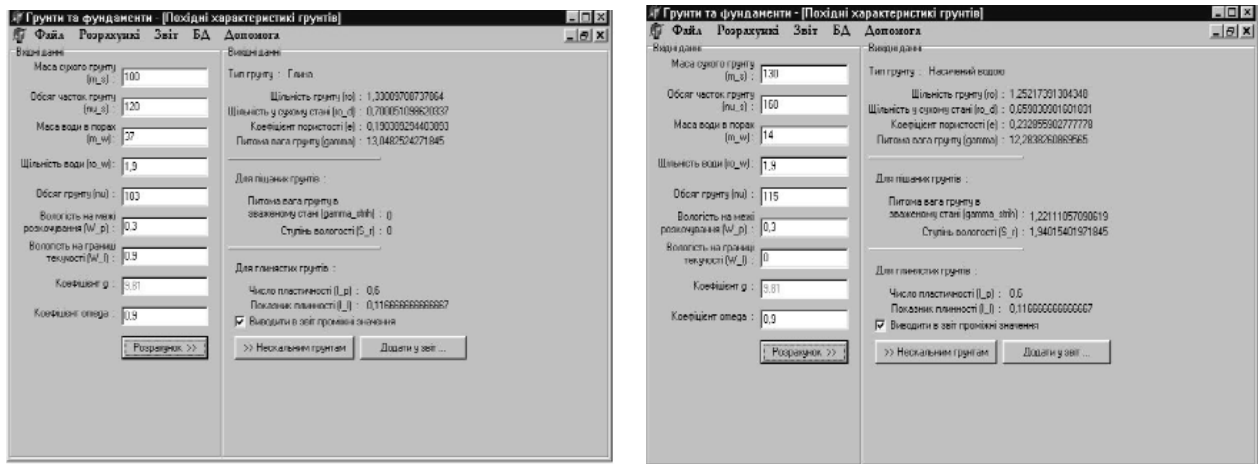


Рис. 2 Вигляд форми "Похідні характеристики ґрунтів"

Нескельні ґрунти. Ця форма (рис. 3) представляє собою вікно, поділене на три логічних частини. У верхній частині знаходяться сім активних вікон (edit) для вводу цифр, дві кнопки (Button), перша з яких: "Визначення" – необхідна для отримання результатів, друга: Додати у звіт... – призначена для переносу результатів розрахунку в звіт, та вісім надписів (Label), які допомагають користувачу правильно вводити значення. Для отримання результатів користувачу необхідно ввести вхідні дані в поля, натиснути кнопку "Визначення" та, за необхідності, додати результат до звіту.

Верхня частина форми призначена для визначення типу нескельного ґрунту, знаючи значення певних його характеристик. Друга логічна частина форми знаходиться по середині. Вона представляє два поля: за допомогою першого (ListBox) користувач може вибрати той тип ґрунту, характеристики якого треба визначити.

Рухаючи курсор вгору чи вниз по списку ґрунтів (в цьому полі вказані всі можливі варіанти поєднання ґрунтів), які розташовані в алфавітній послідовності, вибраний рядок відмічається іншим кольором, а з правої частини (Мето) з'являються значення коефіцієнтів вибраного типу ґрунту.

Під полем з відображенням результатів (рис. 4) знаходиться кнопка "Додати у звіт..." натискаючи на яку користувач передає свої результати у звіт.

У нижній частині форми маємо поле, на якому виписані всі коефіцієнти, та їх фізичний зміст, це необхідно для користувачів, які не мають великого досвіду в проектуванні фундаментів.

Специфіка роботи з формою (рис. 5) та ж сама, як і з формою для визначення характеристик нескельних ґрунтів.

Для проведення розрахунку треба ввести всі необхідні дані в належні поля (рис. 8), натиснути на кнопку "Розрахунок", результати з'являються знизу форми, де за допомогою галочки користувач має право вибрати видавати в звіт проміжні значення чи ні, кнопка "Додати у звіт..." – данні транслюються до звіту з урахуванням вибраного параметру.

Для оптимізації роботи користувач може додати вхідні дані до розрахунку фундаментів., для цього необхідно натиснути на ">>Дані на розрахунок фундаментів".

При цьому буде викликано вікно (рис. 7), в якому можна буде зробити деякі уточнення і передати цю інформацію далі (при натисканні "Прийняти")

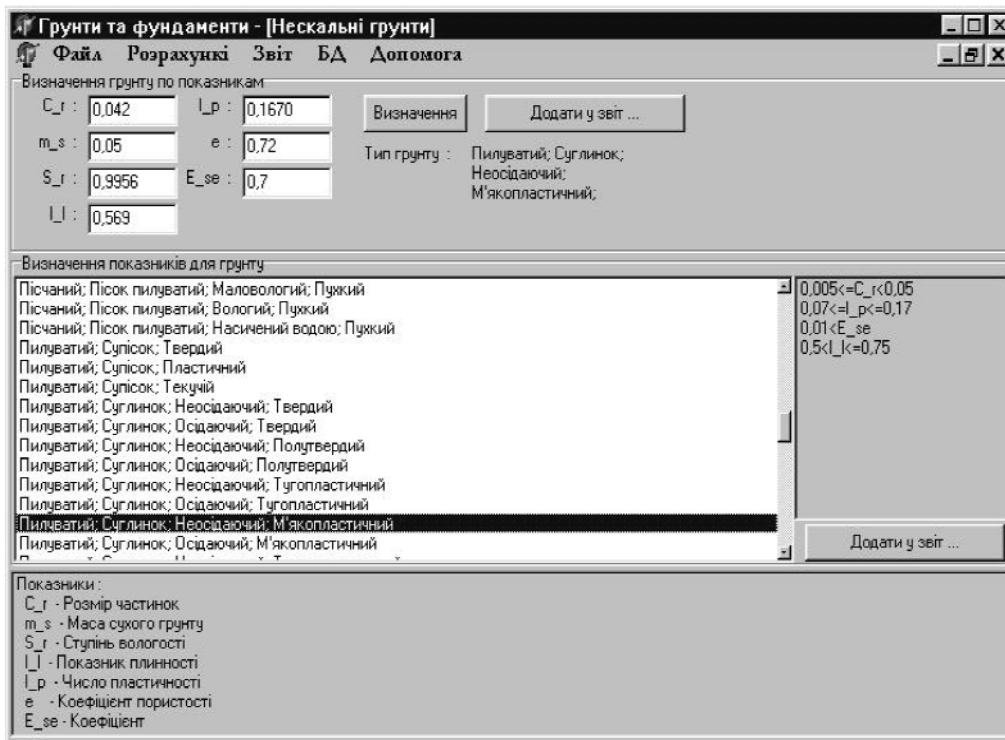


Рис. 3 Форма "Нескельні ґрунти"

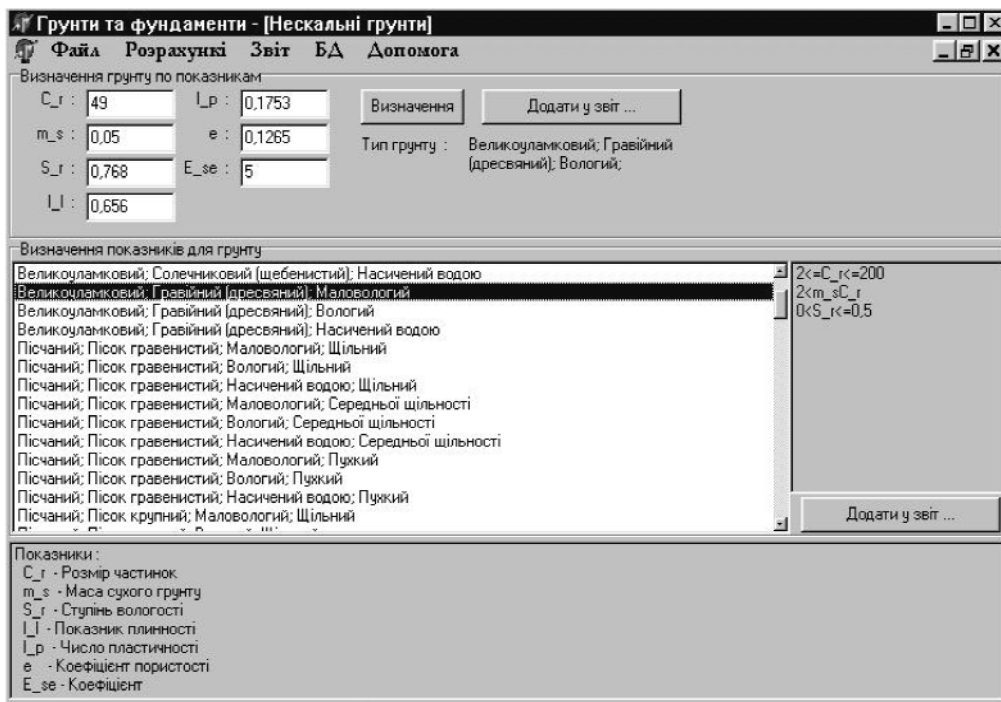


Рис. 4 Робота з формою "Нескельні ґрунти"

або відмовитись (при натисканні "Повернутись") від цієї дії.

Для визначення розмірів стовпчастих фундаментів необхідно занести значення коефіцієнтів у відповідні поля (рис. 8), натиснути на кнопку "Дані для розрахункового опору ґрунту", заповнити поля, якщо вони не заповнені, або "Прийняти", якщо занесені дані вас влаштовують. Для розрахунку натисніть "Розрахунок".

При появі з правого боку (у блоку вихідні дані) значень натиснути на кнопку "Приблизні значення", при наявності в БД типорозміру фундаменту з'яв-

ляється таблиця (DBGrid), в якій відображаються розміри типових фундаментів, розміри яких приблизно рівні розрахунковим. З правого боку можна побачити ескіз (вікно DBImag) запроєктованого фундаменту, та отримати роздрукований варіант отриманих даних за допомогою кнопки "Роздрукувати результати".

Виходячи із специфіки стовпчастих фундаментів, система має БД тільки квадратних в плані фундаментів. Якщо при розрахунку співвідношення сторін фундаменту не =1, маємо варіант, показаний на рис. 10:

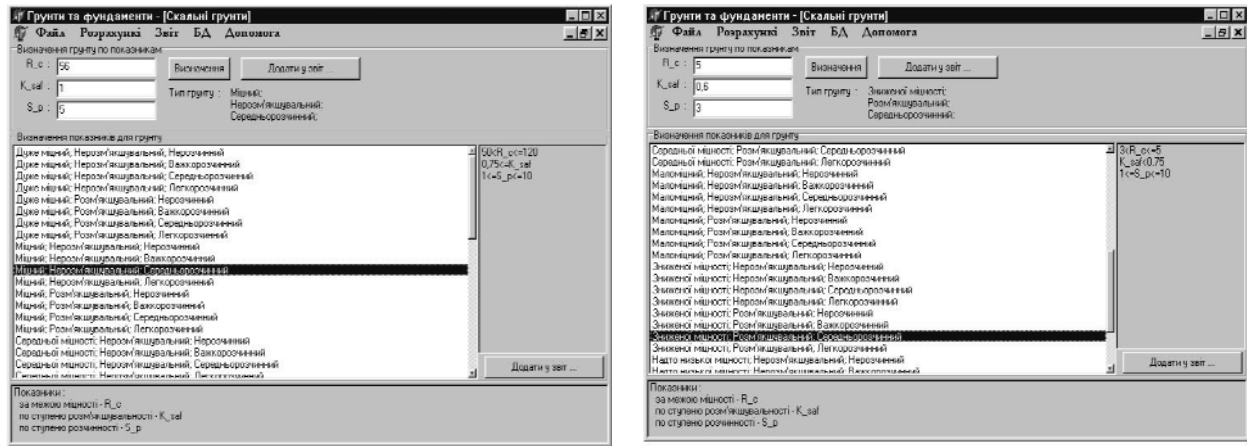


Рис. 5 Вид форми "Скеліні ґрунти"

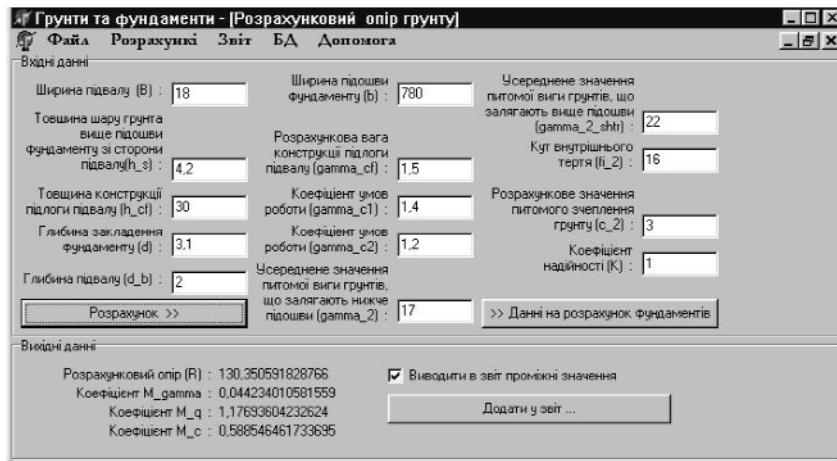


Рис. 6 Вид форми "Розрахунковий опір"

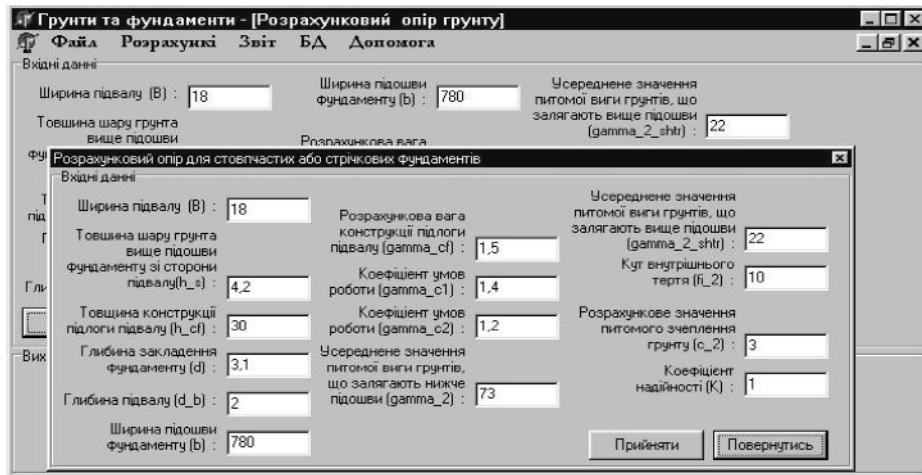


Рис. 7 Вікно для введення даних розрахунку опору

Це повідомлення (рис. 10) попереджує користувача, що БД не містить даних про такі розміри. В такому випадку на друк відсилаються розрахункові значення запроєктованого фундаменту та шаблон стовпчастого фундаменту, який в даному випадку не змінюється.

Зміст та призначення цієї форми (рис. 10) повністю відповідає формі для визначення розмірів стовпчастих фундаментів.

Ця форма (рис. 11) необхідна для визначення глибини закладання фундаментів в залежності від глибини сезонного промерзання та особливості спо-

руди. При необхідності закладання фундаментів на різній глибині можна розрахувати різницю глибин суміжних фундаментів. Також ці дані необхідні при розрахунку розрахункового опору.

При редагуванні бази даних (рис. 12) стрічкових фундаментів користувачу надається можливість :

Додавати запис. Для цього треба натиснути "Додати". В такому випадку для введення нових параметрів з'явиться чиста графа (нижче той, на якій був курсор), куди і треба занести нові дані.

При необхідності змінити параметри вже існуючі, треба користуватись кнопкою "Редагувати". В



Рис. 8 Форма для визначення розмірів стовпчастих фундаментів

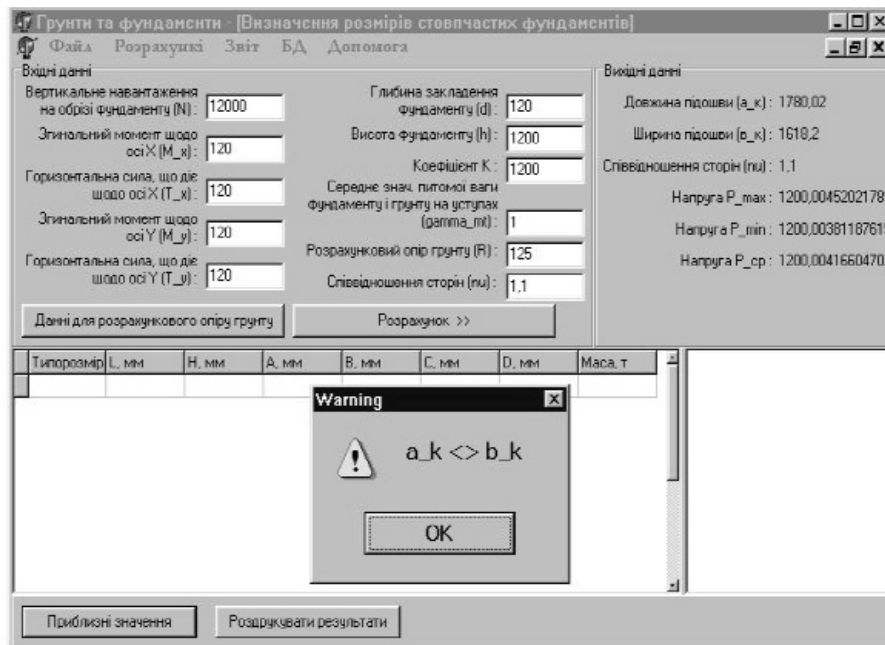


Рис. 9 Інформація про співвідношення сторін

такому випадку відмічаючи курсором дані для зміни значення з клавіатури вводиться нове.

При появі необхідності видалити запис із бази необхідно виділити весь рядок і натиснути "Видалити". Всі дані що знаходились нижче видаленого автоматично піднімаються вгору. Після роботи з БД необхідно підтвердити свої наміри про зміну інформації натиснувши "Прийняти", або "Відмінити", якщо зміни не потрібні.

Для кожного типу фундаменту можна присвоїти свій власний ескіз за допомогою "Завантажити ескіз". При натисканні кнопки користувач має можливість завантажити будь який графічний додаток з урахуванням того, що це зображення буде відтворюватись при розрахунку і друку.

Після закінчення роботи з БД, натискаючи "Повернутись", форма закривається і повертається до попередньо відкритого вікна.

Ця інформативна база (рис. 13) дає можливість користувачу отримати інформацію про існуючі розміри стінових панелей, які використовуються при будівництві. В залежності від занесених в БД розмірів фундаментних стрічкових плит, ця таблиця дає можливість редагувати розміри стінових панелей.

Редагування таблиці відбувається за тими ж принципами, що і у таблиці розмірів стрічкових фундаментних плит, крім можливості присвоєння певним розмірам ескізів деталей.

При редагуванні бази даних стовпчастих фундаментів (рис. 14) користувачу надається можливість :

Додавати запис. Для цього треба натиснути "Додати". В такому випадку для введення нових параметрів з'явиться чиста графа (нижче тієї, на якій був курсор), куди і треба занести нові дані.

При необхідності змінити параметри вже існуючі, треба користуватись кнопкою "Редагувати". В

Грунти та фундаменти - [Визначення розмірів підшови стрічкових фундаментів]

Файл Розрахунки Звіт БД Допомога

Вхідні дані

Вертикальне навантаження (N₂): 1000
 Коefіцієнт, врахов. власну вагу фундаменту (K): 340
 Розрахунковий опір ґрунту (R): 230
 Середнє знач. питомої ваги фундаменту і ґрунту на поступках (gamma_{ml}): 1.178
 Висота підшови (h): 300

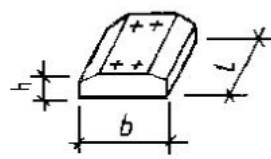
Глибина закладення підшови фундаменту (d): 20000
 Довжина плити збірного фундаменту (l_n): 2380
 Ознака збірних/монолітних фундаментів (w): 1
 Коefіцієнт підвищення розрахункового опору ґрунту (K_d): 1
 Довжина фундаменту (L): 1000

Вихідні дані

Тип: Сувільний
 Середня напруга на підшові фундаменту:
 Монолітного і сувільного (P): 10000.9595087315
 Переривчастого (P_s): 0
 Перевищення розр. опору ґрунту для переривчастого фундаменту (K_{df}): 0
 Довжина плити збірного фундаменту (l_n): 2380
 Кінцевий розр. опір (R_k): 23886.2587796443
 Відстань між з/б плитами (l_b): 0
 Ширина підшови (b): 1042.2

Данні для розрахункового опору ґрунту Розрахунок >>

Марка плити	b, мм	l, мм	h, мм	Обсяг бетону, м куб.	Вага плити, кН	Вага петель, Н
ФЛ12, 24	1200	2380	300	0,703	17,6	
ФЛ10, 24	1000	2380	300	0,608	15,2	



Приблизні значення Роздрукувати результати

Рис. 10 Форма для визначення стрічкових фундаментів

Грунти та фундаменти - [Розрахунок глибини закладення фундаментів]

Файл Розрахунки Звіт БД Допомога

Вхідні дані

Сума абсолютних середньомісячних негативних температур (M_t): 18
 Коefіцієнт d₀, м: 0,28
 Коefіцієнт теплового режиму (K_n): 0,9

Відстань між фундаментами (a): 1
 Кут внутрішнього тертя (fi₁): 35
 Питоме зчеплення ґрунту (c₁): 18
 Середній тиск під підшовою (p): 50

Розрахунок >>

Вихідні дані

Розрахункова глибина сезонного промерзання ґрунту (d_f): 1.06914545315406
 Припустима різниця глибини закладення суміжних фундаментів (delta h): 0.833814720414451

Рис. 11 Вигляд форми "Розрахунок глибини закладення фундаментів"

Редагування таблиці фундаментних плит стрічкових фундаментів

Марка плити	b, мм	l, мм	h, мм	Обсяг бетону, м куб.	Вага плити, кН	Вага петель, Н
ФЛ32, 12	3200	1180	500	1,6	40	65
ФЛ32, 8	3200	780	500	1,047	26,2	46
ФЛ28, 12	2800	1180	500	1,369	34,2	65
ФЛ28, 8	2800	780	500	0,896	22,4	46
ФЛ24, 12	2400	1180	500	1,138	28,45	46
ФЛ24, 8	2400	780	500	0,745	18,65	32
ФЛ20, 12	2000	1180	500	0,975	24,4	46
ФЛ20, 8	2000	780	500	0,638	15,95	32
ФЛ16, 24	1600	2380	500	0,987	24,7	32



Додати Редагувати Видалити Прийняти Відмінити Завантажити ескіз Повернутись

Рис. 12 БД стрічкових фундаментів



Рис. 13 БД стінових панелей



Рис. 14 БД стовпчастих фундаментів



Рис. 15 БД ступеней для плит стовпчастих фундаментів

такому випадку, відмічаючи курсором дані для зміни значення з клавіатури вводиться нове.

При появі необхідності видалити запис із бази необхідно виділити весь рядок і натиснути "Видалити". Всі дані що знаходились нижче видаленого, автоматично піднімаються вгору.

Після роботи з БД необхідно підтвердити свої наміри про зміну інформації, натиснувши "Прийняти" або "Відмінити", якщо зміни не потрібні.

Для кожного типу фундаменту можна присвоїти свій власний ескіз за допомогою "Завантажити ескіз". При натисканні кнопки користувач має мож-

ливість завантажити будь-який графічний додаток з урахуванням того, що це зображення буде відтворюватися при розрахунку і друку.

На відміну від стрічкових фундаментів до таблиці розмірів занесені тільки ті типи фундаментів, які мають в основі квадратну форму підшви фундаменту, результат при розрахунку у вигляді таблиці і ескізу відображається на головній формі стовпчастих фундаментів лише у випадках, коли ця умова ($a/v=1$) має місце.

Після закінчення роботи з БД, натискаючи "Повернутись", форма закривається і повертається до попередньо відкритого вікна.

Ця інформативна база (рис. 15) дає можливість користувачу отримати інформацію про існуючі розміри, висоти ступіней, які використовуються при будівництві. В залежності від занесених в БД розмірів фундаментних стовпчастих плит ця таблиця дає можливість редагувати розміри. Редагування таблиці відбувається за тими ж принципами, що і у таблиці розмірів стовпчастих фундаментних плит. Крім можливості присвоювання певним розмірам ескізів деталей.

Висновок. Запропоновано програмно-технічний комплекс практичної реалізації системи діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд; розроблена структура програмного забезпечення системи автоматизованої діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд; проведені експериментальні дослідження щодо ефективності запропонованої системи автоматизованої діагностики та проведена оцінка збігу практичних діагностичних висновків та результатів комп'ютерного моделювання процесів діагностики на основі нечітких моделей та алгоритмів штучного інтелекту. Отримано позитивні результати такої оцінки, що підтверджує ефективність запропонованої автоматизованої інформаційної технології та аналітичних засобів її підтримки щодо системи автоматизованої діагностики технічного стану будівельних конструкцій і споруд.

На реальних прикладах спостереження та діагностики стану будівельних конструкцій і споруд доведено позитивний збіг практичних діагностичних висновків з теоретичними результатами моделювання на основі реалізації нечітких моделей і методів.

Література

1. Інтелектуальна інформаційна технологія діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, О.О. Терент'єв, М.І. Цюцюра // – К: ЦП "Компринт", 2015. – С. 162.
2. Моделі і методи системи діагностики технічного стану будівель [Текст] : монографія /А.О. Білощичкий, П.Е. Григоровський, О.О. Терент'єв // – К: ЦП "Компринт", 2015. – С. 232.
3. Терент'єв О.О. Моделі визначення фізичного зношення конструктивних елементів будівлі для задач діагностики технічного стану / Баліна О.І., Шабала Є.Є.// – К: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 26/2016, КНУБА, 2016. – С. 153-157.
4. Терент'єв О.О. Побудова діагностичних моделей основних конструкцій будівель /Шабала Є.Є., Баліна О.І., Доля О.В.// – К: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 28/2016, КНУБА, 2016. – С. 155-159.
5. Михайленко В.М. Аналіз сучасних інформаційних методів системи діагностики технічного стану будівель /Терент'єв О.О., Шабала Є.Є.// – К: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 29/2017, КНУБА, 2017. – С. 136-143.
6. Інтегровані моделі і методи автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва [Текст] : монографія /В.М. Михайленко, П.Е. Григоровський, І.В. Русан, О.О. Терент'єв // – К: ЦП "Компринт", 2017. – С. 229.
7. Olexander Terentyev The Method of Direct Grading and the Generalized Method of Assessment of Buildings Technical Condition /Mykola Tsiutsiura// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 7, July 2015. – P. 827-829.
8. Olexander Terentyev The Method of Prediction of Deformations of Buildings and Failure Analysis the Examination of Technical Condition of Buildings /Malyna Bohdan// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 8, August 2015. – P. 280-282.
9. Olexander Terentyev Methodology a comprehensive survey and assessment of technical condition of staircases – Scientific Journal "ScienceRise", Volume 8/2(13), August 2015. – P. 41-46.
10. Scitlana Tsiutsiura The Method of Assessing Risk Management at Various Stages of the Life Cycle for the Problem of Diagnostics of Technical Condition of Buildings /Olexander Terentyev// – International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 9, September 2015. – P. 588-590.
11. Olexander Terentyev Mathematical model of the system of decision support for problem diagnostics of technical condition of building constructions – Scientific Journal "ScienceRise" №9/2(14), September 2015. – P. 35-40.
12. Olexander Terentyev Development of models and methods for determining the physical deterioration of items for the task of diagnostics of technical condition of buildings and structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal "ScienceRise" №8/2(25), August 2016. – P. 14-19.
13. Olexander Terentyev Risk assessment of delayed damage diagnostics of technical condition of building structures /Olexander Poltorak// – Scientific Journal "ScienceRise" №2(31), February 2017. – P. 42-45.

References

1. Intelektualna Informatsiyna tehnologiya dIagnostiki tehnIchnogo stanu budIvel [Tekst] : monografIya /V.M. MIhaylenko, O.O. TerentEv, M.I. Tsyutsyura // – K: TsP "Komprint", 2015. – S. 162.
2. Modell I metodi sistemi dIagnostiki tehnIchnogo stanu budIvel [Tekst] : monografIya /A.O. Biloschitskiy, P.E. Grigorovskiy, O.O. TerentEv // – K: TsP "Komprint", 2015. – S. 232.
3. TerentEv O.O. Modell viznachennya fIzichnogo znoshennya konstruktivnih elementIv budIvell dIlya zadach dIagnostiki tehnIchnogo

- stanu / Balina O.I., Shabala E.E.// – K.: Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem, zbirnik naukovih prats, випуск 26/2016, KNUBA, 2016. – S. 153-157.
4. TerentEv O.O. Pobudova dIagnostichnih modeley osnovnih konstruktivny budiviel /Shabala E.E., Balina O.I., Dolya O.V.// – K.: Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem, zbirnik naukovih prats, випуск 28/2016, KNUBA, 2016. – S. 155-159.
5. Mlhaylenko V.M. Analiz suchasnykh Informatsiynykh metodiv sistemi dIagnostiki tekhichnogo stanu budiviel /TerentEv O.O., Shabala E.E.// – K.: Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem, zbirnik naukovih prats, випуск 29/2017, KNUBA, 2017. – S. 136-143.
6. IntegrovanI modeli I metodi avtomatizovanoYi sistemi dIagnostiki tekhichnogo stanu ob'Ektiv budivnitstva [Tekst]: monografiya /V.M. Mlhaylenko, P.E. Grigorovskiy, I.V. Rusan, O.O. TerentEv // – K: TsP "Komprint", 2017. – S. 229.

П.Е. Григоровский, д.т.н., с.н.с., ORCID: 0000-0003-0527-5890, ГП “НИИСП”, г. Киев;
А.А. Терентьев, проф. КНУСА, г. Киев;
И.В. Русан, к.т.н. КНУСА, г. Киев;
Е.В. Горбатьюк к.т.н., КНУСА, г. Киев

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Аннотация.** Актуальность проведенных исследований обусловлено исследованием разработки информационной технологии и аналитических средств ее поддержки по автоматизированной диагностике технического состояния строительных конструкций и сооружений на этапах их жизненного цикла. Проведена оценка риска при принятии диагностических выводов относительно технического состояния строительных конструкций и зданий в целом. Предложена система автоматизированной диагностики технического состояния строительных конструкций и сооружений и проведено экспериментальное исследование ее работоспособности и эффективности.*

***Ключевые слова:** строительные конструкции, сооружения, жизненный цикл, диагностика, техническое состояние, нечеткие модели, база знаний, интеллектуальные системы, риск.*

P. Hrihorovskiy, ORCID: 0000-0003-0527-5890
 The state "Research institute of building production" (NDIBV), Kyiv
A. Terentyev;
I. Rusan;
E. Gorbatyuk
 Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX FOR THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF CONSTRUCTION STRUCTURES

***Abstract.** The relevance of the research is due to the problem of research and development of information technology and analytical tools for its support for the automated diagnosis of technical condition of building structures and structures at the stages of their life cycle. The risk assessment was carried out when making diagnostic conclusions regarding the technical condition of building structures and buildings in general. The architecture of the system of automated diagnostics of the technical condition of building structures and structures was proposed and an experimental study of its efficiency and efficiency was carried out.*

***Keywords:** building constructions, structures, life cycle, diagnostics, technical condition, fuzzy models, knowledge base, intelligent systems, risk.*

О.В. Горда, к. т. н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій проектування і прикладної математики, ORCID: 0000-0001-7380-0533

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

М.М. Власенко, студент

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

В. О. Журавльова, студент

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ НАДІЙНІСТЮ ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА В РАМКАХ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

***Анотація.** Впровадження BIM є важливим аспектом в проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів будівництва (ОБ). Досліджена та обґрунтована необхідність застосування BIM-технологій на різних етапах життєвого циклу будівель та споруд. Для аналізу застосування BIM-моделювання був використаний факторний аналіз для визначення характеристик ОБ, які можна спостерігати, вимірювати та змінювати за рахунок яких можливо запроваджувати управління експлуатаційною надійністю будівель та споруд різного призначення на етапі експлуатації. Розглянута проблема визначення технічного стану об'єктів будівництва на основі процедури оцінки граничних станів в рамках BIM-технології. Виконана математична постановка задачі управління експлуатаційною надійністю об'єкту будівництва в рамках теорії прийняття рішень. Запропонована синтетична модель та процедура побудови управління експлуатаційною надійністю об'єкту будівництва в рамках теорії прийняття рішень внаслідок застосування BIM-моделювання.*

***Ключові слова:** синтетична модель, управління, експлуатаційна надійність, інформаційна модель (BIM), факторний аналіз.*

Вступ

Впровадження BIM (Building Information Model) — технологій в проектуванні та будівництві, починаючи з 2019 року, є важливим та своєчасним для України.

Для досягнення максимального ефекту від використання BIM-технологій, необхідно впроваджувати їх на всіх етапах реалізації проекту, бути компанією повного циклу. В цьому випадку, модель живе від концепції до введення об'єкта в експлуатацію і надалі передається власнику будівлі, як основа для створення експлуатаційної системи.[1]

Для того щоб була можливість прив'язати плани будівництва, фінансування, і поставок матеріалів до єдиної інформаційної моделі будівлі, необхідно, щоб модель була пов'язана з різними довідковими та інформаційними системами. Така інформаційна система дозволяє швидко аналізувати на ранніх етапах вартість і терміни зведення об'єкта при різних варіантах проектних рішень. Так само швидко можна вносити зміни в проект і фінансову модель на будь-якій стадії життєвого циклу.

Країни Євросоюзу почали впроваджувати BIM-технології ще у 2013 році. У липні 2018 року робоча група Євросоюзу по BIM випустила Керівництво по впровадженню технологій для європейських державних замовників. За оцінками експертів, проектування, будівництво та експлуатація об'єктів за технологією BIM більш ефективні, вони дозволяють послідовно запланувати процес будівництва і логі-

стику матеріалів. Все поставляється точно в термін відповідно до графіку, тобто необхідність в складських площах відпадає, а самі будівлі збираються як конструктор з підвезені день в день елементів.[5]

Застосування BIM технологій для проектування, будівництва та експлуатації промислових, інфраструктурних, цивільних об'єктів будівництва стало фактично обов'язковою практикою в розвинених країнах. Як показує міжнародна практика, застосування BIM дозволяє оптимізувати терміни будівництва на 20%, збільшити контроль над витратами на 30% і більше, скорочує вартість будівництва на 20%, а в деяких випадках до 33%. [4]

Перевагами застосування BIM-технологій в проектуванні, будівництві та експлуатації є:

- зменшення термінів підготовки проектної документації;
- зменшення ймовірності помилок при проектуванні;
- контроль ключових показників і дотримання термінів виконання робіт;
- швидке надання інформації щодо результатів досліджень і випробувань, проектної документації та звітів в електронному вигляді;
- оперативне коригування вартісних показників будівництва;
- зниження грошових витрат
- скорочення термінів введення будівлі в експлуатацію.

Надійність експлуатаційна — основна властивість будівельних конструкцій, будівель і споруд в цілому виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих режимах на будь-якому етапі експлуатації.

З кожним роком зростає обсяг проведених обстежень будівель. Причиною цього є ряд факторів:

- фізичний знос будівлі, внаслідок погіршення технічних і пов'язаних з ними експлуатаційних показників будівлі, викликане об'єктивними причинами;
- моральний знос будівлі, внаслідок зниження експлуатаційних якостей в часі;
- реконструкція, капітальний ремонт або технічне переозброєння об'єкта.

Використовуючи технології інформаційного моделювання при обстеженні будівель і споруд, можна виділити наступні позитивні аспекти:

- можливість моделювання змін в конструкції будівель з плином часу;
- можливість проведення капітального ремонту, реконструкції або технічного переозброєння на основі отриманої моделі;
- відстеження поточного стану будівлі;
- наочне уявлення про стан об'єкта в цілому.

При проектуванні будівельних об'єктів за допомогою BIM-технологій забезпечується :

- 1) скорочення витрат робочого часу, зниження фонду зарплати шляхом зниження витрат праці на обробку інформації, отримання економії завдяки зниженню запасів, скорочення термінів будівництва і зниження незавершеного виробництва.
- 2) точна побудова рельєфу місцевості, стає можливим внесення змін при проектуванні, здійснюється ретельний контроль всіх вироблених операцій, внаслідок чого підвищується безпека будівництва та експлуатації.

Інформаційна модель будівлі, отримана при обстеженні, може бути використана і в подальших життєвих циклах будівлі, наприклад, в стадії експлуатації будівлі або споруди.[3]

Дослідження проблеми

Будемо розглядати експлуатаційну надійність, як основну властивість будівельних конструкцій, будівель і споруд в цілому виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих режимах на будь-якому етапі експлуатації. Експлуатаційна надійність характеризується сукупністю відомостей про технічний споруди, працездатність, включаючи дані про екстремальні впливи, і пошкодження, що мали місце в період експлуатації, кількісним описом безпеки будівельного об'єкта за допомогою системи показників його здатності виконувати необхідні функції протягом розрахункового терміну експлуатації [6].

Основним показником надійності будівельних об'єктів є неможливість реалізації в них граничних станів протягом розрахункового терміну служби.

Граничні стану будівельного об'єкта слід поділяти наступним чином:

- аварійний граничний стан, що відповідає руйнуванню будівель і споруд при аварійних впливах і ситуаціях з катастрофічними наслідками;
- перша група граничних станів – стан будівельних об'єктів, реалізація яких призводить до втрати несучої здатності будівельних об'єктів;
- друга група граничних станів - стан, при реалізації якого порушується нормальна експлуатація будівельних об'єктів або вичерпується ресурс їх довговічність;
- ті, що встановлюються в нормах або завданнях на проектування – інші граничні стани, що утруднюють нормальну експлуатацію будівельних об'єктів (наприклад, стан при яких порушується комфортність населення).

До граничних станів першої групи слід відносити:

- руйнування будь-якого характеру (наприклад, пластичне, крихке, втома);
- втрату стійкості форми;
- явища, при яких виникає необхідність припинення експлуатації (наприклад, надмірні деформації в результаті деградації властивостей матеріалу, пластичності, зсуву в з'єднаннях, а також надмірне розкриття тріщин).

До граничних станів другої групи слід відносити:

- досягнення граничних деформацій конструкцій (наприклад, граничних прогинів, кутів повороту) або граничних деформацій конструкцій, встановлених виходячи з технологічних, конструктивних або естетико-психологічних вимог;
- досягнення граничних рівнів коливань конструкцій чи основ, що викликають шкідливі для здоров'я людей фізіологічні впливи;
- утворення тріщин, що не порушують нормальну експлуатацію будівельного об'єкта;
- досягнення граничної ширини розкриття тріщин;
- інші явища, при яких виникає необхідність тимчасового обмеження експлуатації будівлі або споруди через неприйнятне зниження їх експлуатаційних якостей або розрахункового терміну служби (наприклад, корозійні пошкодження).

Перелік граничних станів, які необхідно враховувати при проектуванні будівельного об'єкта, встановлюють в нормах проектування або в технічному завданні на проектування [7, 11].

Граничні стани можуть бути віднесені як до конструкції в цілому, так і до окремих елементів, їхніх сполук або поперечних перетинів.

Для кожного граничного стану, який необхідно враховувати при проектуванні, повинні бути встановлені відповідні розрахункові значення навантажень і впливів, характеристик матеріалів і ґрунтів, а також геометричні параметри конструкцій будівель і споруд (з урахуванням їх можливих найбільш несприятливих відхилень), часткові коефіцієнти надійності, гранично допустимі значення зусиль, на-

пружень, прогинів, переміщень і осідання фундаментів.

Для кожного граничного стану, що враховується, повинні бути встановлені розрахункові моделі споруди, його конструктивних елементів і основ, що описують їх поведінку при найбільш несприятливих умовах їх зведення і експлуатації.

Для забезпечення необхідної довговічності будівельного об'єкта необхідно враховувати:

- умови експлуатації за призначенням;
- вплив навколишнього середовища;
- властивості застосовуваних матеріалів, можливі засоби їх захисту від негативних впливів середовища, а також можливість деградації їх властивостей.

При аварійних впливах надійність будівельних конструкцій також слід забезпечувати за рахунок проведення одного або декількох спеціальних заходів, що включають в себе:

- попередження, виключення або зниження небезпеки руйнування будівельних об'єктів і, в першу чергу, його несучих елементів;
- вибір матеріалів і конструктивних рішень, які при аварійному виході з ладу або локальному пошкодженні окремих несучих елементів не ведуть до прогресуючого руйнування споруди;
- використання комплексу спеціальних організаційних заходів, що забезпечують обмеження і контроль доступу до основних несучих конструкцій споруди.

Оцінка технічного стану будівельних конструкцій, будівель і споруд проводиться шляхом зіставлення гранично допустимих (розрахункових або нормативних) і фактичних значень критеріїв, що характеризують міцність, стійкість, деформативність і експлуатаційні характеристики будівельних конструкцій [8, 9, 10]. При оцінці технічного стану об'єктів необхідно враховувати, що властивості будівельних матеріалів, ґрунтів підстав, навантажень і впливів, умови експлуатації є випадковими величинами або випадковими функціями.

Постановка задачі

Введемо наступні позначення:

$\{P_i\}_{i \in I}$ – множина функцій, що відповідає параметрам об'єкту будівництва (ОБ), які відстежуються;
 $P_i = P_i(t; P_1, \dots, P_{i-1}, P_{i+1}, \dots, P_n)$ – функція, що відповідає i -му параметру;

$E(P_i) = [\min P_i, \max P_i]$ – область визначення функції P_i ;

$E_0(P_i) = E(P_i)|_{t=0}$ – сукупність початкових значень;

$\partial E(P_i) = \{\min P_i, \max P_i\}$ – границі області визначення;

$trnP_i(t) = \Delta P_i(t) = \frac{P_i(t) - P_i(0)}{t}$ – тренд параметра $P_i(t)$;

$P^0(t) \equiv \{P_i^0(t)\} \subset \{P_i(t)\}$ – де $P_i^0(t)$ – параметри, що регулюються;

$V(t): P^0(t) \rightarrow P^0(t)$ – автоморфізм, де $V(t)$ – управління параметрами $P^0(t)$ в момент часу t .

$grad \Delta P_i(t) = sign \Delta P_i(t)$ – напрямок зміни значення параметру;

$val \Delta P_i(t) = \left| \frac{P_i(t) - P_i(0)}{t} \right|$ – величина зміни значення

параметру. Тоді:

$$trnP_i(t) = grad \Delta P_i(t) \times val \Delta P_i(t).$$

$$Eps_i(P_i(t)) = \min \{EpsL_i(P_i(t)), EpsR_i(P_i(t))\} =$$

$$= \min \left\{ \left| \frac{P_i(t) - \min P_i}{|E(P_i)|} \right|, \left| \frac{P_i(t) - \max P_i}{|E(P_i)|} \right| \right\} \quad - \text{відс-}$$

тань значень параметрів від критичного значення $P_i(t)$ – є критичним в момент часу t^*

($P_i(t^*) = P_i^*(t^*)$), якщо:

$$\begin{cases} Eps_i(P_i(t^*)) < \varepsilon_i \\ Eps_i(P_i(t^*)) = EpsL_i(P_i(t^*)), \\ trnP_i(t^*) < 0 \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} Eps_i(P_i(t^*)) < \varepsilon_i \\ Eps_i(P_i(t^*)) = EpsR_i(P_i(t^*)) \text{ де } \varepsilon_i - \text{задане відхи-} \\ trnP_i(t^*) > 0 \end{cases}$$

лення (допуск).

Задачу управління можна сформулювати наступним чином: визначити V за умови:

$$\max_{V(t^*, P^0(t^*))} \left| P_i^*(t) \right| = 0$$

Результати аналізу

Під управлінням будемо розуміти зміну спостережуваних параметрів, що регулюються [10, 11, 12].

Для управління експлуатаційною надійністю ОБ в рамках теорії прийняття рішень застосовується синтетична модель, отримана на базі інформаційного моделювання та моделювання в рамках теорії факторного аналізу за наступною процедурою:

- Визначити інтервал життєвого циклу ОБ:
 - Відлік від останнього введення в експлуатацію.
 - Відлік від останнього обстеження.
- Атестація конструкції ОБ:
 - Проектна.
 - Фактична.
- Передісторія навантажень:
 - Експлуатаційних навантажень.
 - Кліматичних навантажень.
 - Сейсмічних навантажень.
- Синтетична інформаційна модель ОБ.
 - Визначення ендегенних факторів.
 - Визначення екзогенних факторів.
 - Визначення простору критичних станів моделі ОБ. Визначення точок розгалуження динаміки ОБ в залежності від 4.1-3.

- Визначення керуючих параметрів
- Управління моніторингом будівельних об'єктів в рамках теорії прийняття рішень.
- Вибір критеріїв адекватності та точності ідентифікації технічного стану (ТС ОБ).
- Визначення простору критичних станів ОБ та відповідних їм критичних станів моделі ОБ.
- Визначення простору критичних значень параметрів ОБ.
- Побудова управління моніторингом будівельних об'єктів на основі ідентифікації технічного стану в рамках теорії прийняття рішень.
- Управління експлуатаційною надійністю ОБ на основі теорії прийняття рішень.
- Вибір критерію експлуатаційної надійності ОБ.

- Визначення простору критичних станів ОБ і відповідних їм критичних станів моделі ОБ.
- Побудова управління надійністю ОБ.
- Визначення коридорів безпеки для ендегенних і екзогенних факторів.

Висновки

Розглянута проблема визначення технічного стану об'єктів будівництва на основі процедури оцінки граничних станів в рамках BIM-технології.

Виконана постановка задачі управління експлуатаційною надійністю об'єкту будівництва в рамках теорії прийняття рішень

Запропонована процедура побудови управління експлуатаційною надійністю об'єкту будівництва в рамках теорії прийняття рішень та BIM технологій.

Література

1. Ukraine Communal Information Agency. (2018, October 12). From 2019, the introduction of BIM technology in construction will begin. Retrieved from <http://jkg-portal.com.ua>
2. Wikipedia, the free encyclopedia (n.d.). Decision theory . Retrieved from <https://uk.wikipedia.org/>
3. Retrieved from https://www.spbgasu.ru/upload-files/nauchinnovaz/sbornik_trudov/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%D0%BC%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%9D%D0%9F%D0%9A_B.pdf
4. Eugenio Fontan.(2015,December 20). The Wrong BIM Workflow. Retrieved from <http://www.weareenzyme.com/the-wrong-bim-workflow/>
5. Ishmael Zaslavsky.(2018, April 5). Why is Ukraine lagging behind in BIM technologies? The ending. Retrieved from <http://profidom.com.ua/mnenija/blogi/26496-pochemu-ukraina-otstae-v-bim-tehnologiyakh-okonchanie>
6. Бадьин Г. М. и др. Строительное производство. Основные термины и определения. Изд. Ассоциации строительных вузов, 2006 г. — 335 с.
7. Шутенко Л. Н. Технологические основы формирования и оптимизации жизненного цикла городского жилого фонда (теория, практика, перспективы) / Л. Н. Шутенко. — Харьков: Майдан, 2002. — 1054 с.
8. Федченко А.И. Влияние учета жизненного цикла крупнопанельного здания на результаты проверочных расчетов при его реконструкции / А.И. Федченко, В.А. Банях, Т.В. Довбенко [и др.] // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник. — К.: КНУБА, 2014. — Вип. 52. — С. 24-34.
9. Алдокин И. П., Бубенко И В. Теория принятия решений. — Киев: Н. думка, 1990. 156с.
10. Асаул А.Н., Иванов С.Н. Современные проблемы и тенденции формирования системы управления инвестиционно-строительным комплексом // Научные труды. Выпуск III.Международная академия менеджмента, М., 2002 с.37-50.
11. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010.
12. Методика вибору ефективних методів моніторингу технічного стану будівель в процесі їх експлуатації / П. Е. Григоровський, Н. П. Чуканова. // Нові технології в будівництві. — 2013. — №25. — С. 7 — 16.

Refernce

6. Badin G. M. i dr. Stroitelnoe proizvodstvo. Osnovnyie terminyi i opredeleniya. Izd. Assotsiatsii stroitelnyih vuzov, 2006 g. — 335 s.
7. Shutenko L. N. Tehnologicheskie osnovyi formirovaniya i optimizatsii zhiznennogo tsikla gorodskogo zhilogo fonda (teoriya, praktika, perspektivy) / L. N. Shutenko. — Harkov: Maydan, 2002. — 1054 s.
8. Fedchenok A.I. Vliyaniye ucheta zhiznennogo tsikla krupnopanelnogo zdaniya na rezultaty proverochnyih raschetov pri ego rekonstruktsii / A.I. Fedchenok, V.A. Banah, T.V. Dovbenko [i dr.] // Mlstobudovanniya ta teritorlalne planuvanniya: nauk.-tehn. zblmnik. — K.: KNUBA, 2014. — Vip. 52. — S. 24-34.
9. Aldokin I. P., Bubenko I V. Teoriya prinyatiya resheniy. — Kiev: N. dumka, 1990. 156s.
10. Asaul A.N., Ivanov S.N. Sovremennyye problemy i tendentsii formirovaniya sistemy upravleniya investitsionno-stroitelnyim kompleksom // Nauchnyie trudyi. Vyipusk Sh.Mezhdunarodnaya akademiya menedzhmenta, M., 2002 s.37-50.
11. GOST R 53778-2010 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tehnicheskogo sostoyaniya. M.: Standartinform, 2010.
12. Metodika vzbiru efektyvnyh metodiv monItoringu tehnlchnogo stanu budIvel v protsesI Yih ekspluatatsIYi / P. E. Grigorovskiy, N. P. Chukanova. // NovI tehnologIYi v budIvnitstvI. — 2013. — #25. — S. 7 — 16.

Е.В. Горда к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, ORCID: 0000-0001-7380-0533;

М.Н. Власенко, студент;

В.А. Журавльова, студент;

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА В РАМКАХ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Аннотация. Внедрение BIM является важным аспектом в проектировании, строительстве и эксплуатации объектов строительства (ОС). Исследована и обоснована необходимость применения BIM-технологий на различных этапах жизненного цикла зданий и сооружений. Для анализа применения BIM-моделирования был использован факторный анализ для определения характеристик ОС, которые можно наблюдать, измерять и изменять и за счет которых возможно выполнять управление эксплуатационной надежностью зданий и сооружений различного назначения на этапе эксплуатации. Рассмотрена проблема определения технического состояния объектов строительства на основе процедуры оценки предельных состояний в рамках BIM-технологии. Выполнена математическая постановка задачи управления эксплуатационной надежностью объекта строительства в рамках теории принятия решений. Предложена синтетическая модель и процедура построения управления эксплуатационной надежностью объекта строительства в рамках теории принятия решений в результате применения BIM-моделирования.

Ключевые слова. синтетическая модель, управления, эксплуатационная надежность, информационная модель (BIM), факторный анализ.

E. Gorda

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies of Design and Applied Mathematics, ORCID: 0000-0001-7380-0533;

M. Vlasenko

Student

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv;

V. Zhuravlova

Student

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

MANAGING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF A CONSTRUCTION OBJECT WITHIN THE FRAMEWORK OF DECISION THEORY

Abstract. BIM implementation is an important aspect in the design, construction and operation of construction sites (OCs). The need to use BIM technologies at different stages of the life cycle of buildings and structures has been researched and substantiated. To analyze the application of BIM modeling, factor analysis was used to determine the characteristics of the OC, which can be observed, measured and modified, and through which it is possible to control the operational reliability of buildings and structures of various purposes at the operational stage. The problem of determining the technical condition of construction objects on the basis of the limit state estimation procedure within the BIM technology is considered. The mathematical formulation of the problem of managing the operational reliability of a construction object within the framework of decision theory is performed. The proposed synthetic model and procedure for construction of operational reliability management of a construction object within the framework of decision theory as a result of BIM modeling.

Keywords. synthetic model, controls, operational reliability, information model (BIM), factor analysis.

Г.М. Тонкачєв

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри будівельних технологій,
ORCID 0000-0002-6589-8822

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

В. Г. Тонкачєв

Кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій,
ORCID 0000-0002-1010-8440

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ ТА ДЕМОНТАЖУ ОПАЛУБКИ ЗА МЕТОДОМ ЦІЛОЧИСЛЕННОГО НОРМУВАННЯ

***Анотація.** Матеріал статті ґрунтується на теоретичному аналізі та досвіді нормування процесів зведення будівель і споруд. Особлива увага приділяється проблемі вибору конструкцій опалубних систем для оптимізації процесів влаштування монолітних конструкцій каркасних багатопверхових будівель. На відміну від існуючих методик, які не дають можливість порівняння опалубних систем, запропоновано тривалість монтажу та демонтажу опалубок визначати за методом цілочисленого нормування, який передбачає тривалість виконання дій по встановленню і закріпленню складових елементів опалубки встановлювати цілими числами в залежності від кількості переміщень елементів опалубки і ступеня відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Новий підхід до визначення тривалості цілочисленим методом вирішує проблему при виборі опалубних систем.*

***Ключові слова:** процес; монтаж; демонтаж; опалубка; структура; норма часу.*

Постановка проблеми

Розвиток будівельної галузі йде у напрямку інформаційного моделювання (ВІМ), яке в будівництві базується на віртуальній тривимірній моделі, що володіє реальними фізичними властивостями, до яких додатково присднуються виміри часу і вартість [1]. Моделювати графіки виконання робіт без чіткої уяви структури будівельного процесу неможливо, що потребує приведення понять до єдиної системи.

Будівельний процес як система може бути представлений його структурою. Ієрархія структури визначає підпорядкованість елементів структури. Ієрархічна підпорядкованість будівельних процесів характеризується багаторівневою структурою.

Розглядаючи рівні структури будівельного процесу, найвищим рівнем кінцевого продукту перетворення вважається універсальна множина елементів (Y) у вигляді будівлі або споруди

Рівні структури у відповідності до структури будівлі визначаються складністю процесів. Складність процесу зумовлюється його змістом і кількістю складових структурних елементів. Кожний наступний за рівнем процес порівняно з попереднім є більш детальним і повним.

За основу взято принцип покрокового розгляду структур з дворівневою ієрархією. Відповідно до

структури будівлі перший рівень процесу слід розглядати так:

$$TR_b = \{TR_{g1}, TR_{g2}, \dots, TR_{gm}\}, \quad (1)$$

де TR_b – будівельний процес першого рівня – зведення будівлі;

TR_{gk} – будівельні процеси другого рівня – улаштування відповідно елементів (конструкцій), з яких складається будівля.

Отже, на другому рівні процеси потрібно розглядати як процеси влаштування цих конструкцій і конструктивів.

$$TR_{g1} = \{TR_{p1}, TR_{p2}, \dots, TR_{pn}\}, \quad (2)$$

де TR_{pj} – будівельні процеси третього рівня – складові будівельного процесу другого рівня структури (TR_g).

Процеси третього рівня структури будівельного процесу (TR_p) поділяють на процеси четвертого рівня (TR_o), які в будівництві називають «операціями». Процеси рівня операцій в системі будівельних технологій розглядають як найменші

структурні елементи загальної чотирирівневої ієрархії структури:

$$TP_{p1} = \{TP_{o1}, TP_{o2}, \dots, TP_{ox}\}, \quad (3)$$

де: TP_{oi} – процеси четвертого рівня структури будівельного процесу;

x – кінцева кількість структурних складових.

У процесах третього рівня спостерігається досить постійна структура складових, яка містить

приблизно одні й ті самі операції, такі як захоплення, переміщення, встановлення, нанесення, закріплення та ін.

З обмеженої кількості операцій (у будівельних технологіях налічується близько 50 різних операцій) шляхом синтезу можна сформувати безліч процесів, тому за методологічну основу побудови методики нормування будівельних процесів узятو принцип синтезу технологічних процесів (табл.1).

Таблиця 1

Класифікація механічних дій (операцій)

Механічні дії для збереження і перетворення		
Форми об'єкта	Структури об'єкта	Положення об'єкта
гнучка	розпушування	піднімання
вирівнювання (правка)	ущільнення	опускання
намотування	дроблення	повертання
розмотування	об'єднання	перекочування
різання	змішування	переставляння
склеювання	сепарування	пересування
стискання	просіювання	перекачування
розтягнення	розбирання	всмоктування
свердління (видовбування)	збирання	розбризування
заповнення	розчинення	загортання
...

Для того щоб реалізувати принцип синтезу процесів, йому повинен відповідати принцип синтезу норм часу.

Нині норми часу для процесів монтажу і демонтажу опалубки монолітних конструкцій виведені на третій або на другий рівень ієрархії структури будівельного процесу, а для синтезу потрібно – на четвертий.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Норми часу, які розміщали у збірниках норм [2, 3], стосуються тільки конкретних монтажно-демонтажних процесів і конкретних конструктивних рішень опалубних систем. Аналіз цих збірників показав, що вони не охоплюють всіх варіантів опалубних систем, які з рівнем сучасного розвитку науки і техніки випередили ті норми, що закладалися раніше. У нормах [3] навіть не поділений процес на монтаж та демонтаж опалубки, що ускладнює їх використання при проектуванні процесів та порівнянні різноманітних опалубних систем.

Норми часу у збірниках [2, 3] наведені на 1 м² поверхні опалубки, що контактує з бетоном. В якості факторів, що змінюють норму часу для вертикальних конструкцій стін прийнята площа

поверхні щитів з градацією – до 10 м² і до 20 м². Окрім щитів до комплексу опалубки надходить дуже велика кількість елементів кріплення, риштування та інші, які здійснюють немалий вплив на операції переміщення та встановлення дрібниць і повинні бути враховані в нормах.

Статистичні методи містять бази даних у людино-годинах, розраховані за стандартним часом, яке неможливо редагувати відповідно до виникаючих умов конкретного проекту. Зазвичай, не вистачає інформації про умови для яких була виміряна база даних [4]. Якщо казати про тривалість монтажу та демонтажу опалубки, то ми не можемо корегувати норму часу за змінами конструктивних рішень опалубки.

В деяких регіонах світу, найчастіше компанії (будівельні фірми) управляють своїми власними базами даних, тому були розроблені більш точні методи нормування. Наприклад, метод регресійного аналізу для описування аналітичних залежностей [5]. Метод є проблематичним, тому що дуже складно визначати математичні залежності змінних параметрів.

У дослідженнях [5] норм часу запропоновано визначати на підставі використання теорії нейронних сіток з імітацією ймовірності коливань одного або декількох змінних параметрів. Для цього

вибудовується нейронна сітка подібна сітковим моделям будівельних процесів, у яких окремі параметри визначаються за допомогою генератора випадкових чисел.

Постановка завдання

Аналіз дій при виконанні окремих операцій монтажно-демонтажного процесу показав, що витрати часу змінюються в основному від характеру і кількості рухів, а не від наведених у нормах факторів, тому для проведення дослідження тривалості монтажу та демонтажу опалубки було переглянуто підхід до нормування процесів для оцінки норм часу.

Для цього слід запропонувати нову методику нормування процесів побудованої на принципах синтезу процесів та норм часу.

Виклад основного матеріалу дослідження

На відміну від існуючого підходу до нормування процесів в роботі [3] доведено доцільність цілочисленого нормування витрат часу при різних варіантах складу ланок, комплектів оснастки і конструктивних параметрів елементів будівель у тому числі і елементів опалубки.

У будівництві існують два методи визначення норм часу на виконання процесів: апалітично-розрахунковий, аналітично-дослідний.

Аналітично-розрахунковий метод – метод у якому закладено розрахунок норм часу на підставі існуючої нормативної бази [6]. Аналітично-дослідний метод ґрунтується на організації натурних досліджень процесу з використанням хронометражу, фотофіксації тощо. Іноді спільно користуються обома методами нормування. Але ж прив'язка до норм цих методів не вирішусь проблему.

На відміну від існуючих пропонується вимірювати елементи процесу цілими числами. Якщо розкласти операції процесу монтажу або демонтажу елементів комплексу опалубки на дії монтажників і витрати часу, а дії вимірювати цілими числами в залежності від складності цих дій, то можна визначити сумарний час виконання операцій за формулою:

$$T_h = 0,01667 \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_j \cdot W_{ij}, \quad (4)$$

де T_h – тривалість монтажу, демонтажу опалубки в годинах;

r_j – коефіцієнт складності дій у хвиликах;

W_{ij} – кількість дій (елементів) відповідної складності, шт.

Рахування норм часу цілими числами спрощує процедуру обробки даних в електронному вигляді за правилами побудови та розрахунку сіткових моделей, що дає переваги цьому методу при використанні у ВІМ-технології.

Кількість дій визначається відповідно до кількості складальних елементів.

У результаті вивчення всіх операцій процесу з монтажу та демонтажу елементів опалубки запропоновано оцінювати складність і відповідальність дій по групах, де тривалість виконання монтажних операцій визначається як коефіцієнт складності дій (r_j).

Перша група – група простих дій, характеризується малою кількістю переміщень елементів опалубки і низьким ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за $r_j = 1$ хв.

Друга – група дій середньої складності, характеризується більшою за першу кількістю переміщень елементів опалубки і середнім ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за $r_j = 2$.

Третя – група складних дій, характеризується більшою за другу кількістю переміщень елементів опалубки і середнім ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за $r_j = 3$.

Четверта – група складних дій, характеризується середньою або більшою кількістю переміщень елементів опалубки і вищим ступенем відповідальності за точністю і надійністю з'єднань. Такі дії оцінюють за $r_j = 4$.

Кожний комплекс дії може бути розкладений на більш дрібні дії в залежності від кількості збірних елементів, які надходять до комплексу. Наприклад [8. 9], комплекс дій W_6 (встановлення і закріплення стяжних болтів) розділяються на дію встановлення стяжного болта, встановлення та загвинчування гайок (рис. 1).

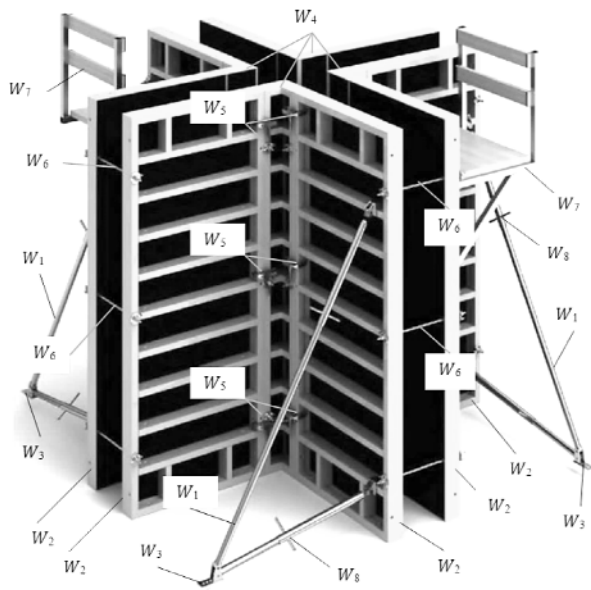


Рис. 1. Комплекс дій для монтажу комплексу щитової переставної опалубної системи

Відповідно до схеми монтажу елементів виділено такі комплексні дії:

- встановлення підкосів;
- встановлення рядового щита;
- закріплення підкосів до опори;
- встановлення кутового щита;
- з'єднання щитів замками;
- встановлення і закріплення стяжних болтів;
- встановлення і закріплення риштувань;
- вивіряння щитів регулювальними втулками;
- встановлення торцевих щитів (на рис. не вказано).

Розрахунок часу на монтаж опалубки за формулою (4) наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Приклад розрахунку тривалості монтажу опалубки за рис. 1

Дія	Кількість дій за складністю				, хв	
	4				4	2
			4		12	3
			4		12	2
		4			8	2
	48				48	3
		12			24	3
		2			4	3
				4	16	4
	4				4	3
132 0,01667 = 2,2 години					132	2,94

При монтажі та демонтажі опалубки чітко простежуються дії і рухи, які при зведенні каркасних будівель відбуваються переважно в межах одного конструктивного елементу будівлі або ділянки з розмірами у просторі до 12 м по горизонталі і до 6 м по вертикалі. Виходячи з цього зроблено припущення, будь-які переміщення робітників по горизонталі і вертикалі за часом не перевищують хвилини (прийнято 1 хв).

Тривалість за формулою (4) відповідає послідовній технології виконання дій. Фактично дії можуть виконуватися з суміщенням у часі, тому необхідно враховувати суміщення операцій. Суміщення враховується коефіцієнтом, який характеризує ефективність використання робочого часу і за значенням має бути більше одиниці. Як доведено в роботі [7], для сіткових моделей монтажу конструкцій є характерним три паралельних шляхи виконавців в ланці (рис. 1), тому коефіцієнт

суміщення операцій може змінюватися в межах $= 1,5...1,7$.

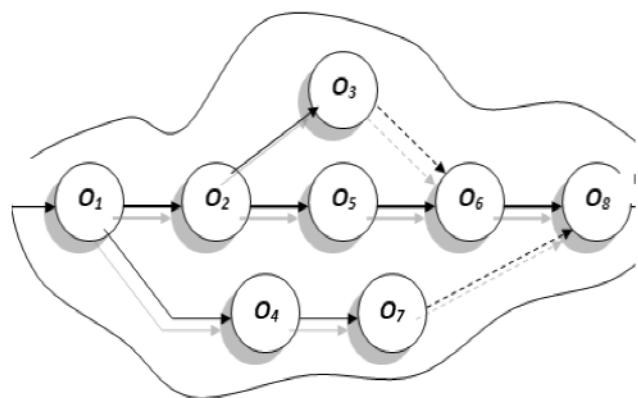


Рис. 1. Модель простого процесу: O₁, O₂, O₅, O₆, O₈ – основні операції; O₃, O₄, O₇ – допоміжні операції

На підставі цього прийнято, що тривалість процесу монтажу, демонтажу та переміщення опалубки при суміщенні рухів (по трьом шляхам сітьової моделі) визначають за формулою:

$$T_{md} = T_h / K_{co} = \frac{2,2}{1,5} = 1,47 \text{ год.} \quad (5)$$

Відповідно трудомісткість процесу монтажу, демонтажу та переміщення комплексу опалубки визначають за формулою:

$$\Theta_{md} = T_{md} \cdot N_p = 1,47 \cdot 2,94 = 4,32 \text{ люд} \cdot \text{год.} \quad (6)$$

де N_p – середня кількість виконавців процесу.

Висновки

1. Нормами часу у запропонованій методиці прийнято тривалість виконання дії по встановленню і закріпленню складових елементів опалубки, яка визначена цілими числами 1, 2, 3, та 4 хвилини в залежності від кількості переміщень елементів опалубки і ступеня відповідальності за точністю і надійністю з'єднань.
2. Використання нової методики визначення тривалості та трудомісткості монтажу та демонтажу опалубки дозволяє розглядати будь-яку конструктивну опалубну систему і виконувати порівняння різноманітних конструктивно-технологічних рішень.

Література

1. Основные принципы внедрения BIM (электронный ресурс): – <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing%20a%20BIM%20Business%20Transformation-ru.pdf>.
2. ЕНиР. Сб. Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных и бетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения. – М: Стройиздат, 1987. – 65 с.
3. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. Збирання і розбирання опалубки (збірник 6): ДСТУ Б Д.2.2-1-2008 (чинний з 1.08.2008 р.). – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 35 с.
4. Тонкачев Г.М. Новая система нормирования затрат часу для принятия технологических решений // Мистобудування та територіальне планування: зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2013. – Вип 50. – С. 700-704.
5. Research Article Open Access Kate?ina Pet?kov? and ?en?k Jarsk?* Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks // Organization, Technology and Management in Construction 2017; 9: 1559-1564 (електронний ресурс) – file:///C:/Users/User/Downloads/otmcj_2016_0018.pdf
6. Балова Е.Ф. Нормирование труда рабочих в строительстве / Е.Ф. Балова, Р.С. Бекерман, Н.Н. Евтушенко и др.: под ред. Е.Ф. Баловой. – М.: Стройиздат, 1985. – 440 с.
7. Тонкачев Г.М. Система обґрунтування технологічних параметрів монтажної оснастки для обмеження та фіксації конструкцій, що монтуються / Г.М. Тонкачев, Л.А. Лепська, С.П. Шарара // Мистобудування та територіальне планування: зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2014. Вип. 52. С. 418-426.
8. Антилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства: учебное издание [Текст] / С.М. Антилов. – М.: Издательство АСВ, 2005. -280с.
9. PERI. Formwork Component Catalogue [Электронный ресурс]. – 2009. – 648 с. – Режим доступа: http://www.peri.lt/files/pdf3/Component_Catalogue_Formwork_2009_en.pdf
10. ДОКА. Рамная опалубка Фрамакс [електронний ресурс]: – 2001. – 88 с. – Режим доступа: [http://kapitalrent.ru/user-files/DOKA_FRAMAX\(1\).pdf](http://kapitalrent.ru/user-files/DOKA_FRAMAX(1).pdf)

Reference

1. Osnovnyie printsipyi vnedreniya BIM (elektronnyy resurs): – [https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing a BIM Business Transformation-ru.pdf](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/BTT-RU/Implementing%20a%20BIM%20Business%20Transformation-ru.pdf).
2. ENiR. Sb. E4. Montazh sbornyyih i ustroystvo monolitnyih zhelezobetonnyih i betonnyih konstruksiy. Vyip. 1. Zdaniya i promyshlennyye sooruzheniya. – M: Stroyizdat, 1987. – 65 s.
3. Resursni elementni koshtorisni normi na budivelnI roboti betonni ta zallzobetonni konstruksIYi monolitni. Zbirannya I rozbirannya opalubki (zbrnik 6): DSTU B D.2.2-1-2008 (chinniy z 1.08.2008 r.). – KiYiv: MInregIonbud UkraYini, 2008. – 35 s.
4. Tonkachev G.M. Nova sistema normuvannya vitrat chasu dlya priunyattya tehnologIchnih rIshen // MISTobuduvannya ta teritorIalne planuvannya: zb. nauk. pr. – K.: KNUBA, 2013. – Vip 50. – S. 700-704.
5. Research Article Open Access Kate?ina Pet?kov? and ?en?k Jarsk?* Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks // Organization, Technology and Management in Construction 2017; 9: 1559-1564 (elektronnyy resurs) – file:///C:/Users/User/Downloads/otmcj_2016_0018.pdf
6. Balova E.F. Normirovanie truda rabochih v stroitelstve / E.F. Balova, R.S. Bekerman, N.N. Evtushenko i dr.: pod red. E.F. Balovoy. – M.: Stroyizdat, 1985. – 440 s.
7. Tonkachev G.M. Sistema obGruntuvannya tehnologIchnih parametrIv montazhnoYi osnastki dlya obmezheniya ta fIksatsIYi konstruksIy, scho montuyutsya / G.M. Tonkachev, L.A. Lepskaya, S.P. Sharapa // MISTobuduvannya ta teritorIalne planuvannya: zb. nauk. pr. – K.: KNUBA, 2014. Vip. 52. S. 418-426.
8. Anpilov S.M. Opalubochnyie sistemyi dlya monolitnogo stroitelstva: uchebnoe izdanie [Tekst] / S.M. Anpilov. – M.: Izdatelstvo ASV, 2005. -280s.
9. PERI. Formwork Component Catalogue [Elektronnyy resurs]. – 2009. – 648 s. – Rezhim dostupa: http://www.peri.lt/files/pdf3/Component_Catalogue_Formwork_2009_en.pdf

10. DOKA. *Ramnaya opalubka Framaks [elektronniy resurs]:* – 2001. – 88 s. – Rezhim dostupa: [http://kapitalrent.ru/userfiles/DOKA_FRAMAX\(1\).pdf](http://kapitalrent.ru/userfiles/DOKA_FRAMAX(1).pdf)

Г.Н. Тонкачев, д.т.н., профессор кафедры строительных технологий, ORCID: 0000-0002-6589-8822;

В.Г. Тонкачев, к.т.н., доцент кафедры металлических и деревянных конструкций, ORCID: 0000-0002-1010-8440

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА ОПАЛУБКИ МЕТОДОМ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО НОРМИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Материал статьи основывается на теоретическом анализе и опыте нормирования процессов возведения зданий и сооружений. Особое внимание уделяется проблеме выбора конструкций опалубочных систем для оптимизации процессов устройства монолитных конструкций каркасных многоэтажных зданий. В отличие от существующих методик, которые не дают возможность сравнения опалубочных систем, предложено продолжительность монтажа и демонтажа опалубок определять методом целочисленного нормирования, предусматривающий продолжительность выполнения действий по установлению и закреплению составляющих элементов опалубки устанавливать целыми числами в зависимости от количества перемещений элементов опалубки и степени ответственности по точности и надежности соединений. Новый подход к определению продолжительности целочисленным методом решает проблему выбора опалубочных систем.*

***Ключевые слова:** процесс; монтаж; демонтаж; опалубка; структура; норма времени.*

H. V. Tonkacheiev

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Construction Technologies, ORCID 0000-0002-6589-8822

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

V. H. Tonkacheiev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metal and Wood Structures, ORCID 0000-0002-1010-8440

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DETERMINATION OF THE DURATION OF THE INSTALLATION AND DISMANTLING OF FORMWORK BY INTEGER VALUATION

***Abstract.** The material in this article is based on a theoretical analysis and the experience of rationing the processes of erecting buildings and structures. Particular attention is paid to the problem of the choice of formwork systems for optimizing the processes of building monolithic structures of frame multi-story buildings. In contrast to existing methods, which do not allow the comparison of formwork systems, it is proposed to determine the duration of installation and dismantling of formwork using the method of integer rationing, providing for the duration of the steps to establish and fix the components of the formwork to be set in whole numbers depending on the number of movements of the formwork elements and the degree of responsibility for accuracy and reliability of connections. A new approach to determining the duration by the integer method solves the problem of choosing formwork systems.*

***Keywords:** process; installation; dismantling; formwork; structure; rate of time.*

В. І. Терновий

Кандидат технічних наук, професор, професор кафедри будівельних технологій,
ORCID: 0000-0001-7824-9963

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

І.М. Уманець

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних технологій

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ВІМ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

***Анотація.** ВІМ технології розвинені країни впроваджують переважно у проектування. В Україні відомі спроби використання ВІМ у монтажі сталевих конструкцій. У статті піднято питання про дослідження можливості впровадження ВІМ у будівельну технологію. На прикладах наукових досліджень технології влаштування гідроізоляції показано, що на показники якості будівельної продукції впливають параметри технологічних чинників (у приведеному прикладі – тривалість технологічної перерви, тиск в системі пневмонанесення мастики). З допомогою ВІМ можна контролювати і регулювати оптимальні параметри впливових технологічних чинників у будівельних процесах. Авторі рекомендують створити робочу групу для ініціювання досліджень ВІМ у будівельній технології.*

***Ключові слова:** ВІМ; будівельні процеси; гідроізоляція; технологічні чинники; технологія влаштування гідроізоляції.*

Постановка проблеми.

Сьогодні ВІМ у розвинених країнах швидко впроваджується і надає цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик будівельного об'єкта від проектування до знесення. ВІМ охоплює: вибір проектних рішень, виготовлення проектної документації і кошторисів; замовлення матеріалів, конструкцій та обладнання; управління зведенням будівлі та її експлуатацією; проектування ремонту або реконструкції та знесення і утилізації будівлі. Доречно відмітити, наявність інформації [1], що ВІМ технології у 4D дозволяють моделювати процес і контроль якості монтажу елементів сталевих каркасів. В Україні ці технології ще не знайшли широкого впровадження в будівельну практику. А участь українських науковців у розробленні елементів цих технологій широкому колу дослідників мало відома. Проблема полягає у тому, що наукові дослідження за тематикою ВІМ повинні виконувати фахівці з будівельної інженерії у тісному контакті з фахівцями із комп'ютерного програмування.

Мета досліджень

Нам, будівельникам-технологам бачиться у виявленні технологічних основ будівельних процесів, які впливають на ефективність цих процесів і забезпечать наповнення бібліотеки майбутніх інформаційних моделей будівельних процесів параметричними елементами. З допомогою таких моделей розроблених науковцями

програмістами будуть визначені вихідні параметри будівельних технологій, налагоджене автоматизоване їх контролювання та, при необхідності, коригування технології процесу у випадку змін впливових технологічних чинників, які існують в разі виконання цих процесів. Отже мета досліджень науковців з будівельних технологій у розробленні ВІМ будівельних процесів полягає у виявленні технологічних основ цих процесів, тобто, у виявленні технологічних чинників та їх впливу на техніко-економічні та безпекові показники процесів та будівельної продукції.

Якщо 50 років назад дослідження впливових технологічних чинників на якість і економічну ефективність будівельної продукції, наприклад, штукатурки, були фрагментарним або ж попутно виявлені в разі виконання інших досліджень [2, 3, 4], то сьогодні дослідження у цьому напрямку більш широкі і системні [5, 6, 7,]. Такі ж тенденції проглядаються і у інших процесах, наприклад, влаштування гідроізоляції [8, 9].

Основні результати досліджень

Результати досліджень виконаних у задекларованому вище напрямку полягають в тому, що сьогодні дослідники технології будівельних процесів виявили певну кількість технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні, економічні та безпекові якості будівельної продукції і це дозволяє дослідити залежність показників контрольованих якостей будівельної продукції від зміни значень кожного з

технологічних чинників. Отримані залежності дозволяють призначити параметри технології зі значеннями технологічних чинників, які забезпечать необхідні якості будівельного процесу і будівельної продукції.

Покажемо на прикладі наведеному Є. К. Карапузовим [8], як залежить міцність липкості

самоклеючої плівки до бетонної і цементно-піщаної основи (рис. 1), виявлену лабораторними дослідженнями, якщо плівку наклеювати через 1,2...9,1 годин після нанесення ґрунтовки. І який інтервал часу (як параметр технології) рекомендовано вибрати від ґрунтування основи до наклеювання плівки.

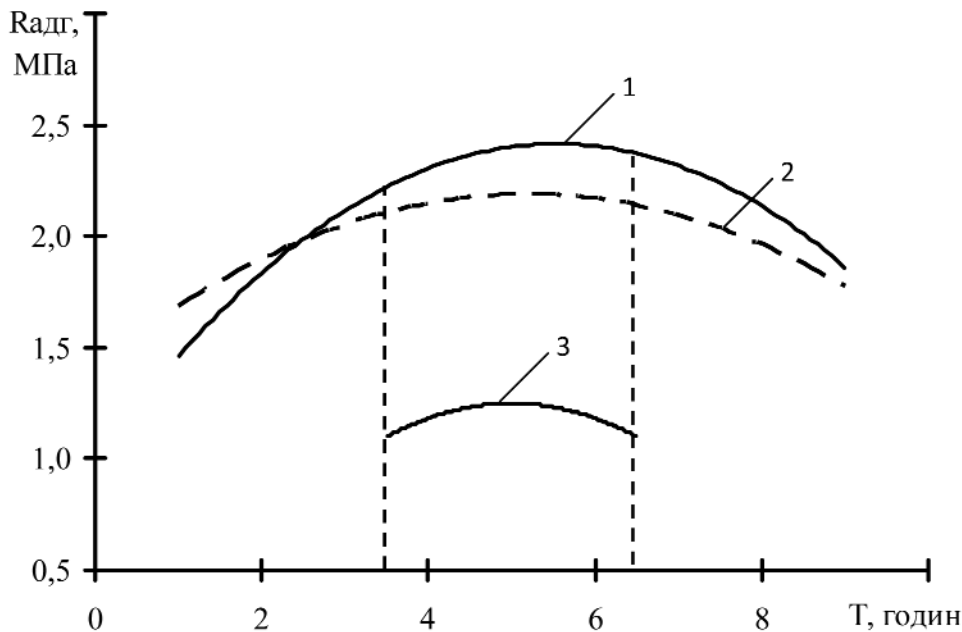


Рис.1 Залежність липкості самоклеючої гідроізоляційної плівки від часового інтервалу між ґрунтуванням основ і початком наклеювання плівки: 1 – бетонна основа міцністю на стиск 35 МПа; 2 – цементно-піщана основа міцністю на стиск 20 МПа; 3 – рекомендований інтервал .

Ще приклад, виявлення технологічних основ, врахування яких дозволить підвищити якість мастичної гідроізоляції та підвищить продуктивність праці в разі влаштування гідроізоляції повітряним розпиленням [10]. Найбільш продуктивний метод нанесення на бетонну поверхню бітумно-полімерної мастики розпиленням вимагає внесення у мастику, додатково до заводської концентрації, розчинника у масовому співвідношенні до мастики 1:1. Цей розчинник потрібний для того, щоб мастика пройшла через канали пістолета розпилювача. Якщо велика кількість розчинника ляже на бетонну поверхню разом з компонентами мастики, то на зовнішній поверхні шару мастики миттєво розпочнеться випаровування розчинника і твердіння мастики. В результаті твердіння на поверхні мастики буде створена непроникна для розчинника кірка. З часом ця кірка буде ставати товстішою і буде створювати тиск на замкнутий між кіркою і бетонною поверхнею шар розрідженої мастики. Лишній розчинник від температури 20 –

30° С випаровується і з високим тиском прориває верхню кірку мастики чим створює дефекти у вигляді мікрораковин і кратерів у деяких місцях гідроізоляції.

Для збільшення кількості випаровування додаткового розчинника із мастики на шляху до цементно-піщаної поверхні в умовах будівельного майданчика у 1996 році за температури повітря 21,5° С були виконані експерименти. Нанесення мастики зі 100 % добавкою розчинника (нефрас) виконували пістолетом–розпилювачем з відстані до поверхні стяжки 70-90 см і кутом нахилу 60 – 70 градусів з тиском повітря у пістолеті-розпилювачі для кожного нанесення мастики різним: від 0,1 МПа до 0,6 МПа через 0,1 МПа.

Через три доби на висохлі шари мастики наклали трафарет з вирізаними у довільних місцях шістьма отворами розміром 1x1 см. Крізь ці отвори у трафареті за допомогою лупи підраховували кількість раковин у мастичній гідроізоляції (табл.1).

Таблиця 1

Кількість дефектів у гідроізоляції за різного тиску у розпилювачі

Тиск повітря, МПа	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Кількість дефектів	6	4	2	1	1	1

Цей приклад також підтверджує очевидний факт, що зміна параметрів технології приводить до зміни показників якості продукції. За результатами досліджень тиск у розпилювачі рекомендовано прийняти 0,3 – 0,4 МПа.

Наведені приклади демонструють необхідність і можливість створення інформаційних моделей будівельних процесів, але варто відмітити, що надзвичайно велика кількість будівельних процесів та впливових чинників ускладнюють ці дослідження. Наукові дослідження

у цьому напрямку під силу науковому колективу фахівців різних спеціальностей, але в першу чергу будівельних технологів і програмістів.

Висновки і пропозиції.

1. Розроблення ВІМ для удосконалення будівельних технологій і окремих процесів надзвичайно актуальна й складна задача.

2. НДІБВ та КНУБА варто створити робочу групу з метою ініціювання наукових досліджень ВІМ будівельних технологій.

Література

1. Білик А.С. ВІМ-моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні / А.С. Білик, М.А. Беляєв. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. – К.: 2015, № 2, С 9 – 15.
2. Каныюка Н. С. Однослойная вибриванная штукатурка : дис....кандидата тех. наук : 05.23.08 / Каныюка Н. С.. – К., 1953. – 258 с.
3. Обозный А. П. Вибровакуумированная штукатурка : Дис. ...канд. тех. наук: 05.23.08 / Обозный А. П.. – К., 1956. – 156 с.
4. Хазан М. Я. Исследование производственных факторов на строки сушки штукатурки : дис. ...к. т. н. : 05.23.08 / Хазан М. Я.. – К., 1951. – 198 с.
5. Звенигородский А. М. Разработка малооперационной технологии комплексного процесса штукатурных и малярных работ при внутренней отделке зданий : дис. ... к. т. н. : 05.23.08 / Звенигородский Арсений Михайлович. – К., 1986.- 297 с.
6. Уманец І. М. Технологія влаштування санувальної перлітової штукатурки : дис. ...канд. техн. наук : 05.23.08 / Уманець Ірина Михайлівна; КНУБА. – К., 2012. – 147 с.
7. Терновий В. І. Дослідження впливу технологічних чинників на основні показники цем'янової штукатурки / В. І. Терновий, О. С. Молодід // *Вісник ОДАБА*. – Одеса : "Зовнішрекламсервіс". – 2012. – Вип. 47. – С. 322 – 327.
8. Карпузов Є. К. Технологічні основи підвищення експлуатаційної ефективності систем гідроізоляції / Є. К. Карпузов. – К.: Вища освіта, 2013. -304 с.
9. Гармаш О. І. Гідроізоляція будівель і споруд. Сучасні вимоги / О. І. Гармаш, О. М. Галінський, А. П. Баглай . – К.: НДІБВ, 2012. -120 с.
10. Терновий В. І. Исследование новой универсальной мастики для изоляции трубопроводов и устройства кровель / В. І. Терновий, І. Г. Дадиверин. Депонировано в ГНТБ України 05.05.96, № 1111, Ук 96. К.: КГТУСА, 1996. – 12с.

Reference

1. Bilik A.S. VIM-modelyuvannya. Oglyad mozhlivostej ta perspektivi v Ukraini / A.S. Bilik, M.A. Belyayev. *Promislove budivnictvo ta inzhenerni sporudi*. – K.: 2015, № 2, S 9 – 15.
2. Kanyuka N. S. Odnoslojnaya vibrivannaya shtukaturka : dis....kandidata teh. nauk : 05.23.08 / Kanyuka N. S.. – K., 1953. – 258 s.
3. Oboznuy A. P. Vibrovakuumirovannaya shtukaturka : Dis. ...kand. teh. nauk: 05.23.08 / Oboznuy A. P.. – K., 1956. – 156 s.
4. Hazan M. Ya. Issledovanie proizvodstvennyh faktorov na stroki sushki shtukaturki : dis. ...k. t. n. : 05.23.08 / Hazan M. Ya.. – K., 1951. – 198 s.
5. Zvenigorodskij A. M. Razrabotka malooperacionnoj tehnologii kompleksnogo processa shtukaturnyh i malyarnyh rabot pri vnutrennej otdelke zdaniy : dis. ... k. t. n. : 05.23.08 / Zvenigorodskij Arsenij Mihajlovich. – K., 1986.- 297 s.
6. Umanec I. M. Tehnologiya vlashtuvannya sanuvальноy perlitovoyi shtukaturki : dis. ...kand. tehn. nauk : 05.23.08 / Umanec Irina Mihajlivna; KNUBA. – K., 2012. – 147 s.
7. Ternovij V. I. Doslidzhennya vplivu tehnologichnih chinnikov na osnovni pokazniki cem'яanovoyi shtukaturki / V. I. Ternovij, O. S. Molodid // *Visnik ODABA*. – Odesa : "Zovnishreklamservis". – 2012. – Vip. 47. – S. 322 – 327.
8. Karapuzov Ye. K. Tehnologichni osnovi pidvishennya ekspluatacijnoyi efekтивности sistem gidroizolyaciyi / Ye. K. Karapuzov. – K.: Visha osvita, 2013. -304 s.
9. Garmash O. I. Gidroizolyaciya budivel i sporud. Suchasni vimogi / O. I. Garmash, O. M. Galinskij, A. P. Baglaj . – K.: NDIBV, 2012. -120 s.
10. Ternovij V. I. Issledovanie novej universalnoj mastiki dlya izolyacii truboprovodov i ustrojstva krovel / V. I. Ternovij, I. G. Dadiverin. Deponirovano v GNTB Ukrainy 05.05.96, № 1111, Uk 96. K.: KGTUSA, 1996. – 12s.

В.И. Терновой, к.т.н., профессор кафедры строительных технологий, ORCID: 0000-0001-7824-9963

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев;

И.М. Уманец, к.т.н., доцент кафедры строительных технологий

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

ВИМ У ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. ВИМ технологии развитые страны внедряют преимущественно в проектирование. В Украине известны попытки использования ВИМ в монтаже стальных конструкций. В статье поднят вопрос об исследовании возможности внедрения ВИМ в строительную технологию. На примерах научных исследований технологии устройства гидроизоляции показано, что на показатели качества строительной продукции влияют параметры технологических факторов (в приведенном примере – продолжительность технологического перерыва, давление в системе пневмонанесения мастики).

С помощью ВИМ можно контролировать и регулировать оптимальные параметры влияющих технологических факторов в строительных процессах. Авторы рекомендуют создать рабочую группу для инициирования исследований ВИМ в строительной технологии.

Ключевые слова: ВИМ; строительные процессы; гидроизоляция; технологические факторы; технология устройства гидроизоляции.

V. Ternovyi

Candidate of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Building Technologies, ORCID: 0000-0001-7824-9963

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv;

I. Umanets

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Building Technologies

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

BIM IN CONSTRUCTION PROCESS TECHNOLOGY

Abstract. BIM technology developed countries introduce mainly in the design. In Ukraine, there are known attempts to use BIM in the installation of steel structures. The article raises the question of exploring the possibility of introducing BIM into construction technology. On the examples of scientific studies of the technology of waterproofing devices, it is shown that the parameters of technological factors influence the quality indicators of construction products (in the given example, the duration of the technological break, the pressure in the pneumatic applicator system).

Using BIM, it is possible to control and adjust the optimal parameters of influential technological factors in construction processes. The authors recommend the creation of a working group to initiate BIM research in building technology.

Key words: BIM; construction processes; waterproofing; technological factors; waterproofing device technology.

О.Ю. Чертков

к.т.н., доц.

В.О. Цегельний

аспірант

Д.С. Єрмолович

студ. буд. факульт., 6-й курс

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ В ВІТЧИЗНЯНИХ КОМПАНІЯХ В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ- BIM

Анотація. Незважаючи на високі потенційні можливості BIM-технології (збільшення продуктивності праці, поліпшення якості документованої інформації, підтримка уніфікованого і узгодженого стилю роботи) далеко не всі учасники, що використовують методику інформаційного моделювання, досягають очікуваних результатів. Існують різні причини можливих невдач, але, мабуть, основною причиною є неадекватне розуміння суті інтегруючої роботи інформаційних систем і застосування BIM-засобів.

Ключові слова: інформаційне моделювання, BIM, BIM-стандарти, BIM-технологія, життєвий цикл, будівельний проект, проектування, моделювання, будівництво, експлуатація, документована інформація.

Вступ.

Ще не так давно був здійснений перехід "від кульманів до АВТОКАД", а весь проектний світ досить швидко і позитивно оцінив переваги використання векторної графіки. Сьогодні настав час чергових змін і вже зрозуміло, що цей час BIM. Незважаючи на високі потенційні можливості BIM-технології (збільшення продуктивності праці, поліпшення якості документованої інформації, підтримка уніфікованого і узгодженого стилю роботи) далеко не всі учасники, що використовують методику інформаційного моделювання, досягають очікуваних результатів.

BIM – (Building Information Modeling або Building Information Model – інформаційне моделювання будівлі або інформаційна модель будівлі) – це цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта, яке охоплює більш ніж просто геометрію будівлі.

BIM враховує безліч факторів і інформацію про об'єкт, окремі його елементи (навіть деталі виробників), географію, дизайн та інші дані, в тому числі вплив його на навколишнє середовище і навпаки.

Всі ці дані поряд з техніко-економічними показниками і іншими характеристиками об'єкта формують таку інформаційну модель, в якій зміна одного параметра призводить до автоматичного перерахунку всіх інших.

BIM – це загальний ресурс знань для отримання інформації про об'єкт, служить основою для прийняття рішень протягом його життєвого циклу, який визначається як існуючий від самої ранньої концепції до знесення.

Основою взаємодії є інформаційна модель об'єкта будівництва (BIM-модель), за допомогою якої відбувається комплексна взаємодія сторін-учасниць на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта.

BIM дозволяє передавати віртуальну інформаційну модель від команди розробників (архітектори, ландшафтні архітектори, інженери, будівельники і т. д.) генпідряднику і субпідрядникам, а потім власникам або керуючим об'єкта. На практиці це виглядає так, наприклад проектувальник вніс якісь зміни до проекту, про це негайно дізнаються всі учасники, включаючи того, хто розраховує будівельний кошторис, і вносять свої корективи. У BIM-моделі легко можна зрозуміти, яка марка бетону використана для виготовлення тієї чи іншої колони або балки, якого вона типорозміру і навіть на якому підприємстві виготовлена. В результаті в одному місці складається вся інформація про будівлю. На об'ємній моделі наочно видно, які помилки і неточності були допущені. Ці неточності можна набагато швидше усунути, і, таким чином, процес проектування значно прискорюється.

Стандартизація. Гармонізація з міжнародними стандартами [3]. Легітимізація цифрової інформаційної моделі об'єктів.

В пострадянських країнах у 2014-2015 роках тема BIM отримала настільки широке висвітлення, стільки раз представлялася, обговорювалася і дискутувалася, що можна говорити про "пробудження від сплячки", в той час коли в інших розвинених країнах напрацьовувався досвід і розроблялися свої національні документи типу BIM-стандартів або BIM-посібників. В той же час, це "пробудження" не було таким швидким, як того хотілося б, тому що тільки зараз почалася консолідація професійної спільноти, зацікавленої в грамотному становленні нового середовища роботи і життя, де був би врахований і накопичений вже і національний, і міжнародний досвід, а всі учасники галузі – від освіти до експертизи – переходили б на нові рейки. [5]



Рис. 1. Сфери застосування стандарту інформаційного моделювання

Але відсутність загальноприйнятого алгоритму переходу і роботи на BIM, різноманітність програмного забезпечення, іноді нерозуміння самої концепції технології, усвідомлення масштабності — адже порушується повний цикл будівництва та експлуатації — від задуму до знесення — лякає і змушує задуматися про ризики. На допомогу цьому, може прийти відкрите і прозоре обговорення всіма зацікавленими сторонами, організаціями, які на практиці займаються впровадженням BIM-технологій, в результаті якого можна буде забезпечити створення і впровадження на практиці ефективної системи нормативно-технічного забезпечення технологій інформаційного моделювання на вже існуючій базі міжнародних стандартів, зокрема:

а) формування єдиної основи для розробки стандартів інформаційного моделювання будівель і споруд:

- сприяння в розробці зрозумілих і багаторазово повторюваних виробничих процесів;
- забезпечення розробки міждержавних і національних стандартів, а також стандартів окремих проектів на єдиній основі;
- забезпечення розробки керівництв по роботі з програмними додатками на єдиній основі.

б) забезпечення можливості контролю стандартів інформаційного моделювання:

- забезпечення повноти стандартів на основі контрольного списку результатів робіт, управляючих впливів і вихідних даних;
- забезпечення подання обґрунтованих пояснень до необхідних результатів робіт;
- забезпечення здатності стандарту до розширюваності;
- підтримка можливості об'єднання і порівняння стандартів інформаційного моделювання.

с) забезпечення можливості перевірки відповідності стандартів інформаційного моделювання:

- забезпечення можливості перевірки відповідності стандартів основоположним принципам;
- забезпечення можливості перевірки відповідності практики застосування інформаційного моделювання стандартам;

– сприяння застосуванню офіційних положень договорів, що стосуються застосовуваних стандартів інформаційного моделювання — ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance. — Моделювання інформаційне у будівництві. Основні положення по розробці стандартів інформаційного моделювання будівель і споруд. [3]

Тим більше, що стандарти BIM:

- орієнтуються на об'єктно-орієнтовані способи роботи [1] де інформація має більш пророблену структуру і можливість неодноразового використання;
- де формуються основні принципи встановлення технічних вимог до результатів робіт з інформаційного моделювання, які дозволяють розробляти стандарти з інформаційного моделювання міжнародного, національного рівня і для окремих проектів, а учасникам нових проектів — реалізовувати в своїй роботі практичні методики і плани інших учасників (див. Рис. 1).

Щоб не перетворити вирішення питання, щодо розробки нормативно-правових актів, покликаних легітимізувати цифрову інформаційну модель об'єкта для задач, які раніше розв'язувалися тільки на папері, в складну дилему, а також забезпечити законну можливість державному і муніципальному замовнику висувати вимоги про виконання проектів в технології BIM наводимо схему: "Сфери застосування стандарту інформаційного моделювання" (див. рис 1) [3].

Знайомство з цією схемою повинно надати впевненість BIM-спільноті в тому, що чекання, коли в державі з'являться національні стандарти з інформаційного моделювання, може бути й продуктивним, якщо в цей час застосовувати міжнародні стандарти на цю ж тему, тим більш, що вони вже пройшли етапи випробувань і помилок. Підтвердженням тому є той факт, що окремі команди вже давно і впевнено працюють з BIM, оптимізуючи процес роботи над проектом і, зокрема, істотно скорочуючи час внесення в нього змін. Особливо відчутно це в роботі тих бригад, які займаються супроводом проектів іноземних бюро.

Існують різні причини можливих невдач, але, мабуть, основною причиною є неадекватне розумін-

ня суті інтегруючої роботи інформаційних систем і застосування BIM-засобів.

Необхідно розуміти, що процес проектування і розробки організаційно-технологічної документації будівництва на основі BIM-технології не може бути подібний до процесу приготування їжі по кулінарній книзі. Завжди слід бути готовим до нових труднощів, пов'язаних з освоєнням нової технології, послідовно долати ці труднощі і послідовно домагатися потрібних результатів.

Тенденції розвитку сучасних технологій взагалі, і, особливо BIM-технологій в будівництві, приводять до постійного зростання складності систем інформаційного моделювання.

Сучасні великі проекти, де застосовуються BIM-технології характеризуються, як правило, такими особливостями:

- складність опису (досить велика кількість функцій, процесів, елементів даних і складні взаємозв'язки між ними), що вимагає ретельного моделювання і аналізу даних і процесів;

- наявність сукупності тісно взаємодіючих компонентів (підсистем), що мають свої локальні завдання і цілі функціонування (наприклад, традиційних додатків, пов'язаних з обробкою транзакцій і рішенням регламентних завдань, і додатків аналітичної обробки (підтримки прийняття рішень), що використовують нерегламентовані запити до даних великого обсягу);

- невміння застосовувати аналоги (або відсутність прямих аналогів) суттєво обмежує можливість використання будь-яких типових проектних рішень і прикладних систем;

- необхідність інтеграції існуючих і тих, що розробляються, додатків;

- функціонування в неоднорідному середовищі на декількох апаратних платформах;

- роз'єднаність і різноманітність окремих груп розробників за рівнем кваліфікації і традиціями, що склалися використання тих чи інших інструментальних засобів;

- істотна тимчасова протяжність проекту, обумовлена, з одного боку, обмеженими можливостями учасників інвестиційно-будівельних проектів, і, з іншого боку, масштабами комплексу будови і різним ступенем готовності окремих організацій-учасників будівництва до застосування (впровадження) інформаційного моделювання.

На кожній конференції можна почути про обов'язковість застосування технології на будівельному майданчику, активно ведуться розробки для інтеграції з експлуатуючими організаціями. Зростає кількість презентацій з використанням хмар точок і лазерного сканування. Однак аудиторія семінарів уважно все вислуховує, а потім повертається на робочі місця і продовжує працювати як раніше. Незважаючи на очевидну користь, глобальність нових підходів і необхідність переформатувати професійну свідомість відразу всього колективу веде до того, що проектувальники і керівники досі сумніваються: "А чи варто щось міняти?". [2]

Якщо ще недавно термін BIM асоціювався виключно з 3x-мірним проектуванням (моделюванням), практично ототожнювався з ним, то вже сучасне розуміння розширює підхід — зараз це 3D модель

плюс додаткова інформація (метадані), яка дозволяє на зовсім іншому рівні вибудувати процеси, пов'язані з супроводом всього інвестиційно-будівельного проекту протягом його життєвого циклу.

Для успішної реалізації інвестиційно-будівельного проекту комплекс будов (об'єкт моделювання) повинен бути, перш за все, адекватно описаний, повинні бути побудовані повні і несуперечливі функціональні та інформаційні моделі процесів та робот. Накопичений в Україні до теперішнього часу досвід інформаційного моделювання показує, що це логічна, складна, трудомістка і тривала за часом робота вимагає високої кваліфікації задіяних в ній фахівців. Однак до недавнього часу проектування інформаційних моделей виконувалося, в основному, на інтуїтивному рівні із застосуванням неформалізованих методів, заснованих на мистецтві, практичному досвіді, експертних оцінках і дорогих експериментальних перевірках якості функціонування цих моделей. Крім того, в процесі створення і функціонування BIM суттєві зміни чи уточнення інформаційних потреб учасників користувачів ще більше ускладнює супровід інвестиційно-будівельних проектів із застосуванням технології інформаційного моделювання комплексу будов/об'єктів будови -BIM.

Проектування. Класифікатори.

Перш за все, слід зазначити, що сучасне проектування — це, здебільшого, колективна праця, де процеси результативного співробітництва групи людей самі по собі важкі, тривалі за часом і конфліктні, тому що потребують вибудовування схем взаємодії, розподілу ролей, обов'язків і контролю за якістю та виконання. Що робить неприйнятними поспішні (і насильницькі) спроби впровадження BIM відразу на всіх рівнях, які, як правило, приводять до зниження якості і збільшення термінів проектування. Тому, на найперших етапах переходу до технологій, слід поміняти акценти і задуматися не стільки про глобальні переваги, скільки про його практичне впровадження. Тому питання "Як впровадити BIM технології", можливо замінити на — "Які елементи BIM технології ми здатні використовувати з максимальною ефективністю прямо зараз?".

Тепер про класифікатори і їх ролі при впровадженні та використанні BIM. Згадаємо, що:

- BIM — технологія об'єктно-орієнтована, тому при створенні моделі ключову роль відіграють базові (бібліотечні) елементи, що представляють певні елементи будівлі;

- ці бібліотечні елементи містять певну інформацію про відповідні будівельні елементи, яка може знадобитися як зараз, так і для подальшої або повного пророблення (аналізу) проекту (моделі будівлі).

Характерний приклад, який дає розуміння першочергового значення класифікаторів та бібліотек: кожен будівельний елемент має вартість, а крім того, є вартість його монтажу, значення яких можуть абсолютно не цікавити проектувальника, який розміщує цей елемент в моделі, але які дуже важливі для кошторисника і будівельника. Тоді питання: звідки у елемента, поміщеного в модель, візьмуться значення вартості і вартості його монтажу?

Перший "традиційний і найпростіший" варіант відповіді: кошторисник, отримавши модель від проектувальника, привласнює всім її елементам відпо-

відні значення. Але це шлях довгий, важко контролювати і постійно приводить до людських помилок.

Другий, на вигляд "більш складний", але в підсумку найпростіший і ефективний при роботі варіант: всі значення вартості і вартості монтажу введені в бібліотечні елементи заздалегідь, так що вони виявляються в моделі відразу після вставки елемента, образно кажучи, "поза волею проектувальника". Звичайно, такий варіант передбачає, що вже мається заздалегідь створений класифікатор будівельних елементів у вигляді бібліотеки для інформаційного моделювання.

Такий класифікатор можна створити для

- 1) організації, великої,
- 2) вертикально інтегрованої компанії (холдингу) або
- 3) всієї країни.

Останній варіант є найкращим, оскільки:

– уніфікує всі будівельні проекти в масштабах держави і робить їх більш доступними для аналізу, контролю та спільного використання;

– створення для всієї країни класифікатора будівельних елементів є необхідною складовою частиною державної стандартизації будівельної галузі

– такий класифікатор має особливо важливе значення, якщо ставити питання про впровадження ВІМ в масштабах цілої країни.

На практиці використання класифікатора при інформаційному моделюванні будівель виглядає дуже просто: елемент, який вставляється в модель, має у властивостях код за класифікатором та інші подібні характеристики, за якими потім можна вести специфікування. Можливість вводити такі значення передбачена практично у всіх сучасних ВІМ програмах.

Отже, питання створення для всієї країни класифікатора будівельних елементів має вирішуватися державою у дуже короткий термін.

Обмін інформацією в ВІМ середовищі – проблема інтероперабельності.

В інформаційних системах однією з головних проблем є обмін даними між різними підсистемами, незалежно від рівня управління будівництвом, особливо їх здатність (двох або більше систем або компонентів) до обміну інформацією і використання цієї інформації. Тобто на лице, проблема інтероперабельності, яку ми ще зовемо "проблемою перекладача". Що це означає на практиці: компанії-розробники програмного забезпечення, яких ми згадували раніше, базують моделі даних будівлі на основі оригінальних платформ в САД, які мають свої внутрішні структури даних в "форматі замовника". Це означає, що вони не можуть обмінюватися інформацією один з одним, якщо для того немає так званого "перекладача" – стандарта для обміну даними. Тому:

– ВІМ-співтовариство розробило специфікації (формату даних) з метою визначення стандартів для загального уявлення і обміну, шляхом створення формату даних із відкритою специфікацією IFC (Industry Foundation Classes), який використовується як формат для інформаційної моделі будівлі (Building Information Modeling) і

– IFC був розроблений для того, щоб створити велику групу несуперечливих даних, здатних представляти собою модель даних будівлі, дозволяючи, тим самим, обмін інформацією між різними виробни-

ками програмного забезпечення в галузі архітектурного та технічного проектування і будівництва.

– IFC проявляється в якості моделі даних перекладу, в форматі, який "нікому не належить", доступному для визначення об'єктів в сфері архітектурного і технічного проектування і будівництва. Тим не менш, це не стандартизує структури даних в програмних додатках, і обмежується лише стандартизацією спільно використовуваної інформації.

– IFC – схема даних, яка дозволяє зберігання даних і обмін інформацією між різними додатками ВІМ, і яка, в той же час, розширюється і має інформацію, що охоплює безліч дисциплін, які вносять вклад в будівлю протягом її життєвого циклу з моменту розробки концепції, проектування, будівництва, до реконструкції або знесення.

– Формат файлу був розроблений buildingSMART (International Alliance for Interoperability, IAI) для спрощення взаємодії в будівельній індустрії. Не контролюється жодною компанією або групою компаній.

ВІМ-менеджери.

Багато що залежить від досвіду і націленості компанії на те, щоб освоїти програму. Природно, з'являються такі окремі посади, як ВІМ-менеджери. І якщо подивитися на успішні компанії, які працюють в ВІМ, то ВІМ-менеджер – це окрема одиниця, якою нічим більше не займається, крім координації роботи, створює необхідні бази для роботи і т.д. Основна проблема – це те, що не напрацьовані бази, сімейства виробів, більшу частину яких на початковому етапі доводилося створювати з нуля. Коли ці бази напрацьовуються, то, звичайно, процеси прискорюються і автоматизуються. За уявленнями фахівців, впровадження ВІМ займає кілька років, в залежності від кількості людей в компанії:

– це координація внутрішньої роботи в одному середовищі, в одній інформаційній моделі, інші справи роботи. Я б не сказав, що в Росії є проблеми з ВІМ – це проблеми його впровадження

– це вимагає всіх учасників проекту дисципліни, формування досить жорстких внутрішніх корпоративних стандартів роботи з програмою.

Вихід за рамки проектної організації.

Інформатизація будівництва дозволяє сьогодні вирішувати завдання, які раніше вирішити було неможливо. ВІМ-технології дають можливість проектувати ефективніше, якісніше, і більш точно управляти ризиками. Більш точним стало прогнозування витрат на будівництво.

На етапі планування будівництва можливо синхронізувати віртуальні моделі з графіком робіт,

За допомогою віртуальної моделі:

– кожен елемент тривимірної моделі отримує додаткову інформацію про той час, коли він буде будуватися;

– модель дозволяє проаналізувати створений графік і визначити помилки в їх логічній послідовності;

– розробка такого сценарію також дає можливість отримати аналітичні довідки за потребою матеріалів, по завантаженню кранів і доставці ресурсів на будівельний об'єкт;

– контролюються терміни виконання робіт;

– крім того, фахівці з охорони праці використо-

вують цифрову модель для збору інформації та оцінки рівня безпеки будівельних майданчиків.

Вже штатними можливостями багатьох сучасних програмних комплексів, таких як Revit, Tekla Trimble, Allplan, Navisworks, Archicad, Vectorworks, RhinoBIM (McNeel), formZ (Autodesk), ArchLineXP (CadLine), SCIA, Graitec та інших можливо, зокрема, сформувати наочну послідовність комплексів будівельних робіт і добре спланувати графік їх виконання, поєднуючи з логістикою, матеріально-технічним забезпеченням, контролем їх якості, вартості і виконання. Такий підхід ще називають 4D-5D моделюванням (проекткуванням).

Крім того, ряд функцій авторського нагляду в будівництві тепер можна робити віддалено за допомогою програмного забезпечення.

Експлуатації об'єкту.

BIM модель — це компактний цифровий архів знань по об'єкту, з необмеженим терміном зберігання і можливістю повторного використання проектною документації по об'єкту експлуатації.

- технологія створює інструмент оперативного і точного розрахунку витратних матеріалів для поточного або сезонного ремонту, а всі знання накопичуються в централізованому сховищі;

- таким чином, це інструмент оперативного прийняття рішення і скорочення часу з пошуком потрібної інформації.

Невідповідності, помилки.

Особливістю САД проектування є збір розрізних фактів про об'єкт окремо один від одного, що призводить до неузгоджень, невідповідностей і помилок.

Інформаційне моделювання ж дозволяє здійснювати збір інформації в єдиній системі, що виключає невідповідності.

В форматі електронної моделі експерти значно швидше перевіряють проектні рішення.

Працюючи з BIM, експерт набагато оперативніше може знайти потрібну деталь, відстежити відповідність конструктивних, архітектурних, об'ємно-планувальних, технологічних та інших проектних рішень нормам техрегламентів. Тобто в глобальному сенсі — це зручніше і ефективніше.

Отже, дана технологія дозволила скоротити кількість виникаючих помилок в рази, що відповідно в стільки ж скоротило кількість різного роду доробок. Важливо також звернути увагу на скорочення часу проектування, що в свою чергу, дозволяє істотно економити на грошових витратах, і таким чином, підвищується рівень продуктивності організації, що в кінцевому результаті дає змогу підвищити виплати співробітникам і збільшити загальний прибуток.

Складнощі в роботі з BIM

Найгостріший момент — це різний рівень впровадження BIM у всіх залучених в інвестиційно-будівельний проект компаній:

- відсутність регламентів електронного документообігу та загального стандарту передачі даних по проекту ускладнює процедуру обміну інформацією

- доходить до того, що фахівці команди управління проектом, приймаючи від когось із суміжників розділ, в прямому сенсі, на кальці змушені самі вручну переносити його в інформаційну модель. Часто, навіть на стадії реалізації проекту, доводиться вести

різноманітне моделювання і актуалізувати кілька варіантів моделі одночасно. У підсумку на дуже складних проектах мають місце програмні і ресурсні обмеження, що вимагає від членів команди проекту:

- працювати з різними форматами файлів і моделей і конвертувати вихідні дані в свої моделі;
- знаходити рішення для обходу програмних і ресурсних обмежень і поступово вдосконалюватися в цьому.

Висновок.

Будівельні компанії усвідомлюють, що з часом їх основні конкуренти перейдуть на BIM-моделювання, тому необхідно шукати рішення проблем при впровадженні технологій в кожен конкретну організацію для того, щоб в майбутньому залишитися на ринку.

Основні проблеми, що виникають при впровадженні BIM:

- високі початкові витрати, оскільки впровадження BIM — це процес системних змін, чий супер-ефект відкладений у часі;

- дороге програмне забезпечення — необхідно закупити потужні комп'ютери, програми і ліцензії на ПЗ, оновлення робочих станцій інженерів-проектувальників, створення нової серверної та мережевої інфраструктури, створення відділів BIM-менеджерів, навчання кваліфікованих фахівців.

- неадаптована (некоректна) робота програмних комплексів — щоб працювати в інформаційній моделі у архітекторів, конструкторів, проектувальників повинні бути напрацьовані бази — бібліотеки сімейств продуктів. Водночас все це розкриває безліч інших проблем в організації процесів. З огляду на іноземне коріння програмного забезпечення, не все адаптовано під норми і ДСТУ України;

- брак фахівців в області BIM-моделювання — далеко не у всіх вітчизняних вузах цьому вчать, а систематично — ніде в Україні.

Важливі також терміни і технологічний процес впровадження, зміна бізнес-процесів компанії, написання регламентів розробки та роботи з моделлю, організація структури зберігання елементів і компонентів моделі, методика внесення змін і позначок; відрив від основного виробництва. Перераховані вище пункти — недоліки технології інформаційного моделювання. Процес переходу дорогий і розтягнутий у часі. Реальні дивіденди використання технології BIM починає приносити через два-три роки.

Але найголовнішою проблемою впровадження технології інформаційного моделювання залишається відсутність розуміння кінцевої мети використання цієї технології.

Для часткового або повного вирішення перерахованих вище проблем можна запропонувати деякі кроки:

- по-перше, будівельні компанії можуть вкладати кошти в навчання персоналу, вже зарахованого до штату компанії, або в освіту студентів з метою подальшого їх залучення до роботи в даній організації. Таким чином, можна самим "виростити" майбутніх фахівців;

- по-друге, невеликі проектні організації, що не володіють необхідним резервом, можуть об'єднатися для подальшої співпраці, обміну досвідом, а також для можливості спільної покупки програмного забезпечення.

Література

1. Об'єктно-орієнтована база даних. [https://uk.wikipedia.org/...](https://uk.wikipedia.org/) – електронний ресурс.
2. Внедрение BIM подходов в повседневную практику. <http://cadsupport.ru/2018/06/%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-bim-%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/> – електронний ресурс.
3. ISO/TS 12911:2012, Framework for building information modelling (BIM) guidance/ Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений <http://docs.cntd.ru/document/1200146763> – електронний ресурс.
<https://www.iso.org/standard/52155.html> – електронний ресурс.
4. Матеріал з Вікіпедії. [https://uk.wikipedia.org/...](https://uk.wikipedia.org/) – електронний ресурс.
5. Марина КОРОЛЬ, 2016-08-08, BIM-эволюция в России – http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=163 – електронний ресурс.
6. Владимир Талапов, Технология BIM: стандарты, классификаторы и уровни зрелости <https://sapr.ru/article/24774> – електронний ресурс.

Reference

1. Ob'Ektno-orientovana baza danih. [https://uk.wikipedia.org/...](https://uk.wikipedia.org/) – elektronniy resurs.
2. Vnedrenie BIM podhodov v povesednevnyuyu praktiku. <http://cadsupport.ru/2018/06/vnedrenie-bim-praktika/> – elektronniy resurs.
3. ISO/TS 12911:2012, Framework for building information modelling (BIM) guidance/ Modelirovanie informatsionnoe v stroitelstve. Osnovnyie polozheniya po razrabotke standartov informatsionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzheniy <http://docs.cntd.ru/document/1200146763> – elektronniy resurs.
<https://www.iso.org/standard/52155.html> – elektronniy resurs.
4. Material z VikiPediIi. [https://uk.wikipedia.org/...](https://uk.wikipedia.org/) – elektronniy resurs.
5. Marina KOROL', 2016-08-08, BIM-evolyutsiya v Rossii – http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=163 – elektronniy resurs.
6. Vladimir Talapov, Tehnologiya BIM: standartyi, klassifikatoryi i urovni zrelosti <https://sapr.ru/article/24774> – elektronniy resurs.

О.Ю. Чертков, к.т.н., доц.; **В.А. Цегельный**; **Д.С. Ермолович**
КНУСА, г. Киев

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИИ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАНИЯХ В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ- BIM

Аннотация. Несмотря на высокие потенциальные возможности BIM-технологии (увеличение производительности труда, улучшение качества задокументированной информации, поддержка унифицированного и согласованного стиля работы) далеко не все участники, использующие методiku информационного моделирования, достигают ожидаемых результатов. Существуют различные причины возможных неудач, но, видимо, основной причиной является неадекватное понимание сути интегрирующей работы информационных систем и применения BIM-средств.

Ключевые слова: Информационное моделирование, BIM, BIM-стандарты, BIM-технология, жизненный цикл, строительный проект, проектирование, моделирование, строительство, эксплуатация, задокументированная информация.

O.Y. Chertkov; **V.O. Tsehelnii**; **D.S. Ermolovich**
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

FEATURES OF THE USE OF BIM TECHNOLOGY IN DOMESTIC COMPANIES IN THE ABSENCE OF NATIONAL STANDARDS FOR INFORMATION MODELING OF BUILDINGS – BIM

Abstract. Despite the high potentialities of BIM technology (increased productivity, improved quality of documented information, support for a unified and consistent work style), not all participants using information modeling techniques achieve the expected results. There are various reasons for possible failures, but apparently the main reason is an inadequate understanding of the essence of integrating information systems and the use of BIM tools.

Key words: information modeling, BIM, BIM standards, BIM technology, life cycle, construction project, design, modeling, construction, operation, documented information.

В.Р. Млодецький, д.т.н., проф., ПДАБА, м. Дніпро, ORCID: 0000-0003-0871-2128

Є. І. Заяць, д. т. н., доц., ПДАБА, м. Дніпро, ORCID:0000-0002-7382-919X

Т.В. Ткач, к.т.н., ПДАБА, м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-9433-7514

К.М. Нетеса, пошукач, ДНУЗТ, м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-4087-5552

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВИКОНАННЯ ПОТОЧНИХ РЕМОНТІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

***Анотація.** У статті розглянуті організаційно-технологічні параметри сучасних фасадних систем та наведені результати аналізу особливостей їх експлуатації та поточного ремонту. Оцінено ефективність сучасних фасадних систем за рядом факторів. Визначено, що в реальних умовах експлуатації сучасних житлових та громадських будівель системи з вентиляльованим фасадом та облицюванням плитками зі штучного каменю, зокрема керамограніту, мають найвищу ефективність та експлуатаційну доцільність.*

***Ключові слова:** енергоефективність, фасад, поточний ремонт, безвідмовна експлуатація, мокрий фасад, керамограніт.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Серед всієї системи конструктивних елементів будівлі огорожувальні конструкції першими сприймають зовнішні впливи – температурні перепади, сонячну радіацію та випромінювання, вітер, дощ, сніг тощо – та ізолюють від них внутрішні приміщення. Відповідно саме надійність та довговічність фасадної системи визначає енергоефективність такої експлуатації, а як наслідок – економічну доцільність та порядок використання будівлі [2]. Тому тип фасадної системи необхідно ретельно підбирати і обґрунтовувати конструктивні рішення та давати їх економічну оцінку на етапі проектування, враховуючи цілий ряд факторів впливу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Традиційно при зведенні житлових будівель до 10-12 поверхів включно застосовують стінову або змішану конструктивну систему з цегляними стінами та пустотними плитами перекриття, відповідно у якості фасадної системи використовують навісний вентиляльований фасад або ж "мокрий" фасад зі штукатуркою по утеплювачу [1, 3, 4].

При зведенні ж громадських будівель, або житлових підвищеної поверховості (16 поверхів та більше) застосовуються каркасні системи з монолітного залізобетону. Відповідно у якості фасаду застосовуються системи з вентиляльованим фасадом, або ж панорамне скління з сучасних енергоефективних елементів. Відповідно саме ці системи доцільно досліджувати з метою встановити найбільш раціональні для застосування [5, 6, 7].

Фасадні системи з оздоблюванням цеглою, керамічною плиткою та іншими елементами, які наклеюються на цегляну або кам'яну стіну, були популярні 30-40 років тому, проте через складнощі експлуатації та низьку ефективність поточних ремонтів зараз не використовуються.

Формулювання цілей статті. Головною метою дослідження є комплексний аналіз ефективності сучасних фасадних систем відносно термінів експлуатації, поточного ремонту та особливостей, що обумовлюють зручність їх застосування для найбільш розповсюджених будівель та споруд.

Основний матеріал. При порівнянні фасадних систем мало керуватись тільки параметрами варто-

сті, зовнішнього вигляду та відповідності загальній концепції будівлі. Необхідно звертати увагу на економічну доцільність та тривалість періодичних ремонтів, поточних ремонтів, можливість реконструкції та відновлення фасадної системи. За цими критеріями вкрай важко порівнювати фасадні системи різного типу. Проте за результатами порівняння необхідно вибирати найбільш раціональної фасадної системи для конкретного об'єкту будівництва. Важливу роль тут відіграє майбутнє призначення будівлі. Наприклад сезонне завантаження торговельних площ та зміна кількості відвідувачів торговельно-розважальних центрів викликають необхідність виконання всіх ремонтних та обслуговуючих робіт поза сезонним максимумом відвідування. Внаслідок більш раціональними є системи з прогнозованими термінами експлуатації та мінімальними термінами поточних ремонтів. Крім того, важливими є критерії можливості виконання робіт в холодну пору року та швидкість монтажу фасадної системи.

Для аналізу сучасних фасадних систем відносно ефективності та тривалості поточних ремонтів виконаємо їх порівняння за основними критеріями. Вихідні дані приведені для сучасних виробників основних фасадних систем.

– Гарантований термін безвідмовної роботи (років). Цей критерій обумовлює гарантований виробником термін безвідмовної роботи зі збереженням усіх властивостей, за умов виконання регламентів з технологічного обслуговування та поточного ремонту системи (за наявності);

– Гарантований термін експлуатації між поточними ремонтами (років). Обумовлює гарантований виробником термін, протягом якого можливо експлуатувати фасадну систему без необхідності ремонту, за умов правильного обслуговування та у випадку дотримання умов експлуатації;

– Тривалість поточного ремонту (обслуговування) (років). Обумовлює середній термін, необхідний для виконання робіт з поточного ремонту та обслуговування системи протягом циклу гарантованого терміну експлуатації між поточними ремонтами;

– Можливість оперативного ремонту (заміни) елементів фасадної системи (так/ні). Критерій обумовлює технологічну можливість оперативного ре-

монту (заміни) окремих елементів системи без видавлення значної за розміром ділянки фасаду у випадку настання негарантійного випадку – удару, руйнуванню, нерозрахунковому впливу тощо;

– Можливість діагностики окремих елементів фасадної системи (в т.ч. залишкової енергоефективності фасадної системи), (так/ні). З часом експлуатації будь-якої фасадної системи ефективність ізоляційних матеріалів, зокрема теплоізоляційні властивості, зменшується. З метою збереження енергоефективності будівлі необхідно періодично визначати ізоляційні властивості матеріалів, що входять до складу фасадної системи, в тому числі з дослідженням безпосередньо теплоізоляційного матеріалу;

– Наявність кліматичних обмежень виконання обслуговуючих/ремонтних робіт системи (так/ні). Обумовлює можливі обмеження на виконання обслуговуючих робіт, таких як неможливість виконання робіт в холодну пору року, в умовах від'ємних температур тощо;

– Зручність прокладання комунікацій крізь фасадну систему, так/ні. Передбачає оцінку можливості прокладання нових додаткових комунікацій крізь фасадну систему (при встановленні приладів кондиціонування, проведенні додаткових мереж тощо) без зниження основних ізоляційних властивостей фасадної системи;

– Ефективність реставрації/заміни фасадної системи, так/ні. Даний критерій обумовлює можливість ефективності реставрації фасадної системи шляхом заміни однієї зі складових (зовнішнього шару, теплоізоляційного шару тощо). При цьому подібна заміна не буде оцінюватись як ефективна у випадку,

якщо витрати праці та часу на заміну однієї зі складових фасадної системи приблизно дорівнюють витратам на улаштування нової системи, або ж переважна більшість елементів фасадної системи неможливо повторно використати під час реставрації.

Порівняльний аналіз ефективності сучасних фасадних систем за наведеними критеріями наведено в таблиці (табл. 1).

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших досліджень у даному напрямку. За результатами аналізу сучасних фасадних систем визначено, що найменшу ефективність мають системи типу "мокрий фасад". Вони мають найменший термін експлуатації, найдовший термін поточного ремонту. Крім того, поточний ремонт можливий тільки в теплий період року (за температури не менше +5°C) через наявність мокрих процесів. Оскільки система передбачає повне закриття утеплювача зовнішніми шарами, діагностика всіх матеріалів ускладнена і можлива тільки дистанційними методами, або ж вирізанням контрольних зразків.

Більш ефективні системи скління фасадів. Такі системи мають значний термін експлуатації та довгий період між поточними ремонтами. Внаслідок високої заводської готовності елементів улаштування такої системи зводиться до монтажу кріпильної системи та послідувального навішування панелей на неї. Проте при експлуатації даної системи виникають складнощі при прокладанні комунікацій. Крім того, система призначена тільки для каркасних будівель зі значними стіновими прорізами. Заміна елементів системи на нові, в тому числі більш енергоефективні, раціональна тільки за умови узгодженості елементів однієї і тій самій несучій системі.

Таблиця 1. Ефективність сучасних фасадних систем

Критерій	Одиниці виміру	Мокрий фасад	Вентильований фасад з облицюванням керамогранітом	Скляний фасад по несучому каркасу
Гарантований термін безвідмовної роботи	Років	20	50-100	50
Гарантований термін експлуатації між поточними ремонтами	Років	5	10-20	10-20
Тривалість поточного ремонту/обслуговування	Років	0,2	0,1	0,1
Можливість оперативного ремонту (заміни) елементів	Так/ні	Ні	Так	Так
Можливість діагностики окремих елементів системи	Так/ні	Ні/складно	Так	Так
Наявність кліматичних обмежень виконання обслуговуючих/ремонтних робіт	Так/ні	Так (тільки в теплий період)	Ні (крім загальних правил виконання робіт)	Ні (крім загальних правил виконання робіт)
Зручність прокладання комунікацій крізь фасадну систему	Так/ні	Так	Так (за умови наявності спец. обладнання)	Ні
Ефективність реставрації/заміни фасадної системи	Так/ні	Ні	Так	Так (за умови узгодження елементів)

Найбільше поширення і ефективність в сьогодишньому будівництві мають вентилявані фасадні системи з облицюванням плитками зі стійких матеріалів, в т.ч. керамограніту. Такі системи мають практично всі переваги скляних фасадів, проте для них забезпечена більша ремонтпридатність та зручність під час діагностики окремих елементів. Процедура заміни окремих елементів може займати лічені хви-

лини, а за умови наявності спеціалізованого обладнання прокладання комунікацій можливе фактично без обмежень.

Незважаючи на ефективність вентиляваних фасадних систем, необхідно продовжувати комплексні дослідження з оцінки сучасних огорожувальних конструкцій та їх адаптації до високих критеріїв якості сучасної будівельної продукції.

Література

1. Гагарин, В. Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем / В. Г. Гагарин // АВОК. – 2007. – №6. – С. 82-103.
2. Державний стандарт України ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Настанова Основи проектування конструкцій. – На заміну ENV 1991-1:1994; надано чинності 2009-07-01. – К. Мінрегіонбуд України, 2009. – 81 с.
3. Емельянова, В. А. Оптимизированная конструкция навесного вентилируемого фасада / В. А. Емельянова, Д. В. Немова, Д. Р. Мифтахова // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – №6. – С. 53-66.
4. Еноткина, С. Эксплуатация многослойных ограждающих конструкций / С. Еноткина // Молодой ученый. – 2011. – №6. – С. 49-52.
5. Туснина, О. А. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов / О. А. Туснина, А. А. Емельянов, В. М. Туснина // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №8. – С. 54-63.
6. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed facade system / M. Dagnall, A. Window, A. Leung, D. Thompson // Processing of Building Simulation: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011, pp. 808-815.
7. Ciampi, M Some thermal parameters influence on the energy performance of the ventilated walls / M. Champi, F. Leccese, G. Tuoni // Processing of 20th UIT National Heat Transfer Conference. Maratea, Italy, 2002, pp. 357-362.

Reference

1. Gagarin, V. G. Teploizolyatsionnyie fasadyi s tonkim shtukaturnym sloem / V. G. Gagarin // AVOK. – 2007. – #6. – S. 82-103.
2. Derzhavniy standart UkraYini DSTU-N B V.1.2-13:2008 Nastanova Osnovi proektuvannya konstruktivnyy. – Na zamInu ENV 1991-1:1994; nadano chinmostI 2009-07-01. – K. MInregIonbud UkraYini, 2009. – 81 s.
3. Emelyanova, V. A. Optimizirovannaya konstruktivnaya navesnogo ventiliruемого fasada / V. A. Emelyanova, D. V. Nemova, D. R. Miftahova // Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal. – 2014. - #6. – S. 53-66.
4. Enotkina, S. Eksploatatsiya mnogosloynnyih ograzhdaiuschih konstruktivnyy / S. Enotkina // Molodoy uchenyy. – 2011. – #6. – S. 49-52.
5. Tushnina, O. A. Teplotekhnicheskie svoystva razlichnyih konstruktivnyih sistem navesnyih ventiliruemyih fasadov / O. A. Tushnina, A. A. Emelyanov, V. M. Tushnina // Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal. – 2013. – #8. – S. 54-63.

В.Р. Млодецкий, д. т. н., проф., ПГАСА, г. Днепр, ORCID: 0000-0003-0871-2128

Е.И. Заяц, д. т. н., доц., ПГАСА, г. Днепр, ORCID: 0000-0002-7382-919X

Т.В. Ткач, к. т. н., доц., ПГАСА, г. Днепр, ORCID: 0000-0002-9433-7514

К.Н. Нетеса, соискатель, ДНУЖТ, г. Днепр, ORCID: 0000-0002-4087-5552

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены организационно-технологические параметры современных фасадных систем. Выполнен анализ особенностей эксплуатации и текущего ремонта. Оценена эффективность современных фасадных систем по ряду факторов. Определенно, что в реальных условиях эксплуатации современных жилых и общественных зданий системы с вентилируемым фасадом и облицовкой плитками из искусственного камня, в частности керамогранита, имеют наивысшую эффективность и эксплуатационную целесообразность.

Ключевые слова: энергоэффективность, фасад, текущий ремонт, безотказная эксплуатация, мокрый фасад, керамогранит.

V.R. Mlodetskiy, Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., PSACEA, Dnipro, ORCID: 0000-0003-0871-2128

Y.I. Zaiats, Dr. Sc. (Tech.), Ass. Prof., PSACEA, Dnipro, ORCID: 0000-0002-7382-919X

T.V. Tkach, Ph.D., PSACEA, Dnipro, ORCID:0000-0002-9433-7514

K.M. Netesa, External applicant. PSACEA, Dnipro, ORCID: 0000-0002-4087-5552

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PERFORMANCE OF OUTDOOR REPAIRS OF FACADE SYSTEMS OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Abstract. In the articles considered organizational and technological parameters of the modern facade systems. The analysis of features of exploitation and permanent repair is executed. Efficiency of the modern facade systems is appraised after the row of factors. Certainly, that in the real terms of exploitation of modern housing and public building of the system with the ventilated facade and cladding of tiles from an artificial stone, in particular porcelain tile, have the greatest efficiency and operating expediency.

Keywords: energy efficiency, facade, permanent repair, faultless exploitation, wet facade, porcelain tile.

І.В. Шумаков, д.т.н., професор, завідувач кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури, м.Харків

В.В. Калінін, к.фіз.-мат.наук, доцент кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки

Н.В. Гречко, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Харківського національного університету будівництва та архітектури, м.Харків

І.В. Тимченко, старший викладач кафедри графіки Харківського національного університету будівництва та архітектури, м.Харків

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ BRICSCAD У ВПРОВАДЖЕННІ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ

Анотація: розглянуто можливості системи BricsCAD, її переваги над іншими САПР, проаналізовано її розвиток та інтеграція з іншими програмними продуктами

Ключові слова: BricsCAD; Bricsys; BIM-модуль; BIM-технології.

Вступ

Нестримно розвиваючись, інформаційні технології активно міняють простір навколо себе. Зарубіжна будівельна індустрія вже перейшла або активно переходить на інформаційне моделювання будівель (Building Information Modeling – BIM), яке можна по праву назвати локомотивом будівельної галузі.

У сучасному світі все підраховується і всьому ведеться облік. Особливо це стосується грошей і часу. Цими категоріями вимірюється ефективність у багатьох галузях економіки, і будівельна галузь не виключення. Саме для підвищення ефективності і була розроблена технологія BIM – процес колективного створення і використання інформації про об'єкт, основу для ухвалення рішень упродовж усього життєвого циклу будівлі: проектування, будівництва, експлуатації і зносу; оскільки тепер експлуатація і знос цікавлять девелопера або інвестора не менше його будівництва.

BIM-технологія для усіх учасників будівельного процесу є платформою, яка виводить усі роботи на якісно новий рівень в проектуванні, будівництві, експлуатації і економить ресурси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Практика показує, що BIM найактивніше розвивається, якщо є державна підтримка. Наприклад, США стали першими застосовувати BIM в державних проектах, і це стало поштовхом для розробки спеціальної нормативної бази, що підтримує застосування BIM, і впровадження технологій у будівельну галузь. Тепер девелопер не зможе отримати жодного держзамовлення, якщо не використовує у своїй роботі інформаційне моделювання. Китай після ухвалення рішення на урядовому рівні про впровадження BIM, до Олімпіади 2008 року побудував за новими технологіями "Водний куб" – складний з архітектурної і технологічної точки зору стадіон для водних видів спорту. З 2016 року будівництво за технологією BIM є обов'язковим при виконанні держзамовлення у Великобританії, Нідерландах, Фінляндії, Данії і Норвегії. Активно популяризують впровадження BIM в Німеччині, Франції, Південній Кореї, Гонконзі [1].

Для досягнення максимального ефекту від використання BIM-технологій необхідно впроваджува-

ти їх на усіх етапах реалізації проекту, бути компанією повного циклу. В цьому випадку модель живе від концепції до введення об'єкту в експлуатацію і надалі передається власникові будівлі як основа для створення експлуатаційної системи [2].

Для того, щоб була можливість прив'язати плани будівництва, фінансування і постачань матеріалів до єдиної інформаційної моделі будівлі, необхідно, щоб модель була пов'язана з різними довідковими і інформаційними системами. Цей зв'язок можна забезпечити за рахунок правильної класифікації елементів моделі і створення баз матеріалів, будівельних процесів і трудових ресурсів. Така інформаційна система дозволяє швидко аналізувати на ранніх етапах вартість і терміни зведення об'єкту при різних варіантах проектних рішень. Так само швидко можна вносити зміни в проект і фінансову модель на будь-якій стадії життєвого циклу

BIM має дві головні переваги перед CAD:

1. Моделі і об'єкти управління BIM – це не просто графічні об'єкти, це інформація, що дозволяє автоматично створювати креслення і звіти, виконувати аналіз проекту, моделювати графік виконання робіт, експлуатацію об'єктів і т. д. – що надає колективу будівельників необмежені можливості для ухвалення найкращого рішення з урахуванням усіх наявних даних.

2. BIM підтримує розподілені групи, тому люди, інструменти і завдання можуть ефективно і спільно використовувати цю інформацію упродовж усього життєвого циклу будівлі, що виключає надмірність, повторне введення і втрату даних, помилки при їх передачі і перетворенні [3].

Виклад основного матеріалу

BIM – це інформаційна модель будівлі, яка включає в себе повний цикл процесів архітектурно-будівельного проектування, управління будівництвом та експлуатацією об'єкта. Цифрова модель містить усі фізичні, функціональні і економічні характеристики будівлі, будучи прообразом проєктованого і цифровим двійником існуючого об'єкта.

Інформаційна модель будівлі (BIM) – це вся інформація про об'єкт, яка має числовий опис і потрібним чином організована та використовується, як

на стадії проектування і будівництва, так і в період її експлуатації та знесення. Це добре скоординована, злагоджена і взаємопов'язана інформація, яка піддається розрахункам та аналізу, має геометричну прив'язку, придатна для комп'ютерного використання тощо [4].

Ця числова інформація про проєктований або наявний об'єкт може використовуватись для прийняття конкретних проєктних рішень; створення якісної проєктної документації; прогнозування експлуатаційних якостей; складання кошторисів і будівельних планів; замовлення і виготовлення матеріалів і обладнання; управління зведенням будівлі; управління й експлуатації самої будівлі і засобів технічного оснащення протягом всього життєвого циклу [5].

Робота щодо створення інформаційної моделі будівлі ведеться у два етапи. Спочатку розробляються певні блоки – первинні елементи проєктування (вікна, двері, перекриття тощо), елементи оснащення (опалювальні прилади, санітарні блоки тощо) та все інше, що має відношення до будівлі, але виконуються поза рамками будівельного майданчика.

Другий етап – моделювання того, що створюється на будмайданчику: фундаменти, стіни, навісні фасади тощо. При цьому передбачається використання заздалегідь створених елементів, як наприклад, кріплення для навісних стін [6].

Побудована інформаційна модель проєктованого об'єкта стає основою і використовується для створення робочої документації, розробки та виготовлення будівельних конструкцій і деталей, комплектації об'єкта, монтажу технологічного обладнання, економічних розрахунків тощо [7].

BIM-моделювання будівель і споруд представлено у спеціалізованому продукті BricsCAD BIM, що пропонує інтелектуальне проєктування у звичному і комфортному середовищі стандартної .dwg платформи та дозволяє використовувати усі можливості технології інформаційного моделювання без додаткового програмного забезпечення.

Довгий час лідером на світовому ринку програмного забезпечення в категорії DWG САПР був AutoCAD. Але висока вартість та системні вимоги цього продукту вимагають великих затрат на його покупку, впровадження та підтримку, а отже AutoCAD не може бути рішенням для багатьох проєктних організацій. Альтернативним рішенням для таких компаній стали інші DWG САПР, серед яких виділився новий лідер – BricsCAD, єдина DWG САПР, доступна для усіх основних платформ: Windows, Linux і MacOS [8].

Понад 1500 галузевих додатків дозволяють розширити можливості BricsCAD і використовуються в архітектурно-будівельній галузі, машинобудуванні, створенні інженерних систем та ПС.

Високі темпи розвитку BricsCAD принесли заслужену популярність цій графічній платформі, що пов'язано не лише з лояльною ціною політикою, але й широкими функціональними можливостями, і все це дає право вважати його лідером серед аналогічних програм. Так, починаючи з версії BricsCAD v14, з'явився модуль роботи з листовим металом, а в BricsCAD v15 реалізована технологія BIM. BricsCAD v16 дає можливість працювати з форматом IFC для узгодження BIM моделей з іншими розділа-

ми проєкту – конструктивними моделями, моделями інженерних систем, а в BricsCAD v17 добавлена можливість швидкісного порівняння 3D моделей. Починаючи з версії BricsCAD v18 у якості основного формату використовується dwg. Новий набір інструментів для моделювання конструкцій в BricsCAD BIM v18 розпізнає лінійні тіла і автоматично класифікує їх як колони, балки, перила, труби, повітропроводи тощо. Для передачі даних BIM в інші застосування і назад допрацьовано механізм імпорту IFC. Вікна, що імпортуються, зберігають свою параметризацію і асоціативність по відношенню до стін [9]. BricsCAD v19 доповнено параметричними бібліотеками стандартних виробів. Нова версія програми BricsCAD v20 пропонує наступні інструменти автоматизації для підвищення продуктивності: Розумне копіювання (команда COPYGUIDED), Перетворення в блок (команда BLOCKIFY), які дозволяють використовувати переваги передових розробок в області штучного інтелекту для автоматизації повторюваних багатоетапних задач, таких як копіювання геометрії і перетворення об'єктів в блоки. Також у новій версії з'явилися інструменти для моделювання об'єктів Civil, які дозволяють створювати, візуалізувати і аналізувати проєкти Civil в режимі реального часу з високою продуктивністю та точністю САПР. Причому для перегляду і аналізу геометрії Civil немає необхідності використовувати енейблери. Версія BricsCAD V20 пропонує розширені можливості моделювання для створення, редагування, профілювання і вирівнювання TIN поверхонь, а також NURBS-моделювання Rhinoceros та алгоритмічне моделювання Grasshopper. Ці можливості забезпечуються підтримкою API, що дозволяє створювати потужні аналітичні інструменти для проєктування об'єктів інфраструктури.

Все це повністю змінює представлення про можливості САПР на базі формату DWG.

BricsCAD – програмний продукт, призначений для побудови цифрової моделі будівлі BIM від компанії Bricsys, який підтримує безпосередньо формат DWG і має цілий ряд відмінностей, включаючи інструменти прямого варіаційного моделювання, підтримку BIM-технологій. BricsCAD – єдина САПР, яка використовує єдиний формат dwg файлу для 2D креслення, 3D моделювання, машинобудівного проєктування, розробки виробів з листового металу та інформаційного моделювання будівель BIM [10]. Використання інноваційних технологій прямого моделювання забезпечує високу точність, доступну при використанні формату dwg.

Концептуальна модель легко перетворюється в повноцінний BIM-проєкт з автоматичною класифікацією усіх елементів – стін, перекриття, колон тощо. До кожного елемента можливо додати IFC сумісну інформацію та в подальшому розширювати набір даних.

BricsCAD BIM автоматично генерує плани, перерізи, фасади і звіти на основі тривимірної інформаційної моделі. Кожна модифікація BIM-моделі коректно оновлює усі похідні документи. Згенеровані креслення є на 100% сумісними з форматом dwg.

У BricsCAD недоступно створення визначень динамічних блоків, замість цього BricsCAD пропонує залежності параметричних блоків, хоча деякі можливості редагування динамічних блоків за допомогою

вузлових точок все ж таки є доступними. При використанні звичайних блоків для кожного символу необхідно окреме визначення блоку, тобто якщо потрібно змінити розмір існуючого динамічного блоку, то необхідно виділити існуючі блоки і замінити їх новими. При використанні параметричних блоків для виконання цієї ж роботи необхідно буде лише одне визначення блоку. Один параметричний блок забезпечує таку ж функціональність, ніж цілий набір динамічних блоків. Параметричні блоки мають перевагу в автоматизації повторюваних задач та спрощують і прискорюють процес редагування креслень. Параметричні блоки володіють великою динамічністю при створенні 2D креслень. Параметричні блоки можуть використовуватись для автоматизації виконання повторюваних задач та дозволяють користувачу окремих визначень блоків. Можна створювати визначення 2D і 3D блоків, використовуючи стандартний набір інструментів і звичний робочий процес [11].

Використання команди VIM Drag в процесі редагування моделі дозволяє обробляти декілька тіл або груп тіл одночасно. У поєднанні з новим інструментом Маніпулятор, 3d моделювання стає набагато простішим.

Вставка параметричних блоків (наприклад, вікон) можлива не лише з готової бібліотеки. Відтепер параметричний блок може бути автоматично створений на основі будь-якого замкнутого контуру довільної форми. Безумовно, будь-який з параметрів може бути тут же скоригований за допомогою панелі властивостей. Параметричні масиви дозволяють створювати динамічні групи об'єктів, що задаються числовими параметрами. Використання масивів надає користувачеві можливість гнучкого і наочного управління повторюваними об'єктами – вікнами, сходами, навісними стінами тощо.

Особливість параметричних блоків у BricsCAD працювати з масивами є дуже корисною у випадках, коли наприклад необхідно викреслити зубчасте колесо, а потім у міру необхідності змінювати його діаметр, а відповідно і кількість зубів. Виконати таку операцію у BricsCAD VIM дуже просто: для цього достатньо обрати масив, на панелі властивостей обрати поле Елементи, та включити режим відображення значення поля Елементи у вигляді виразу. Вирази можна застосовувати також і в Оглядачі конструкцій. Наприклад, для введення деякого виразу для побудови зубчастого колеса необхідно:

праворуч – на панелі властивостей обрати функцію fx, щоб відобразити вираз;

ліворуч вгорі – значення залежностей на панелі Оглядач конструкцій.

ліворуч внизу – таблиця для редагування значень.

Наприклад, при використанні параметричного блоку для зубчастого колеса задаємо наступні параметри:

radius – $rad1$;
 h – $rad1/10+2$;
items – h ;
array radius – $rad1+20$;
angle between items – $360/h$;

В результаті створення такого параметричного блоку при заданні радіуса, що дорівнює 40, кількість зубців у такого колеса буде дорівнювати 6, у випадку

ж зміни радіуса до 80, кількість зубців стане рівною 10. Автоматично також буде змінено радіус масиву та кут між зубцями.

Для вставки креслення як параметричного блоку необхідно використовувати версію BricsCAD Platinum. При вставці блоків можна обрати одну з декількох опцій: Декілька дозволяє виконати вставку декількох екземплярів одного і того ж блоку; Змінити об'єкт дозволяє змінити раніше встановлені параметри вставляемого блоку та ім'я кожного екземпляра, причому кількість змін параметрів в процесі вставки не обмежено [12].

Створення параметричної тривимірної моделі відбувається шляхом додавання або віднімання об'ємів. BricsCAD VIM-модуль використовує ядро твердотілого геометричного моделювання ACIS, що дозволяє моделювати складні будівельні компоненти, включаючи поверхні з подвійною кривизною, а також генерувати точні двовимірні перерізи і види. Взаємні стосунки між такими об'єктами як стіни, вікна, панелі, дах, отвори підтримуються автоматично при зміні параметрів моделі. Будівельні елементи визначаються за допомогою стилю, який задає їх зовнішній вигляд, матеріали, вартість і форму. Позиціонувати елементи можна за допомогою складних тривимірних поверхонь [13].

BricsCAD VIM-модуль підтримує поняття тривимірної кімнати як об'єкту, який зберігає інформацію про площу і об'єм, тип кімнати і розміри стін, підлоги і стелі, корисну площу. Проект може складатися з декількох будівель, а кожна будівля – з декількох поверхів зі своїми параметрами. Можна створювати складки і підбірки будівель і їх частин.

Усі матеріали, стилі і інші налаштування можуть бути імпортовані з шаблону проекту і розділені з іншими членами проектної команди у вигляді XML. За допомогою COM API VIM-модуль може бути розширений і використаний в сторонніх застосуваннях.

Елементи штучного інтелекту, активно вживані у вертикальних рішеннях, знаходять своє застосування і в більш рутинних і повсякденних процедурах.

Приклад такого підходу – команда BLOCKIFY. Це новий інструмент, який знаходить комбінації об'єктів, що повторюються, генерує на їх основі визначення блоків і автоматично замінює цими блоками усі подібні групи об'єктів. Ця операція дозволяє істотно скоротити в об'ємі 2d креслення, що містять велике число груп повторюваних об'єктів. Типовий приклад – умовні топографічні позначення або топографічна сітка. 3d моделі, у тому числі імпортовані, отримали можливість швидкої ініціалізації структури складання і заміни деталей бібліотечними стандартними виробами.

Динамічний розмір "Найменша відстань" при виборі довільної пари об'єктів не лише відображає мінімальну відстань між об'єктами, але і дозволяє змінювати взаємне розташування цих об'єктів. Наприклад, користувач може швидко змінити відстань між центрами двох кіл, двома паралельними прямими або протилежними сторонами прямокутника.

Адаптивна сітка в комбінації з можливістю переміщення об'єктів за допомогою клавіатури дозволяє швидко і точно переміщати об'єкти на певній відстані із забезпеченням високої точності позиціонування об'єктів.

Маніпулятор, який використовується в 3d середовищі, може успішно використовуватися і для 2d об'єктів, зокрема для заміни таких популярних команд модифікації, як переміщення, поворот, відображення і масштабування. Для більш наочного контролю над цими операціями BricsCAD відображає шкалу з діленнями, що відповідають поточному кроку адаптивної сітки.

Серед інших можливостей – імпорт файлів DGN і PDF, імпорт і візуалізація точок хмар, динамічний зв'язок DWG таблиць із зовнішніми таблицями Excel, можливість застосування формул в операціях витягання даних, розширенні формули в полях блоків, новий редактор блоків, угруповання мультивиносок тощо. Не залишилися без уваги питання продуктивності – підвищена швидкодія при роботі з насиченими штрихуваннями і при взаємодії з об'єктною прив'язкою на складних кресленнях. Операції масштабування і панорамування у ряді випадків показують п'ятикратне зростання продуктивності.

Сімейство команд перетворення типів об'єктів дозволяє створювати поверхні і тіла з мереж або, навпаки, отримувати мережі на основі існуючих поверхонь і тіл.

Незважаючи на довгий перелік нових можливостей, BricsCAD BIM отримав істотно спрощений інтерфейс. Новий спрощений інтерфейс заздалегідь пройшов річний цикл обкатки у безкоштовному продукті BricsCAD Shape і отримав позитивну оцінку користувачів.

Для сучасних архітекторів і проектувальників з'явилися нові можливості у вигляді команди панелізації криволінійних поверхонь і створення вітражних систем. Використання бібліотек від виробників виробів в BricsCAD BIM тепер не обмежується бібліотеками, що поставляються у форматі .dwg, а розширено можливістю імпорту даних з файлів сімейств у форматі RFA. Це забезпечує більш високу якість і деталізацію опрацювання моделі. Можливості штучного інтелекту найяскравіше представлені в команді Рекомендація. Досить пропрацювати один типовий стик між багатошаровими стінами, профілями металокопункцій або елементами трубопроводів, після чого BricsCAD BIM виконає аналіз моделі і запропонує застосувати такий же стик в усіх подібних випадках. Так само можна розміщувати в моделі такі повторювані елементи, як перила, огорожування або козирки уздовж стін.

Також до нових можливостей відноситься команда швидкої побудови QUICKDRAW, яка оперує не окремими елементами будівель, а дозволяє дуже швидко створювати цілі приміщення, обмежені стінами і перекриттями.

Ухвалення проектних рішень – робота проектувальника, а аналіз моделі і розпізнавання призначення її елементів – робота системи, тому обирати оптимальний варіант BIM-технології для ескізної моделі буде система.

Команда BIMIFY аналізує усю модель і використовує характерні геометричні ознаки її елементів і їх просторове положення для виконання класифікації тіл відповідно до стандарту IFC і просторової прив'язки макрооб'єктів моделі. Команда враховує усі призначені користувачем параметри і величини і не змінює їх. В процесі біміфікації автоматично форму-

ються поверхи, будівлі і майданчики.

Команда BIM Classify дозволяє класифікувати вказане тіло або набір окремих тіл у моделі в ручному або напівавтоматичному режимі, до або після виконання "біміфікації". Усі групи розташовуються в одній з чотирьох категорій: ядро будівлі, архітектура, конструкція, мережі. Зовнішні посилання також розглядаються як елементи BIM і можуть бути класифіковані.

Інтелектуальні приміщення самостійно визначають своє просторове положення у будівлі і свої габарити. Розширені властивості BIM включають площу і об'єм кожного приміщення і відображаються в панелі властивостей окремо для кожної кімнати.

Команда BIM Suggest підтримує концепцію "створив одного разу – використовую багаторазово". Якщо вказати два тіла, для яких розроблений спосіб їх стикування, то BIM Suggest проаналізує, як стикуються ці тіла, відшукає в моделі схожі випадки і запропонує використати такий же тип стикування. На сьогодні підтримуються ортогональні пошарові стики між стінами, перекриттями, колонами і балками.

Засіб Витягання даних, тепер підтримує підрахунок кількісних характеристик матеріалів і шарів. Команда побудови Перерізів може створювати інтер'єрний план кімнати у вигляді розгортки стін і підлоги з можливістю тонкого налаштування результату.

Починаючи з версії V19, в BricsCAD BIM є можливості не лише для архітекторів і конструкторів, але і для представників інженерних спеціальностей. Вбудована бібліотека включає елементи трубопроводів і вентиляційних каналів. І хоча про повноцінне проектування інженерних мереж говорити доки рано, можливості 3d моделювань систем трубопроводів виглядають досить цікаво. Слід чекати, що цими можливостями повною мірою скористаються розробники спеціалізованих застосувань для розрахунку інженерних мереж.

Проектування будівлі не обмежується його стінами, і сама будівля не розташовується в повітрі. Тому версія V19 містить набір інструментів для імпорту рельєфу і створення майданчиків для розміщення об'єктів будівництва, забезпечуючи цілісне представлення проектного майданчика.

На відміну від багатьох своїх конкурентів Bricsys пропонує хмарну технологію, яка ґрунтована на використанні технології fra.me (яка не вимагає для роботи нічого, окрім веб-браузера з підтримкою HTML5) і дозволяє партнерам Bricsys не лише обмінюватися власними рішеннями в оренду через Internet, але і організовувати в хмарах спільні сесії і навчання користувачів [14]. BricsCAD інтегрований з хмарним сховищем документів Charoo, що підтримує нові версії, розмежування прав доступу і має розвинені засоби автоматизації документообігу. Таким чином, партнерам і користувачам BricsCAD стає доступна розвинена інфраструктура для повноцінної роботи в хмарах.

Хмарна система Charoo має серйозних користувачів серед європейських будівельних компаній і не лише. Так, з її допомогою була зроблена реконструкція привокзальної площі в Генте, а Брюссельська поліція використовує Charoo для обміну секретними даними про розшукуваних злочинців. Компанія Bricsys постійно розвиває інтеграцію BricsCAD з Charoo

(полегшуючи управління документами, що зберігаються в хмарі).

Покращення в інтерфейсі дозволяють наочніше описувати потоки робіт і документообігу, також з'явився абсолютно новий функціонал – переглядач 3d моделей. Подібно до вбудованого переглядача 2d даних, він дозволяє за секунди переглядати документи будь-якого розміру, завдяки автоматичній підтримці рівня деталізації графіки – по мережі передається той мінімум інформації, що потрібний для візуалізації частини документу з необхідним дозволом.

Успіх BricsCAD багато в чому ґрунтований на використанні програмної компоненти Teigha, яка служить не лише для читання, запису і рендерінга файлів у форматі .dwg, але і для реалізації динамічної взаємодії об'єктів бази даних сумісним з AutoCAD способом. Розробкою цієї платформи займається Альянс з Відкритого Проектування (Open Design Alliance), одним з членів-засновників якого є компанія Bricsys. Завдяки особливому статусу розробники Bricsys мають повний доступ до початкового коду Teigha, вносять в нього необхідні зміни і діляться ними з іншими членами Альянсу. Bricsys – не лише активний користувач Teigha, але і діяльний член спеціальних груп за інтересами у рамках Альянсу – таких як Teigha BIM і Teigha Mechanical.

Висновки

BricsCAD BIM – реальний 3D BIM в форматі DWG.

Найкращу систему для BIM-технологій визначить доступна користувачеві міра деталізації моделі.

У разі BricsCAD використання спільної платформи для BIM і Mechanical забезпечує високий рівень деталізації і граничну точність витягуваних з моделі масових і кількісних характеристик.

З випуском модуля BricsCAD BIM, Bricsys розширює свою філософію "уніфікованого CAD-рішення", дозволяючи користувачам і розробникам додатків залишатися у рамках знайомого оточення. dwg без необхідності трансляції або використання окремих продуктів, незалежно від того, чи працюють вони з двовимірним кресленням, тривимірним прямим моделюванням або інформаційним моделюванням будівель.

BIM не повинен ускладнювати процес проектування. Підхід BricsCAD до BIM – технології поважає творчий підхід до проектування і зберігає його провідну роль на усіх етапах робочого процесу. Від максимально інтуїтивного процесу проектування до найповнішої будівельної документації. BricsCAD BIM дотримується цього правила.

Рецепт BIM від Bricsys такий: інтуїтивне пряме моделювання, композитні стіни і перекриття, параметричні вікна і двері, генерація перерізів на льоту, автоматичне розпізнавання елементів BIM і обмін даними у форматі IFC. Усе це було доступно користувачам ще у версії V16, а в новій версії до цього списку додалася підтримка BIM-структур (поверхів, будівель, комплексів), додаткові BIM типи і властивості, поліпшена генерація перерізів і робота над кресленнями, а також інтеграція з хмарною системою організації документообігу у будівництві Charoo.

Література

1. Гордецкий А.С. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). *Зарубежный и отечественный опыт, перспективы развития* / А.С. Гордецкий, М.С. Барабаш, В.С. Судак и др. // *Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник*. – К.: НАУ, 2014. – Вып.2(12). – 499с.
2. BIM технології. Публікації [Електронний ресурс]. Застосування BIM до існуючих будівель/ В.Талапов – Режим доступу: <http://dwg.ru/pub/45> – Назва з екрана.
3. BIM-технології для масового будівництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/item?siteID=87173&id=20631617> – Назва з екрана.
4. САПРяжение 2012. Революция в проектировании. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=13992.
5. Зодчий. Для студентов-строителей. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.bim-cad.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=248:-bim&catid=27:2011-02-04-12-52-39&Itemid=90.
6. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография. – К.: Изд-во "Сталь", 2014.-301с.
7. Барабаш М.С., Бойченко В.В., Палиенко О.И. Информационные технологии интеграции на основе программного комплекса САПФИР: Монография. – К.: Изд-во "Сталь", 2012.-485с
8. Обзор популярных систем автоматизированного проектирования (САД) [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.pointcad.ru/novosti/obzor-sistemavtomatizirovannogo-proektirovaniya> (дата звернення: 05.11.2019).
9. Система автоматизированного проектирования [електронний ресурс]. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования#История_CAD (дата звернення: 03.05.2019).
10. Bricscad [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Bricscad> (дата звернення: 20.08.2019). 55
11. Что такое BricsCAD? [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bricscad-ukraine.com.ua/bricscad/bricscad-about.html> (дата звернення: 04.09.2019).
12. BricsCAD [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://plmpedia.ru/wiki/BricsCAD> (дата звернення: 15.10.2019)
13. Сізова Н.Д., Гречко Н.В. Інформаційні технології в навчанні розрахункам стержневих систем на комп'ютері// *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ 2014 -№4(78)/2014, с.229-235
14. Сізова Н.Д., Гречко Н.В. Комп'ютерне моделювання стійкості стержневих конструкцій// *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ 2015.– №2(80)/2015, с.265-270.

Reference

1. Gorodetskiy A.S. Kompleksnyye sistemyi proektirovaniya i upravleniya stroitel'stvom s ispolzovaniem polnofunktsionalnoy informatsionnoy modeli zdaniya (BIM). Zarubezhnyiy i otechestvennyiy opyt, perspektivy razvitiya / A.S. Gorodetskiy, M.S. Barabash, V.S. Sudak i dr. // Problemy razvitiya gorodskoy sredy: Nauchno-tehnicheskiy sbornik. – K.: NAU, 2014. – Vyip.2(12). – 499s.
2. VIM tehnologiyi. Publikatsiyi [Elektronniy resurs]. Zastosovannya VIM do Isnyuyuchih budiviel/ V.Talapov – Rezhim dostupu: <http://dovg.ru/pub/45>– Nazva z ekrana.
3. VIM-tehnologiyi dlya masovogo budivnitstva [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/item?siteID=87173&id=20631617> – Nazva z ekrana.
4. SAPRyazheniye 2012. Revolyutsiyi v proektuvanni. [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=13992.
5. Zodchiy. Dlya studentov-stroiteley. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: http://www.bim-cad.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=248:-bim&catid=27:2011-02-04-12-52-39&Itemid=90.
6. Barabash M.S. Kompyuternoe modelirovaniye protsessov zhiznennogo tsikla ob'ektov stroitel'stva: Monografiya. – K.: Izd-vo «Stal», 2014.-301s.
7. Barabash M.S., Boychenko V.V., Palienko O.I. Informatsionnyye tehnologii integratsii na osnove programmnogo kompleksa SAP-FIR: Monografiya. – K.: Izd-vo «Stal», 2012.-485s
8. Obzor populyarnykh sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya (CAD) [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <https://www.point-cad.ru/novosti/obzor-sistemavtomatizirovannogo-proektirovaniya> (data zvernennya: 05.11.2019).
9. Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: https://ru.wikipedia.org/wiki/Sistema_avtomatizirovannogo_proektirovaniya#Istoriya_CAD (data zvernennya: 03.05.2019).
10. Bricscad [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Bricscad> (data zvernennya: 20.08.2019). 55
11. Chto takoe BricsCAD? [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <https://bricscad-ukraine.com.ua/bricscad/bricscad-about.html> (data zvernennya: 04.09.2019).
12. BricsCAD [elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <http://plmpedia.ru/wiki/BricsCAD> (data zvernennya: 15.10.2019)
13. Slzova N.D., Grechko N.V. Informatsiyni tehnologiyi v navchanni rozrahunkam sterzhnevih sistem na kompyuteri// Naukoviy vIsnik budivnitstva. – Harkiv: HNUBA, HOTV ABU 2014 -#4(78)/2014, s.229-235
14. Slzova N.D., Grechko N.V. Kompyuterne modelyuvannya stlykostI sterzhnevih konstruksiy// Naukoviy vIsnik budivnitstva. – Harkiv: HNUBA, HOTV ABU 2015.- #2(80)/2015, s.265-270.

И.В. Шумаков, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства Харьковского национального университета строительства и архитектуры, г.Харьков;

В. В. Калинин, к. физико-математических наук, доцент кафедры физики Харьковского национального университета радиоэлектроники;

Н.В. Гречко, доцент кафедры компьютерных наук и информационных технологий Харьковского национального университета строительства и архитектуры, г.Харьков;

И.В. Тимченко, старший преподаватель кафедры графики Харьковского национального университета строительства и архитектуры, г.Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ BRICSCAD ВО ВНЕДРЕНИИ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: рассмотрены возможности системы BricsCAD, ее преимущества перед другими САПР, проанализировано ее развитие и интеграция с другими программными продуктами

Ключевые слова: BricsCAD; Bricsys; BIM-модуль; BIM-технологии

I. Shumakov

D.t.s., Professor, Head of the Department of Construction Production Technology Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture;

V. Kalinin

Ph.D, (Cand. Sc. (Physics and Mathematics), Assistant Professor, Department of Physics, Kharkiv National University of Radio Electronics (NURE) ;

N. Hrechko

Associate Professor, Department of Computer Science and Information Technology, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture;

I. Timchenko

Senior Lecturer in the Department of Graphics, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

USING THE BRICSCAD SYSTEM IN IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGIES

Abstract : Features of BricsCAD system, its advantages over other CAD systems are considered, its development and integration with other software products are analyzed

Keyword: BricsCAD; Bricsys; BIM-module; BIM- technologies

П.Е. Григоровский, д.т.н., проф, с.н.с., ORCID: 0000-0003-0527-5890

зав. кафедрой автоматизации технологических процессов КНУСА, г. Киев;

В.Ю. Луценко, к.т.н., доцент кафедры автоматизации технологических процессов;

О.В. Бондарчук, к.т.н., доцент кафедры автоматизации технологических процессов ;

Л.Г. Соболевская ассистент кафедры автоматизации технологических процессов;

М.В. Волчков ассистент кафедры автоматизации технологических процессов;

А.А. Вольгерс ассистент кафедры автоматизации технологических процессов;

Н.И. Самойленко ассистент кафедры автоматизации технологических процессов

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МЕТОДАМИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. Развитие альтернативной энергетики и применения ее достижений при проектировании и внедрении в составе гражданских объектов на этапе их строительства и эксплуатации требует комплексного подхода к определению характеристик качества преобразователей одного вида энергии в другой. В настоящее время активно развивается направление, связанное использованием элементов Пельтье в составе тепловых насосов, входящих в систему кондиционирования зданий. Высокой эффективностью отличается термоэлектрический обогрев помещений, поскольку кроме выделения джоулева тепла имеет место дополнительное выделение теплоты Пельтье. Одно из перспективных направлений этой отрасли связано с применением термоэлектрических устройств, самыми известными из которых являются термоэлектротермогенераторы и холодильные элементы Пельтье. Получение новых термоэлектрических материалов и совершенствование технологий обеспечили повышение эффективности термоэлектрического преобразования энергии, что сделало оправданным их применение при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений на протяжении их жизненного цикла. Для повышения эффективности термоэлектрических преобразователей предложен новый способ и экспериментальная установка определения комплекса характеристик термоэлектрических модулей с использованием тестовой действия, которое формируется с использованием теплоты Пельтье. Значение сопротивления модуля, термоэлектрической добротности и постоянной времени определяется в ходе анализа переходного процесса, который возникает в результате периодического изменения полярности пропускаемых через модуль импульсов тока. Разработанный алгоритм обеспечивает уменьшение результирующей погрешности за счет уменьшения влияния на результаты измерения тепла Джоуля и усреднения результатов.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, термоэлектричество, термоэлектрические параметры, метод Хармана, переходный процесс, измерения, погрешности.

В последнее время особую актуальность приобретают вопросы альтернативной энергетики. Получение новых термоэлектрических материалов и совершенствование технологий обеспечили повышение эффективности термоэлектрического преобразования энергии, что сделало оправданным их применение при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений на протяжении их жизненного цикла. В настоящее время активно развивается направление, связанное использованием элементов Пельтье в составе тепловых насосов, входящих в состав систем кондиционирования зданий. Высокой эффективностью отличается термоэлектрический обогрев помещений, поскольку кроме выделения джоулева тепла имеет место дополнительное выделение теплоты Пельтье.[2]. Одно из перспективных направлений этой отрасли связано с применением термоэлектрических устройств, самыми известными из которых являются термоэлектротермогенераторы и холодильные элементы Пельтье. [1] Эти устройства реализуют прямое и обратное преобразование теп-

ловой и электрической энергии, при этом не содержат в своем составе движущихся частей или ядовитых хладагентов, что является их безусловным преимуществом. Кроме того, хорошие результаты получены при использовании этих устройств для утилизации низкотемпературного тепла (тепловых загрязнений).

Область применения термоэлектротермогенераторов и холодильников в большинстве случаев ограничивалась автономными источниками питания и элементами термостабилизации устройств микроэлектроники.

Основным критерием оценки качества термоэлектрических элементов является параметр эффективности, впервые введенный Иоффе, [1] и названный в последствии термоэлектрической добротностью – $z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\lambda}$ (где α – коэффициент Зеебека, σ – электропроводности, а λ – теплопроводности).

Простой и эффективный способ измерения z был предложенный Харманом, который показал,

что добротность можно находить непосредственно из соотношения электрических сопротивлений термозлемента, определенных в адиабатических и изотермических условиях. [2]

Дальнейшее совершенствование этого метода показало необходимость введения ряда поправок, связанных с влиянием на результаты измерения выделения в объеме полупроводника тепла Джоуля, наличием тепловых потерь и электрического контактного сопротивления. В работе [3] предложена модификация метода Хармана, суть которой заключается в проведении измерений на переменном токе представленном последовательностью прямоугольных импульсов. Недостатком такого подхода является влияние на результаты частоты переменного тока. При измерении сопротивления модуля на низких частотах сказывается влияние эффекта Пельтье, а на высоких частотах появляется составляющая ошибки связанная с влиянием паразитных индуктивностей. На практике часто используют биполярный вариант этого метода, при котором измерения производят на прямом и обратном постоянном токе, что позволяет уменьшить дисбаланс нулевого смещения и влияние термо-ЭДС.

В работе [4] представлен тестовый метод определения характеристик термоэлектрического модуля, в основе которого лежит анализ переходного процесса. Через модуль пропускается импульс тока и регистрируется напряжение на его выходе. Предложенный подход требует применения быстродействующего АЦП с высокой разрешающей способностью, что обеспечит дальнейшую реконструкцию сигнала. Высокие требования к измерительной части имеют ограничительное влияние на реализацию этого подхода.

В настоящей работе предложена новая методика измерения параметров термоэлектрического модуля, которая по своей сути также относится к тестовым методам, однако при этом характеризуется относительной простотой и не требует применения высокоточной аппаратуры.

Измерительная установка

Схема измерительной установки представлена на рис.1

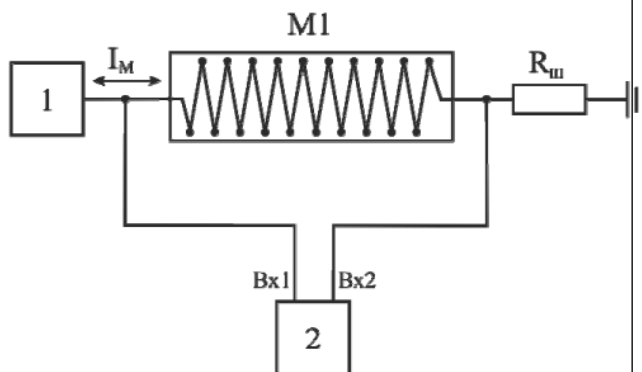


Рис.1

В состав измерительной установки входит источник токовых импульсов 1, с помощью которого через термоэлектрический модуль М1 пропускаются токовые импульсы с амплитудой 24мА. Период токовых импульсов составляет $\tau_i=0,04$ с, а их длительность – 0,02с. Величина импульсного тока контролируется двухканальным регистрирующим устройством 2 путем измерения падения напряжения на сопротивлении шунта $R_{ш}$.

Первый измерительный канал регистрирующего устройства используется для измерения напряжения на термоэлектрическом модуле, в то время как второй канал осуществляет измерение напряжения на шунте $R_{ш}$. Устройство регистрации собрано на основе коммутационного преобразователя, принцип работы которого описан в [5].

Процесс работы регистрирующего устройства носит периодический характер. Измерения по входу 1 и 2 разделены во времени на 0,04с. Также имеется возможность проведения периодической калибровки, путем подачи на вход регистрирующего устройства образцового напряжения.

Алгоритм измерений

Определение параметров термоэлектрического модуля предлагается произвести в ходе анализа переходного процесса, который возникает при смене полярности токовых импульсов. В течение времени $\frac{T}{2}$ через модуль пропускаются импульсы тока положительной полярности. При этом производится N измерений каналом 1 и 2. В течение следующего интервала времени $\frac{T}{2}$ полярность токовых импульсов изменяется на противоположную. При этом производится еще N измерений. Смена полярности импульсов внешнего тока происходит периодически с периодом равным T.

Протекание импульсного тока сопровождается выделением в спаих термодар модуля теплоты Пельтье, что приводит к изменению температур спаев и появлению термо-ЭДС. Смена полярности импульсного тока обеспечивает инвертирование теплового режима связанного с выделением теплоты

Пельтье: спаи, в которых происходило выделение теплоты Пельтье, начнут охлаждаться, в то время как спаи, что охлаждались будут нагреваться. Таким образом, с помощью теплоты Пельтье формируется тестовое воздействие на термоэлектрический модуль.

Поскольку смена полярности токовых импульсов сопровождается только их инвертированием, то можно утверждать, что количество теплоты Джоуля в течение всего периода T остается постоянным и таким образом не влияет на результаты измерения.

На рис. 2 представлена диаграмма, иллюстрирующая описанный алгоритм измерения. Цифрами отмечены моменты времени работы измерительных каналов 1 и 2.

Как видно из рис.2 имеет место поочередная работа измерительных каналов. С помощью канала 1 производится два последовательных измерения:

первое измерение происходит, когда через модуль протекает электрический ток (обозначим измеренное на этом этапе напряжение $U_1(t)$), в то время как второе – производится в его отсутствии (обозначим это напряжение $U_2(t)$). Работа второго измерительного канала аналогична: во время токового импульса измеряется напряжение $U_2(t)$, а в его отсутствии – $U_1(t)$.

Напряжение $U_1(t)$ представляет собой сумму падений напряжения на сопротивлении шунта – $R_{ш}$, на внутреннем сопротивлении модуля – r_{th} и развиваемой модулем термо-ЭДС – $\varepsilon_{TEC}(t)$:

$$U_1(t) = \varepsilon_{TEC}(t) + IR_{ш} + Ir_{th}, \quad (1)$$

где I – амплитудное значение токовых импульсов.

Измерение напряжения $U_2(t)$ производится между токовыми импульсами, соответственно при условии большого входного сопротивления устройства регистрации, можно считать, что

$$U_2(t) = \varepsilon_{TEC}(t) \quad (2)$$

Напряжение $U_2(t)$ представляет собой падение напряжения на сопротивлении шунта:

$$U_2(t) = IR_{ш} \quad (3)$$

Напряжение $U_1(t)$ измеряется на шунте в отсутствии тока и представляет собой нулевой сигнал, который используется для контроля температурного дрейфа.

В результате вычитания из выражения (1) выражения (2) и деления полученного результата на (3) получаем:

$$\frac{U_1(t) - U_2(t)}{U_2(t)} = 1 + \frac{r_{th}}{R_{ш}}$$

Откуда сопротивление модуля равно:

$$r_{th} = R_{ш} \left[\frac{U_1(t) - U_2(t)}{U_2(t)} - 1 \right] \quad (4)$$

В основу определения добротности модуля положен подход предложенный Харманом, согласно которого добротность определяется отношением развиваемой модулем термо-ЭДС – ε_{TEC} и падения напряжения на активном сопротивлении модуля, вызванным протеканием тока i :

$$z = T = \frac{i \cdot r_{th} + \varepsilon_{TEC}}{i \cdot r_{th}} - 1$$

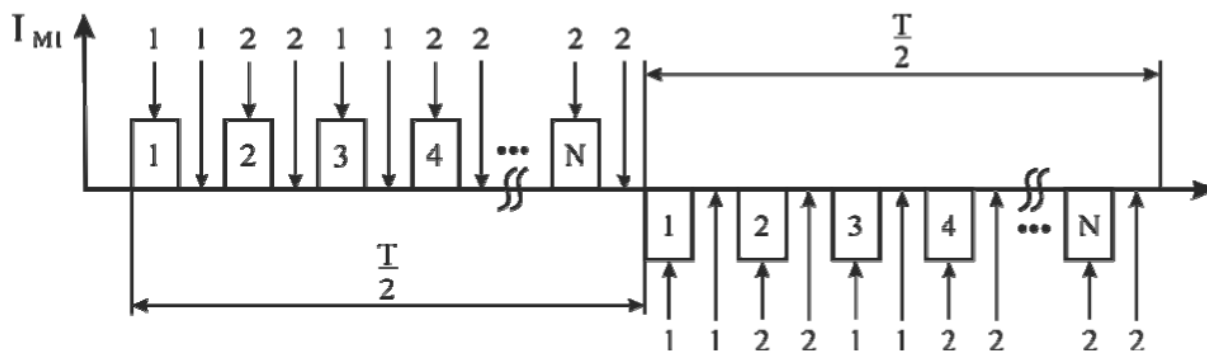


Рис. 2

При определении добротности z методом Хармана электрический ток, пропускаемый через модуль, предполагается постоянным, поэтому в случае протекания через модуль импульсного тока следует учесть его скважность k :

$$z = \frac{\varepsilon_{TEC}(t)}{k[U_1(t) - U_2(t) - U_2(t)]} \quad (5)$$

Значение временной константы τ можно определить в ходе аппроксимации временной зависимости $U_2(t)$ функцией вида:

$$f(t) = A_0(1 - e^{-t/\tau}) \quad (6)$$

где A_0 – установившееся значение, которое определяется экспериментально. Значение τ связано с β известным соотношением:

$$\tau = \frac{1}{\beta} \quad (7)$$

Результаты и их обсуждение

Оценка предлагаемого тестового метода контроля параметров термоэлектрических модулей произведена экспериментально с использованием термоэлектрического модуля TEC1-12708. На рис. 3 представлены сигналы $U_1(t)$, $U_2(t)$, $U_1(t) - U_2(t)$. Полученные результаты соответствуют амплитуде внешнего тока составляла 25мА и периоду смены их полярности – $T=81,84с$.

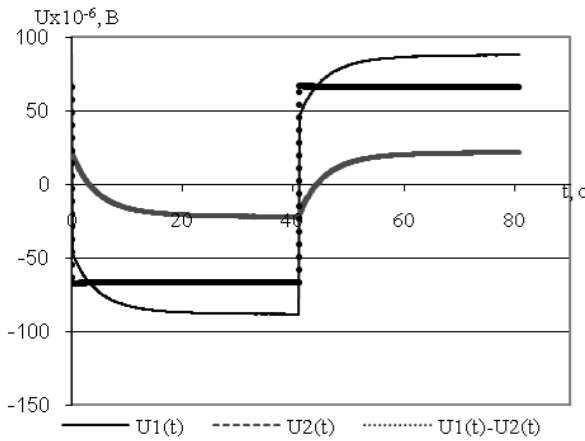


Рис. 3

В результате вычитания сигналов $U_1(t) - U_2(t)$ получаем сигнал, который остается неизменным в течение периода смены полярности внешних токовых импульсов, что позволяет рассматривать его как падение напряжения на сопротивлении модуля и шунте. В таблице 1 приведены результаты измерения установившихся значений $U_{изм}(t)$, $U_{шунт}(t)$, а также рассчитанные с их использованием значения параметров термоэлектрического модуля TEC1-112708.

Таблица 1. Результаты измерений параметров термоэлектрического модуля TEC1-112708.

$U_{изм}(t) \cdot 10^{-3}$, В	$U_{шунт}(t) \cdot 10^{-3}$, В	$r_{ш}$, Ом	$z \cdot T$
88,07	21,77	1,48	1,76

Используемые в расчетах значения $U_{изм}$, $U_{шунт}$, $U_{изм} - U_{шунт}$, $U_{шунт} - U_{изм} - U_{шунт}$ определены в результате усреднения экспериментальных значений. Причем имеется возможность провести такое усреднения как среди значений одного периода смены полярности токовых импульсов, так и по нескольким таким периодам.

Заключение

Контроль качества термоэлектрических устройств основан на измерении добротности Z , электрического сопротивления r модуля и временной константы τ . Использование для решения этой задачи контроля метода Хармана или его модификаций предоставляет ряд весомых преимуществ, основными из которых являются высокое быстродействие и относительная простота реализации. В то же время существуют и определенные сложности, связанные с выбором величины измерительного тока, выделением в измеряемом напряжении составляющей связанной с термо-ЭДС. Использование в составе измерительных установок коммутационных преобразователей позволяет уменьшить значения рабочих токов и тем самым также уменьшить взаимодействие модуля с окружающей средой в процессе измерения.

Пропускание импульсного внешнего тока через термоэлектрическое устройство обеспечивает формирование с использованием теплоты Пельтье входного тестового воздействия, а периодическое изменение полярности импульсов позволяет получить чередующиеся последовательности сигналов, соответствующих инвертированию режима работы устройства. Дальнейший анализ этих сигналов позволяет определить значение термо-ЭДС генерируемое модулем, сопротивление модуля, добротность и временную константу. Повысить точность производимых измерений, без существенного снижения быстродействия представляется возможным за счет усреднения, как отдельных экземпляров сигналов, так и значений принадлежащих одному сигналу. Таким образом, предлагаемый метод тестового контроля качества термоэлектрических модулей обеспечивает определение всего спектра необходимых характеристик с погрешностью на уровне 2,5%.

Применение тестового метода измерения параметров термоэлектрических модулей и совершенствование технологий альтернативной энергетики обеспечит повышение эффективности термоэлектрического преобразования энергии, что делает оправданным их применение при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений на протяжении их жизненного цикла.

Литература

1. А.Ф. Иоффе Полупроводниковые термоэлементы / А.Ф. Иоффе ; АН СССР, Ин-т полупроводников. — М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1960. — 188 с.
2. Harman T.C. Special techniques for measurement of thermoelectric properties. J.Appl. Phys., 29, 1959, 1373
3. В. Володин, Г. Громов Расширенные методы Z-метрии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rmtltd.ru>
4. А.Б. Путилин, Е.А. Юрагов Анализ возможностей и реализация современных методов измерения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.library.ugatu.ac.ru/pdf/magazines/izmt03_no12
5. А.С. Жагров, В.Ю. Луценко, Ю.С.Оселедчик Экспериментальное исследование датчика температуры с коммутационным преобразованием тер-мо-ЭДС.- Украинський метрологічний журнал. — Харків: ДНВО "Метрологія". — 2008. — №4. — С.29-37.

References

1. A.F. Ioffe Poluprovodnikovye termoelementy / A.F. Ioffe ; AN SSSR, In-t poluprovodnikov. — M.; L. : Izd-vo AN SSSR, 1960. — 188.
2. Harman T.C. Special techniques for measurement of thermoelectric properties. J.Appl. Phys., 29, 1959, 1373

3. V. Volodin, G. Gromov *Rasshirennyye metody Z-metrii. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: <http://www.rmtltd.ru>*
 4. A.B. Putilin, E.A. Yuragov *Analiz vozmozhnostej i realizaciya sovremennyh metodov izmereniya. [Elektronnij resurs]. Rezhim dostupu: www.library.ugatu.ac.ru/pdf/magazins/izmt03_no12*
 5. A.S. Zhagrov, V.Yu. Lucenko, Yu.S. Oseledchik *Eksperimentalnoe issledovanie datchika temperatury s kommutacionnym preobrazovaniem termo-EDS.- Ukrayinskij metrologichnij zhurnal. – Harkiv: DNVO "Metrologiya". – 2008. – №4. – P.29-37.*

П.Є. Григоровський, д.т.н., проф, с.н.с., ORCID 0000-0003-0527-5890 зав. кафедри автоматизації технологічних процесів КНУБА; **В.Ю. Луценко** к.т.н.; доцент; **О.В. Бондарчук** к.т.н., доцент; **Л.Г. Соболевська** асистент; **М.В. Волчков** асистент; **А.О. Вольгерс** асистент; **М.І. Самойленко** асистент
 Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМО-ЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ МЕТОДАМИ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Анотація. *Розвиток альтернативної енергетики і застосування її досягнень при проектуванні та впровадженні в складі цивільних об'єктів на етапі їх будівництва і експлуатації, вимагає комплексного підходу до визначення характеристик якості перетворювачів одного виду енергії в інший. В даний час активно розвивається напрямок, пов'язаний з використанням елементів Пельтьє в складі теплових насосів, що входять в систему кондиціонування будівель. Високою ефективністю відрізняється термоелектричний обігрів приміщень, оскільки крім виділення Джоулева тепла має місце додаткове виділення теплоти Пельтьє. Один із перспективних напрямів цієї галузі пов'язано із застосуванням термоелектричних пристроїв, найвідомішими з яких є термоелектрогенератори і холодильні елементи Пельтьє. Отримання нових термоелектричних матеріалів і вдосконалення технологій забезпечили підвищення ефективності термоелектричного перетворення енергії, що зробило виправданим їх застосування при будівництві та експлуатації будівель і споруд під час їх життєвого циклу. Для підвищення ефективності термоелектричних перетворювачів запропоновано новий спосіб і експериментальна установка визначення комплексу характеристик термоелектричних модулів з використанням тестової дії, яка формується з використанням теплоти Пельтьє. Значення опору модуля, термоелектричної добротності і постійної часу визначається в ході аналізу перехідного процесу, який виникає в результаті періодичної зміни полярності, пропускаються через модуль імпульсів струму. Розроблений алгоритм забезпечує зменшення результуючої похибки за рахунок зменшення впливу на результати вимірювання тепла Джоуля і усереднення результатів.*

Ключові слова: *альтернативна енергетика, термоелектрика, термоелектричні параметри, ме-тод Харман, перехідний процес, вимірювання, похибки.*

Р.Е. Hrygorovskiy, ORCID: 0000-0003-0527-5890, Doctor of Technical Sciences; **V.Yu. Lutsenko** associate professor; **O.V. Bondarchuk** associate professor; **L.G.Sobolevska** assistant; **M.V. Volchikov** assistant; **A.O. Volters** assistant; **M.I. Samoilenko** assistant
 Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF INCREASE OF EFFICIENCY OF THERMOELECTRIC ENERGY TRANSFER BY METHODS OF ALTERNATIVE ENERGY

Abstract. *The development of alternative energy and the application of its achievements in the design and implementation of civilian objects at the stage of their construction and operation requires a comprehensive approach to determine the quality characteristics of converters of one type of energy to another. Currently, the direction associated with the use of Peltier elements in the composition of heat pumps included in the air conditioning system of buildings is actively developing. The thermoelectric heating of the premises differs in high efficiency, because in addition to the Joule heat, there is an additional Peltier heat release. One of the promising areas of this industry is related to the use of thermoelectric devices, the most famous of which are thermoelectric generators and Peltier refrigeration units. The acquisition of new thermoelectric materials and the improvement of technologies have ensured an increase in the efficiency of thermoelectric energy conversion, which has justified their use in the construction and operation of buildings and structures during their life cycle. To increase the efficiency of thermoelectric converters, a new method and experimental setup of determining the complex of characteristics of thermoelectric modules using a test action formed using Peltier heat is proposed. The values of the modulus resistance, thermoelectric figure of merit and time constant are determined during the transient analysis, which results from the periodic change of polarity, passed through the current pulse module. The algorithm developed reduces the resulting error by reducing the effect on the Joule heat measurement results and averaging the results.*

Key words: *alternative energy, thermoelectricity, thermoelectric parameters, Harman's method, transient, measurements, errors.*

О.Ю. Чертков, к.т.н, доц.

В.О. Цегельний, аспірант

Д.С. Єрмолович, студ. буд. факульт.

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

КОМПЕТЕНЦІЯ – ОСНОВА УСПІШНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЇ

Анотація. У статті розглядаються особливості та вимоги до будівельної галузі в період інформаційних технологій. Розглянуто переваги та недоліки BIM-технології в порівнянні з традиційним підходом до проектування (CAD-технологію) на прикладі роботи ГППа/ГАПа. Визначено можливості пришвидшеного впровадження BIM в будівельні компанії за рахунок навчання спеціалістів компанії, а також випускників вищих навчальних закладів. Розглянуто проблеми підготовки компетентних спеціалістів для роботи в BIM-середовищі.

Ключові слова: BIM-технологія; BIM-моделювання; CAD-технологія; інформаційне моделювання будівель; особливості впровадження; ГПП; ГАП проектування.

Вступ.

Сьогодні сучасні технології є невід'ємною частиною нашого життя і без них ми просто не можемо уявити наше існування. Людство перейшло в новий період, в період, де цінуються інформація та інформаційні технології. І тепер традиційні підходи до бізнесу та виробництва вже не дають таких вражаючих результатів. Тому для забезпечення найвищих показників необхідні деякі нововведення, зокрема впровадження інформаційних технологій.

Особливо це стосується будівельної галузі. Так як будівельні проекти — це складні проекти з великою кількістю учасників та інформації, розтягнуті в часі та потребують великих фінансових витрат, то для їх реалізації необхідні нові рішення на протигагу традиційному CAD підходу. Одним з таких рішень може стати BIM-технологія.

BIM (Building Information Modeling) — технологія інформаційного моделювання об'єктів є розвитком загальноприйнятої сьогодні системи автоматизованого проектування (САПР). Основною відмінністю від останньої, крім тривимірного креслення, є наявність у моделі бази даних, що містить докладну інформацію про:

- технологічні,
 - технічні,
 - архітектурні,
 - інженерно-будівельні,
 - кошторисні,
 - економічні
- характеристики об'єкта.**

Залежно від конкретних вимог база може доповнюватися юридичною, експлуатаційною, екологічною та іншою інформацією. Тому ще однією важливою особливістю BIM є наявність єдиної інформаційної моделі будівлі, яку можна ефективно використовувати протягом усього життєвого циклу будівлі, а саме:

а) на стадії проектування, де головними є питання інформаційної повноти елементів загальної системи, узгодженого внесення змін до проекту в режимі реального часу його учасниками, безперешкодного обігу інформації між різними програмними комплексами, розрахунку конструкцій з прив'язкою результатів до елементів сховища для подальшої роботи з

ними інших фахівців, а також економії часових ресурсів;

б) на стадії будівництва відносини BIM і будівельних процесів будуються таким чином, що інформаційне моделювання дозволяє безперешкодно відстежувати хід виконання графіку робіт, оптимізувати процеси і визначати можливі відхилення на стадії їх першої появи;

в) на стадії експлуатації інформаційне моделювання сприяє безперешкодному доступу до інформації, що накопичилася на попередніх стадіях життєвого циклу та надає можливість прогнозувати зміни технологічної, конструктивної і проектної складових будівлі для подальшої реконструкції.

Разом з тим, перехід будівельної галузі на застосування BIM-технологій робить проблему нестачі спеціалістів цього напрямку однією з найважливіших. Крім того, з'являються складності з технічними аспектами, як важкодоступність до програмного забезпечення та комп'ютерного обладнання, а також, звичайно, з їх вартістю. Тому навіть при вирішенні технічних питань традиційний підхід до вирішення проблеми кадрів на цей раз може не спрацювати, хоча на перший погляд помилково може здаватися, що і цього разу, виходячи з досвіду переходу на CAD, будівельникам вдасться вирішити завдання заповнення BIM-вакансій аналогічно тому шляху, а саме: або навчити (перевчити) власні кадри без відриву від виробництва, або пошукати серед випускників ВНЗ.

Постановка задачі. Розглянути переваги та недоліки BIM-технології в порівнянні з традиційним підходом до проектування (CAD-технологію) на прикладі роботи ГППа/ГАПа. Визначити можливості пришвидшеного впровадження BIM в будівельні компанії за рахунок навчання спеціалістів компанії, а також випускників вищих навчальних закладів. Розглянути проблеми підготовки компетентних спеціалістів для роботи в BIM-середовищі.

Основна частина.

Традиційний підхід на прикладі роботи ГППа/ГАПа Розглянемо, як приклад, одного з ключових учасників будівельного проекту — ГППа/ ГАПа, його завдання та функції на кожному з етапів реалізації будівельного проекту (таблиця 1).

Таблиця 1. Функції ГАПа/ГПА на кожному етапі будівельного проекту

№	Етап будівельного проекту	Функції ГПА/ГАПа
1.	Передпроектний етап	Приймання участі в комісії по виборі ділянки для будівництва та підготовці завдання на проектування; Підготовка даних для укладання договору і складання графіка розробки проектно-документації; Організація та технічне керівництво проектно-вишукувальними роботами
2.	Проектування	Підготовка технічних завдань та вихідних даних субпідрядним проектним організаціям на виконання проектних робіт; своєчасне вирішення всіх питань, що виникають у субпідрядних організацій в процесі розробки проектно-кошторисної документації Організація розробки проектно-кошторисної документації Забезпечення відповідності проектно-кошторисної документації технічному завданню, нормативній базі та вимогам замовника
3.	Підготовка до будівництва	Приймання участі при розгляді, погодженні та захисті проекту в державних органах та під час проходження експертизи
4.	Будівництво	Проведення авторського нагляду за будівництвом Контроль та, за необхідності, зупинка виконання будівельно-монтажних робіт, які виконуються з відхиленнями від проекту Контроль та організація внесення змін до проектно-кошторисної документації
5.	Введення в експлуатацію	Приймання участі у роботі комісії по підготовці та введенні об'єкта в експлуатацію

Головний архітектор проекту (далі – ГАП) – архітектор, який має кваліфікаційний сертифікат та виконує роботу з архітектурно-об'ємного проектування, очолює та/або координує розроблення окремих розділів проектно-документації; [1]

Головний інженер проекту (далі – ГІП) – інженер, який має кваліфікаційний сертифікат та виконує роботу з інженерно-будівельного проектування, очолює та/або координує розроблення окремих розділів проектно-документації; [1]

Головним завданням ГПА/ГАПа є забезпечення високої якості та відповідності проектно-кошторисної документації технічному завданню, нормативній базі та вимогам замовника.

Для виконання своїх функцій ГІП/ГАП використовує такі інструменти (при традиційному САД підході):

- AutoCAD, ArchiCAD або REVIT – для створення 2D креслень та 3D моделі без деталізації (рідко модель в ArchiCAD і REVIT наповнюється інформацією для формування специфікацій

- MS Project – для створення календарного плану будівництва та графіків виконання робіт

- АВК – для розрахунку кошторисної вартості будівництва

- MS Word та Excel – для остаточного оформлення технічних завдань на виконання проектних робіт, створення специфікацій, підготовка зауважень до кошторисно-проектної документації та інше.

Недоліками такого підходу є:

- неузгоджені та неінтегровані дії між різними учасниками проекту

- практично відсутня координація між різними складовими частинами проектно-кошторисної документації

- ризик появи помилок при внесенні змін і оновленні інформації в проект

- неефективне управління документами

- невідповідність форматів файлів програм

- значний вплив людського фактору через велику кількість механічної роботи

- і т.д

Тому для вирішення вище перерахованих недоліків та підвищення ефективності та якості роботи ГПА/ГАПа необхідне використання сучасних інструментів, що допоможуть комплексно працювати над реалізацією будівельного проекту всім учасникам на всіх етапах. Таким рішенням може стати ВІМ-технологія.

ВІМ-технологія

ВІМ (Building Information Modeling -інформаційне моделювання будівлі) – це підхід до проектування, будівництва, забезпечення експлуатації та ремонту будівлі (до управління життєвим циклом об'єкта), який передбачає збір і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт.

Впровадження ВІМ-технології

Як уже визначалося на початку, основною перевагою ВІМ перед існуючим САД підходом є те, що моделі і об'єкти управління ВІМ – це не просто графічні об'єкти, це інформація, що дозволяє автоматично створювати креслення і звіти, виконувати аналіз проекту, моделювати графік виконання робіт, експлуатацію об'єктів і т. д., тобто надає всім учасникам проекту можливість для прийняття найкращого рішення з урахуванням всіх наявних даних. Разом з тим, незважаючи на те, що багато організацій, вже мають досвід впровадження комп'ютерних програм, у тому числі і в автоматизації проектування, але перехід на ВІМ-технологію точно не буде таким, як – з "кульманів" на САД. І в цьому є певна небезпека, оскільки менеджмент цих фірм помилково вважає, що, діючи аналогічним чином, і в цей раз впорасться з поставленими завданнями. Це призводить до явної недооцінки виникаючої проблеми (таблиця 2). Адже

Таблиця 2. Проблеми впровадження BIM-технології

№	Назва проблеми	Опис проблеми
1	Відсутність знань і, як наслідок, потреб в організації та управлінні обміном інформацією різного роду і типів відповідно до сучасних вимог	Інформаційне забезпечення є однією з найважливіших частин BIM: дані, необхідні для проектування, в тому числі документи, проектні процедури, проектні рішення, типові елементи і комплектуючі вироби, матеріали та інші дані, а також файли і блоки даних на сучасних носіях із записом зазначених документів. У сукупності всі ці компоненти являють собою базу даних системи автоматизованого проектування. Обіг інформації - одна з найсильніших сторін BIM-технологій. Інформаційні моделі BIM мають ряд специфічних параметрів, таких як: складна тривимірна геометрія, інтелектуальна поведінка, величезний обсяг додаткової інформації, пов'язаної безпосередньо з кожним об'єктом. Тому, обмін інформацією між системами - процес діаметрально складніший, ніж раніше, в попередніх поколіннях систем проектування.
2	Забезпечення необхідного рівня деталізації	Інформаційна модель, що складається з декількох пов'язаних файлів і забезпечена належною деталізацією, може розростатися до неймовірних розмірів. Рівень деталізації - специфічне питання, яке можна вирішити стосовно кожної ситуації зокрема, так як <ul style="list-style-type: none"> її відсутність може звести нанівець ціль створення моделі, а зайва деталізація ускладнить процес роботи з нею для рядових інженерів. Найбільші проекти часто вимагають досконалого програмного забезпечення, а з однією з найбільш нагальних завдань - перевірки моделі на колізії, здатні справлятися одиниці комп'ютерів, так як повне завантаження подібної моделі є досить трудомістким процесом. Помилковий вихід: зниження рівня деталізації, щоб зменшити обсяг вихідного файлу, замість виходу з цієї ситуації шляхом використання спеціалізованих програм.
3	Кадрові проблеми	При впровадженні BIM (як і будь-якої іншої нової технології), доводиться зіткнутися з кадровими проблемами, так як зміна усталених за довгий час процесів завжди призводить до неминучих конфліктів інтересів: <ul style="list-style-type: none"> вже наявний досвідчений персонал необхідно навчити основам інформаційного моделювання, нові кадри при прийомі на роботу зобов'язані розуміти, що є BIM і які зміни в подальшому він може за собою привести. Ймовірно, розподіл команди на два різних «табору»: <ul style="list-style-type: none"> перший - консерватори, чий робочий процес залишиться колишнім, інша частина - так звані «двигуни прогресу», чия допомога допоможе виявити сильні і слабкі сторони передбачуваного робочого процесу.
4	Створення стандартів організації	Створення стандартів організації є необхідною умовою, так як будь-який процес, що полягає в багатофакторній взаємодії величезної кількості людей, вимагає збірки внутрішніх правил, яка стане невід'ємним помічником при вирішенні трудомістких завдань. Не кожна організація готова настільки змінювати свою структуру для створення злагодженого процесу, бо виникають труднощі, їх рішення, відкладається до кращих часів, в результаті їх кількість стає несумірною, і подальша робота є неможливою.
5	Необхідність комплексного впровадження BIM на всіх етапах життєвого циклу	Трудомісткий процес створення BIM-моделі зміг послужити тільки для полегшення праці проектної організації, така робота практично нічого не коштує. Ситуація: проектна організація успішно впровадила в свою структуру BIM-технології, так само успішно реалізувала необхідний проект, створена інформаційна модель відповідає сучасним вимогам, стандартам і готова <ul style="list-style-type: none"> як для забезпечення потреб будівельного майданчика, так і для подальшої експлуатації об'єкта. Однак, компанія забудовник з інформаційним моделюванням знайома тільки зі слів проєктувальників, отже, потенціал моделі дорівнює нулю.

перехід на BIM — це не тільки зміна самого підходу до проектування, бо, просто зміна програм креслення, а це, насамперед, зміна образу мислення, і головне, в першу чергу, у представників самого менеджменту, і, одночасною зміною і психології проєктувальників, і напрацьованих виробничих зв'язків і

процесів, а також освоєння нових комп'ютерних програм і техніки.

Так що попередження "BIM — це не CAD!" має змусити фахівців насторожитися і більш уважно підійти до питань переходу організації на технологію інформаційного моделювання. [2]

Зараз вирішенням цієї проблеми при переході на технологію BIM є те, що змінюється структура проектної групи, вводяться нові посади, такі як BIM-менеджери, BIM-координатори та інші, або взагалі створюється новий відділ (в залежності від розміру компанії та розміру комплексів будівництва, що проєктуються). Як приклад, розглянемо BIM-менеджера. Його головним завданням є інформаційно-технологічне управління створенням моделі і узгодження дії всіх учасників проектного процесу. Функціями BIM-менеджера є:

- розробка плану виконання BIM-проєкту;
- визначення вимог до складу та структури файлів інформаційної моделі;
- визначення рівня деталізації об'єктів, що моделюються на найвчній стадії;
- контроль рівня володіння співробітниками програмним забезпеченням та при необхідності направляти їх на навчання
- проведення перевірки інформаційних моделей на відповідність вимогам стандарту;
- відстеження дотримання стандарту і якості виконання роботи учасниками проєкту;
- координація процесу проведення нарад по статусу BIM-проєкту;
- підготовка робочих місць співробітників, що працюють в BIM-проєкті;
- розподіл ролей та обов'язків між учасниками по створенні BIM-проєкту;
- архівація проєкту, створення резервних копій.

BIM-менеджер відповідає за максимальне приближення BIM-моделі до реального об'єкту також за всю документацію з BIM-моделі. [5]

BIM-менеджер це фахівець-посередник, є сполучною ланкою між ГПП/ГАП та провідними фахівцями і тими, хто освоїв цю технологію, і безпосередньо працюють над створенням BIM моделі. Однак іншим варіантом є те, що ГПП/ГАП візьме на себе частину обов'язків BIM-менеджера, а іншу частину розподілить між іншими виконавцями. Тому спільнота повинна бути готова до розвитку обох сценаріїв — створення на підприємствах нових функціональних одиниць або відділів та навчання власних спеціалістів. [4]

Підготовка BIM-спеціалістів

На сьогоднішній день підготовка до роботи ГППом/ГАПом не зовсім відповідає вимогам галузі. Випускник може стати ГППом/ГАПом після 3-4 років роботи, за умови, якщо після закінчення ВНЗ потрапить в організацію, яка дбає про кадри та зможе підняти його знання та навички до необхідного рівня, а якщо ні, то випускник може і не вдосконалити свій фах. Таким чином випускник є залежним від випадку, але це можна змінити, якщо навчальні заклади поряд з кваліфікацією, готували компетентного спеціаліста, знання і навички якого, допомогли йому кар'єро зростати.

Однак з BIM-технологією справи йдуть набагато гірше — в даний час навчальні заклади фактично стоять осторонь від BIM. Одна з проблем полягає в тому, що система вузівської підготовки базується на

індивідуальній роботі студентів в рамках своєї спеціалізації, в той час як BIM — це технологія колективної взаємодії різних фахівців. Також крім відсутності в вузах повноцінних інструментів і методик навчання BIM-технології, гальмуючим фактором є небажання викладацького складу перебудовувати свої курси під BIM.

Сьогодні для розробки курсових і дипломних проєктів студенти використовують програми Autodesk AutoCAD або Graphisoft ArchiCAD, але вони не дозволяють впровадити в повній мірі BIM-технології в навчальний процес. Сьогодні у всьому світі найбільш популярні програми сімейства Autodesk, які пропонують комплексні рішення для впровадження BIM-технологій. Так, наприклад, для розробки архітектурних та конструктивних рішень використовують Autodesk Revit, для розрахунку будівельних конструкцій — Autodesk Robot Structural Analysis, для розробки інженерно-технічних рішень — Autodesk Revit MEP, для розробки технологічних рішень Autodesk Navisworks, для групової роботи над проєктом — Autodesk Design Review, Autodesk BIM 360, Autodesk Vault, для презентації проєктів — BIM 360 Build. [6]

Отже, вирішенням проблеми підготовки студентів до роботи в BIM-технології можуть стати наступні рішення:

- підсилення зв'язку з виробництвом — відправка студентів на практику до компаній з впровадженою BIM-технологією, де вони будуть працювати над реальними проєктами під керівництвом BIM-спеціалістів. Також в кінці практики студенти отримають завдань від компанії на наступний семестр, що будуть виконуватися замість курсових та практичних.

- міждисциплінарне навчання — в рамках інтегрованого проєктування будівель для навчання студентів технології BIM пропонується використовувати імітаційне навчання для міжпредметного курсового проєкту. Концепція заснована на формуванні проектної команди студентів, складеної подібно об'єднанню проєктувальників різної спеціалізації в реальній практиці проєктування і будівництва. До складу команди повинні увійти студенти конструктори-розрахувачі, конструктори інженерних систем і проєктувальники технології будівельного виробництва, економісти і управлінці. Відбір для участі повинен ґрунтуватися на знанні програмного забезпечення, знань в проєктній області, досвіді моделювання та персональної зацікавленості. [3]

Висновки.

Отже, можна стверджувати, що в сучасному інформаційному середовищі впровадження BIM-технологій на заміну CAD — технологіям в вітчизняну будівельні компанії є необхідним для підвищення якості та ефективності роботи.

Передбачається, що впровадження методології BIM в освітній процес і розвиток процесів підготовки студентів дозволить якісно підвищити рівень випускників будівельних вузів, щоб освоєння ними нового технологічного рівня відкрило шлях до вдосконалення вітчизняної будівельної галузі, полегшило процес впровадження BIM в будівельних компаніях.[2]

Література

1. Про затвердження Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 16.05.2011 № 45
2. Талапов В. Впровадження BIM: десять заповідей // isicad.ru: ваше вікно в світ САПР. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17519
3. Букун А.С. Розвиток процесів підготовки фахівців будівельної сфери для застосування інформаційного моделювання будівель в будівництві // Молодіжний науковий форум: Технічні та математичні науки: електро. зб. ст. по мат. XLV міжнар. студ. наук.-практ. конф. № 5 (45). URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5\(45\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5(45).pdf)
4. Савицький В.В. Комплексний аналіз зонами приміщень, що проектуються – запорука успішної реалізації проекту // Технологія BIM в ArchiCAD. URL: <http://volodymyr57.blogspot.com/2018/04/blog-post.html>
5. Петрова О. План виконання BIM-проекту (BIM-стандарт). Що це? // Записки проектувальника. GREEN BIM, CFD. Сучасні технології проектування і будівництва будівель. URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=117>
6. Д.Ю. Безган BIM-технологія: підготовка нових кадрів // Теорія і технологія освіти URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-podgotovka-novyh-kadrov>

Reference

1. Pro zatverdzhennya Poryadku rozroblennya proektnoyi dokumentatsiyi na budivnistvo ob'ektiv: Nakaz Ministerstva regionalnogo rozvutku, budivnistva ta zhitlovo-komunalnogo gospodarstva Ukraini vid 16.05.2011 # 45
2. Talapov V. Vprovadzhennya BIM: desyat zapovidey // isicad.ru: vashe vIkno v svIt SAPR. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17519
3. Bukun A.S. Rozvitok protsesiv pidgotovki fahivtsiv budivelnnoyi sferi dlya zastosuvannya Informatsynogo modelyuvannya budivel v budivnistvi // Molodizhniy naukoviy forum: Tehnichni ta matematichni nauki: elektro. zb. st. po mat. XLV mIzhnar. stud. nauk.-prakt. konf. # 5 (45). URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5\(45\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/5(45).pdf)
4. Savitskiy V.V. Kompleksniy analiz zonami primischen, scho proek-tuyutsya – zaporuka uspIshnoyi realIzatsIyi proektu // Tehnologiya BIM v ArchiCAD. URL: <http://volodymyr57.blogspot.com/2018/04/blog-post.html>
5. Petrova O. Plan vikonannya BIM-proektu (BIM-standart). Scho tse? // Zapiski proektvalnika. GREEN BIM, CFD. Suchasni tehnologii I proektuvannya I budivnistva budivel. URL: <http://bim-proektstroy.ru/?p=117>
6. D.Yu. Bezgan BIM-tehnologiya: pidgotovka novih kadriv // Teoriya I tehnologiya osvIti URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tehnologii-podgotovka-novyh-kadrov>

О.Ю. Чертков, к.т.н.; В.А. Цегельный; Д.С. Ермолович

Киевский Национальный Университет Строительства и Архитектуры, г. Киев

КОМПЕТЕНЦИЯ – ОСНОВА УСПЕШНОГО ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и требования к строительной отрасли в период информационных технологий. Рассмотрены преимущества и недостатки BIM-технологии по сравнению с традиционным подходом к проектированию (CAD-технологии) на примере работы ГИПа / ГАПа. Определены возможности ускоренного внедрения BIM в строительные компании за счет обучения специалистов компании, а также выпускников высших учебных заведений. Рассмотрены проблемы подготовки компетентных специалистов для работы в BIM-среде.
Ключевые слова: BIM-технология; BIM-моделирование; CAD-технология; информационное моделирование зданий; особенности внедрения; ГИП; ГАП; проектирование.

O. Y. Chertkov, associate professor; V. O. Tsehelnii; D. S. Ermolovich

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv

COMPETENCE IS THE BASIS FOR SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGY

Abstract. The article deals with features and requirements for the construction industry in the period of information technologies. The advantages and disadvantages of BIM technology in comparison with the traditional approach to design (CAD technology) on the example of CPE/CAP are considered. Possibilities of accelerated implementation of BIM in construction companies at the expense of training of specialists of the company as well as graduates of higher educational establishments are determined. The problems of preparation of competent specialists for work in the BIM environment are considered..
Key words: BIM technology; BIM modeling; CAD technology; information modeling of buildings; implementation features; chief project engineer; chief architect of the project; design.

В.В. Савйовський, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0002-3094-7989, Компанія "Expert Project Group", м. Київ

АНАЛІЗ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕДОВОГО ДОСВІДУ — ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА

Анотація: В статті висвітлені окремі особливості та вказано на деякі напрямки й відмінності будівництва в Німеччині в порівнянні з Україною. Надано порівняльний аналіз окремих технологій застосування збірно-монолітних конструкцій, приклад реконструкції цивільних будівель з надбудовою та термомодернізацією. Вказано ймовірні напрямки підвищення ефективності будівництва в країні.

Ключові слова: реконструкція, термомодернізація, збірно-монолітне будівництво, ефективність.

Постановка проблеми. Знайомство з будівельним комплексом Німеччини на подив вказує на незначні відмінності в порівнянні з будівництвом в Україні, а саме в царині технології будівельних процесів та організаційно-технологічних рішень. Відмінності полягають в ретельній підготовці та достатньо жорсткій за скрупульозністю атестації будівельних працівників в Німеччині, договірному праву, економічній складовій тощо. Але це окрема тема. Що ж стосується будівельних технологій в Німеччині та в Україні, то вони мають багато спільного, як в організаційному, так і технологічному плані. Весь комплекс будівельних процесів, а також методи зведення будівель та споруд в цілому за своєю організаційно-технологічною структурою майже однакові. Відмінності полягають в деталізації робочих операцій в складі процесів та в їх обов'язковому дотриманні згідно регламентів без найменших компромісів. Порівняльний аналіз підходів в будівництві дасть змогу сформулювати ймовірні напрямки вдосконалення окремих сторін діяльності.

Виклад основного матеріалу. Підготовка до будівництва об'єктів в Німеччині носить комплекс заходів з розробки проектної документації, її узгодження та отримання дозволу на будівництво. Априорі, проектна документація не може протирічити чинній нормативній базі. Це питання не обговорюється. Дозвільна система хоча й повільна але невпинно чітко виконує свої функції, без впливу будь яких суб'єктивних факторів.

У складі проектної документації розробляється розділ аналогічний українському проекту організації будівництва. Це документація, котра вказує на облаштування будівельного майданчика та забезпечення його елементами будівельного виробництва для раціонального та безпечно-го зведення об'єктів. Будівельний майданчик огорожується та облаштовується необхідними побутовими будівлями високого рівня комфорту, складськими будівлями та іншими елементами будівельного господарства, знаками та укажчиками безпеки (рис.1). Огородження виконують з прозорих сітчастих блоків, котрі легко збираються та розбираються. В місцях поживавленого руху транспорту та людей огорожі встановлюють суцільні, захисні та з козирками. Побутові будівлі мобільного типу встановлюють за потреби в 2-3 поверхи. Вони обладнані усіма системами заб-

езпечення комфорту. На об'єктах влаштовуються майданчики тимчасового складування будівельних матеріалів та місця для стоянки будівельної техніки. На будівельних об'єктах, що розташовані в населених пунктах, використовуються підйомні крани — баштові, стаціонарні. Самохідні крани з двигунами внутрішнього згоряння використовують дуже обмежено. Це пов'язано з високими вимогами до охорони довкілля та виключення негативного впливу на експлуатацію прилеглих територій. Будівельні об'єкти також охороняються, здебільшого системою відеоспостереження.

Особливістю розробки проектно-технологічної документації, а саме обладнання будівельного майданчика, влаштування під'їзних шляхів, кількість мобільних будівель, номенклатура засобів механізації, визначається на основі розрахунків економічної ефективності їх використання. Одна з головних задач розробки проекту організації будівництва (так умовно можна назвати) — розрахунок калькуляції витрат, тобто визначення розмірів коштів на їх оснащення, а також розрахунок тривалості будівництва. Що стосується витрат на супровід будівництва то в них входять кошти на повний комплекс обслуговування будівельного майданчика, незалежний нагляд та контроль якості, а також включаються витрати на прибирання прилеглих до будівельного майданчика доріг та тротуарів, миття вікон побутових вагончиків тощо.

Тривалість будівництва визначається аналогічно українським методикам за трудомісткістю на основі відповідних збірників та нормативів. Графічне відображення будівельних процесів виконують за допомогою графіків. Найбільш розповсюджені календарні графіки в вигляді лінійних діаграм (діаграм Ганта). Вказані графіки розробляються з використанням розповсюдженими в Україні комп'ютерними програмами "МС Проджект".

Для контролю якості робіт забудовники залучають окремі підприємства чи приватних осіб, які мають відповідні сертифікати (сертифіковані експерти). Всі учасники будівельного процесу працюють виключно в рамках укладених контрактів та безкомпромісно виконують свої обов'язки, що є запорукою якості, безпеки та термінів виконання робіт. Безумовно, в процесі будівництва можуть виникати умови, що призводять до коригу-



а)



б)

Рис.1 Організація будівельного майданчика та оснащення елементами будівельного господарства (а), укажчиками та знаками безпеки (б)

вання документації, що також відображається в контрактах та нормативно-правових документах.

Що стосується особливостей в напрямках будівництва, котрі вочевидь демонструє огляд будь якого населеного пункту, то їх можна умовно поєднати в наступні групи:

- будівництво цивільних будівель;
- будівництво об'єктів інфраструктури (мости, шляхопроводи);
- модернізація наявної забудови.

Для виявлення пріоритетних напрямків можна звернутися до статистичних даних, котрі широко висвічуються. Деякі особливості можна розглянути більш детально.

– Цивільне будівництво передбачає зведення житлових, офісних та інших об'єктів соціальної сфери. Що стосується соціального житла, то в Німеччині наразі жваво обговорюються фінансові та організаційні питання його реалізації. Дана проблема зумовлена збільшенням потреб жителів країни щодо комфорту, частково напливом великої кількості мігрантів та деякими іншими проблемами. Конструктивно та технологічно нові будівлі зводять аналогічно українським. Це здебільшого каркасно-монолітні будівлі. Відмінністю зведення житлових будинків в Німеччині є їх середня висота в 5 поверхів. Фундаменти на монолітних залізобетонних палях. Несучі вертикальні

та горизонтальні конструкції з монолітного залізобетону. Зовнішні огорожуючі конструкції стін з легкобетонних каменів та зовнішньою фасадною теплоізоляцією. Дахи — плоскі, здебільшого експлуатовані. Проблема паркування автомобілів досить гостра, тому будівлі зводять з підземними паркінгами. Нові будівлі оснащують сучасними системами опалення, кондиціонування, управління використанням енергоресурсів. Провідним принципом будівництва є втілення в практику енергозберігаючих технологій. Досить широко йде також будівництво індивідуальних житлових будинків.

– Варто відзначити, що в будівельній практиці широко вжитку набуває використання частково чи повнозбірних будівель. Наприклад, для зведення перекриттів, здебільшого малоповерхових будівель, часто використовують збірно-монолітні конструкції (рис.2) [1]. Вказані конструкції виготовляють в кількох варіантах. Одним з прикладів можна коротко охарактеризувати плити шириною до 2,45 м, довжиною до 10 м. Невелика товщина в 50 мм забезпечує прийнятну масу основи, всього 125 кг/м². Такі характеристики вказують на можливість безперепонного перевезення конструкцій будь-яким автомобільним

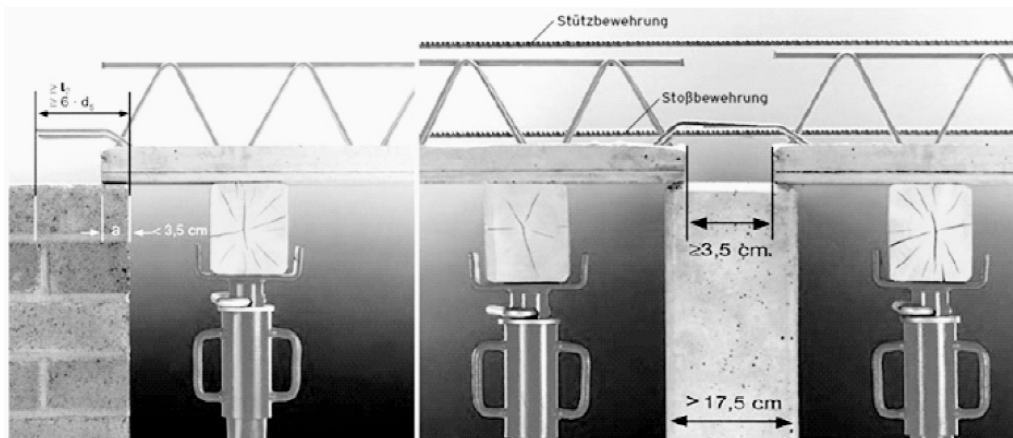
транспортм. Вузли спирань окремих конструкцій на вертикальні несучі конструкції забезпечують високу міцність та надійність. Використовують широку номенклатуру наведених вище конструкцій, але вони принципово не різняться.

– Німецькі фахівці високо оцінюють бувшу радянську школу повнозбірного будівництва. Таке будівництво має низку відомих переваг. Відмінністю тутешнього повнозбірного будівництва є відсутність зварювальних процесів при з'єднанні конструкцій (рис.3) [2]. Збірні конструкції кріплять болтовими та замковими з'єднаннями, аналогічно українським конструкціям з заводу "Ковальської" та деяких інших. Також тут майже вирішена технічна та технологічна проблема заповнення стикових вузлів збірних конструкцій. Це досягається за рахунок використання новітніх розробок полімерних заповнювачів та сучасного будівельного інструментарію.

Метою застосування вказаних конструкцій є максимальне виключення трудомістких та тих, що потребують високої кваліфікації робітників, процесів. Це установка та демонтаж опалубки, частково оздоблювальні роботи тощо. Безумовно, такі технології відомі та знаходять застосування в вітчизняній практиці. Це й незмінні опалубки



а)



б)

Рис.2 Влаштування міжповерхових перекриттів з збірно-монолітних конструкцій:
а- монтаж конструкцій; б- опирання плит на зовнішні стіни та внутрішні
(фото: <http://www.indeco.de>)

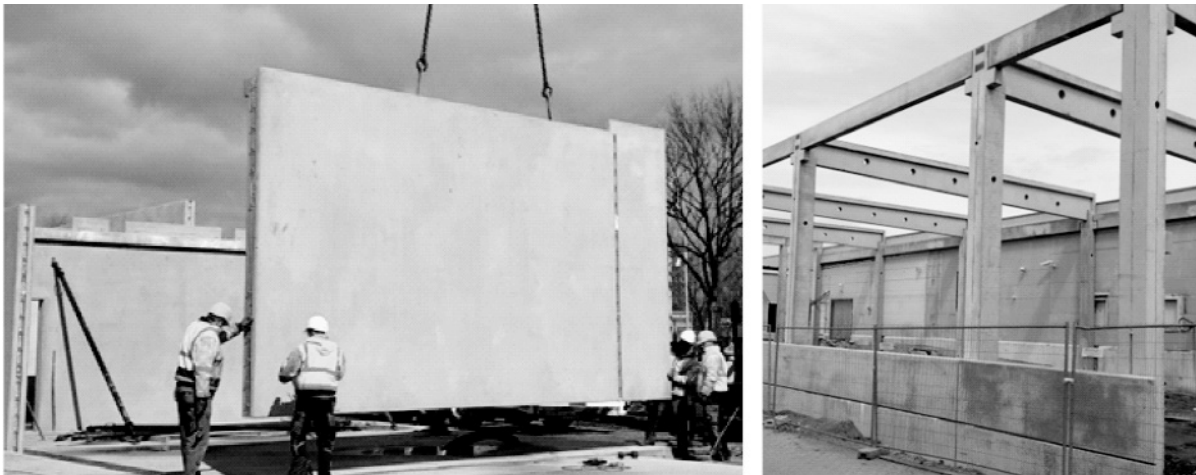


Рис.3 Повнозбірне будівництво в цивільному та промисловому будівництві
(фото: <https://www.baumbach-bau.de/referenzen/referenzen-fertigteile/>)

та інші варіанти збірно-монолітних конструкцій. Відмінність лише у високій якості виробів, їх високій технологічності та можливості збереження (зниження) трудових і фінансових ресурсів, термінів будівництва.

– Особливої уваги заслуговує реконструкція та модернізація наявної забудови. В цьому напрямку слід відзначити два важливих напрямки:

- ревіталізацію наявних промислових та цивільних будівель і споруд;
- термомодернізацію житлових будівель.

Ревіталізація промислових будівель є дуже різнобарвною за організаційними та технологічними ознаками. Можна вказати тільки на один з відомих прикладів реалізованих проектів в місті Дортмунд, де на місці старого сталеливарного заводу зараз хлюпається хвилями штучне озеро ("Phoenix-See"), яке є прикрасою всього міста [3]. Безумовно практика українських будівельників також достатньо багата позитивними прикладами. Це ревіталізація заводу "Більшовик" під торгівельно-розважальний центр (м. Київ), заводу "Арсенал" під мистецько-виставковий комплекс (м. Київ), машинобудівного заводу під торгівельний та спортивний комплекс в м. Харкові та багато інших [4]. У нас є цікавий досвід з яким ми можемо поділитися з нашими закордонними колегами. Взнаки багатогранності та унікальності ревіталізації ця сторона будівництва потребує окремого розгляду.

Широкого розповсюдження набула в практиці німецького будівельного виробництва реконструкція цивільних будівель, котра включає в першу чергу їх термомодернізацію. Вказані будівельні процеси чітко відображають соціально-економічні та організаційно-правові норми сучасного суспільства. Термомодернізація в Німеччині вже пройшла кілька хвиль удосконалень, й видно з усього не останню. Зовнішня фасадна теплоізоляція тут набула широкого вжитку в середині 70-х років минулого століття [5, 6]. Так, наразі цивільні будівлі, які було утеплено близько 40 років тому, знову поновлюють своє зовнішнє вбрання. Вимоги до підвищення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій вирости й вирости вимоги до обмеження викидів

CO₂ в атмосферу. Наприклад в місті Дортмунд, що розташований в північно-західній Німеччині, потрібна товщина ефективного утеплювача зовнішніх стін з кам'яних матеріалів товщиною в 300-380 мм наразі становить 150-200 мм, а лише 10 років тому вона складала близько 50-80 мм. Процес термомодернізації будівель та відповідно зниження витрат енергії на їх утримання набирає постійно обертів. Широкої популярності набувають будинки з близькими до нульового енергопостачання, так звані пасивні будинки (Passivhaus) [7]. В таких будинках товщина ефективного утеплювача для зовнішніх кам'яних стін сягає 300 мм і більше. Поряд з заміною зовнішнього утеплення стін виконується комплекс робіт з термомодернізації дахів будівель та інших зовнішніх огорожувальних конструкцій (вікон, зовнішніх дверей). В процесі виконання такого комплексу робіт часто виконують влаштування (прибудову) балконів наявних будівель.

Для прикладу розглянемо реконструкцію групи житлових будівель в одному з міст. Організація будівельного майданчика передбачає установку баштових стаціонарних кранів біля одного чи зразу кількох будинків. Побутові та складські будівлі під'єднують до мереж енергопостачання, водопостачання, водовідведення тощо. На місці під'єднання до міських мереж встановлено лічильники. Після облаштування елементів будівельного господарства приступають до реконструкції. Наведені ілюстрації (рис.4) наглядно демонструють технологічну послідовність будівельних процесів при реконструкції житлового будинку з надбудовою та прибудовою балконів й термомодернізацією зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Навкруги будівлі на всю висоту встановлюють будівельні риштування. Взнаки тому, що житлові будинки забудови 50-х років минулого століття є 2-3-х поверховими, то їх в процесі реконструкції часто й ще надбудовують. Також для підвищення рівня комфорту житлових будинків їх обладнують балконами. Цікавий факт, але при реконструкції багатьох будівель з надбудовою поверхів дахи влаштовують плоскими, суміщеними. Це пов'язано з високою якістю будівельних



Рис. 4 Реконструкція житлового будинку з надбудовою поверху та термо-дернізацією:

а, б – встановлення риштувань та оснащення будівельного майданчика елементами будівельного господарства; в – розбирання конструкцій шатрового даху; г – надбудова 3-го поверху; е – влаштування плоского даху та модернізація зовнішньої теплоізоляції; ж – загальний вигляд будинку після реконструкції і – влаштування (прибудова) балконів з елементом кріплення до стіни будинку

матеріалів та робіт з влаштування плоских дахів. Наприклад, в Україні ми дуже часто заміняємо плоскі дахи на шатрові, як більш надійні при експлуатації.

Після розбирання шатрового даху та забезпечення тимчасової гідроізоляції даху виконують надбудову поверху. При цьому для надбудови використовують легкі дерев'яні конструкції. Конструктивна схема та застосовані дерев'яні матеріали відповідають несучій здатності наявних будівель та терміну їх подальшої експлуатації. Немає потреби влаштовувати залізобетонні перекриття з високим терміном експлуатації для будівель, ресурс яких вичерпається через 20-30 років. Після влаштування конструкцій даху та покрівлі влаштовують прибудови балконів та заміну зовнішньої теплоізоляції.

Конструкції балконів виконують шляхом влаштування вертикальних опор на власних фундаментах. Балконні плити спираються на вказані опори та закріплюються до наявних стін через спеціальні закладні елементи. Такі елементи встановлюють заздалегідь (рис. 3-і). Конструкції балконів виконані з елементів повної заводської готовності. На об'єкті виконують болтові з'єднання конструкцій та окремі види гідроізоляційних робіт. Двері для виходу на балкони влаштовують в межах наявних віконних прорізів. Роботи з влаштування дверних прорізів для балконних дверей виконують за заздалегідь узгодженими з мешканцями термінами. Такі роботи в квартирі виконують протягом однієї зміни.

Для теплоізоляції зовнішніх стін використовують переважно мінераловатні плити. Плити утеплювача кріпляться на клейових сумішах та за допомогою анкерних елементів з послідуочим армуванням та оздобленням штукатуркою. Наразі дуже широкої дискусії в наукових колах та громадськості набуває питання застосування теплоізоляційних матеріалів з полістиролу та штучних волокон, котрі є канцерогенними, з вмістом часток азбесту та є горючими [8]. Такими матеріалами утеплено будівлі 40-20-річної давнини. Кількість їх в Німеччині вражаюча й потребує свого часу також модернізації.

В процесі будівництва будівельне сміття по мірі накопичення негайно вивозиться за межі будівельного майданчика. Кожного дня навкруги будівельного майданчика виконується прибирання сміття та бруду, промивання тротуарів. Після завершення будівництва елементи будівельного господарства вивозять та відновлюють благоустрій.

Аналогічний досвід реконструкції будівель в Україні також є. Ще в 1999 році в Україні була започаткована державна програма реконструкції 5-ти поверхових житлових будинків перших масових серій з великопанельних елементів [9]. Пілотний проект з реконструкції 5-ти поверхової будівлі, так званої "хрущовки" був реалізований в місті Харкові. В процесі реконструкції даної будівлі було виконано роботи з надбудови додаткового 6-го поверху, влаштування зовнішньої фасадної теплоізоляції, інші ремонтно-відновлювальні роботи. Поряд з влаштуванням в надбудованому поверсі 12-ти квартир загальною площею 1160,5 м²

покращеного планування, була виконана заміна віконних заповнень та зовнішніх дверей. Теплоізоляція зовнішніх стін виконана з мінераловатних плит з зовнішнім оздобленням з керамічних великоформатних плит. Роботи виконувались без відселення жителів. Подальший досвід експлуатації даного будинку вказує на достатню ефективність реалізованого проекту. Продаж квартир добудованого поверху дозволив частково компенсувати витрати на термомодернізацію. Енергозатрати на опалення знизилися майже вдвічі. Реконструкція об'єкту додала важливого практичного досвіду в проектуванні та практичній реалізації будівельних робіт, виявила особливості будівельних процесів. На жаль широкого розповсюдження цей проект не отримав взнаки недостатньої уваги до цього питання з боку держави, а саме нестатком правової та нормативної бази, механізмів фінансування тощо.

Висновки. В цілому, можна впевнено вказати, що будівельна галузь України дуже близька, або не уступає європейським технологіям. В Україні використовуються сучасні будівельні матеріали й конструкції, машини і механізми а також устаткування та пристрої провідних німецьких та інших європейських виробників. Запорукою європейського рівня будівництва в Україні в порівнянні з окремими сторонами німецького досвіду є наступні напрямки:

- підвищення якості підготовки фахівців, як інженерних, так і робітничих професій. Для цього будівельні робітники мають обов'язково проходити професійну підготовку в системі професійно-технічної освіти. Майбутні фахівці мають вчитися на базі сучасних комп'ютерних технологій з використанням сучасного навчального та лабораторного обладнання. Майбутні інженери мають проходити реальну практичну підготовку на провідних будівельних підприємствах. Дипломні проекти мають включати реалізацію виключно практичних задач. Оцінювання знань студентів повинно базуватися на тестовій системі, що мінімізує вплив суб'єктивних факторів та є безкомпромісним показником придатності та спроможності фахівців до практичної діяльності;

- більш ретельний контроль якості будівельних робіт, безкомпромісне дотримання технологічних регламентів будівельних процесів. Контроль цієї роботи має реалізовуватись чітко та прозоро, як з боку забудовників, інвесторів так і з боку будівельників. Для цього потрібно постійно удосконалювати нормативну базу будівництва. Атестація фахівців з контролю та нагляду за будівництвом, так само як і контроль знань студентів, має здійснюватися шляхом тестової системи оцінки знань з виключенням суб'єктивного втручання;

- розвиток конкурентної атмосфери у виборі підрядників та проектувальників. Тендерні пропозиції мають спиратися не тільки на вартість та терміни будівництва, а також на якість завершеної будівельної продукції і результати подальшої бездефектної експлуатації об'єктів;

- більш широке застосування новітніх будівельних матеріалів і технологій, які спрямовані на зниження трудомісткості будівельних

процесів за рахунок високотехнологічних конструктивних вузлів, елементів з'єднань, стиків, технологій захисту будівельних конструкцій від впливу атмосферних чинників тощо;

– проведення науково-технічних та прак-

тичних конференцій, виставок, презентацій, професійних конкурсів та широке висвітлення їх результатів з метою розповсюдження передового практичного досвіду як в науково-дослідницькій, так і в практичній сферах.

Література

1. *Filigran-Großflächen-Decke. Teilfertig Großflächendecke.* [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <http://www.indeco.de>.
2. *Neubau Lager Marktkauf Oscherleben.* [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <https://www.baumbachbau.de/referenzen/referenzen-fertigteile/>
3. *Phoenix-See Dortmund – Revitalisierung des ehemaligen Stahlwerk Hörde.* [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <https://www.spiekermann.de/si-projekte/phoenix-see-dortmund-revitalisierung>.
4. Савйовський В.В., Броневицький А.П. Реконструкція промислових будівель при їх ревіталізації. *Нові технології в будівництві.* №27-28, 2014.-С.33-36.
5. *Energetische Sanierung.* [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <https://www.BauenimBestand24.de>.
6. *Susanne Jacob-Freitag. Wohnen mit Weitblick. Bautenschutz + Bausanierung. Bauen im Bestand.* N2, 2019, s-57-61
7. *Details zur Wärmedämmung von Passivhäusern.* [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: https://passipedia.de/planung/waermeschutz/waermeschutz_im_gesamtkonzept
8. *Dr. Jürgen Kisskalt. Was beim Rückbau zu beachten ist. Bautenschutz + Bausanierung. Bauen im Bestand.* N3, 2019, S.-72-75.
9. Савйовський В.В. Вторая жизнь пятиэтажных жилых домов первых типовых серий. *Будівництво України,* №3, 2000 р. С.44-48.

В. В. Савйовский, д.т.н., профессор, эксперт, ORCID: 0000-0002-3094-7989
Компания "Expert Project Group", г. Киев

АНАЛИЗ И ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА — ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация: В статье освещены отдельные особенности и указано на отдельные направления и отличия строительства в Германии в сравнении с Украиной. Представлено сравнительный анализ отдельных технологий применения сборно-монолитных конструкций, пример реконструкции гражданских зданий с надстройкой и термомодернизацией. Указано вероятные направления повышения эффективности строительства в стране.

Ключевые слова: реконструкция, термомодернизация, сборно-монолитное строительство, эффективность.

V. Saviovskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, expert, ORCID: 0000-0002-3094-7989
Company "Expert Project Group", Kyiv

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF PRE-EXPERIENCE — INTRODUCTION OF BUILDING EFFICIENCY

Annotation: The article highlights certain features and points out certain directions and differences of construction in Germany in comparison with Ukraine. A comparative analysis of individual technologies for the use of prefabricated monolithic structures, an example of the reconstruction of civil buildings with a superstructure and thermal modernization, is presented. The possible directions of increasing the efficiency of construction in the country are indicated.

Keywords: reconstruction, thermal modernization, prefabricated monolithic construction, efficiency.

В.П. Азутов, к.т.н., доц.;

О.Ю. Бердник к.т.н., доц., КНУБА, Київ

БЕЗПРИВІДНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА НАПІВКОНВЕЄРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАНЕЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація. У статті розглянуто разом із класичними технологіями виготовлення залізобетонних виробів панельної конструкції зовсім принципово нова технологія щодо підготовки форм до формування.

Ключові слова: потоково-агрегатна, стендова, конвеєрна, напівконвеєрна технології, підготовка форм, формування роликів конвеєр, ухил конвеєра.

Відомо, що залізобетонні вироби панельної конструкції — панелі перекриття, внутрішні стінові панелі, плоскі плити різного призначення, панелі огорожень територій та інші можуть виготовлюватись в горизонтальних формах за різними класичними технологіями:

стендова — коли всі операції з розпалублення, підготовки форми, армування, бетонування і термообробки проводяться на одному посту — стенді. За такою технологією виготовлюються в основному несерійні та великогабаритні вироби;

потоково-агрегатна — найбільш розповсюджена технологія, за якою всі операції з підготовки форм проводяться на визначеній площі цеху, а операції формування, включаючи заповнення форми бетонною сумішшю, ущільнення суміші, доведення відкритої поверхні виробу проводяться на формувальному посту, з подальшим твердненням виробу в ямній камері термообробки, в яку форма з виробом транспортується за допомогою мостового крану. За такою технологією можуть виготовлюватись панелі в горизонтальних формах різного призначення та різної конфігурації;

конвеєрна — за такою технологією виготовлюються однотипні вироби панельної конфігурації масового, а також серійного випуску, при якій форми на транспортному механізованому конвеєрі переміщуються з поста на пост для виконання всіх операцій з підготовки форми, армування, бетонування, доведення відкритої поверхні виробу і термообробки у щільних, або тунельних камерах безперервної дії, у замкнутому циклі з повторенням усіх операцій. Переміщення форм здійснюється у шаговому режимі тросовим або штанговим органом по рейках на піддонах з відповідною бортовою оснасткою, а самі піддони оснащені колесами;

напівконвеєрна, при якій всі операції з розпалублення, підготовки форми, армування, бетонування, доведення відкритої поверхні виробу проводяться на конвеєрі, з переміщенням їх з поста на пост за допомогою лебідки або шагового безперервного приводу, з подальшим твердненням бетону в ямній камері термообробки, в яку форма з виробом транспортується за допомогою мостового крану, ця технологія є якби поєднанням потоково-агрегатної та конвеєрної технологій.

В даній статті розглядається як різновид принципово нова напівконвеєрна технологія з набором технологічних операцій, характерних для класичної

напівконвеєрної, однак переміщення форм на піддонах здійснюється не за допомогою механізованого приводу, а за рахунок нахилу роликів естакади транспортної лінії підготовки форм, на якій розміщені піддони з бортовою оснасткою, тобто самокатом із зупинками на відповідних постах.

Технічне рішення технологічної лінії формування панельних конструкцій, яка пропонується, засноване на використанні патенту 1992 року № 1735009 авторів Дудар М.І., Азутов В.П. та ін., відповідно до якого, форми, з моменту їх установки за допомогою мостового крану на транспортну лінію, переміщуються самокатом по рольгангу з ухилом 3...5 % з поста на пост для послідовного виконання операцій з їх підготовки, включаючи операцію формування з опусканням форми на віброплощадку за допомогою гідравлічного механізму.

Зазначений нахил рольгангу забезпечує вільне переміщення форм за умови оснащення роликів рольгангу підшипниками кочення закритого типу (подібно підшипникам коліс легкових автомобілів). За необхідності, розрахунок кута нахилу рольгангу можна виконати через визначення показника прискорення руху з урахуванням сил тертя в агрегаті.

Переміщення форм за вказаною технологією здійснюється або по рейках, для чого форма має колеса з ребордами (форма-вагонетка), або на роликах, вмонтованих в естакаду, у такому разі на формі знизу повинні бути рейки для направлення руху переміщення, а ролики мати реборди (рис.1; 2.)

Процес підготовки форм на транспортній лінії відбувається послідовно, починаючи з встановлення форми 1 з виробом мостовим краном на естакаду лінії після теплової обробки, тобто на першій пост, після чого виріб розпалублюється і на відповідних постах при переміщенні форми з поста на пост виконуються всі технологічні операції, для чого форма зупиняється на постах стопором з гідравлічним приводом.

Для забезпечення направленої руху форми, на нижній її поверхні приварені рейки (бруски) 3 і форма рухається на роликах 2, по естакаді 4 транспортної лінії. Причому одна рейка є клиновидною, а також і відповідний ролик теж, для забезпечення направленості руху. Може бути і інший варіант — рейки прямокутні, а ролики оснащені ребордами або ролики і рейки можуть бути клиновидними. В будь-якому випадку варіанти вибору форми роликів і рейок повинні забезпечувати чітку направленість

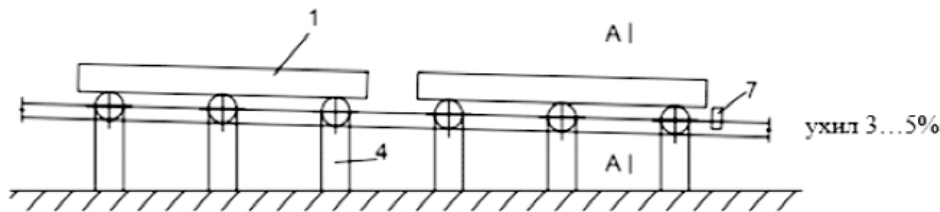


Рис. 1. Схема транспортної лінії

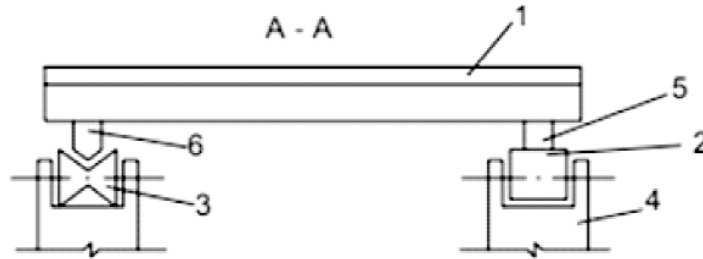


Рис. 2. Розріз по А-А

1 – форма, 2 – каток циліндричний, 3 – каток “ласточкін хвіст”, 4 – опора, 5-6 – напрямлючі бруски, 7- стопор

руху форми з можливістю відхилення вправо-вліво на незначні величини

Після укладання бетонної суміші на посту формування та її ущільнення форма переміщується мостовим краном в камеру теплової обробки.

У випадку, коли камера оснащена автоматичними стійками для установлення форм з виробами без застосування дерев'яних прокладок, можна встановлювати форми майже без участі стропальника за до-

помогою автоматичної траверси. Цей елемент у технологічному процесі ще більш підвищує ступінь механізації технології та її культуру.

Таким чином, технологічний процес з формування панельних конструкцій на конвеєрі, що має уклін, створює зручні умови для роботи персоналу формувальників, покращує організацію робочих місць у зоні підготовки, зменшує площу цеху, для виконання цих операцій, підвищує культуру виробництва.

Література

1. Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник / під загальною редакцією зав. Кафедри, д-р техн. Наук, проф. Гоца В.І.-К.: Основа. 2019.-464 с.
2. Технология бетонных и железобетонных изделий. Стефанов Б.В., Русанова Н.Г., Волянский А.А.-3-е изд. Перераб. И доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982.- 406 с.

Reference

1. Production of reinforced concrete structures and products: Handbook / edited by Chief. Chairs, Doctor of Engineering. Sciences, prof. Gotz VI-K ...: The Basis 2019.-464 p.
2. Technology of concrete and reinforced concrete products. Stefanov BV, Rusanova NG, Voliansky AA 3rd ed. Recycling. And extra. – Kiev: High school. The main publishing house, 1982. – 406 p.

В.П. Азутув, к.т.н., доц.; **О.Ю. Бердник** к.т.н. доц., КНУСА, г. Киев

БЕСПРИВОДНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ПОЛУКОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПАНЕЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотація. В статті розглянуті разом з класическими технологіями изготовления железобетонных изделий панельной конструкции совсем принципиально новая технология подготовки форм к формованию. По указанной технологии подготовка форм проводится на конвейере, который имеет уклон, достаточный для перемещения форм на стадии их подготовки к формованию самокатом, т.е. без механического привода.

Ключевые слова: поточно-агрегатная, стендовая, конвейерная, полуконвейерные технологии, подготовка форм, формование, роликовый конвейер, уклон конвейера.

V. Azutov, associate professor; **O. Berdник**, associate professor. KNUCEA, Kyiv

NON-DRIVEN TRANSPORT SYSTEM OF THE SEMI-CONVEYOR TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF PANEL REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Annotation. Together with the classical technologies for the manufacture of reinforced concrete products of panel construction, a completely new technology for preparing molds for molding is considered in the article. According to this technology, the preparation of molds is carried out on a conveyor that has a slope sufficient to move the molds at the stage of their preparation for molding by scooter i.e. without mechanical drive.

Key words: flow-aggregate, bench, conveyor, semi-conveyor technologies, mold preparation, molding, roller conveyor, conveyor slope.

Г.В. Шпакова, к.т.н., доцент кафедри будівельних технологій,

ORCID: 0000-0003-2124-0815

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ BIM ПРИ ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РЕЦИКЛІНГУ

Анотація. У відповідності до міжнародних пріоритетів в розвитку виробництва нехтування інформаційними технологіями та екологічними стандартами є стратегічною втратою часу в економічному розвитку країни. В будівельній галузі шлях слідування за світовими трендами в напрямку створення конкурентоспроможної продукції проходить через BIM-технології проектування та супроводу об'єктів протягом всього життєвого циклу. Механізм інструментарію BIM-технологій пропонується послідовно застосовувати на всіх етапах проектування: на перед-проектній стадії при роботі з інвестиційним проектом, на стадії розробки об'ємно-планувальних та конструктивних рішень з врахуванням можливої зміни функціонального призначення об'єкта протягом життєвого циклу. Пропонується застосування концепції функціональної трансформації об'єктів в період експлуатації, впровадження якої візуалізується засобами D-моделювання BIM. Супровід об'єкта протягом його експлуатації з метою вчасної діагностики стану конструкцій та планування поточних і капітальних ремонтів пропонується виконувати також засобами BIM. Аспекти екологізації в будівельній галузі, які є актуальними у світі, пропонується впроваджувати на основі циркулярної (кругової) моделі матеріального виробництва, що передбачає цикл органічних або біологічних матеріалів, здатних повертатися в біосферу без шкоди для живого світу, та цикл технічних матеріалів, які повинні утримуватися в обороті якомога довше, за допомогою такого інструменту як рециклінг будівельних конструкцій та матеріалів. Залучення засобів BIM при використанні рециклінга надає можливість підприємствам переробного сектору планувати обсяг випуску продукції в часі та гарантовано отримувати сировину (зношені будівельні конструкції та матеріали) з об'єктів, що підлягають реконструкції або модернізації.

Ключові слова: BIM-технології; функціональна трансформація; рециклінг; девелопмент; циркулярна модель виробництва.

Постановка проблеми

Динаміка в будівельній галузі на даний час не є доволі оптимістичною і поступом до цього є ряд факторів, які відчутно стримують темпи зростання. Серед них: низький рівень доходів населення, невисока активність інституціональних інвесторів, складність пошуку джерел фінансування для реалізації великих проєктів, а також недосконалість державних механізмів регулювання відносин у будівельній галузі.

Особливу нішу в діапазоні актуальних інвестиційних проєктів займають об'єкти культурного та соціально-побутового призначення. По-перше, до цього класу відносяться об'єкти, що безпосередньо є соціально вагомими: школи, ЗВО, поліклініки, дитячі садочки і т.п. Саме через соціальну направленість ці об'єкти не є комерційно привабливими для інвесторів і тому найчастіше замовником їх виступає держава або територіальні громади. Проте, до цього класу також можна віднести об'єкти масового обслуговування населення: магазини, ресторани, кафе, торговельно-розважальні центри, бізнес-центри та офісні комплекси, які забезпечують забудовнику прибутковність інвестиційних вкладень.

Але на успішність такого проєкту безпосередньо впливає його місце реалізації, тобто вдале розміщення відносно транспортно-пасажи́рських потоків, транспортно-логістична доступність. Більшість інвесторів вкладають ресурси саме в такі проєкти. Та початково успішний проєкт може втратити комерційну привабливість протягом експлуатації з ряду суб'єктивних причин, як то реорганізація транспорт-

них потоків, зміна урбаністичного центру міста тощо. Потреба ж в об'єктах соціально-побутового та культурного призначення протягом часу тільки зростає. Альтернативою для зацікавлення інвесторів (або девелоперських компаній) є концепт можливої функціональної трансформації об'єкта протягом його життєвого циклу.

Аналіз останніх досягнень

Традиційно питання зміни функціонального призначення об'єкту вирішується девелопером під час реконструкції (часткової або повної). В цих умовах важливим питанням є зміна функціонального призначення об'єктів, однак, враховуючи складність організаційно-технологічних та проєктно-конструктивних рішень, які необхідно розробити та виконати при зміні функціонального призначення об'єктів та великої вартості реалізації таких рішень, це не завжди можливо. Більшість таких завдань реалізується девелоперами через ліквідацію існуючих об'єктів та зведення на їх місці нових з іншим функціональним навантаженням. Залучення до процесу проектування, будівництва та експлуатації BIM-технологій (BIM – Building Information Modeling) дозволить виконувати багатоваріантне опрацювання концептуальної моделі на передпроектному (інвестиційному) етапі, оцінювати варіативність об'ємно-планувальних показників (будівельний об'єм, розрахункова і загальна площа, питомі показники обсягу), скорочувати кількість помилок, доробок і загальні терміни реалізації проєкту [1]. Виявлення колізій проєктів до початку будівництва дозволяє зменшити його

вартість до 10%, а також мінімізувати ризики, пов'язані з судовими розглядами. BIM-модель — цифрова копія будівлі, яка несе в собі всю необхідну інформацію, потрібну на певній стадії життєвого циклу об'єкту. Наприклад, очікувана щорічна економія від впровадження BIM-технологій в країнах Євросоюзу на етапі проектування та будівництва становить понад 20%. У Великобританії за рахунок використання BIM до 2025 року планується на 50% скоротити час реалізації проектів [2]. Але перед сучасною будівельною галуззю стоїть ще й питання екологічності процесу зведення та експлуатації об'єкта в чіткому дотриманні існуючих нормативних актів та світових трендів до екологізації.

Мета роботи

Враховуючи екологічну складову сучасної нормативно-правової бази, доцільно розглянути шляхи системного впровадження IT-технологій на період життєвого циклу будівельного об'єкта на прикладі застосування BIM при адаптації його до потреб ринку нерухомості на засадах концепції функціональної трансформації з використанням можливостей рециклінга як одного з напрямків екологізації будівництва.

Результати досліджень

Концепт функціональної трансформації полягає в зміні функціонального призначення будівельного об'єкту протягом життєвого циклу зі зміною внутрішніх (та/або частково зовнішніх) архітектурно-конструктивних рішень з мінімізацією інвестиційних коштів на реконструкцію і уникненням необхідності повного демонтажу [3]. Реалізації концепту базується на принципі уніфікації типів конструкцій, конструктивних схем об'єктів з метою подальшої розробки уніфікованих проектно-конструктивних та універсалізації технологічно-організаційних рішень для можливої функціональної трансформації в період експлуатації за умови мінімізації інвестиційних витрат, а саме: планувати життєвий цикл об'єкту нерухомості, скорочувати терміни і вартість виконання проектних і будівельних робіт, оперативно виконувати контроль за вартістю проекту. Впровадження конструктивних та технологічно-організаційних особливостей функціональної трансформації на передпроектній та проектній стадіях надасть в подальшому конкурентні переваги девелоперам, які будуть використовувати можливості трансформації в період модернізації або повної реконструкції об'єкта при зміні пріоритетів на ринку нерухомості.

Зазвичай проектування та будівництво будівель і споруд з додатковими конструктивно-технологічними особливостями є більш витратними. Шлях скорочення витрат, пов'язаних з термінами виконання робіт, полягає в системному запровадженні в процесі проектування та зведення BIM-технологій, які дозволяють візуалізувати можливі зміни, врахувати побажання замовника, окреслити складні або дорогі вартісні аспекти запропонованих рішень тощо. Залучення на етапі 3D-проектування спеціалістів з різних царин проектування дозволить встановити відповідність проектних архітектурно-конструктивних та інженерно-комунікаційних рішень завданню зміни функціоналу об'єкту, а на етапі 4D та 5D-проектування в форматі даних COBie — залучити технологів і економістів для внесення (за потреби) коректив

в часові параметри та обрахунку майбутніх інвестицій на вимогу замовника.

Ще одним перспективним напрямком до скорочення інвестиційних витрат може стати рециклінг будівельних матеріалів та конструкцій. Рециклінг — це процес повторного використання відходів за тим же призначенням після їх переробки. На сьогодні вартісна оцінка проекту з використанням переробленого будівельного сміття в нашій країні не має масового поширення. І до цього є ряд підстав: по-перше, вартість переробки занадто висока, по-друге, відсутня належно діюча система контролю та покарання за недотримання екологічних норм, по-третє, не сформована колективна соціально-екологічна свідомість спільноти, спрямована на підтримку нематеріальних цінностей. Шляхом подолання є централізоване запровадження системи обов'язкової переробки будівельного сміття і його рециклінга, підпорядкування проектних технологічних та економічних рішень екологічним обмеженням і принципу збалансованого природокористування; технологічне переозброєння будівельного виробництва під екологічним контролем з боку держави і територіальної громади. Тоді постає питання, чи варто витрачати сьогодні ресурси на впровадження рециклінгу в проектах за умов відсутності нормативно-правової бази та фінансово-фіскального стимулювання? Варто, і саме в концепції будівництва об'єктів з можливою функціональною трансформацією.

По-перше, рециклінг відповідає світовим тенденціям майбутнього розвитку людства, виголошеним ще в 2016 році на Всесвітньому форумі в Давосі, де пріоритетами будь-якої сфери діяльності людини є ретельне проектування та створення інноваційних бізнес-моделей, які зможуть забезпечити постійне надходження технічних та біологічних матеріалів в економіку, захищаючи цінні природні (обмежені) ресурси [4].

По-друге, рециклінг вписується і в модель кругової економіки, яка має прийти на заміну моделі лінійного виробництва, з постулатом про "100% циркулярність в технологіях" [5].

По-третє, впровадження концепції функціональної трансформації за допомогою інструментарію BIM в будівництві зробить можливим зв'язок між виробничим процесом (в даному випадку будівництвом чи реконструкцією) з інтелектуальними та виробничими потужностями переробної галузі (розробка нових будівельних матеріалів на основі рециклінгу будівельного сміття) з дотриманням доктрин еколого-економічних норм і врахуванням актуальних потреб ринку нерухомості (наприклад, попит в об'єктах соціально-побутового призначення) [6].

З поширенням Інтернету речей (IoT — Internet of Things) з'являється можливість забезпечувати кругові інновації. В умовах здешевлення сенсорних технологій та поширеності інтернет-мережі кожен компонент, який входить в будь-який виробничий процес стає "прозорим". В застосуванні до будівельного об'єкту це означає відслідковуваність походження (виготовлення) конструкції, їх якісний склад, і, як наслідок, термін дії. Протягом життєвого циклу будівлі стан конструкцій можна буде коригувати за результатами обстежень, що спростить складання графіків поточних і планових ремонтів, а також стане

вхідною інформацією для розробки проекту реконструкції. При впровадженні концепції функціональної трансформації в будівництві на основі BIM-проектівування девелопер отримує візуалізацію можливостей розвитку об'єкта в часі, конкретний план дій в разі зміни кон'юнктури на ринку нерухомості з прорахунком обсягів інвестиційних коштів на майбутнє. Моделювання з елементами параметризації (випуск конструкції з гарантованим терміном експлуатації) в рамках функціональної трансформації відкриває шлях для застосування рециклінгу будівельних конструкцій, при якому переробне підприємство будівництва в заданий період отримує замовлення для виготовлення нового типу конструкцій для реконструкції, а натомість отримує гарантований обсяг будівельного сміття.

В таких умовах виникає перспективність ринку девелоперських компаній, які б не тільки супроводжували об'єкт як забудовники, а й були власниками-

орендодавцями протягом всього життєвого циклу будівельного об'єкта.

Висновки

У відповідності до світових тенденцій розвитку людства подальше нехтування інформаційними технологіями та екологічними аспектами з боку країни є стратегічною втратою часу та незалежності при досягненні "європейської мети". Будівельна галузь має інструменти для впровадження нових цивілізаційних вимог через застосування BIM-технологій на всіх етапах життєвого циклу об'єкта.

Запровадження технологій рециклінгу будівельних конструкцій і матеріалів відкривають напрямки розвитку в царині розробки та виготовлення нових будівельних конструкцій, матеріалів повного циклу з вторинної сировини з дотриманням принципів збереження й відновлення природних ресурсів для впровадження.

Література

1. Будівля SMART Міжнародний будинок відкритого BIM. DOI: <https://www.buildingsmart.org/> (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
2. Використання BIM-технологій в проектуванні і будівництві може стати обов'язковим у 2019 році. DOI: <https://www.timb.org.ua/podiuj/> (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
3. Шпакова Г. В. Планувально-технологічна концепція одно- та багатоядерних будівельних об'єктів багатофункціонального призначення на принципах модульності. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Київ, 2019. Вип.39. Частина 1. С. 190-196. ISBN 978-617-7748-27-3.
4. Циркулярна економіка: що це означає, як туди потрапити. Щорічна зустріч Всесвітнього економічного форуму. DOI: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy/> (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
5. Орловська Ю. В., Яковичина Т. Ф., Орловський Є. С. Зелене будівництво як складова політики ЄС щодо розвитку циркулярної економіки. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. Електронний журнал. 2014. Вип. 5(05). С. 365-371. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/5_2016/70.pdf (дата звернення: 12.11.2019).
6. Шпакова Г. В. Шляхи і можливість переробки будівельних відходів в Україні. Будівельне виробництво. Київ, 2012. Вип. №54. С. 22-25.

References

1. Building SMART International home of open BIM [electronic source]. — DOI: <https://www.buildingsmart.org/> (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
2. The use of BIM technologies in design and construction may become mandatory in 2019. [electronic source]. DOI: <https://www.timb.org.ua/podiuj/> (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
3. Shpakova, H. V. (2019). Planning and technological concept of single and multi-core multifunctional construction objects based on modularity principles. Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations, 39/1, 190-196.
4. Chris Dedicat Circular economy: what it means, how to get there [electronic source]. DOI: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy>. (дата звернення: 12.11.2019). — Назва з екрану.
5. Orlovskaya, Yu. V., Yakovychina, T. F., Orlovsky, E. S. (2014). Green building as a component of the EU policy on circular economy development. Eastern Europe: Economics, Business and Management, 5 (05), 365 -371. [electronic source]. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/5_2016/70.pdf.
6. Shpakova, H. V. (2012). Ways and Possibility of Recycling Construction Waste in Ukraine. Construction production, №54,22-25. Шпакова Анна Валентиновича

А.В. Шпакова, к.т.н., доцент кафедри строительных технологий, ORCID: 0000-0003-2124-0815
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев

ПРИМЕНЕНИЕ BIM ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЦИКЛИНГА

Аннотация. В соответствии с международными приоритетами в развитии производства пренебрежение информационными технологиями и экологическими стандартами является стратегической потерей времени в развитии. В строительной отрасли путь следования за мировыми трендами в направлении создания конкурентоспособной продукции ведет через BIM-технологии проектирования и сопровождения объектов в течение всего жизненного цикла. Механизм инструментария BIM-технологий предлагается последовательно применять на всех

этапах проектирования: на предпроектной стадии при работе с инвестиционным проектом, на стадии разработки объемно-планировочных и конструктивных решений с учетом возможности изменения функционального назначения объекта в течение жизненного цикла. Предлагается применение концепции функциональной трансформации объектов в период эксплуатации, внедрение которой визуализируется средствами D-моделирования BIM. Сопровождение объекта в течение его срока эксплуатации с целью своевременной диагностики состояния конструкций и планирования текущих и капитальных ремонтов предлагается выполнять также средствами BIM. Аспекты экологизации в строительной отрасли, актуальные в мире, предлагается внедрять средствами на основе циркулярной (круговой) модели материального производства, которая предусматривает цикл органических или биологических материалов, способных возвращаться в биосферу без ущерба для живого мира, и цикл технических материалов, которые должны содержаться в обороте как можно дольше, с помощью такого инструмента как рециклинг строительных конструкций и материалов. Привлечение средств BIM при использовании рециклинга дает возможность предприятиям перерабатывающего сектора планировать объем выпуска продукции во времени и гарантированно получать сырье (изношенные строительные конструкции и материалы) с объектов, подлежащих реконструкции или модернизации.

Ключевые слова: BIM-технологии; функциональная трансформация; рециклинг; девелопмент; циркулярная модель производства

A.Shpakova, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Building Technologies, ORCID: 0000-0003-2124-0815
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

APPLICATION OF BIM WITH FUNCTIONAL TRANSFORMATION OF OBJECTS DURING OPERATION USING RECYCLING

Annotation. *In accordance with international production development priorities one can't neglect of information technology and environmental standards because it's a strategic waste of time. In the construction industry, the path of following global trends of creating competitive products leads through BIM-technologies used for design and maintenance of objects throughout the entire life cycle. It is proposed that the mechanism of BIM-technology tools be used consistently at all stages of design: at the pre-project stage when working with an investment project, at the stage of developing space-planning and structural solutions, taking into account possible changes in the functional purpose of the object during the life cycle. The application of the concept of functional transformation of objects during operation is proposed, the implementation of which is visualized by means of D-modeling of BIM. It is proposed to carry out maintenance of the facility during its service life in order to timely diagnose the state of structures and plan current and overhauls by means of BIM. It is proposed to introduce greening aspects in the construction industry that are relevant in the world by means of a circular (circular) model of material production, which provides for a cycle of organic or biological materials that can return to the biosphere without harming the living world, and a cycle of technical materials that should be contained in turnover as long as possible, using such a tool as recycling of building structures and materials. Attraction of BIM funds when using recycling enables the enterprises of the processing sector to plan the volume of production over time and is guaranteed to receive raw materials (worn-out building structures and materials) from objects to be reconstructed or modernized.*

Key words: BIM-technologies; functional transformation; recycling; development; circular production model.

Т.М. Дубельт,Аспірант кафедри технологія будівельного виробництва
Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ

Анотація. У статті розглянуто вирішення важливої проблеми – розробка методики проведення чисельного експерименту для дослідження реконструкції житлових будинків перших масових серій, з метою вибору ефективних рішень по їх реконструкції. Для вирішення поставленого завдання виконано аналіз інформаційних джерел; визначена робоча гіпотеза; описані шляхи вирішення проблеми з використанням теорії планування експериментів і експериментально-статистичного моделювання (складання аналітичних, графічних і експериментально-статистичних моделей). Використання комп'ютерних програм АВК- 5, Microsoft Office Project і СОМРЕХ дозволило створити і дослідити адекватні моделі реконструкції житлового будинку на прикладі типової серії 1-4382.5-7 для отримання достовірних результатів. Розроблена методика дозволяє досліджувати необмежену кількість різних моделей при мінімальних трудовитратах.

Ключові слова: реконструкція; житлові будинки перших масових серій; фактори реконструкції; показники реконструкції; рівні варіювання факторів.

Постановка проблеми. За статистичними даними 25% від загального житлового фонду України складають житлові будинки перших масових серій [1], які зводилися упродовж 60-80 р. минулого століття. Незважаючи на те, що нормативний термін експлуатації подібних будинків (25-30 років) закінчився, показники фізичного зносу окремих серій будинків допускають проведення їх реконструкції для продовження терміну експлуатації на 50-80 років [2]. Традиційні методики дослідження можливості реконструкції подібних об'єктів пов'язані з обробкою великого обсягу інформації, займають багато часу і трудовитрат. Кількість реалізованих проектів реконструкції по відношенню до кількості експлуатованих будинків незначна. Відсутність чітких даних про можливість реконструкції таких будинків, вартості виконання робіт, їх трудомісткості, тривалості і рентабельності реконструкції в цілому приводить до небажання інвесторів вкладати грошові кошти в подібні проекти, оскільки вони не впевнені в їх прибутковості.

Розроблена методика дозволить виділити найбільш ефективні моделі організаційно-технологічних рішень при реконструкції житлових будинків і зробити висновок про доцільність реконструкції в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість публікацій описують досвід проведення подібних реконструкцій на прикладах окремих реалізованих проектів в країнах колишнього СРСР (в т.ч. і Україні) і за кордоном. Представлена інформація не дає можливості порівняти реконструкцію житлових будинків [3,4,5] в умовах проведення робіт, що змінюються, і вибрати найбільш ефективний варіант реконструкції.

Мета статті – опис методики проведення чисельного експерименту за визначенням залежностей між вибраними показниками і факторами, що впливають на показники, для подальшого вибору ефективної моделі реконструкції житлового будинку.

Виклад основного матеріалу. Загальну методи-

ку дослідження можна представити у вигляді блок-схеми (Рис.1). Вона складається з десяти етапів.

Перший етап – аналіз інформації.

а) аналіз інформаційних джерел. Він дозволив виділити серії житлових будинків, в яких можлива реконструкція. До них відносяться серії будинків : 1-434;1-437;1-438;1-439;1-442; 1-443; 1-447; 1-480; 1-507; 1-510; 1-511; 1-528.

б) визначення переліку необхідних робіт. Вивчення реалізованих проектів визначило основний перелік робіт : підвищення кількості поверхів до 7; облаштування мансардного поверху; прибудова ліфтів, сміттепроводів; удосконалення конструкції балконів; заміна комунікацій, вікон і зовнішніх дверей; утеплення і оновлення фасадів; вибіркове перепланування квартир із застосуванням сучасних матеріалів [6].

в) вибір методів планування робіт. Аналіз зображення абстрактних моделей організації виробництва показав, що зручно відобразити процеси реконструкції у вигляді лінійного графіку [7].

Другий етап – визначення робочої гіпотези. Зроблено припущення, що моделювання зміни факторів, що впливають на реконструкцію житлового будинку, приведуть до зміни показників. Для вирішення поставленого завдання необхідно створити моделі реконструкції житлового будинку при різних поєднаннях впливу факторів і отримати чисельні значення показників. Порівняння показників дозволить виявити при яких змінах і поєднаннях факторів можна отримати найбільш ефективну модель виробничих процесів для будь-яких заданих обмежень при реконструкції житлового будинку.

Третій етап – вибір та опис абстрактної моделі для проведення робіт по реконструкції.

а) вибір серії житлового будинку на основі об'ємно-планувальних рішень (прийнята серія 1-438_{2,5-7}).

б) складання переліку робіт реконструкції жит-

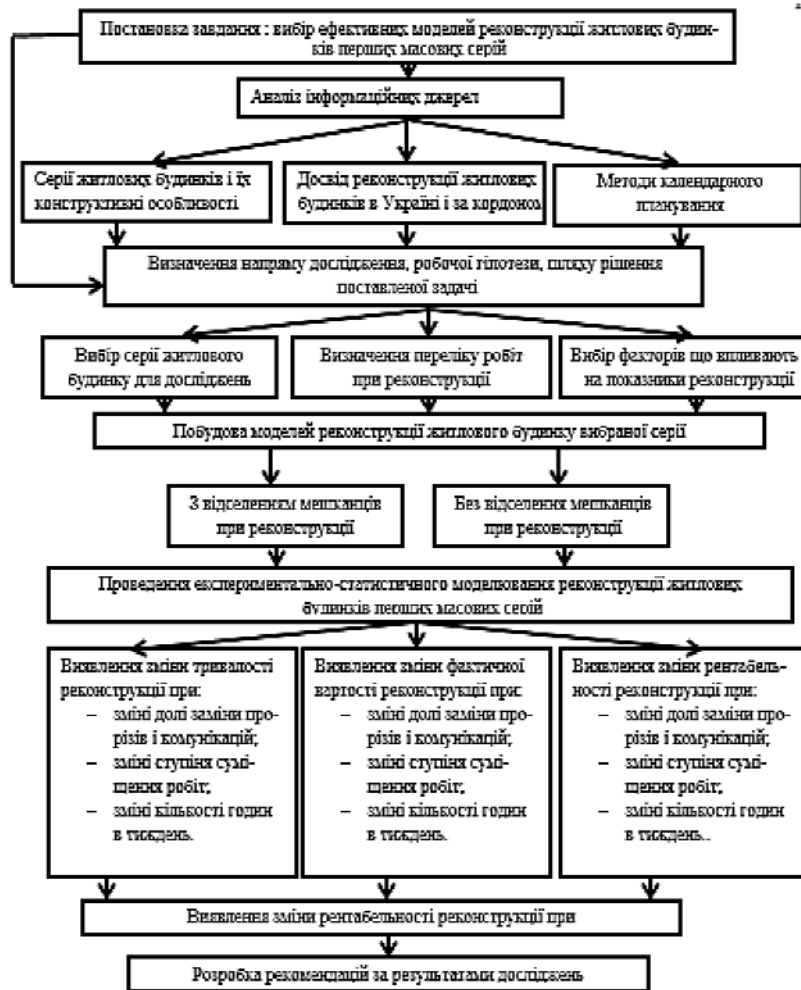


Рис.1. Блок-схема дослідження

лового будинку обраної серії (виділені роботи: реконструкція даху з надбудовою мансардного поверху; облаштування сміттєпроводу і ліфту; заміна комунікацій, зовнішніх вікон та дверей; утеплення стін).

Четвертий етап – вибір факторів, що впливають на показники реконструкції та визначення значимих показників.

а) вибір факторів і рівнів їх варіювання. Вибрані 4 взаємозалежні фактори в межах однієї абстрактної моделі реконструкції житлового будинку (кількість робочих годин за тиждень, ступінь суміщення робіт, необхідна доля заміни прорізів і комунікацій). П'ятий

фактор залежить від умов проведення реконструкції, і враховує місце проживання мешканців під час робіт (реконструкція з відселенням і без відселення мешканців). Тому для його врахування потрібно побудувати 2-ві моделі одного об'єкту реконструкції за різних умов знаходження мешканців. Відповідно до класичної теорії планування скороченого експерименту, варійовані фактори повинні знаходитися в діапазоні – 1; 0; +1. Це відповідає мінімальному, середньому і максимальному значенню факторів з рівними інтервалами. Фактори і рівні їх варіювання представлені в таблиці 1.

Табл. 1. Фактори і рівні їх варіювання

Натурні фактори								
X ₁ - кількість робочих годин в тиждень (ч)				Рівні	X ₂ - ступінь суміщення робіт	Рівні	X ₃ - необхідна доля заміни прорізів (%)	X ₄ – необхідна доля заміни внутрішніх санітарно-технічних комунікацій (%)
Рівні	Роботи з відселенням мешканців	Рівні	Роботи без відселення мешканців					
-1	40	-1	40	-1	0,15	-1	20	8,33
-0,2	80	+0,11	48	0	0,2	0	50	50
+1	112	+1	60	+1	0,25	+1	80	91,66

б) вибір значимих показників. Фінансування реконструкції є головним завданням, тому показник фактичної вартості робіт розглядається в першу чергу. Коливання показника вартості робіт пов'язаних з об'ємами виконаних робіт і умовами та терміном проведення реконструкції. Другий прийнятий показник – тривалість виконання робіт. Оскільки вартість реконструкції не відображає чисельне значення прибутку від проведення реконструкції, прийнятий третій показник – фактична рентабельність реконструкції.

П'ятий етап – вибір плану експерименту. При проведенні чисельного експерименту для визначен-

ня залежності між 3-ма обраними показниками і 4-ма факторами використовується математична теорія планування експерименту. Використання скороченого плану експерименту дозволить скоротити дослідження до 25-ти точок (моделей) і отримати достовірні результати по 2 умовам реконструкції (з відселенням і без відселення мешканців) [8,9]. У таблиці 2 представлений скорочений план експерименту за умови відселення мешканців.

Шостий етап – побудова моделей реконструкції житлових будинків згідно з планом.

а) створення аналітичної моделі на основі об'ємів робіт для реконструкції будівлі обраної серії

Табл. 2. План експерименту за умови відселення мешканців під час реконструкції житлового будинку

№ точки	Кодовані фактори				Натурні фактори			
	X ₁ - кількість робочих годин в тиждень	X ₂ - ступінь суміщення робіт	X ₃ - необхідна доля заміни прорізів	X ₄ – необхідна доля заміни внутрішніх санітарно-технічних	X ₁ - кількість робочих годин в тиждень (ч)	X ₂ - ступінь суміщення робіт	X ₃ - необхідна доля заміни прорізів (%)	X ₄ – необхідна доля заміни внутрішніх санітарно-технічних комунікацій (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	1	112	0,25	80	91,66
2	1	1	1	-1	112	0,25	80	8,33
3	1	1	-1	1	112	0,25	20	91,66
4	1	1	-1	-1	112	0,25	20	8,33
5	1	-1	1	1	112	0,15	80	91,66
6	1	-1	1	-1	112	0,15	80	8,33
7	1	-1	-1	1	112	0,15	20	91,66
8	1	-1	-1	-1	112	0,15	20	8,33
9	-1	1	1	1	40	0,25	80	91,66
10	-1	1	1	-1	40	0,25	80	8,33
11	-1	1	-1	1	40	0,25	20	91,66
12	-1	1	-1	-1	40	0,25	20	8,33
13	-1	-1	1	1	40	0,15	80	91,66
14	-1	-1	1	-1	40	0,15	80	8,33
15	-1	-1	-1	1	40	0,15	20	91,66
16	-1	-1	-1	-1	40	0,15	20	8,33
17	1	0	0	0	112	0,2	50	50
18	-1	0	0	0	40	0,2	50	50
19	0,11	1	0	0	80	0,25	50	50
20	0,11	-1	0	0	80	0,15	50	50
21	0,11	0	1	0	80	0,2	80	50
22	0,11	0	0	1	80	0,2	50	91,66
23	0,11	0	-1	0	80	0,2	20	50
24	0,11	0	0	-1	80	0,2	50	8,33
25	0,11	0	0	0	80	0,2	50	50

(складання кошторисів реконструкції житлового будинку серії 1-4382.5-7 в програмі АВК-5) дозволило визначити кошторисну вартість і трудомісткість робіт на кожній захватці.

б) побудова графічних моделей у формі лінійних графіків при різних поєднаннях чинників за планом експерименту виконана з використанням програми Microsoft Office Project. Результат побудови — визначення тривалості робіт кожної моделі [10].

Сьомий етап — розрахунок показників фактичної вартості і рентабельності для кожної з побудованих графічних моделей виконується по формулах. Фактична вартість реконструкції розраховується за формулою 1:

$$C_{\phi} = C_{\text{рек.рсп}} + C_{\text{кв.п.}} + C_{\text{вр.ж.}} \quad (1)$$

де:

C_{ϕ} — фактична вартість реконструкції об'єкту, грн.;
 $C_{\text{рек.рсп}}$ — вартість ремонтно-будівельних робіт по кошторису, грн.;

$C_{\text{кв.п.}}$ — витрати на купівлю квартир на 1 поверсі для перепланування, грн.;

$C_{\text{вр.ж.}}$ — витрати на оплату тимчасового житла мешканцям під час реконструкції, грн.

$$C_{\text{вр.ж.}} = C_{\text{вр.ж.м.}} * T_{\text{рек}} \quad (2)$$

де:

$C_{\text{вр.ж.м.}}$ — щомісячні витрати на оплату тимчасового житла в період реконструкції для мешканців, грн.;

$T_{\text{рек}}$ — тривалість реконструкції, міс.

Фактична рентабельність розраховується за формулами 3 та 4.

$$P_{\phi} = \Pi_{\phi} / C_{\phi} * 100, \quad (3)$$

де:

P_{ϕ} — фактична рентабельність, %;

Π_{ϕ} — фактичний прибуток об'єкту реконструкції, тис. грн.;

C_{ϕ} — фактична вартість об'єкту реконструкції, тис. грн.

Прибуток реконструкції розраховується за формулою 4.

$$\Pi_{\phi} = C_{\text{прод}} - C_{\phi} \quad (4)$$

де:

Π_{ϕ} — фактичний прибуток об'єкту реконструкції, грн.;

$C_{\text{прод}}$ — прибуток від продажу нових квартир на 1,6,7 поверхах після реконструкції, грн.

Восьмий етап — побудова і розрахунок експериментально-статистичних моделей у вигляді графіків залежності отриманих показників від прийнятих факторів виконується в програмі COMPEX.

Дев'ятий етап — графічна обробка графіків залежності показників від вибраних факторів, визначення раціональних областей підфакторного простору виконується в програмі AutoCAD.

Десятий етап — аналіз отриманих графіків, визначення найбільш ефективних моделей реконструкції житлових будинків перших масових серій.

Висновок. Розроблена методика дозволяє досліджувати необмежену кількість різних моделей при мінімальних трудовитратах і виділити найбільш ефективні моделі реконструкції житлових будівель.

Література

1. Житловий фонд України у 2010 році. Статистичний бюлетень. - Державна служба статистики України. — Київ, 2011.
2. Діагностика технічного стану житлових будівель [Текст]: Монографія/А.П. Куркин, М.С. Розенфельд, А.Г. Неверов, М.Н. Волошко ; під ред. Н.П. Куркина. - Луганськ : Бурштін, 2012. - 368с
3. Реконструкція хрущовок : примус до відселення: / Віктор Нагорський // Інформаційне агентство УНІАН. від 06.08.2013. [Електронний ресурс] — <https://economics.unian.net/realstate/820001-rekonstruktsiya-hrushevok-prinujdenie-k-otseleniyu.html>
4. PARPLANOSANA.LV Архітектурне і інженерне бюро. Рига. Варіанти перепланування будинків серії: [Електронний ресурс] — http://www.parplanosana.lv/ru/parplaanoshanas-varianti-177781/1-467a-serija-staraja-litovka#.Uxy1cT9_uSo
5. Л.В. Халтурина. Досвід реконструкції п'ятиповерхових великопанельних житлових будинків і його використання в курсовому проектуванні / Л.В. Халтурина // ВІСНИК АлтГТУ ім. І.І. Ползунова, 2006. — №1. — с.59
6. Реконструкція житлових будівель. Частина I Технології реконструкції житлових будівель і забудови, А.А. Афанасьєв, Е.П. Матвєєв., Москва 2008 с.93
7. Науменко І.Х. Проектування потокової організації виробництва будівельних робіт. / Науменко І.Х. — М.: Видавництво Асоціації будівельних вчз, 2008. — 120 с.
8. Солдатенко Л.В. Введення в математичне моделювання будівельно-технологічних завдань [Текст]: навчальний посібник/Л.В. Солдатенко.-Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.-161с.
9. Вознесенський В.А. Експериментально-статистичне моделювання і оптимізація в матеріалознавстві / В.А. Вознесенський, Т.В. Ляшенко. — К.: УДНТЗ, 1993. — 16 с.
10. Баркалов С.А. Управління проектами у будівництві. / С.А. Баркалов, В.Ф. Бабкин. — М.: Видавництво Асоціації будівельних ВНЗ, 2003 р. — 288 с.

References

1. Housing fund of Ukraine in 2010. Statistical bulletin. — Government service of statistics of Ukraine. — Kyiv, 2011.
2. Diagnostics of the technical state of dwelling-houses [Text]: Monograph /A.P. Kurkin, M.S. Rozenfeld, A.G. Neverov, M.N. Voloshko ; under a release of N.P. Kurkin. -Lugansk : Burshtyn, 2012. -368p.
3. The reconstruction of khrushchovki : forcing to settling out: / Viktor Nagorskii // A news agency UNIAN. 06.08.2013. [Electronic resource] — <https://economics.unian.net/realstate/820001-rekonstruktsiya-hrushevok-prinujdenie-k-otseleniyu.html>
4. PARPLANOSANA.LV Architectural and engineering bureau. Ryga. Variants of resiting of houses of series.: [Electronic resource] — http://www.parplanosana.lv/ru/parplaanoshanas-varianti-177781/1-467a-serija-staraja-litovka#.Uxy1cT9_uSo
5. L.V. Khalturina. Experience of reconstruction of five-storied large-panel dwelling-houses and its use in the course planning / L.V. Khalturina // VISNYK AltSTU in the name of I.I.Polzunov, 2006. — №1. — p.59

6. *Reconstruction of dwelling-houses. Part I Technologies of reconstruction of dwelling-houses and building*, A.A. Afanasiev, E.P. Matveev, Moscow 2008 p.93
7. Naumenko I.H.. *Planning of stream organization of production of construction-works*. Naumenko I.H / . — M.: Publishing house of Association of building higher educational establishments, 2008. — 120 p.
8. Soldatenko L.V. *Introduction into mathematical design of building-technological tasks [Text]: train aid*. L.V.Soldatenko - Orenburg: SOU OSU, 2009.-161p.
9. Voznesenskii V.A. *Experimentally-statistical design and optimization in material science /V.A.Voznesenskii, T.V. Liashenko*. — K.: UDNTZ, 1993. — 16 p.
10. Barkalov S.A *Management projects in building.. /S.A. Barkalov, V.F.Babkin*. — M.: Publishing house of Association of building higher educational establishments, 2003. — 288 p.

Т.М. Дубельт, аспирант,

Одесская академия строительства и архитектуры, г. Одесса

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ДОМОВ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ

Аннотация. В статье рассмотрено решение важной проблемы — разработка методики проведения численного эксперимента для исследования реконструкции жилых домов первых массовых серий, с целью выбора эффективных решений по их реконструкции. Для решения поставленной задачи выполнен анализ информационных источников; определенная рабочая гипотеза; описаны пути решения проблемы с использованием теории планирования экспериментов и экспериментально-статистического моделирования (составление аналитических, графических и экспериментально-статистических моделей). Использование компьютерных программ АВК- 5, Microsoft Office Project и COMPEX позволило создать и исследовать адекватные модели реконструкции жилого дома на примере типичной серии 1-4382.5-7 для получения достоверных результатов. Разработанная методика позволяет исследовать неограниченное количество разных моделей при минимальных затратах.

Ключевые слова: реконструкция; жилые дома первых массовых серий; факторы реконструкции; показатели реконструкции; уровни варьирования факторов.

T. Dubelt

Graduate student of the department of technology of building production, Odesa national academy of building and architecture, Odesa

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY OF RESEARCHES AND CHOICE OF EFFECTIVE OPTIONS OF RECONSTRUCTION OF DWELLING-HOUSES OF THE FIRST MASS SERIES

Abstract: The decision of important problem — development of methodology of realization of numeral experiment is considered in the article for research of reconstruction of dwelling-houses of the first mass series, with the purpose of choice of effective decisions on their reconstruction. For a decision of the set problem the analysis of informative sources was executed; a working hypothesis was defined; the ways of decision of problem were described with the use of theory of planning of experiments and experimentally-statistical design (drafting of analytical, graphic and experimentally-statistical models). Using of the computer programs of АВК- 5, Microsoft Office Project and COMPEX allows to create and investigate the adequate models of reconstruction of dwelling-house on the example of model series 1-4382.5-7 for the receipt of reliable results. The worked-out methodology gives an opportunity to investigate the unlimited amount of different models at minimum working expenditures.

Keywords: reconstruction, dwelling-houses of the first mass series, factors of reconstruction, indexes of reconstruction, levels of varying of factors, technological design, duration of reconstruction, actual cost of works, profitability of reconstruction

В.П. Максименко, к.т.н.;

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

Ю.В. Крошка, ORCID: 0000-0001-6110-8443

Державне підприємство "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва" (ДП "НДІБВ"), м. Київ

ОЦІНКА ВПЛИВУ НОВОГО БУДІВНИЦТВА НА НАВКОЛИШНЮ ЗАБУДОВУ ЗАСОБАМИ ВІМ І РЕЗУЛЬТАТАМИ НАТУРНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Анотація. Будь-яке будівництво в умовах ущільненої існуючої забудови викликає низку додаткових ризиків. У кожному випадку це індивідуальна сукупність ускладнень і нестандартних умов, яка може призвести, і на жаль часто призводить, до несприятливих або небезпечних ситуацій для прилеглих об'єктів існуючої забудови, для навколишнього середовища, для виробничого процесу, безпеки праці тощо. Аби унеможливити таке будівництво, ці ризики неодмінно слід брати до уваги під час підготовки та реалізації будівельного проекту. Зона і характер впливу небезпечних та несприятливих виробничих чинників не у кожному випадку є очевидними, і для їхнього ефективного врахування вони повинні бути попередньо визначені в процесі передпроектних вишукувань, проектування нової будівлі, та уточнені вже в ході будівництва - засобами моніторингу. Математичне моделювання напружено-деформованого стану масиву ґрунту і його зміни в процесі будівництва, дають можливість оцінити ступінь впливу робіт зі зведення нової будівлі на навколишню забудову і виконати прогноз осідань.

На основі порівняння розрахункових і нормативних значень надаються відповідні рекомендації щодо проведення спостережень та моніторингу технічного стану існуючих споруд, а в разі необхідності, застосування запобіжних заходів по збереженню їх цілісності.

В статті розглянуто можливості системи ГРУНТ, призначеної для визначення параметрів жорсткості ґрунтової і пальової основ. Наведено методи та реалізовані алгоритми обчислення осідань, кренів і перекосів існуючих і запроектованих споруд у відповідності з різними нормативними документами. Розглянуто можливості системи ГРУНТ на реальному прикладі оцінки впливу проєктованих нових висотних будівель на існуючу навколишню забудову. Дана прогнозна оцінка осідань за результатами натурних геодезичних спостережень.

Ключові слова. Ущільнена забудова, вплив нового будівництва, розрахунки, пк ґрунт, моніторинг.

Вступ

Будівництво висотних споруд має суттєвий вплив на навколишню забудову та підземні комунікації, що обумовлено великими значеннями осідань ґрунтових основ і необхідністю влаштування глибоких котлованів для підземних паркінгів, захисту від підземних ґрунтових вод та ін.

У нормативних документах з висотного будівництва та ущільненої забудови є вимоги з визначення зони впливу нового будівництва на деформаційний стан існуючої забудови, в тому числі додатковий осідання ґрунтової основи, крени і перекося.

Постановка проблеми

Прогноз впливу нового будівництва є вихідною інформацією для виконання моніторингу технічного стану існуючих будівель прилеглої забудови. Він полягає в аналітичних методах оцінки впливу із застосуванням математичного моделювання зміни напружено-деформованого стану ґрунтів в основі будівель і масиву, прилегло до будівництва. Алгоритм визначення зони впливу нового будівництва, опис елементів алгоритму та технології виконання представлено на блок-схемі (рис.1).

Виклад основного матеріалу дослідження

В рамках робіт з науково-технічного супроводу нового будівництва трьох висотних 36-ти поверхових будівель торгово-офісного, готельного комплексу з наземним паркінгом виконувалися роботи з

обстеження будівель оточуючої забудови з метою визначення їх реального технічного стану до початку будівництва, визначення впливу на них нового будівництва, моніторингу технічного стану цих будівель інженерно-геодезичними методами і візуальними спостереженнями за встановленими на тріщинах маяками під час будівництва на майданчику поруч.

В даній статті виконано аналіз отриманих даних розрахунку впливу нового будівництва на прилеглу забудову і зміну осідань існуючих будівель в часі за результатами натурних геодезичних спостережень.

Розрахунок впливу нового будівництва на прилеглу забудову виконувався в програмно-розрахунковому комплексі ПС "ГРУНТ" ПК "ЛІРА". При виконанні розрахунків складалась загальна розрахункова модель (див. Рис.2, Рис.4), були визначені деформації ґрунтового масиву до початку будівництва та після зведення нових будинків.

Максимальні допустимі додаткові осідання ґрунтової основи існуючих будівель від впливу висотного будівництва наведені в таблиці Б.1 ДБН В.2.1-10: 2018 [3].

Система "ГРУНТ" реалізує обчислення параметрів жорсткості ґрунтової і пальової основ відповідно до моделей ґрунту Вінклера і Пастернака. Опис майданчика будівництва виконується в графічному режимі з внесенням характеристик ґрунту по свердловинах (ПЕ), координат і відміток гирл свердловин,

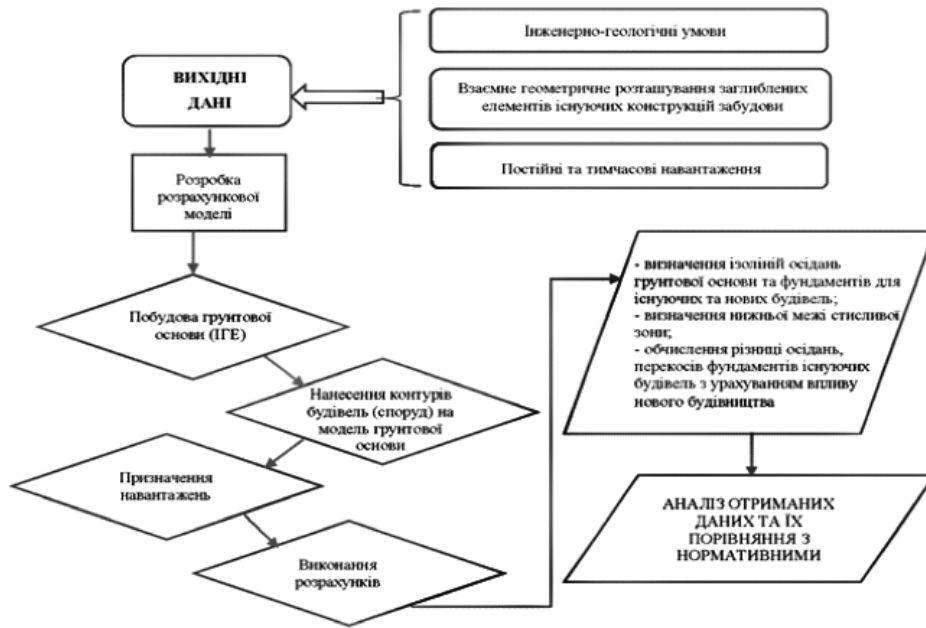


Рис.1 Блок-схема порядок визначення зони впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови

а також навантажень на основу від існуючої і нової забудови (див. Рис.2 – Рис. 5).

На підставі цих даних формується просторова модель ґрунту, а за відмітками гирла свердловин вибудовується рельєф денної поверхні і виконується триангуляція на плані. При цьому передбачається, що рельєф є досить плавним (Рис. 4). Контроль заданих параметрів здійснюється за допомогою відображення геологічних розрізів, що вибудовуються уздовж відрізка прямої, проведеної в будь-якому місці майданчика будівництва.

На майданчику будівництва розташовуються довільні полігональні контури фундаментів та/або пальових ростверків запроєктованих споруд, а також

контури фундаментів існуючих будівель. Задаються також параметри ростверків і кількість паль (вага паль додається автоматично до заданих навантажень).

У межах кожного контуру задаються навантаження, що додаються у рівень позначки підшви відповідного фундаменту (Рис. 4). Навантаження можуть бути задані і в довільному місці майданчика. Допускаються наступні види навантажень зосереджені сили, рівномірно розподілені навантаження по всій області контуру та рівномірно розподілені навантаження по довільно окресленому контуру (штамп).

Зовнішнє навантаження на фундамент палі розподілено по декількох рівнях уздовж довжини паль (за кількістю точок інтегрування по глибині), що

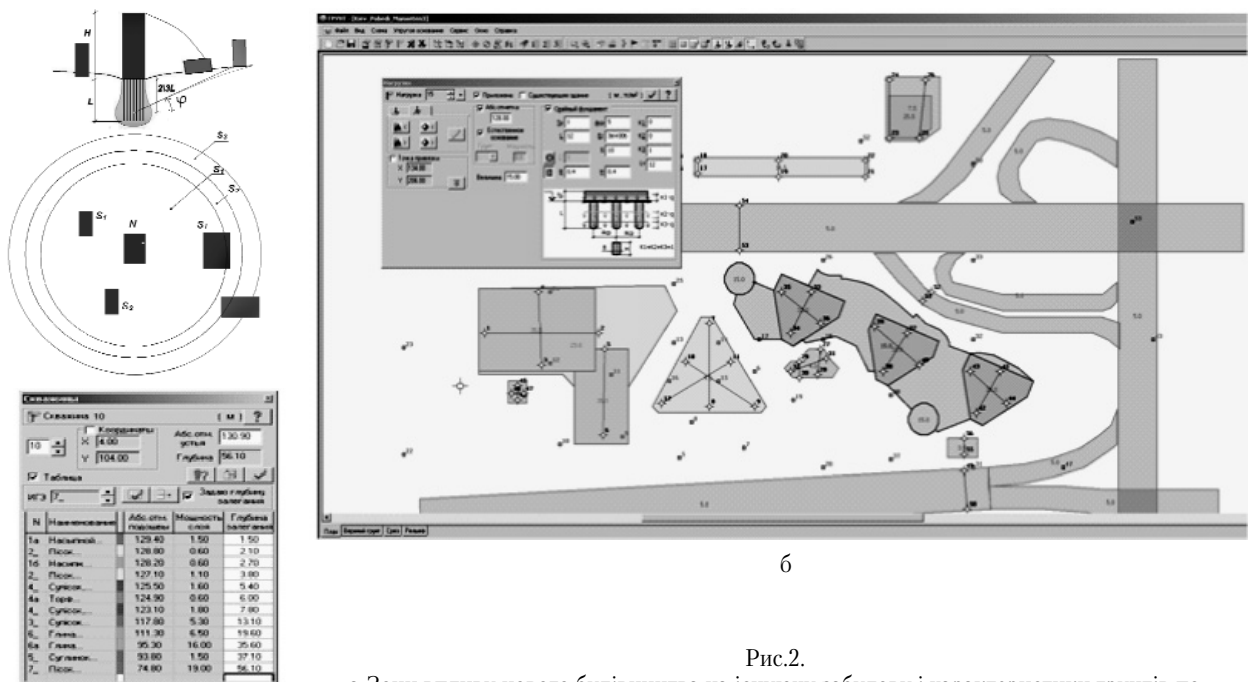


Рис.2.

а Зони впливу нового будівництва на існуючу забудову і характеристики ґрунтів по свердловинах, б Схема навантажень на основу від нового будівництва та існуючу забудову

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N
2	Номер	Усл.	Наименование грунта	Цвет	Модуль деформации тс/м ²	коэффициент Пуассона	Удельный вес грунта, тс/м ³	Коэффициент перепада до 2 модулю деформации	Природная влажность, доли	Показатель текучести	Коэффициент водопроницаемости	Угол внутреннего трения, °	
3	ИГЭ	обозн.											
6	1	1а	Насыпной супсок темно-сирый	8000	900	0.3	1.8	5	0.05	0	0.7	16	
7	2	1б	Насыпн. будів сміття з супідан.супинюв заповненням	82806	1000	0.3	1.86	5	0.39	0.66	0.79	17	
8	3	2	Псок середньої крупності жовто-сирый	866EF	2600	0.3	1.99	5	0.2	0	0.6	32	
9	4	4	Супсок, темно-сирый, гіллястий з'яго пластичний	880F	2000	0.35	2.05	5	0.18	0.75	0.54	24	
10	5	4а	Торф бурзувато-сирый, насичений водою середньо розкладений 40%	89696	1300	0.42	1.97	5	0.4	0.75	0.61	31	
11	6	3	Супсок сирый,жовто-сирый, пластичний	8EB3	2500	0.4	1.88	3	0.3	0.25	0.87	16	
12	7	6	Глина мергельна, бланитно-сіра, пелла, пілувата, нагітьєрда	8F17	6800	0.35	1.82	3	0.29	0.11	0.89	13	
13	8	6а	Глина, голубувато-сіра, важка, пілувата, напівтверда	8D321	7000	0.38	1.89	2.5	0.32	0.12	0.91	12	
14	9	5	Супглиок (напівсок), зелено-сирый, важки, тугопластичний	87E2E	2500	0.35	1.94	2	0.29	0.36	0.8	17	
15	10	7	Псок зеленувато-сирый, м'який, щільний з включ.середн.крупності	877B	8000	0.28	1.9	2	0.18		0.6	33	

Рис. 3. Характеристики ґрунтів основи

дозволяє уточнювати величину сумарного осідання. Повне навантаження регулюється трьома коефіцієнтами: K1-відповідає частці навантаження, що приходить на рівень підшви ростверку; K2 – частка навантаження, що діє по довжині паль; K3 – частка навантаження, що приходить на рівень п'ятки паль в ґрунт. Сума цих коефіцієнтів має дорівнювати одиниці. Варіант при K1 = K2 = 0, K3 = 1 – відповідає роботі пальової основи в водонасичених ґрунтах тільки по верху паль.

Система ГРУНТ виконує наступні операції:

- визначення областей осідання ґрунтової і пальової основ для існуючих і запроектованих будівель відповідно до заданих навантажень та інженерно-геологічних умов;
- визначення межі стисливої товщі відповідно до умов різних нормативів;
- обчислення коефіцієнтів пружної (ґрунтової) основи C1 і C2 відповідно до моделей ґрунту Вінклера і Пастернака;
- обчислення різниці осідання, а також перекосів фундаментів існуючих будівель з урахуванням впливу нового будівництва.

Для виконання обчислень проводиться триангуляція областей, обмежених заданими контурами. У вузлах триангуляції, кроком якої можна управляти, обчислюються всі необхідні параметри.

Відповідно до прикладених навантажень визначаються осідання ґрунту під запроектовані фундаментами і пальовими ростверками. При цьому враховуються положення чинних в Україні [1, 2] і Росії норм з проектування основ будинків і споруд та пальових фундаментів. Обчислення осідань проводиться методом пошарового підсумовування з використанням схеми лінійно-деформованого півпростору (завдання Буссінеска) [3, 4] (Рис.6).

Досягнення межі стисливої товщі H_C регулюється виконанням умови $\sigma_{zp} = k \cdot \sigma_{zg}$ за допомогою заданого коефіцієнта глибини стисливої товщі k .

Обчислюються наступні складові:

$$W 1 = \sum_1^n (\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i \setminus E_i;$$

$$W 2 = \sum_1^n \sigma_{zy,i} \cdot h_i \setminus E_{ei};$$

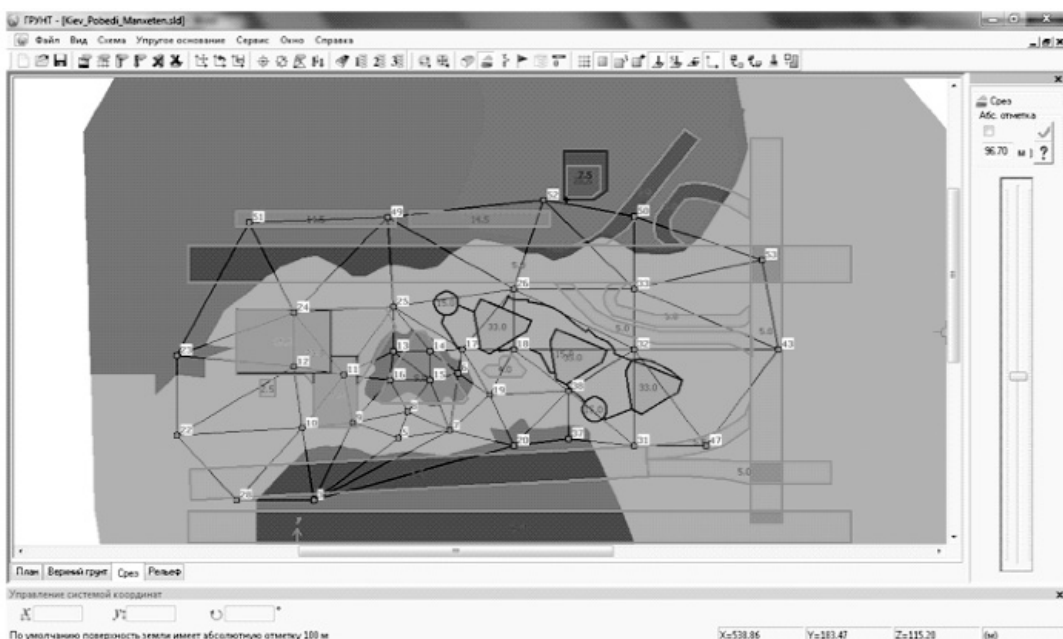


Рис. 4. Просторова схема триангуляції ґрунту

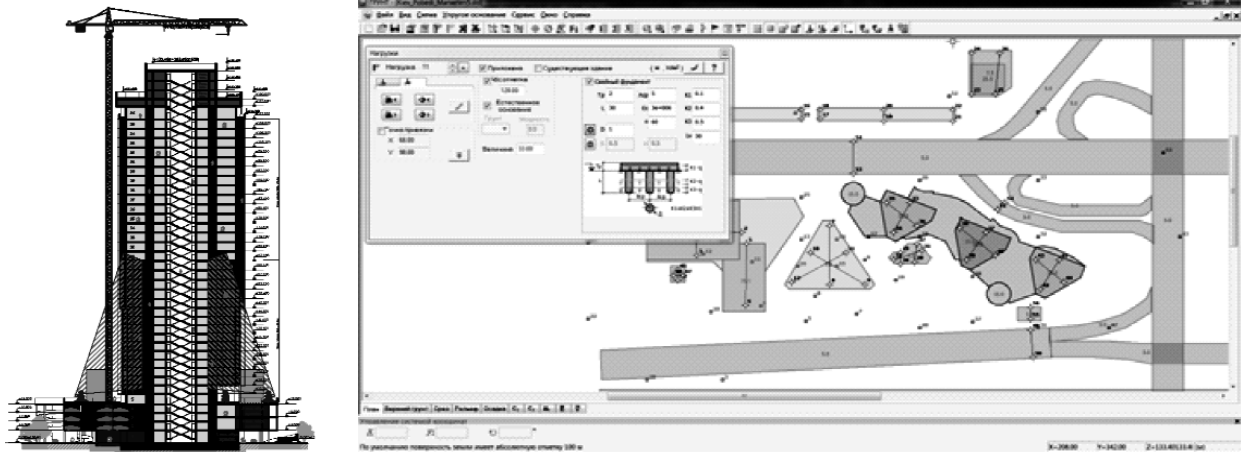


Рис. 5. Завдання навантажень на основу від нового будівництва

$$W_3 = \sum_{i=1}^n \sigma_{zp,i} \cdot h_i \setminus E_{ei}$$

де E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту по гілці первинного навантаження;

E_{ei} – модуль деформації i -го шару ґрунту по гілці вторинного навантаження і розвантаження $E_{ei} = k_r E_i$, за замовчуванням $k_r = 1.0$, може змінюватися користувачем;

$\sigma_{zp,i}$ – напруження в i -тому шарі ґрунту від зовнішнього навантаження;

$\sigma_{zy,i}$ – напруження в i -тому шарі від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану;

n – кількість підшарів ґрунту від підшови фундаменту до глибини стисливої товщі H_C .

Якщо власна вага ґрунту на рівні підшови більше середнього тиску під підшовою, то осідання $S = 0.8 \cdot W_3$, інакше осідання $S = 0.8 \cdot (W_1 + W_2)$.

Для обчислення коефіцієнтів пружної основи використовуються усереднені (в межах зафіксованої глибини стисливої товщі H_C) значення наведеного модуля деформації E_g , коефіцієнта бокового розширення m_g , які обчислюються за формулами:

$$E_g = \sum_{i=1}^n E_i h_i \setminus H_c ; \quad m_g = \sum_{i=1}^n v_i h_i \setminus H_c$$

Коефіцієнт пружної основи C_1 обчислюється трьома методами.

Для методів 1, 2 коефіцієнт пружної основи C_1 обчислюється на підставі усереднених значень E_g , m_g , та C_{12} по моделі Вінклера:

$$C_{11} = E_g / [H_c (1 - 2m_g^2)]; \quad C_{12} = q / S,$$

де q, S – середній тиск та осідання під підшовою фундаменту.

Для методу 3. Для визначення коефіцієнта пружної основи C_1 використовується формула методу 1 з уточненням визначення усередненого модуля деформації E_{g3} вводиться поправочний коефіцієнт u до величини модуля деформації i -того підшару, приймається, що додаткова вертикальна напруга по глибині розподілена рівномірно. Цей коефіцієнт змінюється від $u_1 = 1$ на рівні підшови фундаменту до $u_n = 12$ на рівні вже обчисленої межі стисливої товщі. Прийнято, що коефіцієнт u змінюється за законом квадратної параболи:

$$E_{g3} = H_c / \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{u_i E_i} ; \quad u = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1.$$

Крім того, приймається, що додаткова вертикальна напруга по глибині розподілена рівномірно. Суть

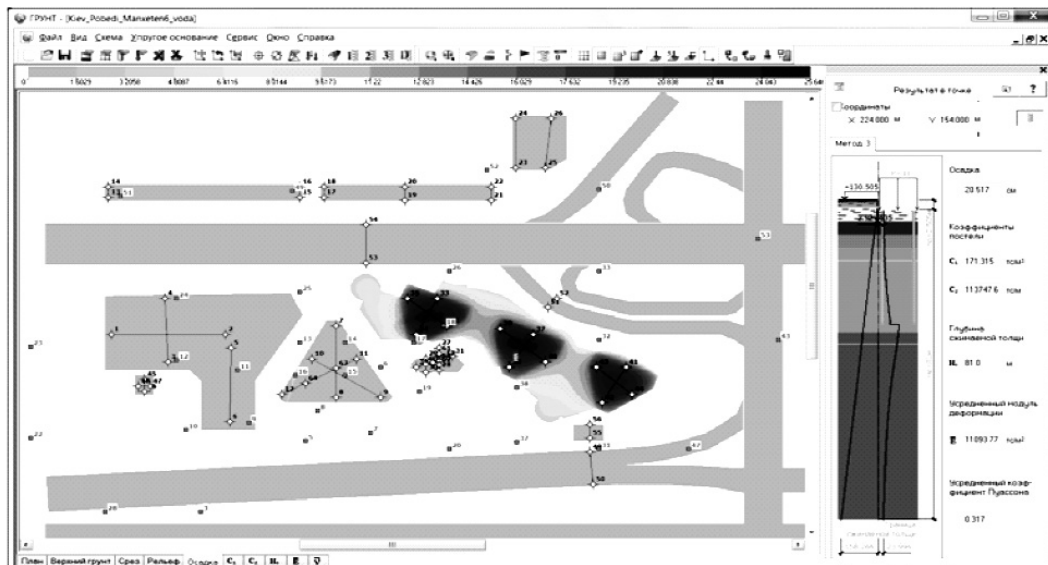


Рис. 6. Ізополі короткочасних осідань території забудови

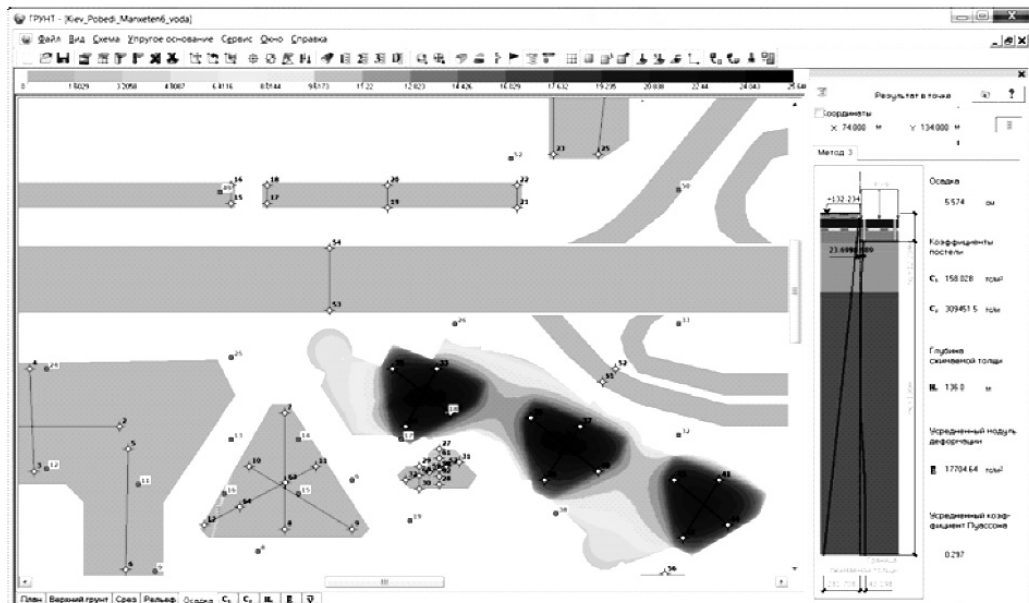


Рис. 7. Прогноз тривалих осідань і перекосів території забудови

методу 3 полягає в тому, що в дійсності модуль деформації ґрунту по глибині наростає. Не врахування цього факту призводить до невіправданого завищення значень осідань, а, отже, і до заниження значень коефіцієнта пружної основи C_1 .

Для методів 1 і 3 коефіцієнт постелі C_2 обчислюється за формулою:

$$C_2 = C_1 H_c^2 (1 - 2m_g^2) \sqrt{6(1 + m_g)}$$

За результатами роботи програми виконується побудова ізополів осідання, меж стиснутої товщі, коефіцієнтів пружної основи Пастернака і Вінклера. Виконується побудова епюр вертикальних напружень в будь-якій точці прикладеного навантаження.

Розрахунок осідання пального фундаменту, як умовного, відповідно до норм виконується при $K_1, K_2 = 0, K_3 = 1$. Якщо передача зовнішнього навантаження на фундамент палі і основа розбиті на кілька рівнів, то епюра напружень від неї матиме ступінчастий вигляд, що відображає рівні прикладених відповідних часток навантаження. Причому, навантаження по боковій поверхні по K_2 розбивається ще на підлянок інтегрування по глибині (їх кількість може

змінюватися за бажанням користувача), що характерно для висячих паль.

Система ГРУНТ входить до складу програмних комплексів як ЕСПРИ, ЛІРА-САПР і МОНОМАХ-САПР [5, 6].

За результатами розрахунку отримано додаткові осідання і перекоси існуючої забудови від впливу нового будівництва на оточуючу забудову для ґрунтової основи при природній вологості та у водонасиченому стані.

У представленому аналізі осідань і перекосів будівель в ПС "ГРУНТ" не враховувалась стадійність і етапи зведення будівель.

Наступним етапом роботи був моніторинг технічного стану цих будівель інженерно-геодезичними методами і візуальними спостереженнями за встановленими на тріщинах маякам в під час будівництва на майданчику поруч.

Спостереженням підлягали прилеглі будівлі: 1. цегляний одноповерховий будинок без поясів; 2. цегляний 2-х поверховий будинок з цоколем і поясом жорсткості.

За результатами натурних спостережень за осіданням прилеглої забудови виконано уточнення

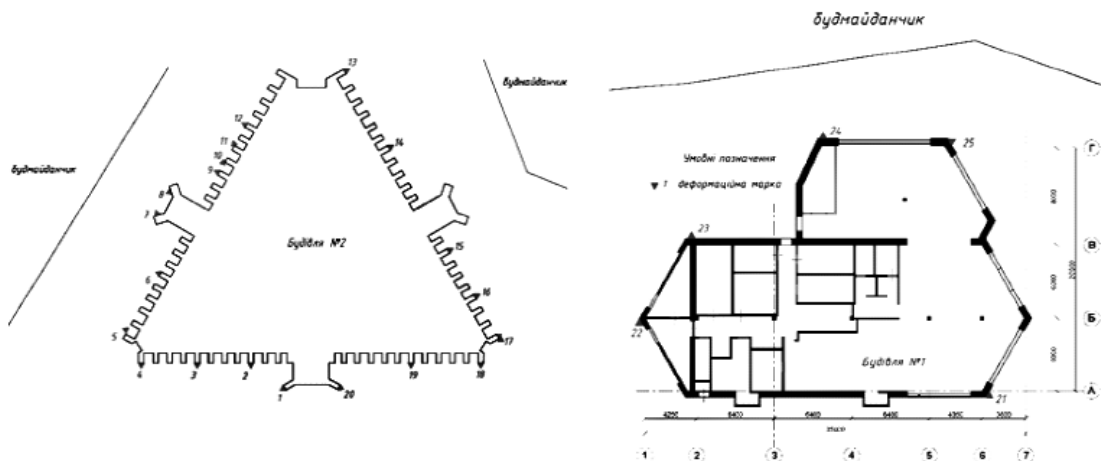


Рис. 8. Схеми розташування деформацій на будівлях прилеглої існуючої забудови

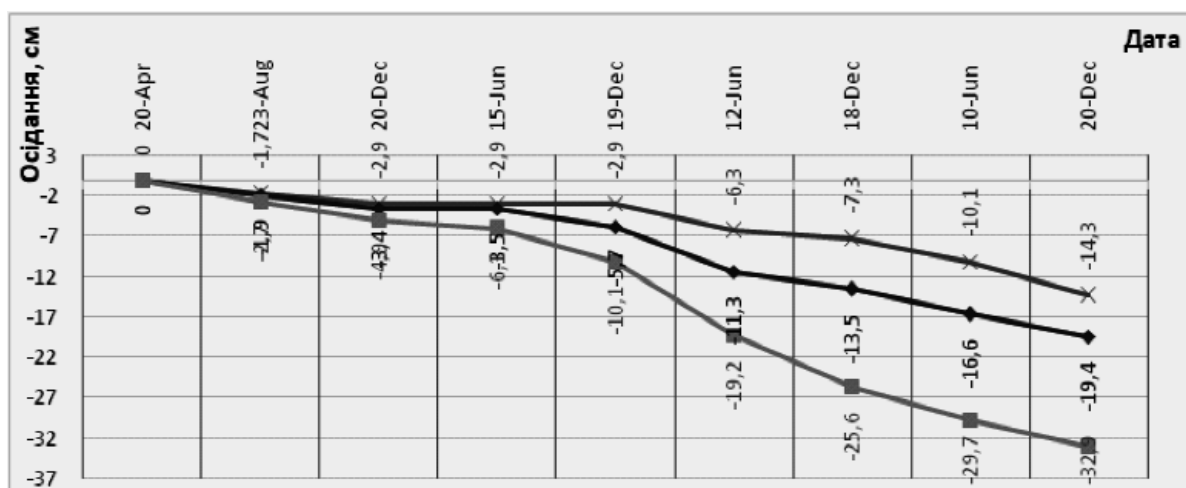


Рис. 9 – Графік зміни положення деформаційних марок на будівлі № 1

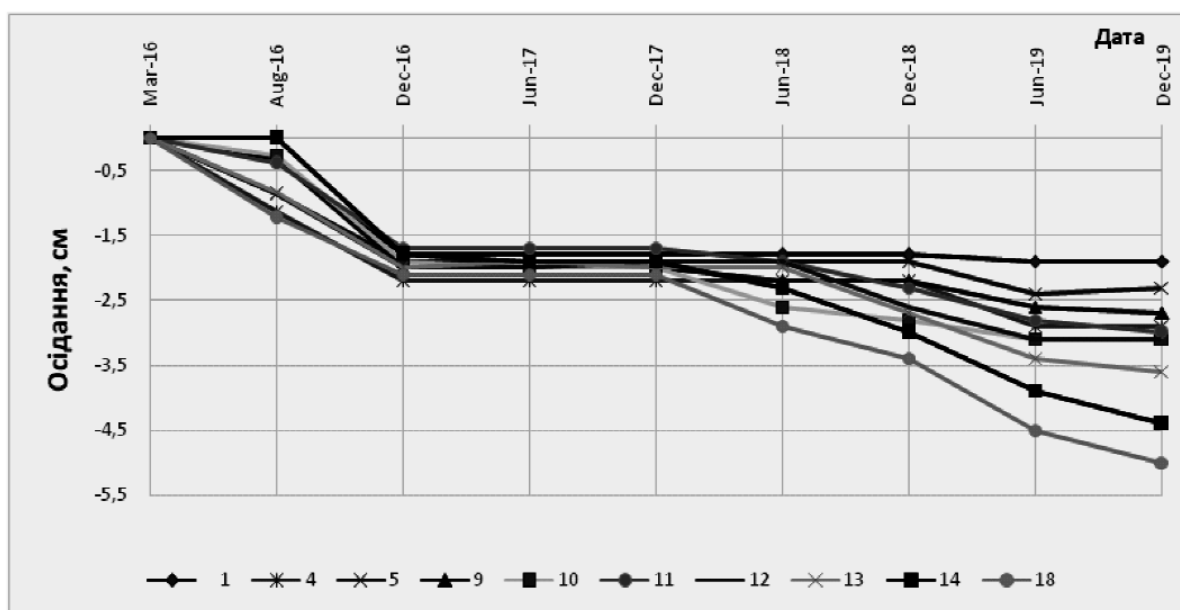


Рис. 10 – Графік зміни положення деформаційних марок на будівлі №2

осідань існуючих будівель з урахуванням прогнозу довгострокових тривалих осідань нового будівництва при збільшенні глибини осадкової товщі в обводненому стані ґрунтів більш 100м.

Фактичні значення осідань будівель, що розташовані в зоні впливу нового будівництва, можуть відрізнятися від отриманих в результаті розрахунку. Це пояснюється тим, що у вихідних даних для розрахунків не повністю відображено неоднорідність впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища на експлуатаційну придатність оточуючої забудови, а саме: ґрунтової основи, наявність каналів для прокладання комунікацій та інших підземних споруд, а також їх форма та розміри, швидкість зведення об'єкта будівництва та режими роботи будівельної техніки на цьому об'єкті тощо.

Тому необхідно періодично визначати фактичні значення осідань прилеглих будівель. Періодичність спостережень має бути необхідною і достатньою, аби забезпечити безпечну експлуатацію споруд, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва, та унеможливити доведення показників осідань до гранично допустимих значень, а при наблизенні до таких

значень встигнути розробити та впровадити попереджувальні заходи щодо зупинення небажаних процесів і забезпечення цілісності існуючих споруд.

Натурні інженерно-геодезичні спостереження за осіданнями прилеглої забудови до об'єкта нового будівництва виконувалися майже три роки, від початку спостережень виконано 45 циклів вимірювань.

Для визначення осідань будівель оточуючої забудови використано 20 деформаційних марок на будівлі № 2 та 5 марок на будівлі № 1, встановлено 2 нові вихідні реperi на прилеглих будівлях (рис. 8).

Для визначення осідання будівель застосовувався метод високоточного геометричного нівелювання. Цей метод дозволяє при незначних швидкостях осідання за короткий проміжок часу визначити швидкість і величину їхнього збільшення. Осідання будівлі виміряні нівелюванням по способу сполучення, за методикою II класу.

Визначення осідання методом нівелювання II класу виконувалися з дотриманням наступних умов:

- висотна опорна мережа складається з 3 нерухомих знаків;
- застосовувався нівелір високої точності з пло-

Табл.1 Додаткові осідання і перекоси існуючої забудови

№	Назва об'єктів	Розрахунк. осідання короткочасні S max*, см	Розрахунк. осідання довготрив. S max*, см	Виміряні осідання та перекоси довготрив. S max, см ΔS/L	Допустим. макс. осідання [S max], см	Розрахунк. максим. перекоси ΔS/L*	Нормативний [ΔS/L]
1	Цегляний одноповерховий будинок без поясів	<u>1.086</u> 2.693	<u>1.61</u> 3.81	3,3 0,0014	1	<u>0.001674</u> 0.00242	0.001
2	Цегляний 2-х поверховий будинок з цоколем з поясом жорсткості	<u>0.190</u> 3.842	<u>0.204</u> 5.574	0,5 0,00001	3	0.000762	0.001

* – значення над ризикою для ґрунтової основи при природній вологості та під ризикою у водонасиченому стані

ско-паралельною пластинкою, ретельно вивірений і від'юстований, прокомпарована штрихована рейка з інварною смугою;

– нівелювання виконувалось із середини, строго дотримуючись рівності відстаней від нівеліра до рейок у межах ±40 см.

– нівелювання марок виконувалось замкнутими ходами при двох горизонтах інструмента.

Для вимірювань осідання будівель застосовувався високоточний нівелір Ні 007 та нівелірна інварна рейка РН2-3000.

При виконанні спостережень за осіданням будівель інженерно-геодезичні виміри склалися з прокладання контрольних нівелірних ходів між вихідними опорними реперами і замкнутими ходами, що включають деформаційні марки й один з реперів. Нівелювання проводиться по намічених ходах, по одній і тій же схемі, щоб значною мірою виключити вплив систематичних помилок на визначення величини осідання.

Точність нівелювання оцінювалася по фактичних нев'язках у замкнутих ходах. Допустиму нев'язку f' обчислюють за формулою:

$$f' = \pm 0,5 \sqrt{n},$$

де n – число станцій в нівелірному ході.

Точність виконання геодезичних робіт відповідає необхідній точності виконання контрольних вимірів у відповідності до діючих нормативних документів та не перевищує ±1мм [8, 9].

Осідання основи будівлі під кожною маркою визначається, як різниця позначок марки поточного та попереднього циклів спостережень. Графіки значень осідань за останній рік моніторингу наведені на рисунках 9 та 10.

Для будівлі № 2 різниця позначок деформаційних марок, між значеннями поточного та попереднього циклів спостережень становить 0 мм... -0,3 мм.

Сумарна різниця позначок за весь період спостережень становить -5,0 мм ... – 1,9 мм.

Різниця позначок деформаційних марок між значеннями поточного та попереднього циклів вимірювань основної споруди будівлі № 1 (марки №21-23) становить -1,9 мм ...-1,0 мм. Сумарна різниця позначок за весь період спостережень основної споруди становить -32,8 мм ... -12,2 мм. Різниця в значенні осідань сусідніх марок становить 15,2 мм.

Отримані додаткові осідання і перекоси існуючої забудови від впливу нового будівництва, а також порівняння з реально вимірними геодезичними методами наведені у зведеній Табл.1.

Результати натурних спостережень за осіданнями існуючих будівель і нового будівництва підтвердили, що ці будівлі схильні до максимального впливу на них нового будівництва. Тому фіксація на об'єкті наростання осідань будівель в часі дозволяє уточнити результати ВІМ моделювання.

Отримані результати інженерно-геодезичних спостережень за осіданнями будівель та споруд не перевищують розрахункові проектні дані, отримані в системі ГРУНТ.

ВИСНОВКИ

Система ГРУНТ дозволяє виконати оцінку осідань, кренів і перекосів споруд, як на природній, так і на пальної основі. З урахуванням виміряних реальних осідань споруди виконано порівняння теоретично отриманої функції осідання довгострокового впливу нових будівель з реальними отриманими даними, що дозволяє прогнозувати періодичність циклів вимірювання інструментальним моніторингу за прилеглою забудовою. Як показує практика спостережень за висотними комплексами їх осідання мають довготривалий характер і вимагають крім ВІМ моделювання проведення періодичних спостережень.

Література

1. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення. 2019. -52с.
2. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. 2018. -36с.
3. Г.К. Клейн, А.Е. Дураев. Учет возрастания модуля деформации грунта с увеличением глубины при расчете балок на сплошном основании. Гидротехническое строительство. 1971.-№7.-С.19-21.
4. Н.А. Цытович. Механика грунтов. М., Гостройиздат, 1963.— 636с.
5. ЭСПРИ. Руководство пользователя. Учебное пособие. Под. ред. А.С. Городецкого. К., 2012., 202с.

6. D. Gorodetsky, V. Maksymenko, D. Medvedenko, E. Strelets-Streletsky. *New options in SOIL system to calculate subgrade moduli of soil and pile footings*// *Научно-технический журнал "Строительство. Building". ISSN 1512-3936. №3(30). Georgia, Tbilisi. 2013. с.12-17.*
7. Гуляев Ю. П. *Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений: монография / Ю. П. Гуляев. — Новосибирск: СГА, 2008. — 256 с.*
8. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. 2010. — 70с.
9. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Грунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. 2014. — 32с.

Reference

1. DBN V.2.2-41: 2019 *Visibility. The main position. 2019. -52s.*
2. DBN V.2.1-10: 2018 *Fundamentals and foundations of construction and equipment. The main position. 2018. -36s.*
3. G.K. Klein, A.E. Duraev. *Taking into account the increase in soil deformation modulus with increasing depth when calculating beams on a solid foundation. Hydraulic engineering. 1971.-No 7.-S.19-21.*
4. N.A. Tsytozich. *Soil mechanics. M., Gosstroyizdat, 1963.- 636s.*
5. ESPRI. *User's manual. Tutorial. Under. ed. A.S. Gorodetsky. K., 2012., 202s.*
6. D. Gorodetsky, V. Maksymenko, D. Medvedenko, E. Strelets-Streletsky. *New options in SOIL system to calculate subgrade moduli of soil and pile footings*// *Научно-технический журнал "Строительство. Building". ISSN 1512-3936. №3(30). Georgia, Tbilisi. 2013. с.12-17.*
7. Gulyayev YU. P. *Prognozirovaniye deformatsiy sooruzheniy na osnove rezul'tatov geodezicheskikh nablyudeniyy: monografiya / YU. P. Gulyayev. - Novosibirsk: SGA, 2008. - 256 s.*
8. DBN V.1.3-2:2010 *Sistema zabezpechennya tochnost? geometrichnikh parametr?v u budivnitstvo. Geodezichni roboti u budivnitstvi. 2010. - 70s.*
9. DSTU B V.2.1-30:2014 *Grunti. Metodi vimiryuvannya deformatsiy osnov budinkiv i sporud. 2014. - 32s.*

В.П. Максименко, к.т.н.,

Е.В. Мурашёва, ORCID: 0000-0003-4995-3761

Ю.В. Крошка, ORCID: 0000-0001-6110-8443

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ЗАСТРОЙКУ СРЕДСТВАМИ ВІМ И РЕЗУЛЬТАТАМИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Аннотация. Любое строительство в условиях существующей уплотненной застройки вызывает ряд дополнительных рисков. В каждом случае это индивидуальная совокупность осложнений и нестандартных условий, которая может привести, и, к сожалению, часто приводит к неблагоприятным или опасным ситуациям для близлежащих объектов существующей застройки, для окружающей среды, для производственного процесса, безопасности труда и т.п. Чтобы обезопасить такое строительство, эти риски обязательно следует принимать во внимание при подготовке и реализации строительного проекта. Зона и характер воздействия опасных и неблагоприятных производственных факторов не во всех случаях очевидны, и для их эффективного учета они должны быть предварительно определены в процессе предпроектных изысканий, проектирования нового здания, и уточнены уже в ходе строительства — средствами мониторинга.

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния массива грунта и его изменения в процессе строительства, дают возможность оценить степень влияния работ по возведению нового здания на окружающую застройку и выполнить прогноз осадок.

На основе сравнения расчетных и нормативных значений составляются соответствующие рекомендации по проведению наблюдений и мониторинга технического состояния существующих сооружений, а в случае необходимости, применение мер по сохранению их целостности. В статье рассмотрены возможности системы ГРУНТ, предназначенной для определения параметров жесткости грунтовых и свайных оснований. Приведены методы и реализованы алгоритмы вычисления осадок, кренов и перекосов существующих и запроектированных сооружений в соответствии с различными нормативными документами. Рассмотрены возможности системы Грунт на реальном примере оценки влияния проектируемых новых высотных зданий на существующую окружающую застройку. Дана прогнозная оценка осадок по результатам натурных геодезических наблюдений.

Ключевые слова. Уплотненная застройка, влияние нового строительства, расчеты, пк грунт, мониторинг

V. Maksymenko,

O. Murasova, ORCID : 0000-0003-4995-3761

Y. Kroshka, ORCID: 0000-0001-6110-8443

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

EVALUATION OF THE IMPACT OF A NEW BUILDING ON THE ENVIRONMENTAL BUILDING WITH MEANS AND THE RESULTS OF NATURAL OBSERVATIONS

Annotation. Any construction under compacted existing construction poses a number of additional risks. In each case, it is an individual set of complications and non-standard conditions that can lead, and unfortunately, often leads to unfavorable or dangerous situations for the surrounding objects of the existing building, for the environment, for the production process, safety of work, etc. In order to secure such construction, these risks should inevitably be taken into account in the preparation and implementation of the construction project. The zone and nature of the impact of hazardous and unfavorable production factors are not obvious in each case, and for their effective consideration they must be predetermined in the process of pre-project research, design of a new building, and monitored already during construction.

Mathematical modeling of the stress-strain state of the soil massif and its changes in the process of construction make it possible to estimate the degree of influence of the works on the erection of the new building on the surrounding building and to make a forecast of sedimentation.

On the basis of comparison of the calculated and normative values, appropriate recommendations are made regarding the observation and monitoring of the technical condition of existing structures, and, if necessary, the implementation of preventive measures to preserve their integrity.

The article deals with the possibilities of the soil system, which is used to determine the rigidity parameters of soil and pile bases. Methods and algorithms for calculating settlements, rolls and distortions of existing and designed structures in accordance with various regulatory documents are presented. The possibilities of the GRUNT system on the real example assessment of the impact of the projected new high-rise buildings on the existing surrounding building are considered. Predicted estimation of precipitation based on the results of field surveys.

Keywords. Condensed construction, impact of new construction, calculations, pc ground, monitoring

Д.А. СоловейК.т.н., доцент кафедры строительных технологий,
ORCID ID: 0000-0002-0769-4063**Н.Ф. Соловей** инженер

КНУСА, г. Киев

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ОТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА СТЕСНЕННОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

***Аннотация.** Статья посвящена исследованиям влияния условий стесненности на эффективность выполнения работ при реконструкции зданий. В статье приводится номенклатура основных составляющих фактора стесненности. Предложена методика формирования перечня дестабилизирующих факторов и их составляющих, количественная оценка их влияния на эффективность выполнения работ. Представлена методика прогнозирования стоимости строительных работ в зависимости от степени влияния составляющих указанного фактора.*

***Ключевые слова:** реконструкция, стесненные условия выполнения работ, технико-экономические показатели реконструкции, эффективность строительных процессов.*

Актуальность темы. Наиболее характерной специфической особенностью процесса реконструкции зданий, находящихся в условиях городской застройки, является стесненность. Наличие определенных пространственных препятствий на строительной площадке и прилегающей к ней территории, мест размещения строительных машин, повышенную степень строительного, экологического, материального риска, меры безопасности для рабочих на строительной площадке и населения проживающего рядом характеризует условия стесненности. Стесненность не позволяет применять, в большинстве случаев, традиционную технологию и организацию выполнения работ, что влияет на показатели эффективности реконструкции в целом.

На этапе проведения инженерной подготовки объекта реконструкции, условия стесненности, как дестабилизирующий фактор, учитываются в организационно-технологических решениях проектно-технологической документации. Однако, степень влияния указанных условий на строительный процесс определить достаточно сложно, т.к. это обусловлено наличием большого количества составляющих, которые фактор стесненности в себя включает.

Достоверное определение технико-экономических показателей реконструкции, с возможностью прогнозирования их изменения под влиянием составляющих фактора стесненности является актуальной задачей и требует дополнительных исследований.

Целью исследований является определение номенклатуры основных составляющих фактора стесненности, выявление количественных показателей и степени их влияния на эффективность выполнения работ. Это позволит, на подготовительном этапе, объективно оценить предполагаемые (плановые) показатели эффективности строительных работ с прогнозом их изменения под влиянием составляющих стесненности.

Обзор последних источников исследований и публикаций. Исследованием влияния условий реконструкции на технико-экономические показатели выполнения работ в условиях реконструкции зданий и сооружений посвящены труды известных ученых: Д.Ф. Гончаренко, В.В. Савиновского, И.В. Шумакова, А.Ф. Осипова, Г.Н. Тонкачевая, А.И. Белокопя, Т.С. Кравчуновской, А.В. Радкевича, А.И. Менейлюка и др. Эти исследования находят свое отображение в научно-технической [1-13] и нормативной литературе [14,15]. Однако, с учетом современного уровня механизации строительных процессов, новых технологий и подходов реконструкции, вопросы определения степени влияния указанных факторов на эффективность работ, требуют дополнительных исследований.

Основной материал и результаты. Для определения степени влияния условий стесненности на строительный процесс необходимо исследовать структуру данного дестабилизирующего фактора и определить номенклатуру его составляющих. Для этого автором был проведен анализ проектно-

технологической и сметной документации на ряде объектов реконструкции, находящихся в сложных условиях городской застройки, характеризующихся стесненностью.

В процессе анализа была обработана, сгруппирована и систематизирована информация о принятых решениях в проектно-технологической документации, а также о сметной стоимости объектов. В результате проведенного анализа был определен перечень основных составляющих исследуемого фактора:

X_1 – ограничение размещения на территории строительной площадки грузоподъемного строительного оборудования и других крупногабаритных строительных машин;

X_2 – сложность доставки строительных конструкций и материалов на объект;

X_3 – ограничение размещения на территории строительной площадки открытых и закрытых складов, площадок укрупнительной сборки конструкций;

X_4 – ограничение беспрепятственного движения, маневрирования во время работы строительных машин и оборудования и наличие места их длительной стоянки; невозможность устройства объездных дорог;

X_5 – ограничение рабочих зон строительных машин на территории строительной площадки;

X_6 – ограничение размещения на территории строительной площадки административно-бытовых помещений.

Для оценки важности и частоты повторяемости исследуемых составляющих был использован метод экспертных оценок. В качестве экспертных групп были привлечены специалисты учебных и научно-исследовательских учреждений, инженеры проектных организаций и инженерно-технические работники строительных предприятий.

Группы экспертов выполнили ранжирование отобранных составляющих по степени их влияния на технико-экономические показатели. Составляющая, имеющая наиболее значительное влияние, имела ранг 6, а наименее значительное – ранг 1. Оценки экспертов распределились следующим образом (табл.1):

Таблица 1. Ранжирование составляющих фактора стесненности по оценкам экспертов

Составляющая фактора	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Средний ранг	5,3	4,7	3,4	3,2	2,3	2,1
Ранг	6	5	4	3	2	1

Для оценки согласованности мнения экспертов применим математический метод и рассчитаем

коэффициент конкордации Кендалла (коэффициент множественной ранговой корреляции) по формуле:

$$W = \frac{12 \times S}{m^2 \times (n^2 - n)} = \frac{12 \times 818}{10^2 \times (6^2 - 6)} = 0.467,$$

где m - число экспертов, n - число оцениваемых факторов, S - сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего). Расчет показал, что коэффициент конкордации $W=0,467$, что показывает слабую степень согласованности мнений экспертов, т.е. величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

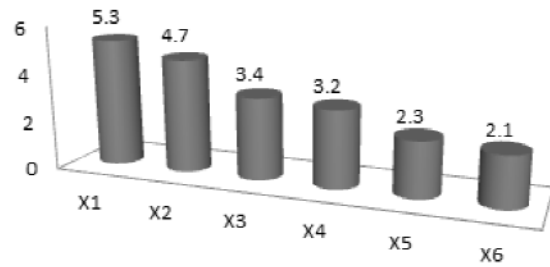


Рис. 1 Диаграмма рангов

Результаты экспертных данных обработаны методом ранговой корреляции Спирмена. Ранговый коэффициент корреляции определен по формуле:

$$r = 1 - \frac{6 \times \sum(D^2)}{n \times (n^2 - 1)} = \frac{6 \times 12}{6 \times (6 \times 6 - 1)} = 0.34$$

где n - количество ранжируемых признаков (исследуемых составляющих $n=6$); D - разность между рангами по двум переменным для i -ой составляющей фактора стесненности; $\sum D^2$ - сумма квадратов разностей рангов.

Нахождение уровней значимости в таблице критических значений коэффициента корреляции рангов Спирмена осуществляется по числу n , т. е. по числу исследуемых составляющих фактора. Полученный коэффициент корреляции ниже критического значения (0.85 для $P \leq 0.05$) для уровня значимости в 5%. Следовательно, можно утверждать, что правильность обработки результатов информации об исследуемых объектах и итоговые экспертные оценки связаны положительной корреляционной зависимостью.

При рассмотрении принятых организационно-технологических решений на объектах реконструкции внимание уделялось степени влияния составляющих фактора стесненности на технологию, организацию и стоимость выполнения работ, с целью анализа изменения показателей эффективности выполнения работ с учетом влияния составляющих ($X_1...X_6$) фактора стесненности. Количество выборки объектов (табл.2) устанавливалось с целью обеспечения достоверности результатов.

Таблица 2. Таблица коэффициентов степени влияния составляющих фактора стесненности

№ объекта реконструкции	Составляющая фактора стесненности					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1	1.05	1.04	1.02	1.015	1.01	1.01
2	1.045	1.01	1.045	1.03	1	1.012
3	1.045	1.045	1.035	1.034	1.015	1.01
4	1.035	1.05	1.03	1.02	1	1
5	1.025	1.023	1.025	1.01	1	1.015
6	1.05	1.037	1.035	1.026	1.01	1.006
7	1.035	1.045	1.04	1.04	1.009	1.01
8	1.02	1	1.01	1.01	1.015	1.012
9	1.04	1.05	1.035	1.03	1.01	1.015
10	1.05	1.035	1.03	1.045	1	1.01
11	1.035	1.01	1.01	1.01	1.01	1
12	1.05	1.05	1.044	1.033	1	1.006
13	1.03	1.02	1.005	1.01	1	1
14	1.045	1.01	1.015	1.04	1.01	1.005
15	1.05	1.025	1.022	1.041	1.015	1.01
16	1.03	1.02	1	1.025	1	1
17	1.035	1.042	1.01	1.01	1.005	1
18	1.04	1.06	1.035	1.025	1	1
19	1.062	1.034	1.03	1.037	1.01	1.01
20	1.03	1.01	1.015	1.015	1	1
21	1.04	1.025	1.02	1.01	1.015	1.01
22	1.05	1.05	1.03	1.035	1.01	1
23	1.025	1.02	1.015	1.01	1.01	1.01
24	1.056	1.05	1.025	1.04	1.005	1.006
25	1.04	1.04	1.025	1.025	1	1.01
26	1.025	1.035	1.03	1.02	1.01	1.015
27	1.045	1.05	1.031	1.04	1.015	1
28	1.04	1.025	1.026	1	1.01	1.02
29	1.048	1.036	1.042	1.044	1.015	1.01
30	1.035	1.02	1.025	1.01	1	1
31	1.055	1.04	1.035	1.02	1.013	1.015
32	1.025	1.02	1.01	1	1	1
33	1.05	1.035	1.04	1.045	1.01	1.01
34	1.045	1.028	1.032	1.034	1.015	1.01
35	1.04	1.03	1.025	1.015	1.01	1.01
36	1.03	1.04	1.026	1	1	1.01
37	1.055	1.01	1.014	1.04	1.009	1.006
38	1.065	1.04	1.031	1.03	1.01	1.008
39	1.045	1.035	1.018	1.01	1.015	1
40	1.06	1.065	1.02	1.023	1.01	1.01
Средний k по i-й составляющей	1.042	1.033	1.025	1.024	1.008	1.007

Для определения степени влияния каждой из составляющих фактора стесненности на стоимость выполнения работ автором был предложен вариант вероятной оценки показателя количественной меры каждой из них. В качестве таких показателей, соответствующих каждой составляющей X_i были приняты безразмерные коэффициенты учитывающие степень увеличения стоимости k_i по сравнению с условиями, при которых указанная составляющая фактора стесненности не оказывает

негативного влияния на эффективность работ. Для количественной оценки степени влияния каждой из составляющих предложено общее выражение:

$$k_i = 1 + \frac{C_i}{C_{пр.i}}$$

где C_i – дополнительные финансовые затраты на выполнение работ при влиянии i-й составляющей; C_{пр. i} – принятая в проекте стоимость выполнения работ в условиях, при которых i-я составляющая отсутствует, т.е. не оказывает негативного влияния.

В случае получение величины коэффициента $k_i > 1$ указанная составляющая фактора оказывает влияние на стоимость работ, а при $k_i = 1$ ($C_i = 0$) составляющая не оказывает негативного влияния.

Данные из табл. 2 показывают полученные по каждому из исследованных объектов коэффициенты ($k_1 \dots k_6$) учитывающие степень увеличения финансовых затрат при наличии составляющих фактора стесненности ($X_1 \dots X_6$), что указывает на прямо пропорциональное негативное воздействие каждой из указанных составляющих на себестоимость.

Из таблицы видно, что наибольшие показатели, которые существенно влияют на себестоимость реконструкции имеют следующие составляющие стесненности: нерациональное размещение и использование грузоподъемного оборудования или отсутствие возможности его установки (X_1); сложность доставки строительных конструкций и материалов на объект (X_2); отсутствие на территории строительной площадки мест для складов и площадок укрупнительной сборки конструкций (X_3); затруднение при перемещении во время работы строительных машин по строительной площадке; отсутствие объездных дорог и подъездов к площадке (X_4). Исследования показывают, что составляющие (X_5 и X_6) фактора стесненности не существенны, поэтому ими можно пренебречь.

При анализе значений полученных коэффициентов, для определения достоверности, был использован метод оценки значимости различий средних величин (t -критерий Стьюдента). В исследовании данный метод автором был использован как для варианта сравнении связанных и равных по численности выборок (совокупностей). В случае связанных выборок с равным числом измерений в каждой можно использовать более простую формулу t - критерия Стьюдента:

$$t_{эмп} = \frac{\bar{d}}{S_d} = \frac{0,146}{0,07} = 2,08$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{40}^1 d_i}{n} = \frac{\sum_{40}^1 (x_i - y_i)}{n} = \frac{45,87 - 40}{40} = 0,146$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{40}^1 d_i^2 - (\sum_{40}^1 d_i)^2/n}{n \times p}} = \sqrt{\frac{0,94 - (5,87 \times 5,87)/40}{40 \times (40 - 1)}} = 0,07$$

где $d_i = (x_i - y_i)$ - разности между соответствующими значениями x (при $k_{cm} > 1$) и y (при $k_{cm} = 1$), а \bar{d} среднее этих разностей; $p = n - 1$ - число степеней свободы ($p = 40 - 1 = 39$).

Критические значения t -критерия Стьюдента при коэффициенте свободы $p = 40$ равны: 2.02 для $P < 0.05$; 2,70 для $P < 0.01$. Полученное значение t -

критерия $p = 2,08$ меньше критического, т.е. можно сделать вывод о том, что наблюдаемые различия статистически не значимы (уровень значимости около 5%) и значения коэффициентов составляющих фактора стесненности можно использовать для дальнейших исследований.

Для объективной оценки исследуемого показателя стоимости работ и возможности его прогнозирования с достаточной точностью, на основе полученных коэффициентов влияния, была составлена дескриптивная экономико-статистическая модель. Данная модель отражает влияние рассматриваемых составляющих фактора стесненности на показатель стоимости работ. Для описания модели принято линейное уравнение (парная регрессия):

$$Y_i = a + b \times k_i,$$

где a - нормативное значение усредненного показателя стоимости выполнения работ; k_i - среднее численное значение коэффициента влияния по i -й составляющей фактора стесненности.

Параметры уравнения линейной регрессии находим методом наименьших квадратов. Получаем уравнения парной регрессии, характеризующие зависимость стоимости работ от величины коэффициента влияния составляющей фактора стесненности:

$$Y_{X1} = 4361 + 3872 \times k_1;$$

$$Y_{X2} = 3940 + 4136 \times k_2;$$

$$Y_{X3} = 3180 + 4865 \times k_3;$$

$$Y_{X4} = 3504 + 4560 \times k_2.$$

Подставляя в уравнение коэффициенты строим график зависимости, рис.2. Множество значений (точек на графике) формирует кривые, которые можно аппроксимировать к прямым. Для оценки надежности полученного уравнения регрессии и проверки значимости регрессионной модели автором был использован F -критерий Фишера (метод оценки распределений). Проверка адекватности модели, подтвердила, что модель соответствует реальным показателям стоимости объектов реконструкции, что дает возможность дальнейшей работы с полученной моделью.

На основании проведенных исследований, обеспечивающих репрезентативность результатов, была построена графическая зависимость (рис.2), которая показывает: чем больше угол наклона построенной прямой к линии абсцисс, тем больший удельный вес той или иной составляющей фактора стесненности, т.е. тем больше влияние коэффициента на себестоимость работ.

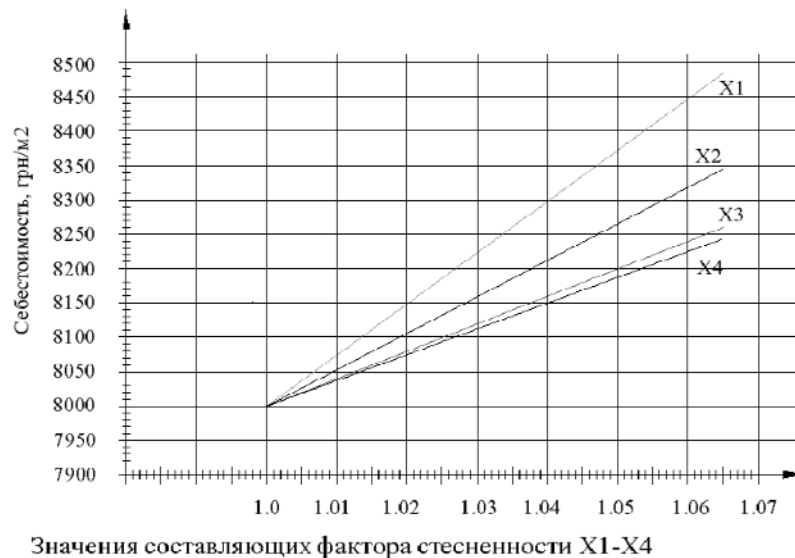


Рис.2 График зависимости стоимости строительных процессов от влияния составляющих фактора стесненности

Выводы и рекомендации.

В процессе анализа проектно-технологической и сметной документации объектов реконструкции, а также результатов экспертных оценок, определена номенклатура основных составляющих фактора стесненности.

Установлено что наиболее существенное влияние составляющих стесненности на технико-экономические показатели реконструкции оказывают следующие: отсутствие возможности установки или рационального использования грузоподъемного оборудования; сложность доставки конструкций и материалов на объект; отсутствие мест для складов и площадок укрупнительной сборки конструкций; затруднение перемещения строительных машин по строительной площадке, отсутствие объездных дорог и подъездов.

Для определения количественных показателей степени влияния, составляющих фактора стесненности на эффективность выполнения работ предложена методика на основе математической модели, которая адекватна реальным условиям реконструкции здания. С помощью этой методики можно оценивать не только степень отдельного или комплексного (группового) влияния указанных составляющих, а и объективно оценивать плановую стоимость строительных работ и прогнозировать возможное ее изменения в зависимости от влияния каждой из составляющих.

Данная методика может применяться на этапе инженерной подготовки реконструкции, как при разработке инвестиционных проектов, ПОС, ППР, так и при анализе конкретных ситуаций, непосредственно на объекте реконструкции.

Литература

1. Беляков Ю.И. Строительные работы при реконструкции предприятий. / Беляков Ю.И., Резуник А.В., Федосенко Н.Ф. М.: Стройиздат. – 1986. – С.224.
2. Шагин А. Л. Реконструкция зданий и сооружений. / Шагин А. Л., Бондаренко Ю. В., Гончаренко Д. Ф., Гончаров В. Б.- М.: Высш. шк. -1991. – С. 352
3. Осипов А.Ф. Особенности объемно-планировочных и конструктивных характеристик реконструируемых жилых зданий г. Киева / А. Ф. Осипов, С. Ф. Акимов // Строительство и техногенная безопасность. – 2002.- Вып.6.- С.260-265.
4. Савйовський В.В. Реконструкція будівель і споруд. / В.В. Савйовський – К.: Лира-К, 2018. – С.315
5. Савйовский В.В. Технология реконструкции. / В.В. Савйовский – Харьков.: "Основа", 1997. – 254 с.
6. Гончаренко Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление трубопроводов водоснабжения. / Гончаренко Д.Ф., Хайнрих Вевелер, Алейникова А.И.- Х. : "Раритеты Украины", 2015. -С.263
7. Соловей Д. А. Расчетное обоснование вариантного проектирования технологии строительства в условиях плотной городской застройки / Д. А. Соловей, А. П. Броневицкий. // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. ПолтНТУ.. – 2015. – №3. – С. 117-125.
8. Соловей Д. А. Особенности монтажа металлических конструкций каркаса здания в стесненных условиях. / Соловей Д. А., Броневицкий А.П. // Містобудування та територіальне планування. Наук.-техн. збірник. Вип. 55. – К.: Міносвіти України, КНУБА 2015, С. 386-392
9. Соловей Д. А. Технологические особенности монтажно-демонтажных работ в стесненных условиях реконструкции. /Соловей Д. А., Чертков О.Ю. // Містобудування та територіальне планування. Наук.-техн. збірник. Вип.68. – К.: Міносвіти України, КНУБА.. – 2018. – №68. – С. 365-373
10. Савйовский В. В. Влияние условий реконструкции на технико-экономические показатели строительно-монтажных работ / Савйовский В. В., Соловей Д. А.. // Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА.. – 2016. – №85. – С. 300-304.
11. Исаханов Г.В. Основы научных исследований в строительстве. / Исаханов Г.В. – К.: Вища школа, 1985 – 142 с.

12. Крутов В.И. Основы научных исследований. / Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. и др. // Учеб. для техн. вузов – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.
13. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. / Сидоренко Е. В. // Санкт-Петербург: ООО "Речь", 2001, с.52.
14. ДБН В.1.2-12-2008. СНББ. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 36 с.
15. ДБН В.3.2.-2-2009. Реконструкція і капітальний ремонт. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 16 с.

References

1. Belyakov Yu.I. Rezunik A.V., Fedosenko N.F. (1986). Construction work during the reconstruction of enterprises. Moscow, Russia: Stroyizdat, 224.
2. Shagin A. L., Bondarenko Yu. V., Goncharenko D.F., Goncharov V. B. (1991). Reconstruction of buildings and structures. Moscow, Russia: Higher. school, 352.
3. Osipov A.F. (2002). Features of space-planning and structural characteristics of reconstructed residential buildings in Kiev / A.F. Osipov, S.F. Akimov // Construction and industrial safety, Issue 6, P.260-265.
4. Savyovsky V.V. (2018). Reconstruction of buildings and structures. – Kyiv, Ukraine: Lira-K, 315.
5. Savyovsky V.V. (1997). Reconstruction technology. Kharkov, Ukraine: Osnova, 254.
6. Goncharenko D.F., Aleinikova A.I., Heinrich Wezeler. (2015). Operation, repair and restoration of water supply pipelines. Kharkov, Ukraine: Rariteti Ukraine, 263.
7. Solovey D.A. (2015). Calculation substantiation of variant design of construction technology in the conditions of dense urban development / D.A. Solovey, A.P. Bronevitsky // Collection of scientific works. Series: industry engineering, construction. PolNTU, Issue 6, 117-125.
8. Solovey D.A. (2015). Features of installation of metal structures of a skeleton of a building in narrow conditions. / Solovey D.A., Bronevitsky A.P. // Urban planning and territorial planning. Scientific-technical collection. Issue 55, P.386-392
9. Solovey D.A. (2018). Technological features of assembly and dismantling works in the constrained conditions of reconstruction. / Solovey D.A., Chertkov O.Yu. // Urban planning and territorial planning. Scientific-technical collection. Issue 68, P.365-373.
10. Savyovsky V.V. (2016). Influence of reconstruction conditions on the technical and economic indicators of construction and installation works / Savyovsky V.V., Solovey D.A. // Naukovy visnik Budivnitsva. Issue 85, P.300-304.
11. Isakhanov G.V. (1985). Fundamentals of scientific research in construction. Kyiv, Ukraine: Higher. school, 142.
12. Krutov V.I., Grushko I.M., Popov V.V. (1989). Fundamentals of scientific research. Textbook for tech. universities. Moscow, Russia: Higher. school, 400.
13. Sidorenko E. V. (2001). Methods of mathematical processing in psychology. St. Petersburg, Russia: Rech LLC, 52.
14. Construction in the conditions of compacted development. Security requirements: DBN B.1.2-12-2008. – (Effective from 01.01.2009). – Keiv: Ministry of Regional Building of Ukraine, 2008. – 36 p. – (National standard of Ukraine).
15. Reconstruction and major repairs: DBN B.3.2.-2-2009. – (Effective from 01.01.2010). – Keiv: Ministry of Regional Building of Ukraine, 2009. – 16 p. – (National standard of Ukraine).

Д.А. Соловей, к.т.н., доцент, ORCID ID: 0000-0002-0769-4063;

Н.Ф. Соловей, інженер, Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ,

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВАРТОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ ВІД ВПЛИВУ ФАКТОРУ УЩІЛЬНЕНОСТІ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню впливу умов обмеженості на ефективність виконання робіт при реконструкції будівель. У статті запропонована методика формування переліку дестабілізуючих факторів і їх складових, кількісна оцінка їх впливу на ефективність виконання робіт, представлена методика прогнозування вартості будівельних робіт в залежності від ступеня впливу складових зазначеного фактора.

У процесі аналізу була оброблена, згрупована і систематизована інформація про прийняті рішення в проектно-технологічній документації, а також про кошторисну вартість об'єктів.

Для визначення ступеня впливу кожної зі складових фактора обмеженості на вартість виконання робіт було запропоновано варіант можливої оцінки показника кількісної міри кожної з них.

Для об'єктивної оцінки досліджуваного показника вартості робіт і можливості його прогнозування з достатньою точністю, на основі отриманих коефіцієнтів впливу, була складена дескриптивна економіко-статистична модель. Дана модель відображає вплив розглянутих складових факторів обмеженості на показник вартості робіт.

На підставі проведених досліджень, які забезпечують репрезентативність результатів, була побудована графічна залежність, яка показує: чим більше кут нахилу побудованої прямої до лінії абсцис, тим більша питома вага тієї чи іншої складової фактора обмеженості, тобто тим більше вплив коефіцієнта на собівартість робіт.

У процесі аналізу проектно-технологічної та кошторисної документації об'єктів реконструкції, а також результатів експертних оцінок визначено номенклатуру основних складових фактора обмеженості.

Для визначення кількісних показників ступеня впливу, що становлять фактори обмеженості на ефективність виконання робіт, запропонована методика на основі математичної моделі, яка адекватна реальним умовам реконструкції будівлі.

Дана методика може застосовуватися на етапі інженерної підготовки реконструкції, як при розробці інвестиційних проектів, ПОС, ППР, так і при аналізі конкретних ситуацій, безпосередньо на об'єкті реконструкції.

Ключові слова: реконструкція, обмежені умови виконання робіт, техніко-економічні показники реконструкції, ефективність будівельних процесів.

D. Solovey, ORCID: 0000-0002-0769-4063, Cand. tech Sciences, Associate Professor;

N. Solovey, engineer. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**ESTABLISHING THE DEPENDENCE OF THE COST OF CONSTRUCTION WORKS
ON THE INFLUENCE OF THE CAPACITY FACTOR DURING RECONSTRUCTION OF BUILDINGS**

Annotation. The article is devoted to studies of the influence of constraint conditions on the efficiency of work during the reconstruction of buildings. The article provides a nomenclature of the main components of the constraint factor. A technique for forming a list of destabilizing factors and their components, a quantitative assessment of their impact on the efficiency of work is proposed. A method for predicting the cost of construction work is presented, depending on the degree of influence of the components of this factor.

Key words: reconstruction, cramped working conditions, technical and economic indicators of reconstruction, the effectiveness of construction processes.



Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

Пропонуємо нормативну та методичну літературу:

№	Назва	Мова	Ціна за примірник
1	„Методичні рекомендації визначення вартості робіт з обстеження, оцінки технічного стану і паспортизації будівель і споруд”	Укр.	120,00
2	ДБНУ „Ремонт і підсилення несучих та огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд”	Укр./рус.	250,00
3	«Методичні рекомендації з виконання геодезичних робіт у будівництві»	Укр.	120,00
4	«Типові норми чисельності працюючих на підприємствах комунальної теплоенергетики»	Укр.	700,00
5	«Посібник з питань здійснення державного архітектурно-будівельного контролю»	Укр.	360,00
6	„Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд”	Укр.	270,00
7	«Гідроізоляція будівель і споруд. Сучасні вимоги»	Укр.	96,00
8	Науково-технічний супровід реконструкції Національного спортивного комплексу «Олімпійський» в Києві	Укр.	300,00

В.І. Терновий, к.т.н., професор, професор кафедри будівельних технологій, ORCID: 0000-0001-7824-9963

І.М. Уманець, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних технологій

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

О.В. Стоян, Хенкель Баутехнік (Україна), м. Вишгород

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУКАТУРНИХ РОБІТ

Анотація. Визначення параметрів технології влаштування вапняно-піщаної штукатурки Siltek PM-10 потребує великої кількості експериментів для повних планів. Професор В.А. Вознесенський запропонував використовувати експериментально-статистичні моделі (ЕС-моделей), властивості аналізуються в умовах фіксованого значення одного з них $Y = \text{const}$ в залежності від координат ($|x_i| < 1$).

Лабораторні дослідження проводилися за трьохфакторним Д-оптимальним планом з 15 експериментальними значеннями. Технологічні чинники змінювали на наступних рівнях: X_1 – концентрація ґрунтування поверхні ґрунтовою Siltek E-100 – 50 ± 50 %; X_2 – вологість поверхні – $1,4 \pm 0,8$ %; X_3 – рухомість розчинної суміші – 8 ± 1 см. Розрахунок коефіцієнтів поліноміальної моделі виконували методом найменших квадратів за допомогою комп'ютерного програмного комплексу СОМ-РЕХ-99 Одеської державної академії будівництва та архітектури шляхом багатоступеневої математичної обробки. Показники якості цементно-вапняної штукатурки Siltek PM-10 у 28-денному віці прийнято міцність на стиск понад 2,5 МПа, міцність на розтяг при вигині понад 1,2 МПа і міцність зчеплення з основою понад 0,3 МПа.

Оптимальні параметри технології влаштування вапняно-піщаної штукатурки Siltek PM-10 вибирали за трьохмірною діаграмою трьох нормованих міцнісних показників якості. Для цього в трьохфакторну експериментально-статистичну залежність міцності зчеплення штукатурки з поверхню один із чинників залишали на визначених рівнях, інші два змінювали в досліджених інтервалах варіювання. Досягнення штукатуркою нормованих міцнісних показників за вологості основи 0,6 – 2,2 % розчинна суміш повинна мати рухомість 8 см, а основа може бути не ґрунтована або ґрунтована 100 % концентрацією ґрунтівки, а за вологості основи 2,2 % розчинна суміш повинна мати рухомість 8 см з різним ступенем ґрунтування основи.

Ключові слова: експериментально-статистичні моделі; оптимізація; технологічні чинники: технологія влаштування штукатурки.

Актуальність теми.

Створення нових технологій або при управлінні якісними показниками існуючих в залежності від висунутих вимог до показників їх властивостей, виникає необхідність досліджень в ізопараметричних умовах [1]. Визначення експериментальним шляхом впливу технологічних чинників влаштування штукатурки на технологічні властивості опоряджуваного покриття потребує проведення великої кількості поставлених експериментів [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Професор В.А. Вознесенський запропонував використовувати ізопараметричний аналіз (ІПА) на основі експериментально-статистичних моделей (ЕС-моделей). Описані ЕС-моделями, в залежності від координат нормалізованих вхідних факторів ($|x_i| \leq 1$), властивості аналізуються в умовах фіксованого значення одного з них $Y = \text{const}$ [2].

Ізопараметричний аналіз здійснюється за результатами експериментальних даних на двох факторних локальних полях властивостей $Y(x_i, x_j)$, які отримують із k -факторних ЕС-моделей за фіксації інших факторів на необхідних рівнях [3]. Розрахунок коефіцієнтів поліноміальної моделі передбачений за методом найменших квадратів з наступним регресійним аналізом. Використання комплексу ЕС-моделей показників якості штукатурного покриття дозволяє скоротити об'єм експериментальних досліджень, фізичні та матеріальні ресурси без втрати достовірності наукової інформації [4].

Виклад основного матеріалу.

Для проведення лабораторних досліджень був побудований трьохфакторний експеримент, в якому варіювали наступні технологічні чинники: X_1 – кон-

центрація ґрунтування поверхні ґрунтовою Siltek E-100- 50 ± 50 %; X_2 – вологість поверхні – $1,4 \pm 0,8$ %; X_3 – рухомість розчинної суміші – 8 ± 1 см.

Для приготування розчинової суміші у воду дозували цементно-вапняну штукатурну суміш Siltek PM-10 Промислова будівельна група "Ковальська" з розрахунку 0,2 – 0,22 л/кг сухої суміші. Приготування відбувалося на низьких обертах мішалки згідно інструкції виробника.

У рекомендаціях Приватного акціонерного товариства "Термінал-М" до застосування суміші Siltek PM-10 [5] відмічено, що до передштукатурення поверхні необхідно обробити ґрунтовою Siltek E-100 одним або декількома шарами в залежності від водопоглинання поверхні. Концентрацію ґрунтівки 50% на поверхні досягали розбавленням половини об'єму ґрунтівки універсальної SILTEK UNIVERSAL E-100 водою. Концентрацію ґрунтівки 100% отримували ґрунтуючи поверхні ґрунтовою універсальною SILTEK UNIVERSAL E-100.

Вологість поверхні 0,6 % досягали шляхом висушування керамзитобетонних блоків в електричній шафі при 105°C . Вологість поверхні 1,4% отримана за витримання протягом двотижневого терміну керамзитобетонних блоків у приміщення лабораторії. Керамзитобетонні блоки були природної вологості 2,2 %.

Рухомість розчинової сумішей досягалася корегуванням витрати води. Формування зразків розмірами 4 см x 4 см x 16 см і 5 см x 5 см x 1 см на спеціальних трафаретах виконувалася вручну. Твердіння зразків проходило в нормальних лабораторних умовах за температури $18-20^\circ\text{C}$ і вологості 55 %.

Показники міцностей на стиск, розтяг при вигині і зчеплення з основою цементно-вапняної штукатурки Siltek PM-10 у 28-денному віці наведено в табл. 1.

Аналіз і оптимізацію результатів експериментів виконували за допомогою комп'ютерного програмного комплексу COMPEX-99 Одеської державної академії будівництва та архітектури шляхом багатоступеневої математичної обробки.

Вибір варіантів оптимальних параметрів технології влаштування цементно-вапняної штукатурки Siltek PM-10 був виконаний графічним методом за діаграмами, побудованими відповідним ЕС-моделям [9]. На куб були накладені ізолінії, які відображають рівні міцності на розтяг при вигині, міцності на стиск, міцності зчеплення з основою у віці 28-днів, а області, які не задовольняють за критеріями обмежень, були виключені (рис. 1). В якості критеріїв обмеження були прийняті [6, 7]:

- міцність на розтяг при вигині не нижче 1,2 МПа;
- міцність на стиск не нижче 2,5 МПа;
- міцність зчеплення з основою не нижче 0,3 МПа.

Далі із отриманої частини факторного простору, заштрихованої на рис. 1, були відібрані оптимальні параметри технології з врахування бажаних критеріїв – міцність зчеплення з основою не нижче 0,3 МПа.

Оскільки графічний аналіз факторного простору являється хоч і наглядним, але не відрізняється точністю в областях віддалених від граней кубу, нами виконаний вибір оптимальних параметрів технології штукатурення за двомірними діаграмами [10]. В трьохфакторну експериментально-статистична залежність міцності зчеплення штукатурки з поверхню від технологічних чинників (1). Один із чинників залишали на визначених рівнях, інші два змінювали в досліджених наступних інтервалах варіювання:

$$R_{bt} \text{ (МПа)} = 0,250 + 0,059x_1^2 + 0,028x_2 + 0,044x_2^2 + 0,023x_2x_3 - 0,030x_3 - 0,136x_3^2 \quad (1)$$

Міцність зчеплення штукатурки з основою має необхідне значення (0,3 МПа) за ступенем підготовки основи в інтервалі від 0% до 100% лише за вологості

основи 2,2 % з рухомістю розчинної суміші 8 см (рис. 2, а) за вологості основи 0,6 % та 1,4 % і рухомістю розчинної суміші 8 см у випадку підготовки основи зі ступенем близьким до 0 % та 100 %.

На основі з вологістю 0,6 % необхідна міцність досягається за відсутності ґрунтування або з ґрунтуванням основи ґрунтовкою 100 % концентрації і досягає значень 0,30 – 0,33 МПа лише у випадку використання розчинної суміші рухомістю 7,4 – 8,3 см (Рис. 2, б).

На основі з вологістю 1,4 % необхідна міцність зчеплення досягається за відсутності ґрунтування основи або ж з ґрунтуванням стандартною ґрунтовкою і досягає значень 0,30 – 0,31 МПа за використання розчинної суміші рухомістю 7,7 – 8,2 см.

На основі з вологістю 2,2 % міцність зчеплення з основою від 0,30 МПа до 0,38 МПа досягається за відсутності ґрунтування основи або ж з ґрунтуванням стандартною ґрунтовкою в разі використання розчинної суміші з рухомістю 7,2 – 8,7 см.

Якщо основа оброблена 50 % водним розчином стандартної ґрунтовки, то міцність зчеплення штука-

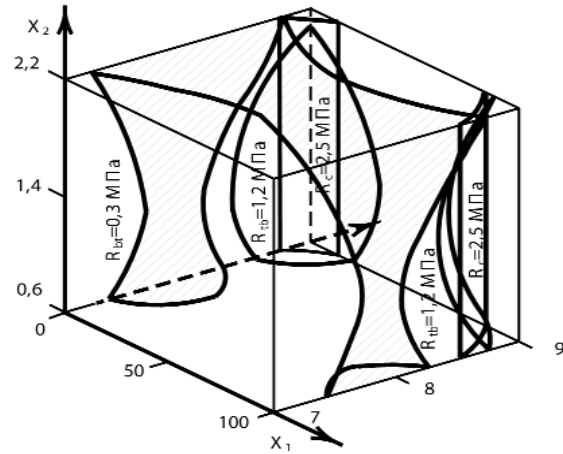


Рис. 1. Вибір варіантів оптимальних параметрів технології влаштування цементно-вапняної штукатурки Siltek PM-10 за трьохмірною діаграмою

Табл. 1 План експерименту в кодових і натуральних значеннях та результати показників міцності

№ п/п	Кодові значення чинників			Натуральні значення чинників			Значення показників міцності		
				X ₁	X ₂	X ₃	на розтяг при вигині (R _{bt}), МПа	на стиск (R _c), МПа	зчеплення з основою (R _{bt}), МПа
	x ₁	x ₂	x ₃	ґрунтування поверхні, %	вологість основи, %	рухомість, см			
1	1	1	1	100	2,2	9	1,15	2,15	0,21
2	-1	1	1	0	2,2	9	1,20	2,56	0,22
3	1	-1	1	100	0,6	9	1,06	2,69	0,08
4	-1	-1	1	0	0,6	9	1,14	2,24	0,17
5	1	1	-1	100	2,2	7	1,34	3,17	0,24
6	-1	1	-1	0	2,2	7	1,68	4,03	0,29
7	1	-1	-1	100	0,6	7	1,48	3,15	0,30
8	-1	-1	-1	0	0,6	7	1,25	4,25	0,23
9	1	0	0	100	1,4	8	1,37	2,87	0,30
10	-1	0	0	0	1,4	8	1,39	2,90	0,33
11	0	1	0	50	2,2	8	1,96	3,94	0,35
12	0	-1	0	50	0,6	8	1,72	3,35	0,25
13	0	0	1	50	1,4	9	1,23	2,34	0,16
14	0	0	-1	50	1,4	7	1,76	4,60	0,08
15	0	0	0	50	1,4	8	1,28	3,55	0,23

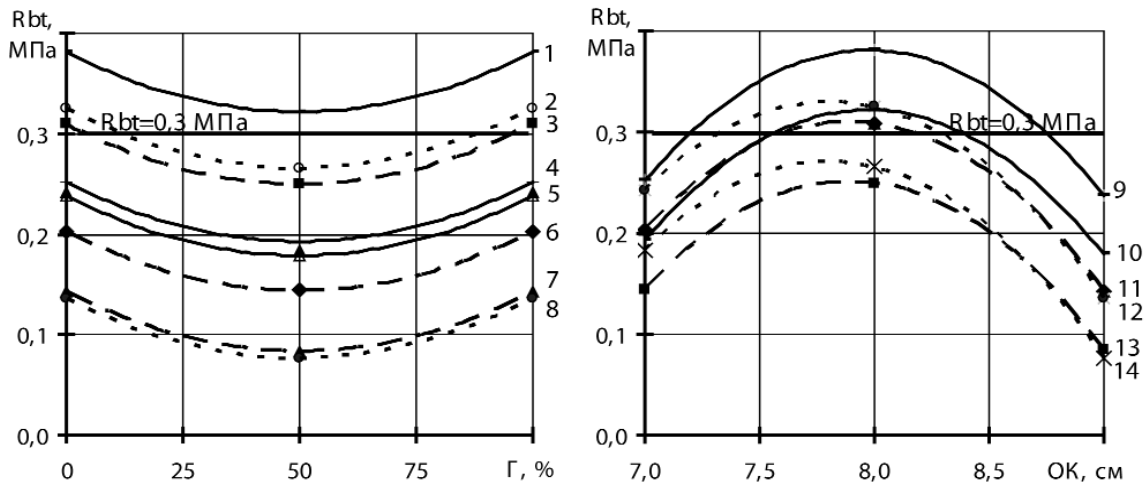


Рис. 2. Залежність міцність зчеплення штукатурки з основою: а – від ступеня ґрунтування основи за рухомості 7 см, 8 см, 9 см; б – від рухомості за ґрунтування основи 0%, 50%, 100%: 1 – $\bar{\omega}_M=2,2\%$; ОК= 8 см; 2 – $\bar{\omega}_M=0,6\%$; ОК= 8 см; 3 – $\bar{\omega}_M=1,4\%$; ОК= 8 см; 4 – $\bar{\omega}_M=2,2\%$; ОК=7 см; 5 – $\bar{\omega}_M=0,6\%$; ОК=7см і $\bar{\omega}_M=2,2\%$; ОК=9 см; 6 – $\bar{\omega}_M=1,4\%$; ОК=7см; 7 – $\bar{\omega}_M=1,4\%$; ОК=9см; 8 – $\bar{\omega}_M=0,6\%$; ОК=9см; 9 – $\Gamma=100\%$ і $\Gamma=0\%$ за $\bar{\omega}_M=2,2\%$; 10 – $\Gamma=50\%$ $\bar{\omega}_M=2,2\%$; 11 – $\Gamma=0\%$ і $\Gamma=100\%$ за $\bar{\omega}_M=1,4\%$; 12 – $\Gamma=0\%$ і $\Gamma=100\%$ за $\bar{\omega}_M=0,6\%$; 13 – $\Gamma=50\%$ $\bar{\omega}_M=1,4\%$; 14 – $\Gamma=50\%$ $\bar{\omega}_M=0,6\%$.

турки з основою буде 0,30 – 0,32 МПа за рухомості розчинної суміші від 7,6 см до 8,3 см.

Висновки: Експериментально встановлено, що для досягнення досліджуваною штукатуркою нормованих міцнісних показників за вологості основи 0,6 – 2,2 % розчинна суміш повинна мати рухомість 8 см,

а основа може бути не ґрунтована або ґрунтована 100 % концентрацією ґрунтівки. Для досягнення досліджуваною штукатуркою нормативних міцнісних показників за вологості основи 2,2 % розчинна суміш повинна мати рухомість 8 см, а основа може мати різну ступінь ґрунтування.

Література

1. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. 2-ое изд. – М., Финансы и статистика, 1981. – 192 с.
2. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном материаловедении // Моделирование и оптимизация композитов: Мат-лы меж. сем. МОК'45. – Одесса: Астропринт, 2006. – 116 с.
3. Методические рекомендации по применению экспериментально-статистических моделей для анализа и оптимизации состава, технологии и свойств композиционных материалов на основе щелочных вяжущих систем / Науч. ред. В.А. Вознесенский, П.В. Кривенко. – ОГАСА, НИИВМ. – К., 1996. – 105 с.
4. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ: Учебник / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков; Под ред. В.А. Вознесенского. – К.: В. шк., 1989. – 328 с.
5. Будівельні суміші: каталог продукції 2013. - К.: SILTEK.- 2013. – 105 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні умови. – Чинний з 6.01.2011. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 63 с.
7. ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей. – Чинний з 01.04.2017. – К.: УкрНДНЦ, 2017. – 47 с.
8. Уманець І.М. Технологія влаштування санувальної перлітової штукатурки: автореферат дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук: спец. 05.23.08 "Технологія та організація промислового та цивільного будівництва" / І.М. Уманець. – К., 2012. – 19 с.
9. Дослідження міцності штукатурки Siltek PM-10 на поверхнях із керамзитобетонних блоків / В. І. Терновий, І. М. Уманець, О. В. Стоян, Н. Р. Антонюк // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – № 60. – С. 285 – 292.
10. Залежність показників міцності штукатурки Siltek PM-10 від технологічних чинників / В. І. Терновий, І. М. Уманець, О. В. Стоян // Нові технології у будівництві. – 2016. – № 31. – С. 72 – 76.

Reference

1. Voznesensky VA Statistical methods of experiment planning in feasibility studies. 2nd ed. – M., Finance and statistics, 1981. – 192 p.
2. Voznesensky VA, Lyashenko TV ES-models in computer science // Modeling and optimization of composites: Mat. seven. IOС'45. – Odessa: Astroprint, 2006. – 116 p.
3. Methodical recommendations for the application of experimental-statistical models for the analysis and optimization of the composition, technology and properties of composite materials based on alkaline binder systems / Nauch. ed. V.A. Voznesensky, PV Krivenko. – OGAS, NIIVM. – K., 1996. – 105 p.
4. Numerical methods of solving construction and technological problems on computers: Textbook / VA. Voznesensky, TV Lyashenko, BL Ogarkov; Ed. V.A. Ascension. – K.: V. Shk., 1989. – 328 p.
5. Construction mixes: product catalog 2013. – K.: SILTEK.- 2013. – 105 p.
6. DSTU B V.2.7-126: 2011. Dry construction mixes modified. General conditions. – Valid from 1/6/2011. – K.: Minregionstroy of Ukraine, 2011. – 63 p.

7. DSTU-N B V.2.6-212: 2016. Instructions for the execution of works using dry building mixtures. – Valid from 04/01/2017. – К.: UkrNDNTS, 2017. – 47 p.
8. Umanets IM Technology of the device of sanitized perlite plaster: abstract of the dissertation. for the sciences. stupa. Cand. tech. Sciences: Special. 05.23.08 "Technology and Organization of Industrial and Civil Construction" / I.M. Decoy. – К., 2012. – 19 p.
9. Investigation of the strength of the Siltek PM-10 plaster on the surfaces of clay concrete blocks / VI Ternovyi, IM Umanets, OV Stoyan, NR Antonyuk // Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. – 2015. – № 60. – P. 285 – 292.
10. Dependence of strength indicators of Siltek PM-10 plaster on technological factors / VI Ternovyi, IM Umanets, OV Stoyan // New technologies in construction. – 2016. – № 31. – P. 72 – 76.

В.И. Терновой, к.т.н., профессор, профессор кафедры строительных технологий, ORCID: 0000-0001-7824-9963
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев
И.М. Уманец к.т.н., доцент, доцент кафедры строительных технологий
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев
А.В. Стоян, Хенкель Баутехник (Украина), г. Вышгород

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ

Аннотация. Определение параметров технологии устройства известково-песчаной штукатурки Siltek PM-10 требует большого количества экспериментов для полных планов. Профессор В.А. Вознесенский предложил использовать экспериментально-статистические модели (ЕС-моделей), свойства анализируются в условиях фиксированного значения одного из них $Y = const$ в зависимости от координат ($|x_i| < 1$).

Лабораторные исследования проводились по трехфакторная D-оптимальным планом с 15 экспериментальными значениями. Технологические факторы меняли на следующих уровнях: X1 – концентрация грунтовки поверхности грунтовкой Siltek E-100 – $50 \pm 50\%$; X2 – влажность поверхности – $1,4 \pm 0,8\%$; X3 – подвижность растворной смеси – 8 ± 1 см. Расчет коэффициентов полиномиальной модели выполняли методом наименьших квадратов с помощью компьютерного программного комплекса COMPEX-99 Одесской государственной академии строительства и архитектуры путем многоступенчатой математической обработки. Показатели качества цементно-известковой штукатурки Siltek PM-10 в 28-дневном возрасте принято прочность на сжатие более 2,5 МПа, прочность на растяжение при изгибе более 1,2 МПа и прочность сцепления с основанием более 0,3 МПа.

Оптимальные параметры технологии устройства известково-песчаной штукатурки Siltek PM-10 выбрали по трехмерной диаграмме трех нормированных прочностных показателей качества. Для этого в трехфакторная экспериментально-статистическая зависимость прочности сцепления штукатурки с поверхностью один из факторов оставляли на определенных уровнях, другие два меняли в исследованных интервалах варьирования. Достижения штукатуркой нормированных прочностных показателей при влажности основания 0,6 – 2,2% растворная смесь должна иметь подвижность 8 см, а основание может быть не основанная или основанная 100% концентрацией грунтовки, а при влажности основания 2,2% растворная смесь должна иметь подвижность 8 см с разной степенью грунтовки основания.

Ключевые слова: экспериментально-статистические модели; оптимизация; технологические факторы: технология устройства штукатурки.

V.I. Ternovyi, C.T.S., Professor, Professor of the Department of Building Technologies, ORCID: 0000-0001-7824-9963
I.M. Umanets, C.T.S., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Building Technologies
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv
A.V. Stoyan, Henkel Bautechnik (Ukraine), Vyshgorod

EXPERIMENTAL-STATISTICAL MODELS FOR OPTIMIZING PARAMETERS OF TECHNOLOGY OF PLASTERING WORKS

Abstract. Determining the technology parameters of the Siltek PM-10 lime-sand plaster device requires a large number of experiments for complete plans. Professor V.A. Voznesensky proposed the use of experimental statistical models (EU models), the properties are analyzed under the conditions of a fixed value of one of them $Y = const$ depending on the coordinates ($|x_i| < 1$).

Laboratory studies were carried out according to a three-factor D-optimal plan with 15 experimental values. Technological factors were changed at the following levels: X1 – concentration of the surface primer with Siltek E-100 primer – $50 \pm 50\%$; X2 – surface humidity - $1.4 \pm 0.8\%$; X3 - the mobility of the mortar mixture is 8 ± 1 cm. The coefficients of the polynomial model were calculated using the least squares method using the COMPEX-99 computer program complex of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture through multi-stage mathematical processing. The quality indicators of Siltek PM-10 cement-lime plaster at 28 days of age adopted compressive strength of more than 2.5 MPa, tensile strength in bending of more than 1.2 MPa and adhesion to base more than 0.3 MPa.

The optimal parameters of Siltek PM-10 lime-sand plastering technology were chosen according to the three-dimensional diagram of three normalized strengths. For this purpose in the three-factor experimental-statistical dependence of the adhesion strength of the plaster with the surface one of the factors was left at certain levels, the other two were changed in the studied intervals of variation. Achieving plaster normalized strength values for the moisture content of 0.6 - 2.2% soluble mixture should have a mobility of 8 cm, and the base may not be primed or grounded by 100% concentration of the primer, and at a moisture content of the base 2.2% soluble mixture should have mobility 8 cm with a different degree of priming of the base.

Keywords: experimental-statistical models; optimization; technological factors: plastering technology.

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ. ВІМ. ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	3
РІШЕННЯ VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ "НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ. ВІМ. ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ"	6
<i>П.Є. Григоровський, Ю.М. Червяков, В.О. Басанський, Ю.В. Крошка, О.В. Мурашова, Н.П. Чуканова,</i> ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ СТВОРЕННІ ТА УТРИМАННІ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ	7
<i>П.Є. Григоровський, О.О. Терентьев, І.В. Русан, Є.В. Горбатюк</i> ПРОГРАМНО - ТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС РЕАЛІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	17
<i>О.В. Горда, М.М. Власенко, В. О. Журавльова</i> УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ НАДІЙНІСТЮ ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА В РАМКАХ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	26
<i>Г.М. Тонкачев, В.Г. Тонкачев</i> ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПРОЦЕСУ МОНТАЖУ ТА ДЕМОНТАЖУ ОПАЛУБКИ ЗА МЕТОДОМ ЦІЛОЧИСЛЕННОГО НОРМУВАННЯ	31
<i>В. І. Терновий, І.М. Уманець</i> ВІМ У ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	37
<i>О.Ю. Чертков, В.О. Цегельний, Д.С. Єрмолович</i> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ В ВІТЧИЗНЯНИХ КОМПАНІЯХ В УМОВАХ ВІДСУТНОСТІ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ- ВІМ ..	41
<i>В. Р. Млодецький, Є.І. Заяць, Т. В. Ткач, К. М. Нетеса</i> АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВИКОНАННЯ ПОТОЧНИХ РЕМОНТІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ	47
<i>І.В. Шумаков, В. В. Калінін, Н.В. Гречко, І. В. Тимченко</i> ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ BRICSCAD У ВПРОВАДЖЕННІ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ	50
<i>П.Е. Григоровский, В.Ю. Луценко, О. В. Бондарчук, Л. Г. Соболевская, М. В. Волчков, А. А. Вольтерс, Н.И. Самойленко</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МЕТОДАМИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	56
<i>О.Ю. Чертков, В.О. Цегельний, Д.С. Єрмолович</i> КОМПЕТЕНЦІЯ – ОСНОВА УСПІШНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ	61
<i>В.В. Савйовський</i> АНАЛІЗ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕДОВОГО ДОСВІДУ – ЗАПОРУКА ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА	66
<i>В.П. Азатов, О.Ю. Бердник</i> БЕЗПРИВІДНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА НАПІВКОНВЕЄРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАНЕЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	73
<i>Г.В. Шпакова</i> ЗАСТОСУВАННЯ ВІМ ПРИ ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ В ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РЕЦИКЛІНГУ	75
<i>Т.М. Дубельт</i> РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВИБОРУ ЕФЕКТИВНИХ ВАРІАНТІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ	79
<i>В.П. Максименко, О.В. Мурашова, Ю.В. Крошка</i> ОЦІНКА ВПЛИВУ НОВОГО БУДІВНИЦТВА НА НАВКОЛИШНЮ ЗАБУДОВУ ЗАСОБАМИ ВІМ І РЕЗУЛЬТАТАМИ НАТУРНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ	84
<i>Д.А. Соловей, Н.Ф. Соловей</i> УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ОТ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРА СТЕСНЕННОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ	93
<i>В.І. Терновий, І.М. Уманець, О.В. Стоян</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУКАТУРНИХ РОБІТ	100

ДП НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Науково-технічний збірник "БУДІВЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО" Випуск № 67

Формат 60x90 1/8. Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум.-друк арк. 20. Наклад 100 прим. Замовлення 36-16. Ціна договірна

ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва"

03110, МСП, Київ, пр. В. Лобановського, 51