

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.221-232

УДК 69.059.7:624.05

PhD Дружинін М.А.,

druzhynin.ma @knuba.edu.ua orcid.org/ 0000-0003-1821-1968,
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОМЕТОДИЧНИХ ВИМОГ ЩОДО
ЗАПРОВАДЖЕННЯ ТА ПОБУДОВИ ІНСТРУМЕНТАРІЮ
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВІДУ ПРОЄКТІВ
БУДІВНИЦТВА**

Запроваджено та обґрунтовано інноваційної методологічної платформи та науково-прикладного інструментарію, які призначені забезпечити успішне адміністрування операційною діяльністю та зростання кваліфікаційних активів підприємства-девелопера в будівництві як управління проектами (в складі мультипроектного господарського портфеля підприємства) та адміністративно-регуляторної діяльності в мікросередовищі інституційних суб'єктів та стейкхолдерів будівництва. Стрімке ускладнення систем будівельного виробництва викликає зростання кількості послідовно пов'язаних елементів (бригад, механізмів, транспортних засобів, постачальників та ін.), що, за основним законом теорії надійності, знижує надійність усієї системи пропорційно кількості елементів у геометричній прогресії. Розгляд надійності як стійкості численних специфічних якостей будівельних систем щодо всіх можливих відхилень заданого режиму функціонування системи потребує системо-технічного проектування, виготовлення, зведення, функціонування та інших етапів життєвого циклу будівельних систем. Найчастіше визначення ролей виконавців проекту відповідає моделі життєвого циклу. На ґрунті методології, як запроваджена у відповідності з новими уявленнями щодо сутності операційної системи девелопера у будівництві, розроблено та обґрунтовано-новий науково-прикладний інструментарій адміністрування операційною діяльністю підприємства –виконавця будівельних проєктів та її трансформаціями на основі застосування модульної технології будівництва – префабрикації. Префабрикація – це попереднє виготовлення будівельних конструкцій на промисловому виробництві. Префабриковані конструкції доставляють на будівельний майданчик та використовують їх в процесі будівництва. Цей підхід до будівництва став революційним, оскільки він надає можливість стандартизації, підвищеного контролю якості та скорочення загального часу будівництва.

Ключові слова: організація будівництва; організаційно-технологічний супровід; проєкт будівництва; префабрикація.

Постановка проблеми. Останніми роками будівельна галузь розвивалася прискореним темпами та стимулювала розвиток суміжних галузей, таких як машинобудування, хімічну промисловість, виробництво цементу, сталі, скла та ін. Масштабне будівництво принесло значні економічні та соціальні вигоди, але водночас спричинило проблеми, пов'язані з величезним споживанням енергії та забрудненням навколишнього середовища. У результаті індустрія сталого будівництва наголошує на створенні та підтримці здорового будівельного середовища на передумові ефективного використання ресурсів та захисту навколишнього середовища. Збірний спосіб будівництва, що характеризується високою ефективністю виробництва, високим рівнем ефективності використання ресурсів, низьким рівнем відходів, меншою кількістю персоналу та іншими перевагами, повністю відповідає вимогам екологічності.

Набуває особливої актуальності проблема підвищення ефективності операційної діяльності підприємства, вирішення якої по суті охоплює всі сторони функціонування підприємства, та визначається як цілісний комплекс взаємопов'язаних дій до оцінювання інтегрального показника операційної ефективності/результативності, виявлення взаємозв'язків у системі показників, що впливають на вартість підприємства, планування на основі прогнозування тенденцій їх зміни, контролю, моніторингу та регулювання діяльності шляхом корегування прогнозних або бажаних (планових) показників із застосуванням своєчасних організаційно-технологічних та економіко-управлінських заходів для їхнього досягнення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями, пов'язаними з дослідженням технології та організації зведення швидко споруджуваних будівель переймалися такі вітчизняні фахівці як В.О. Плоский, Г.В. Гетун, П.Є. Григоровський [5], В.М. Михайленко, О.О. Терентьев, В.О. Поколенко, О.М. Малихіна, Ю.А. Чуприна, М.В. Горбач [7], Г.М. Рижаківа [6], Д.О. Приходько, Н.М. Петруха, Ю.А. Чуприна, О.М. Хоменко [8], Д.А. Рижаківа, С.В. Петруха, І.С. Івахненко, К.М. Предун, О.О. Приходько, Г.В. Ніколаєв [9], Є.І. Заяць. Серед іноземних науковців слід виділити Б. Дьорінг, М. Кюхнхен [1], Б. Шуккар [2] О. Вассарт, С. Харпер, М. Бреннер [10], А. Сеппюнен, М. Лавсон, Є. Яндзьо, Ф. Шеублін, В. Бейкенс [8], К. Матц, Й. Кюгерль, К.Пехайм та інших.

Реалізація перспектив будівництва на основі застосування модульної технології в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Є актуальною проблемою, що потребує вирішення, і визначає мету, завдання даної роботи та зміст подальших досліджень.

Метою статті є оцінка основних напрямків та перспективи застосування технології модульного будівництва, створення формалізованого інструментарію організації будівництва для методологічного обґрунтування та прикладного супроводу проектів будівництва на засадах префабрикації у форматі вітчизняного будівельного девелопменту.

Виклад основного матеріалу. Дотримання сучасних вимог в управлінні будівництвом об'єктів потребує не тільки належного аналітичного супроводу, але й сучасних організаційних структур управління організаційно-технологічною надійністю виконавців будівництва, діяльність яких має здійснюватись в наявних ресурсних та часових умовах впровадження проектів промислового, цивільного або соціального призначення у відповідності до вимог щодо безпеки інвестування, календарної програми та бюджету формування вартості незавершеної і готової будівельної продукції.

На сьогоднішній день, в світі будівництва і технологій дуже активно розвивається префабрикація. Префабрикація в будівництві – це не нова ідея, але з плином часу вона переосмислювалася й адаптувалася під мінливі потреби суспільства. У стародавні часи, наприклад, кам'яні блоки для будівництва пірамід у Єгипті обробляли і готували заздалегідь на інших територіях, після чого їх транспортували на місце будівництва.

З розвитком промислової революції у 18-19 століттях ідея префабрикації отримала нове дихання. Виробництво деталей у масових масштабах дало змогу прискорити і здешевити процес будівництва. В Америці, наприклад, у 19 столітті були популярні “каталожні будинки”, які замовляли поштою і доставляли на місце будівництва у вигляді готових комплектів для складання. У 20 столітті з розвитком технологій і виникненням нових матеріалів префабрикація стала ще більш ефективною. Сучасні виробничі лінії та інноваційні рішення дали змогу створювати будинки, які швидко збираються і відповідають високим стандартам якості.

У найближчі 5 років префабрикація може стати свого роду стандартом в будівництві. Вже існує завод, який виробляє готові модулі і їх елементи. Так як сама збірка будівлі займає пару годин, перші такі житлові будинки будуть побудовані вже в цьому році. Для розробки модулів використовується технологія інформаційного моделювання (BIM).

BIM-модель проекту складається з тривимірних моделей об'єктів, так званих BIM-сімейств. Вони включають в себе всі необхідні інженерні та конструктивні, а також архітектурні рішення з можливістю вибору зовнішньої і внутрішньої обробки, а також самого обладнання. Для створення унікальних проектів було розроблено понад 90 видів модулів, які комбінуються між собою.

Розробники стверджують, що будівництво моделями дозволить, не менше ніж на 30%, скоротити витрати на матеріалах, проектуванні і навіть логістиці.

Таблиця 1 показує порівняння ланцюгів постачання промислового виробництва, традиційного та збірного будівництва.

Таблиця 1

Порівняння між ланцюгом постачання промислового виробництва,
традиційного та збірного будівництва

Критерій	Ланцюг постачання збірного будівництва	Ланцюг постачання традиційної будівництва	Ланцюг постачання промислового виробництва
Режим виробництва	Виготовлення на замовлення	Будівництво відповідне з проектом	Виробництво відповідно до прогнозу ринку
Виробнича характеристика	Масове багаторазове виробництво	Одноразове виготовлення	Масове виробництво та масштабне тиражування
Місце виробництва	Заводське виробництво, збірка на місці	Матеріали виготовляються на місці будівництва	Виготовлення на заводі
Дизайн	Менше змін дизайну	Більше змін дизайну	Дизайн в основному без змін
Інформаційний потік	Малий потік інформації. Найчастіше без використання ІТ-інструментів для підтримки інформаційного потоку.	Малий потік інформації. Найчастіше без використання ІТ-інструментів для підтримки інформаційного потоку.	Великий потік інформації та широкий її спектр. Активне використання інструментів підтримки інформаційного потоку.
Співпраця	Конкурентні, часто нерегулярні відносини. Досягнення переважно короткострокових цілей. Більша ймовірність опортуністичної поведінки та низька ймовірність співпраці в майбутньому.	Конкурентні, часто нерегулярні відносини. Досягнення переважно короткострокових цілей. Більша ймовірність опортуністичної поведінки та низька ймовірність співпраці в майбутньому.	Довгострокові відносини, що приносять взаємну вигоду. Менше ймовірність опортуністичної поведінки. Висока ймовірність співпраці в майбутньому.

Джерело: складено автором

Перспективною формою реалізації партнерства у будівництві є концепція інтегрованої реалізації будівельного проєкту (*IPD, Integrated Project Delivery*) [2], Концепція IPD вимагає повного використання знань і здібностей всіх суб'єктів, що беруть участь у будівельно-інвестиційному процесі на кожному з його етапів, з метою оптимізації ефектів.

Інтегрований процес характеризують:

- рання участь ключових зацікавлених сторін;
- спільна участь в ризиках і прибутках;
- один контракт, що об'єднує ключових учасників проєкту;
- співробітництво при прийнятті рішень і контролі;
- спільна відповідальність ключових учасників;
- спільна розробка і реалізація мети проєкту.

Інтегроване співробітництво повинно бути підтримане відповідною інформаційною технологією, що дозволяє безперешкодний доступ до інформації. Підтримкою для інтегрованої реалізації є ідея BIM, яка дозволяє зберігання всієї інформації про будівлю в одному файлі та моделювання будівництва віртуального об'єкту в середовищі 3D.

Одна з причин запровадження методу інтегрованої реалізації в будівельній галузі, полягає в тому, що традиційні методи реалізації проєктів «страждають через те, що успіх конкретного учасника і успіх проєкту не обов'язково пов'язані». При використанні традиційних методів реалізації будівельних проєктів відсутність постійних зв'язків між учасниками проєкту може привести до фрагментації етапів реалізації проєкту.

Суть інтеграції в будівництві найбільш комплексно описана [3]: Метод інтегрованої реалізації - це підхід до реалізації проєкту, який об'єднує людей, організації, бізнес-структури та практичний досвід в процес, який спільно використовує таланти та ідеї всіх учасників проєкту, з метою оптимізації результатів, підвищення цінності для власника, скорочення відходів і максимальної ефективності на всіх етапах планування, проєктування та будівництва.

Разом з тим, IPD можна визначити як підхід до реалізації проєкту будівництва, що забезпечує досягнення заданих показників продуктивності об'єкта: рівня енергетичної ефективності, відповідності вимогам рейтингової системи, виконання графіка будівництва, дотримання бюджету і ін. Підхід спирається на співпрацю мультидисциплінарної керуючої команди, члени якої приймають рішення спільно, ґрунтуючись на цілісному сприйнятті проєкту і різнобічному баченні проблем. До складу керуючої команди можуть входити представники власника, архітектурні та інженерні проєктувальники, керівники будівництва, менеджери відповідальні за експлуатацію об'єкта, субпідрядники та постачальники матеріалів і устаткування, представники майбутніх користувачів об'єкта.

Наступним важливим етапом в дослідженні питання ранньої участі зацікавлених сторін в реалізації будівельного проєкту стала доповідь відомого вченого П. МакЛіммі на засіданні робочого круглого столу «Будівництво» в

2004 році, на якому він вперше продемонстрував так звану, криву МакЛіммі (рис. 1) [4].

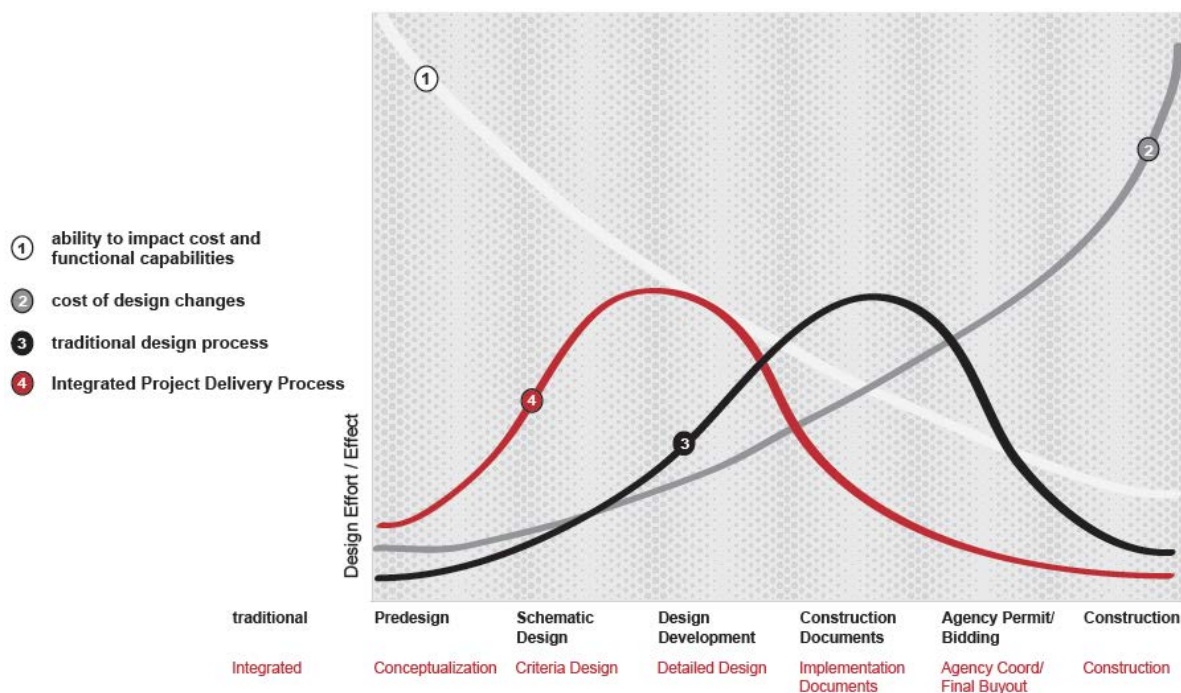


Рис. 1. Крива МакЛіммі, що ілюструє переваги інтегрованої реалізації проекту. Джерело [4].

Графік МакЛіммі, представляє собою чотири кривих: 1 - здатність впливати на витрати та функціональні можливості; 2 - витрати на внесення змін; 3 - традиційні методи реалізації будівельних проектів; 4 - метод інтегрованої реалізації будівельних проектів. Вісь ОУ відображає витрати на реалізацію проекту, вісь ОХ - часова шкала будівельного проекту, розділена на етапи реалізації. Як видно з рисунка крива, що відображає традиційні методи реалізації будівельних проектів (3) має вершину зміщену ближче до другої третини осі часу, тобто найбільші витрати припадають на середину та більші пізні етапи реалізації проекту. Крива, що відображає метод інтегрованої реалізації будівельних проектів (4) має вершину, що розміщена в першій третині осі часу, тобто максимальні витрати прогнозуються на початкових етапах реалізації будівельного проекту. В свою чергу крива витрати на внесення змін (2), відображає зміну витрат на модифікацію проекту в залежності від етапу його реалізації. Як видно з рисунка 3 витрати на внесення змін зростають експоненціально в залежності від часу. Спроектувавши криву (2) на криві (3) та (4) стає зрозумілою логіка розподілу затрат на модифікацію будівельного проекту в залежності від обраного методу його реалізації. У випадку інтегрованої реалізації більшість можливих витрат на внесення змін припадає на початкові етапи реалізації, коли вартість внесення змін в проект є меншою. У випадку традиційних методів крива витрат «перетинає» криву

методу реалізації на кінцевих етапах проекту, коли внесення змін «коштує» дорожче. Отже, очевидною стає перевага методу інтегрованої реалізації будівельних проектів, а саме зменшення витрати на внесення змін у проект, за рахунок ранньої участі та більш тісної співпраці ключових зацікавлених сторін.

З цього приводу ідея інтегрованої реалізації інвестиції звертає увагу зацікавлених сторін проекту на зміщення зусиль проектування, так щоб окремі сторони могли координувати свій вклад в проект, заохочуючи до більш інтегрованого підходу вже в ранній фазі проектування.

В цілому концепція МакЛіммі є вірною, але даний графік має дещо спрощений вигляд та не зовсім точно відображає витрати на різних етапах будівельного процесу. Отже, існує потреба в перевірці даної концепції.

Для порівняння ефективності застосування різних методів реалізації будівельних проектів були використані методи математичного моделювання та інтегрального числення (метод Сімпсона).

На початковому етапі змодельємо залежність зростання витрат на внесення змін у проект від періоду їх реалізації. Для цього побудуємо експоненційну функцію $g(t)$ (рис. 2)

$$g(t) = \exp(bt) \quad (1)$$

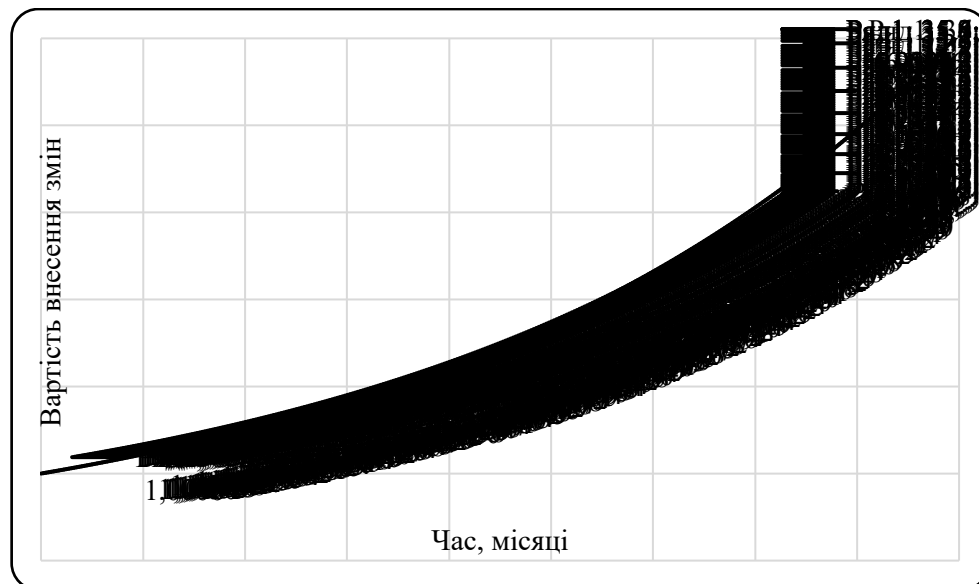


Рис. 2. Залежність зростання витрат на внесення змін від часу реалізації проекту.

Джерело: розроблено автором.

Тут t - поточний час, виражений у місяцях, $b=0,05$ - параметр, який відображає швидкість зростання витрат при внесенні змін до проекту. Період реалізації будівельного проекту 36 місяців.

Наступним кроком є моделювання кривої та функції залежності інтенсивності впровадження змін в проект від часу при застосуванні традиційних методів реалізації будівельного проекту.

При використанні традиційних методів будівництва найбільше змін до проекту вноситься на серединному етапі реалізації. Цю гіпотезу ілюструє симетрична дзвоноподібна лінія (крива Гауса), рис. 3.

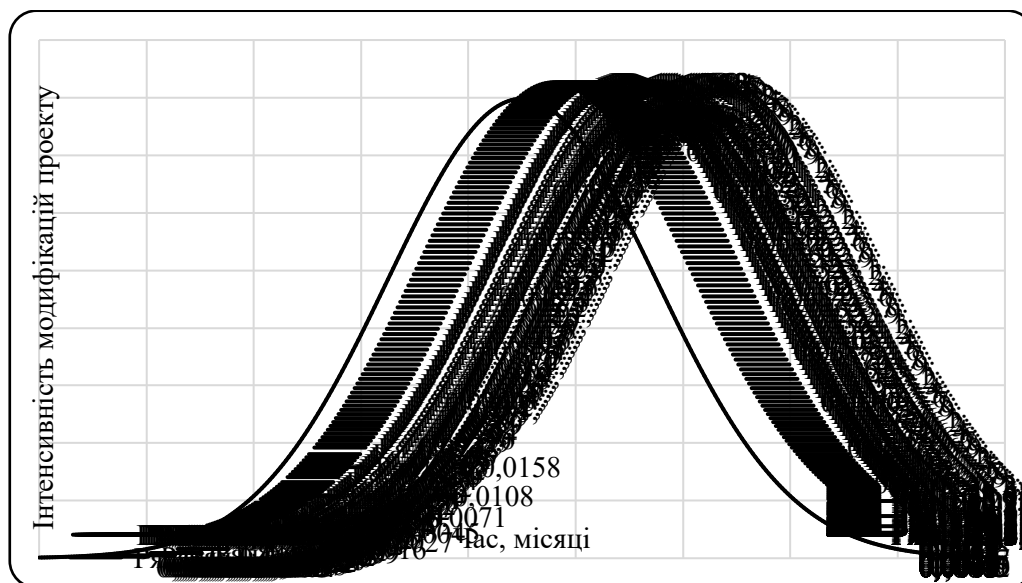


Рис. 3. Залежність інтенсивності внесення змін від часу при застосуванні традиційних методів реалізації будівельного проекту. Джерело: розроблено автором.

Процес внесення змін при застосуванні традиційних методів реалізації проекту змодельовано за допомогою симетричної гаусівської функції $f_1(t)$

$$f_1(t) = k \exp \left[-a \left(\frac{t - m}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2)$$

де t - поточний час, виражений у місяцях, m - параметр, який відображає часову середину реалізації проекту, σ - параметр, який має зміст середньоквадратичного відхилення, a - параметр, який визначає крутизну наростання кривої, k - множник, який нормує амплітуду функції $f_1(t)$. Параметри для даної моделі процесу прийняття рішень є наступними: $a=0,5, m=18, \sigma=5, T=36$. Нормуючий множник k підібраний таким чином, щоб площа фігури під кривою прийняття рішень дорівнювала одиниці

$$S_1 = \int_0^T k \exp \left[-a \left(\frac{t-m}{\sigma} \right)^2 \right] dt = 1 \quad (3)$$

З (3) визначаємо, що значення параметра становить $k = 0,0798$. Зміст нормування площі полягає у тому, що площа фігури є відображенням кількості впроваджених змін у проект (у відсотках – 100%). При різних методах реалізації проекту кількість змін буде приблизно однаковою, але їх основна маса буде зосереджена на різних етапах реалізації проекту.

Змоделюємо криву та функцію залежності інтенсивності впровадження змін в проект від часу при інтегрованій реалізації будівельного проекту (IPD). Процес внесення змін при інтегрованій реалізації будівельного проекту (IPD) змоделюємо за допомогою наступної функції $f_2(t)$ (рис. 4)

$$f_2(t) = kt^a \exp(-bt) \quad (4)$$

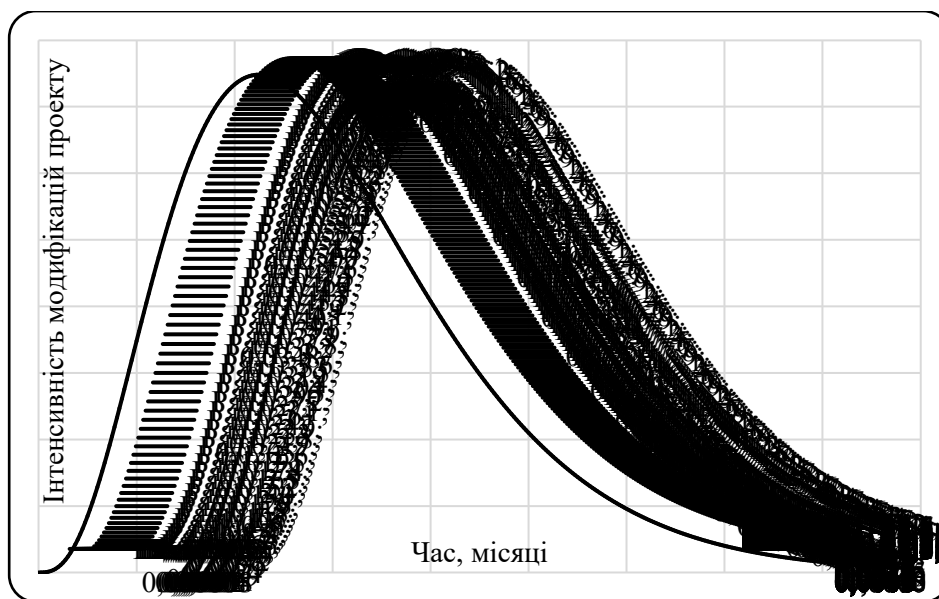


Рис. 4. Залежність інтенсивності внесення змін від часу при інтегрованій реалізації будівельного проекту (IPD). Джерело: розроблено автором.

де t - поточний час, виражений у місяцях, b - параметр, який відображає період реалізації проекту, на який припадає найбільша кількість змін, k - множник, який нормує амплітуду функції $f_1(t)$. Параметри даної моделі процесу прийняття рішень є наступними: $b = 1/3$, $T = 36$.

Як видно з рисунка, при інтегрованій реалізації проекту більша частина пропозицій та рішень щодо вдосконалення проекту припадають на початковий

часовий період реалізації проекту, що дозволяє зекономити час та кошти на їх реалізацію.

Нормуючий множник k був підібраний таким чином, що площа фігури під кривою прийняття рішень дорівнює одиниці ($k = 0,00206$).

$$S_2 = \int_0^T kt^2 \exp(-bt) dt = 1 \quad (5)$$

В подальшому для оцінки переваг концепції інтегрованої реалізації проекту можливо застосувати методи інтегрального числення, оскільки загальні витрати на внесення змін до проекту залежать від обраного методу реалізації проекту (традиційні методи або інтегрована реалізація) та витрат на внесення відповідних змін.

Висновки. Поєднання можливостей BIM і технології збірних конструкцій може стати ключовим фактором у розвитку сучасного будівництва. Це дозволяє підвищити ефективність, знизити витрати, скоротити терміни будівництва та забезпечити високу якість будівництва. BIM може бути ефективним способом використання збірних конструкцій для будівництва сучасних будівель. BIM дозволяє інтегрувати дані про збірні елементи безпосередньо в цифрову модель будівлі, що полегшує управління та координацію. За допомогою BIM можна створювати віртуальні прототипи, які дозволяють перевірити взаємодію збірних елементів.

Список використаних джерел

1. B. Döring, M. Kuhnhenne Integrated pre-fabricated steel technologies for the multi-storey sector. Luxembourg: *Office for Official Publications of the European Communities*. 2009. 149 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/>
2. Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*. 2009. Вип. 18, № 3. С. 357–375.
3. Jorgensen B., Emmitt S. Investigating the integration of design and construction from a “lean” perspective. *Construction innovation*. 2009. Вип. 9, № 2. С. 225–240.
4. Brennan M.D. Integrated project delivery: a normative model for value creation in complex military medical projects. *University of Illinois at Urbana-Champaign*, 2011. ISBN 1-267-15486-1.
5. Григоровський П.Є, Чуканова Н.П., Горда О.В. Інформаційні середовища в будівництві. *Будівельне виробництво*. 2019. № 68. С. 15–19.
6. Рижаківа Г.М. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратагем Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем*. - 2022. - Вип. 49. - С. 113-123.
7. Поколенко В.О., Малихіна О.М., Чуприна Ю.А., Горбач М.В. Інноваційна технологія оцінки якості менеджменту будівельних підрядних підприємств. *Управління розвитком складних систем*. - 2017. - Вип. 32. - С. 146-152.
8. Рижаківа Г.М., Приходько Д.О., Поколенко В.О., Петруха Н.М., Чуприна Ю.А., Хоменко О.М. Оновлення науково-методичних підходів до побудови

полікритеріальної системи адміністрування діяльністю підприємств-стейкхолдерів проєктів. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 1. - С. 218-233.

9. Рижаків Д.А., Поколенко В.О., Петруха С.В., Івахненко І.С., Предун К.М., Приходько О.О., Ніколаєв Г.В. Інформаційно-аналітичні новації та бізнес-моделі управління підприємством в сучасній системі будівельного девелопменту. *Управління розвитком складних систем*. - 2022. - Вип. 52. - С. 103-112.

PhD Maksym Druzhynin,
Kyiv National University of Construction and Architecture

DEVELOPMENT OF GENERAL METHODOLOGICAL REQUIREMENTS FOR THE IMPLEMENTATION AND CONSTRUCTION OF TOOLS FOR ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CONSTRUCTION PROJECTS

The article is devoted to the introduction and substantiation of an innovative methodological platform and scientific and applied tools, which are designed to ensure the successful administration of operational activities and the growth of qualifying assets of the enterprise-developer in construction as project management (as part of the enterprise's multi-project business portfolio) and administrative-regulatory activities in the micro-environment of institutional sub-construction sites and stakeholders. The rapid complication of construction production systems causes an increase in the number of sequentially connected elements (crews, mechanisms, vehicles, suppliers, etc.), which, according to the basic law of reliability theory, reduces the reliability of the entire system in proportion to the number of elements in a geometric progression. Consideration of reliability as the stability of numerous specific qualities of building systems in relation to all possible deviations of the given mode of operation of the system requires system-technical design, manufacturing, construction, operation and other stages of the life cycle of building systems. Most often, the definition of the roles of project executors corresponds to the life cycle model. On the basis of the methodology, as introduced in accordance with the new ideas about the essence of the developer's operating system in construction, a new scientific and applied toolkit for the administration of the operational activities of the enterprise executing construction projects and its transformations based on the application of modular construction technology - prefabrication was developed and substantiated. Prefabrication is the preliminary production of building structures in industrial production. Prefabricated structures are delivered to the construction site and used in the construction process. This approach to construction has been revolutionary because it enables standardization, increased quality control, and reduced overall construction time.

Keywords: construction organization; organizational and technological support; construction project; prefabrication

REFERENCES

1. B. Döring, M. Kuhnhenne Integrated pre-fabricated steel technologies for the multi-storey sector. Luxembourg: *Office for Official Publications of the European Communities*. 2009. 149 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/>. {in English}
2. Succar B. Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*. 2009. Issue 18, No. 3. P. 357–375. {in English}
3. Jorgensen B., Emmitt S. Investigating the integration of design and construction from a "lean" perspective. *Construction innovation*. 2009. Issue 9, No. 2. P. 225–240. {in English}
4. Brennan M.D. Integrated project delivery: a normative model for value creation in complex military medical projects. *University of Illinois at Urbana-Champaign*, 2011. ISBN 1-267-15486-1. {in English}
5. Grigorovskyi P.E., Chukanova N.P., Gorda O.V. Information environments in construction. *Construction production*. 2019. No. 68. P. 15–19. {in Ukrainian}
6. Ryzhakova G. M. Modern vector of renewal of construction development in the context of Integrated Project Delivery strategies. *Management of the development of complex systems*. - 2022. - Issue 49. - pp. 113-123. {in Ukrainian}
7. Pokolenko V.O., Malykhina O.M., Chupryna Yu.A., Gorbach M.V. Innovative technology for assessing the quality of management of construction contracting enterprises. *Management of the development of complex systems*. - 2017. - Issue 32. - P. 146-152. {in Ukrainian}
8. Ryzhakova H.M., Prykhodko D.O., Pokolenko V.O., Petrukha N.M., Chupryna Yu.A., Khomenko O.M. Update of scientific and methodical approaches to the construction of a multi-criteria system of administration by the activities of project stakeholders. *Spatial development*. - 2022. - Issue 1. - P. 218-233. {in Ukrainian}
9. Ryzhakov D.A., Pokolenko V.O., Petrukha S.V., Ivakhnenko I.S., Predun K.M., Prykhodko O.O., Nikolaev G.V. Informational and analytical innovations and business models of enterprise management in the modern construction development system. *Management of the development of complex systems*. - 2022. - Issue 52. - P. 103-112. {in Ukrainian}