

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.233-250

УДК 69.5:630:686

Жалдак Р.Ю.,

zhaldak.ry@knuba.edu.ua, ORCID:0000-0002-6139-1506,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАВЦІВ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ

Визначено особливості розробки програмних продуктів для потреб модернізації процесів організації будівництва. Отримала подальший розвиток теорія ентропійних процесів в організаційних функціональних системах, на базі якої досліджено інформаційні потоки в ієрархічних системах. В результаті запропоновано модель оцінки функціонально -технологічної надійності виконавців будівельного проекту в інформаційному просторі методології SADT (англ. structured analysis and design technique) - структурного аналізу та проектування як сукупності методів, правил і процедур, призначених для побудови функціональної моделі об'єкта предметної області дослідження. Надійність організаційної системи визначається ймовірністю того, що в довільний момент часу значення контрольованих параметрів, які не виходять за межі допустимих відхилень.

У роботі було встановлено функціональний взаємозв'язок між організаційно-технологічною надійністю (ОТН), необхідним рівнем надійності досягнення кінцевого результату та інтенсивністю відмов у системі й, відповідно, режимом управлінських впливів. Це дає змогу кількісно визначити параметри управління виробничим процесом, що забезпечують надійність кінцевого результату вищу, ніж початкова ОТН. Обґрунтовано підходи до розробки графо-аналітичної моделі розвитку будівельного проекту як інформаційної бази з вироблення альтернативних варіантів рішення. Запропоновано систему коефіцієнтів, за допомогою яких на базі графо – аналітичної моделі визначаються можливості досягнення раніше поставлених цілей і діапазон необхідних змін керованих параметрів. Для підтримки системи управління будівельним проектом у межах заданої надійності формалізовано розраховується режим контролю за реальним ходом виконання процесу. Розвинуто теорію організаційно-технологічної надійності в області розробки методичних підходів прогнозування динаміки неузгодженості параметричних контрольних показників при складному організаційно – технологічному взаємозв'язку робіт. Обґрунтовано вплив параметрів надійності на вибір режиму оперативного і перспективного управління, що в подальшому

дозволить розробити модель оцінки організаційно-управлінської реалізуємості програми будівельних робіт на основі раціоналізації системи і режимів управління.

Ключові слова: стан надійності виконавців; моделі адміністрування проектами; будівельний проект; підприємство; організація будівництва.

Вступ. Будівельна галузь відчуває вплив значної кількості факторів, що здійснюють дестабілізуючий вплив на всі стадії будівельного процесу як такого, так і безпосередньо на будь-яку із складових підсистем зведення об'єкта на всіх етапах виконання робіт. Крім того, відмова одної з підсистем будівництва може стати причиною виникнення відмов в інших підсистемах. Тому спроможність розробників організаційно-технологічних рішень зведення об'єктів передбачити виникнення відмов у процесі будівництва дуже актуальна в сучасних умовах.

Згідно державного стандарту [1] **надійність** — *властивість технічних об'єктів зберігати протягом встановленого часу значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.*

Надійністю називають властивість будівельного об'єкта виконувати задані функції протягом заданого проміжку часу. Надійність – комплексна властивість об'єкта, яка включає компоненти:

- безвідмовність – здатність об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу експлуатації або наробітку (обсяг виконаної об'єктом роботи);
- довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах установленної системи технічного обслуговування та ремонту;
- безпечність – властивість об'єкта при експлуатації, а також у випадку порушення працездатності не створювати загрози для життя і здоров'я людей, а також загрози для довкілля;
- живучість – властивість об'єкта зберігати обмежену працездатність під впливами, що не передбачені умовами експлуатації, за наявності деяких дефектів і пошкоджень, а також за відмови деяких компонентів об'єкта.
- ремонтпридатність – пристосованість до підтримання і відновлення працездатного стану за допомогою технічного обслуговування і ремонту;
- збережуваність – здатність зберігати у встановлених межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати необхідні функції під час та після зберігання й транспортування. [2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальні теоретико-методологічні та міждисциплінарні основи такої категорії, як функціонально-технологічної надійності виконавців будівельного проекту, природу та зміст її інституціональних чинників обґрунтували й розвинули у своїх працях відомі зарубіжні та вітчизняні науковці. Різні аспекти цього питання досліджено відомими вченими, серед яких вагомий внесок зробили Д. Боннет, П. Крей, А. МакАфі, А. Ману, Д. Ніл, М. Уейд, Г. Уестерман, С. Хаузер. Серед вітчизняних учених можна виокремити роботи Трача Р. [2], Тугая О.А. [7], Черткова О.Ю. [6], Млодецького В. [18] та ін.

Останні роботи в області надійності організаційних систем розширили сферу її застосування, розроблено методи досліджень не раптових, а поступових (параметричних) відмов, пов'язаних з випадковим дрейфом у часі контрольованих параметрів. Новітні наробітки дозволяють використовувати методи цієї науки для опису вірогідних процесів, які притаманні організаційним системам.

Мета статті полягає у створенні моделі оцінки функціонально - технологічної надійності виконавців будівельного проекту в інформаційному просторі методології SADT, яка формалізує параметри спостереження безпеки для аналізу тенденцій а, отже, дозволяє проводити цілеспрямовані заходи щодо усунення проблемних ділянок, сприяє впровадженню в проектах об'єктів архітектури прогресивних архітектурно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, що забезпечують ресурсозбереження, здійсненню структурної перебудови та переорієнтації виробничої будівельної бази з використанням ресурсощадних технологій, конструкцій, та будівельних матеріалів.

Відповідно, виникає необхідність вирішення задачі щодо побудови моделі як системи, що дозволяє створювати звіти в режимі реального часу, відстежувати та контролювати дефекти на будівельному майданчику. Крім того, за умов своєчасного та систематичного усунення проблем, пов'язаних із дотриманням належної якості процесів будівництва.

Виклад основного матеріалу. Основною вимогою, яка визначає надійність будівельного об'єкта, є його відповідність призначенню й здатність зберігати протягом встановленого терміну експлуатації необхідні експлуатаційні якості, до яких належать:

- гарантія безпеки для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;
- збереження цілісності об'єкта та його основних частин і виконання інших вимог, які гарантують можливість використання об'єкта за призначенням;
- забезпечення можливості розвитку об'єкта та його пристосування до технічних, економічних або соціальних умов, що змінюються;

- створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів та експлуатаційного персоналу, доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів тощо;
- обмеження ступеня ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості, безвідмовності роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій тощо.

Будівельні конструкції та основи, як складові частини будівельного об'єкта, повинні відповідати наступним вимогам:

- сприймати без руйнувань і недопустимих деформацій впливи, що виникають під час їх зведення та встановленого терміну експлуатації;
- мати достатню працездатність в умовах нормальної експлуатації протягом усього встановленого терміну експлуатації;
- мати достатню живучість по відношенню до локальних руйнувань і передбачених нормами аварійних впливів (пожеж, вибухів, наїздів транспортних засобів тощо).

При проектуванні, зведенні та експлуатації використовуються такі засоби забезпечення встановленого рівня надійності будівельних об'єктів:

- урахування взаємодії з навколишнім середовищем в режимі нормальної експлуатації (впливи від роботи устаткування, навантаження від людей і вантажів, атмосферні впливи тощо);
- урахування небезпек, які можуть призвести до порушень працездатності конструкцій (недосконалості норм проектування; недоліки проектування, виготовлення, зведення або експлуатації внаслідок грубих помилок персоналу; істотні зміни технологічних навантажень і впливів внаслідок різких змін технологічного процесу; перевантаження при стихійних лихах, техногенних аваріях та інших виняткових подіях);
- виключення помилок осіб, які беруть участь у будівництві та в процесі експлуатації, шляхом визначення і фіксації у нормативній, проектній та експлуатаційній документації їх функцій та міри відповідальності, підбору персоналу відповідної кваліфікації, регламентації робочих процедур та документування контролю за результатами роботи персоналу;
- підтримання робочого стану конструкцій протягом усього встановленого терміну експлуатації шляхом проведення оглядів і обстежень, ремонтів, або повної заміни конструкцій. [3]

У будівельному виробництві забезпечити надійність будівельного процесу, а саме – забезпечити своєчасне введення в експлуатацію будівельних об'єктів у заплановані терміни і передбачувану вартість значно складніше, ніж в інших галузях економіки України, тому що будівництво - це одна з найскладніших і

найбільших систем, які мають взаємозв'язки не тільки всередині будівельних організацій, а й з іншими галузями економіки.

У межах системного підходу до дослідження та практичного вирішення завдань надійності технічних виробів (ТВ) виділяють такі аспекти (рис.1.):



Рис.1. Ключові елементи системного підходу до визначення надійності [4]

- фізичний — створення, вдосконалення та добір нових матеріалів, пошук і реалізація нових фізичних принципів роботи ТВ, вивчення механізмів формування відмов об'єктів експлуатації, оптимізація режимів роботи виробів та ін.;
- схемний — принципи, методи організації й використання структурного резервування функціональних систем (що включає види, режим та кратність резервування);
- інформаційний — принципи й методи збору, збереження, обробки та аналізу інформації для управління надійністю ТВ і прийняття оптимальних рішень під час експлуатації; впровадження автоматизованих інформаційних систем та їхнє математичне забезпечення;
- технологічний — вибір і вдосконалення технологічних процесів, послідовність і якість виконання операцій, ефективність технічних засобів і методів контролю;
- діагностичний — визначення технічного стану об'єктів експлуатації; сукупність принципів, методів і засобів виявлення та пошуку відмов і пошкоджень під час експлуатації ТВ, оптимізація режимів перевірок стану справності та якості функціонування технічних систем;
- економічний — скорочення експлуатаційних витрат і підвищення комплексних показників надійності;

- ергатичний — врахування участі у функціонуванні технічних систем людини-оператора та людського чинника;
- системно-управлінський — створення та функціонування систем управління ефективністю використання технічних об'єктів на етапах проектування, виробництва й експлуатації.

В основі теорії надійності і її критеріїв лежить таке поняття як відмова — подія, в результаті якої відбувається повне або часткове порушення працездатності.

Узгодження всіх розділів проектів настільки ускладнилося що його вже неможливо здійснювати традиційними методами на плоских кресленнях, виникла потреба застосування об'ємного макетування, ВІМ-технологій. [9]

Розгляд надійності як стійкості численних специфічних якостей будівельних систем щодо всіх можливих відхилень заданого режиму функціонування системи потребує системо-технічного проектування, виготовлення, транспортування, зведення, функціонування та інших етапів життєвого циклу будівельних систем. [10]

Забезпечення надійності складних систем — комплексна проблема, що охоплює широке коло наукових (фізичних, хімічних, математичних, біологічних), інженерних (проектно-конструкторських, виробничо-технологічних, експлуатаційних) і економічних аспектів.

Інноваційні підходи до забезпечення надійності засновані на результатах досліджень фізики відмов і принципово нової парадигми забезпечення безвідмовності. Остання містить якісно нові вимоги до розроблювачів і виготовлювачів, ґрунтовані на принципі надійнісно-орієнтованого керування процесами проектування, виробництва та експлуатації технічних об'єктів.

Ефективність надійнісно-орієнтованого керування технологією виробництва забезпечує спеціальна експертна система. [11]

Її основними компонентами є:

- бази даних про характерні дефекти технологічного виробу, моделі деградації їхніх відмов із характерними дефектами;
- бази поточних даних про характерні дефекти конкретних типів елементів і матеріалів та дефекти, притаманні кожному технологічному процесу виготовлення.

Експертна система призначена виробляти в реальному часі конкретні рекомендації до керування процесом виробництва з урахуванням необхідних показників якості й надійності виробів та рентабельності виробництва (напр., рекомендації щодо коригування тестового контролю, номенклатури контрольованих параметрів, окремих технологічних операцій, запровадження додаткових випробувань та ін.).

Розраховуючи показник рівня надійності, потрібно встановити прийнятний рівень точності визначення контрольованого параметра, чи то час, чи показник економічної ефективності. Вочевидь, чим менший рівень точності, тим менша різноманітність станів цієї системи і відповідно менший обсяг потрібної для цього інформації. Слід очікувати, що за певних умов для визначення стану системи обсяг потрібної інформації буде нарощувати інтенсивність її зростання. Завдання полягає у визначенні тих умов.

Як відомо з теорії інформації [12;13], її кількість дорівнює зменшенню ентропії системи, чим більша ентропія, тим більше інформації треба отримати для визначення стану системи. Ентропія системи, стан якої описується нормальним розподілом, складає:

$$H(X) = \log \left[\frac{\sqrt{2\pi\ell}}{\Delta x} \sigma \right] \quad (1),$$

де Δx - прийнята точність визначення значення контрольованого параметра X (рис. 2)

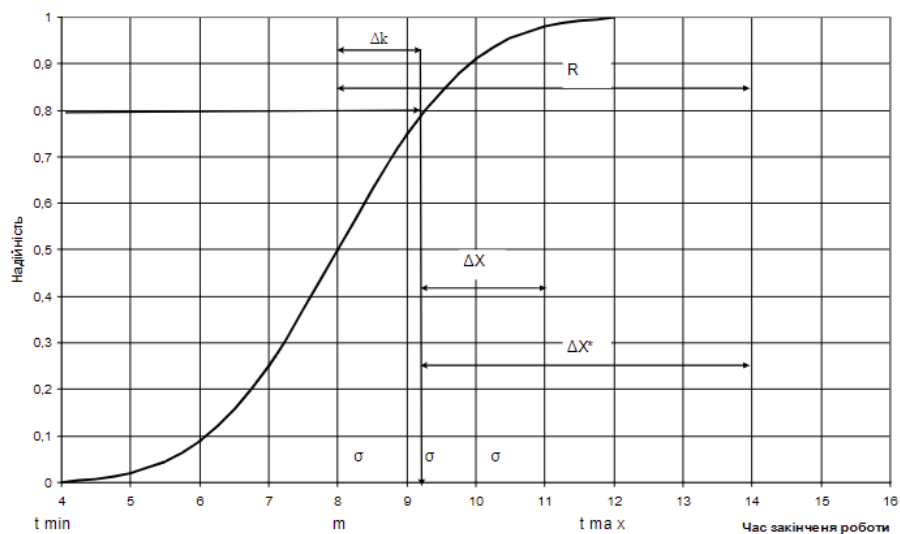


Рис.2. Функція розподілу часу завершення роботи з можливими варіантами визначення параметра Δx [14]

Значення Δx розраховується при відомій абсолютній похибці вимірювання $X\beta = (x - \epsilon; x + \epsilon)$, де $X\beta$ - довірчий інтервал; β - довірна ймовірність.

Надалі застосуємо відому теорему про ймовірність попадання випадкової величини, яка підпорядкована нормальному закону, на задану ділянку.

$$P(\alpha < x < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right) \quad (2)$$

Спираючись на правило трьох сигм, запишемо: $\beta = m + 3\sigma$, тоді:

$$P(\alpha < x < \beta) = \Phi(z) - \Phi\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right) \quad (3)$$

Для подальших викладок прийємо $m=0$; $\sigma=1$.

При незмінному значенні $x\Delta$ ентропія системи буде зростати при зростанні σ , але якщо задовольняється умова $x\Delta=\sigma$, ентропія системи буде залишатися незмінною.

Досить часто у складі календарного плану окремі роботи чи їх ланцюжки мають певний резерв часу R (рис.1), що зменшує напруженість виконання цих робіт. У такому разі значення параметра Δ збільшується на величину резерву часу відносно роботи, яка має $R=0$.

$$\Delta X^* = R - \Delta k$$

Де, у свою чергу Δk визначається як:

$$P(m < x < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) - \Phi(0) \quad (4)$$

$$\Phi\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) = F \quad (5)$$

Побудуємо графік залежності точності визначення контрольованого параметра $x\Delta$ від бажаного рівня надійності його досягнення (рис. 3).

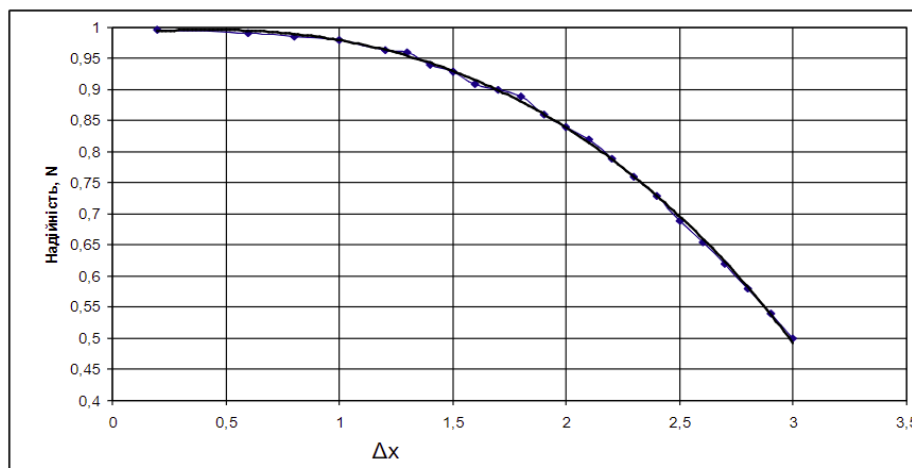


Рис. 3. Вплив інтервалу точності розрахунку параметра на визначення рівня надійності його досягнення [15]

Звернемося до відомої теореми [16], яка обґрунтовує зв'язок інформації (I) і ентропії (S) у вигляді:

$$I + S = \text{const}$$

Якщо цей вираз розглядати з імовірнісної точки зору, він набуває вигляду

$$I + S = 1$$

Складові у формулі (6) мають імовірнісну природу, тож, виходячи з цього, будемо вважати:

- рівень інформації впливає на зростання рівня надійності досягнення кінцевого результату (ототожнюємо інформацію з негентропією I-HE);
- рівень ентропії ототожнюємо з ризиком.

На рисунку 4 позначені ці зони. За такого підходу з'являється можливість розрахувати значення ентропії і негентропії для кожного рівня надійності.

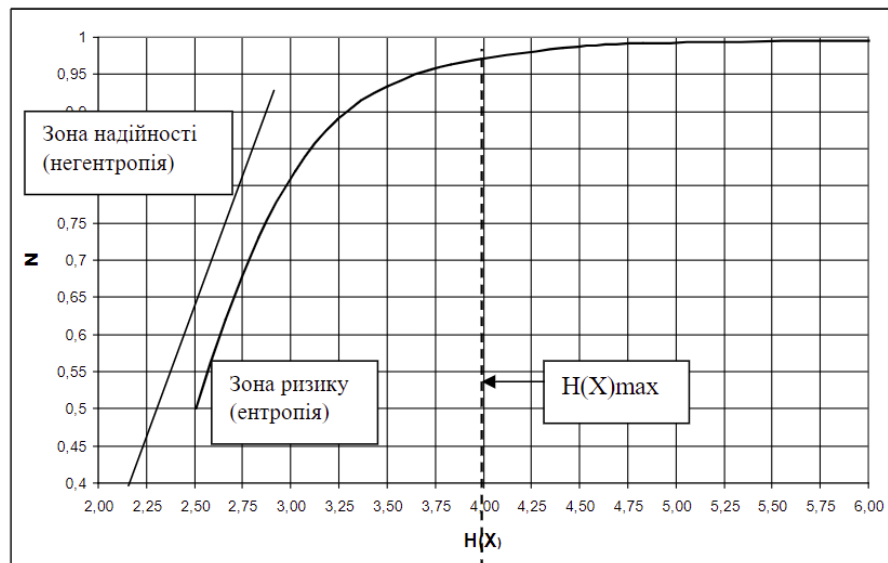


Рис. 4. Залежність рівня ентропії системи від рівня надійності досягнення кінцевого результату [17]

Маючи змогу розрахувати потрібний рівень негентропії для заданого рівня надійності завершення робіт, отримаємо можливість визначити обсяги управлінської роботи за етапами календарного плану робіт і окреслити окремі її періоди часу ентропії системи, що потребує додаткових управлінських зусиль. Маючи таку інформацію, суб'єкт управління заздалегідь має додаткові параметри, впродовж яких має можливість накопичити резерви і приготуватись до цих етапів. [18]

Методологія SADT (англ. structured analysis and design technique) - методологія структурного аналізу та проектування - це сукупність методів, правил і процедур, призначених для побудови функціональної моделі об'єкта будь-якої предметної області.

З метою детального визначення компонент формування діагностико-інформаційної підсистеми забезпечення надійності виконавців побудуємо блок SADT-моделі - контекстну діаграму (рівня А-0) основного процесу – функціональної задачі (рис. 5).

Наступний елементом моделювання процесу є декомпозиція функціонального блоку «Передінвестиційна фаза», яка (рис. 5) включає такі етапи:

1) передідентифікація: стадія визначення інвестиційних можливостей;

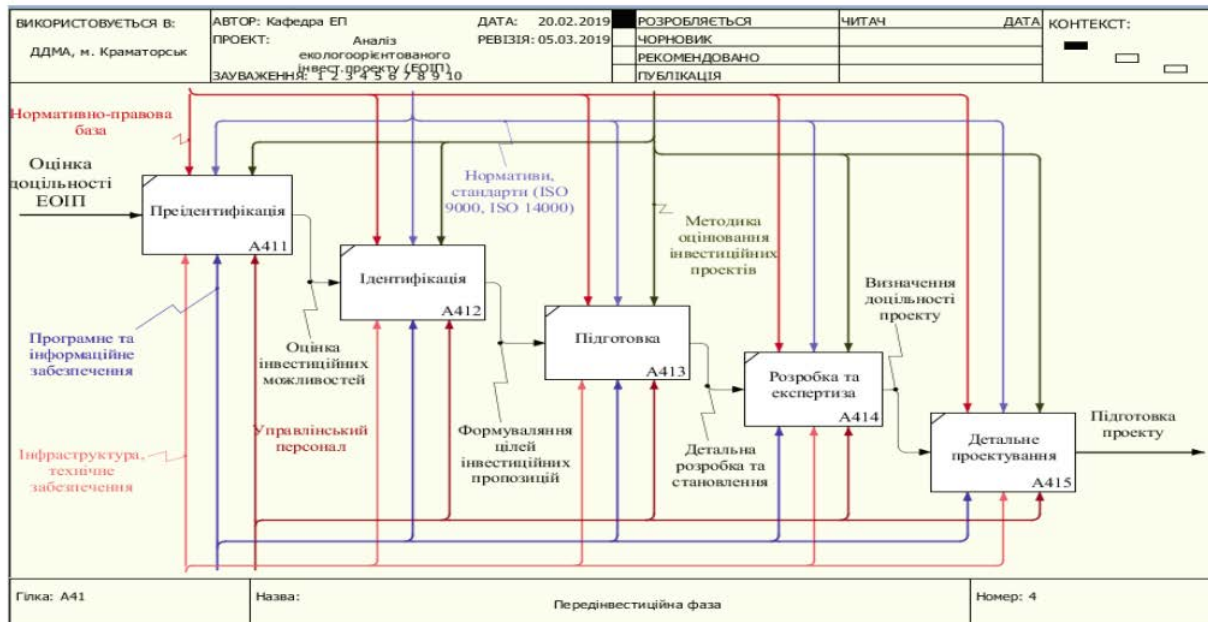


Рис. 5. Декомпозиція функціонального блоку «Передінвестиційна фаза»

Джерело: сформовано на основі аналізу [9]

2) ідентифікація: проводиться вибір цілей проекту, визначення його завдань, які забезпечують виконання найважливіших планів, складається перелік усіх можливих ідей, здатних забезпечити виконання цілей економічного розвитку, відбір проектів здійснюється шляхом зіставлення можливих результатів від реалізації різних проектів;

3) підготовка: ранжування і відбір існуючих варіантів проекту, які потрібно передати для детальної розробки, та його становлення;

4) розроблення та експертиза: готується вся інформація, необхідна для прийняття рішення про інвестування; визначаються можливості здійснення або обґрунтованість проекту загалом та за його окремими параметрами: технічна здійснюваність, вплив на довкілля, ринкова ефективність, інституційна прийнятність, соціальні аспекти, фінансова та економічна цінність;

5) детальне проектування: проводиться розроблення функціональної схеми і плану промислового підприємства, які необхідні для випуску конкретної продукції, а також визначаються обсяги відповідних інвестиційних витрат, а також витрат, що виникають на етапі експлуатації [19].

Враховуючи все вищенаведене, на підставі побудованих функціональних діаграм бізнес-процесів проекту з'являється можливість регламентувати усі

етапи програм розвитку, у т.ч. врахування функціонально-технологічної надійності виконавців, зниження деструктивного впливу процесів відхилення у будівництві, раціонального використання фінансових ресурсів тощо, а також прогнозувати та планувати процеси інвестування у майбутньому, формувати стратегію поліпшення інвестиційної привабливості та інвестиційного іміджу підприємства, на основі надійніших характеристик виконавців.[2]

Критерій оцінки якості надійніших характеристик виконавців (виявлених спільнот) – модулярність визначається на основі щільності зв'язків всередині спільноти в порівнянні зі зв'язками між спільнотами. Для зваженого графа модулярність виражається як:

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j), \quad (6)$$

де A_{ij} – вага ребра між вузлами i, j ; k_i, k_j – сума ваг ребер, що сполучені з вузлами i, j ; δ – функція $\delta(u, v)$, яка дорівнює 1 якщо $u = v$, інакше = 0; c_i, c_j – спільноти вузлів i, j ; m – напівсума ваг всіх ребер графа ($m = \frac{1}{2} \sum_{i,j \in A_{ij}}$).

Поширеним методом машинного навчання, призначеним для виявлення спільнот у великих мережах даних, є метод Louvain, який забезпечує позитивний баланс між універсальністю та продуктивністю. Алгоритм являє собою багатоетапну процедуру і передбачає локальну оптимізацію модулярності по відношенню до сусідів кожного вузла: процедура виконується ітераційно до тих пір, поки триває зростання модулярності.

Алгоритм Louvain можна розділити на два етапи:

1. Етап локальної оптимізації. На першому етапі кожному вузлу мережі призначається окрема спільнота. Таким чином, при початковому розподілі в графі є стільки спільнот, скільки й вузлів. Спочатку, для кожного вузла i відбувається ідентифікація всіх суміжних кластерів $N_c(i)$, тобто кластерів, що містять щонайменше один сусідній вузол j та $l(i) \neq l(j)$ (мітка кластера i , $l(i)$ відрізняється від мітки кластера j , $l(j)$).

Множина всіх суміжних кластерів вузла i позначається як (індекс C в $N_c(i)$ означає набір кластерів, а не окремі вузли):

$$N_c(i) = \{Ck \mid \exists j : (j \in N(i)) \wedge (l(j) = k) \wedge (l(j) \neq l(i))\}. \quad (6)$$

Потім для кожного вузла i вивчаються варіанти зміни модулярності, при можливому переміщенні вузла з однієї в іншу спільноту. Вузол i переміщається в ту спільноту, в якій значення модулярності є максимальним. Якщо

позитивного результату (виграшу) від переміщення вузла немає – вузол залишається в своїй початковій спільноті.

Поелементно модулярність поділу графа G можна обчислити за допомогою формули:

$$Q(\overline{C_1, C_m}) = \sum_{k=1}^m \left[\frac{\sum_{i \in C_k} \sum_{j \in C_k} a_{ij}}{a_{\circ\circ}} - \frac{(\sum_{i \in C_k} a_{i\circ})(\sum_{j \in C_k} a_{\circ j})}{(a_{\circ\circ})^2} \right], \quad (7)$$

де $\overline{C_1, C_m}$ – кластери графа G ; a_{ij} – ребро матриці суміжності, яке з'єднує вузли i та j ; $a_{\circ\circ} = \sum_{i,j=1}^n a_{ij}$ – сума всіх елементів матриці A або іншими словами об'єм графа ($vol(G)$); $a_{i\circ} = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ – для неорієнтованого графа сума рядка i дорівнює сумі стовбця i .

Як видно з рівняння, неформально модулярність – це різниця між реальною та очікуваною (за умови, що ребра з'являються незалежно від структури спільноти) часткою ребер всередині кожного кластера, накопичених у всіх кластерах.

Вводячи $(n \times 1)$ мірний бінарний вектор приналежності u_k для кожного кластера k ($[u_k]_i = 1$ якщо i належить до кластера k , інакше $[u_k]_i = 0$), а $a_{\circ\circ}$ є об'ємом графа G ($vol(G)$) рівняння (7) можна переписати в матричному відображенні в такий спосіб:

$$\begin{aligned} Q(\overline{u_1, u_m}) &= \sum_{k=1}^m \left[\frac{u_k^T A u_k}{vol(G)} - \frac{(u_k^T A e)(e^T A u_k)}{(vol(G))^2} \right] = \sum_{k=1}^m u_k^T \left(\frac{A}{vol(G)} - \frac{d_o d_i^T}{(vol(G))^2} \right) u_k = \\ &= \frac{1}{vol(G)} \sum_{k=1}^m u_k^T \left(A - \frac{d_o d_i^T}{vol(G)} \right) u_k, \end{aligned} \quad (8)$$

де Q – матриця модулярності; A – матриця суміжності; u_k – бінарний вектор приналежності, який дорівнює 1 в позиції i , якщо вузол i належить кластеру C_k та дорівнює 0 в іншому випадку; u_k^T – транспонований вектор u_k ; $d_o = A e$ – вихідний вектор ступеня графа G ; $d_i = A^T e$ – вхідний вектор ступеня графа G ; $vol(G)$ – об'єм графа G .

Час виконання будь-якої будівельно-монтажної роботи розглядали як похідну від заданого обсягу робіт та інтенсивності їх виконання (продуктивності виконавця). Доведено, що продуктивність виконання робіт з урахуванням імовірнісної природи виробничих процесів описують нормальним законом розподілу. Діапазон розсіювання інтенсивності виконання роботи визначається її межами між максимальним (оптимістичним) і мінімальним (песимістичним) значеннями, які визначаються технічними та організаційно-

технологічними умовами. Відтворимо залежність, яку аналізуємо, в графічному вигляді (рис.6).

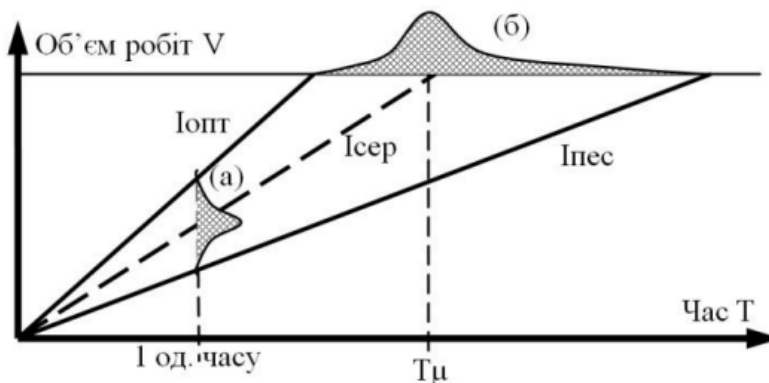


Рис.6. Геометрична інтерпретація асиметричного закону розподілу часу виконання робіт (б) за нормального закону розподілу інтенсивності їх виконання (а): ПЕС, ЮПТ, ІСЕР – песимістична, оптимістична та середня інтенсивності виконання робіт.[21]

На базі врахування ймовірнісної природи виконання робіт розроблена карта оцінки управлінської реалізованості, за допомогою якої можна розрахувати необхідну в той чи інший момент часу інтенсивність виконання робіт для завершення їх в окреслений строк зі заданою ймовірністю. У процесі досліджень був зроблений важливий практичний висновок: компенсувати відставання від графіка на завершальних етапах значно складніше, ніж забезпечувати резерви на початкових етапах.

Висновки. Інформаційні технології стають інструментом для підвищення конкурентоспроможності підприємств, а їх розвиток – пріоритетним напрямом та стратегічною метою як у світі, так і в Україні. Тому сьогодні вчені та практики в розвинених країнах намагаються впровадити використання цифрових технологій у всі процеси управління підприємством, зокрема у процеси організації будівництва.

Відповідно до положень теорії надійності, виробничі системи у процесі цілеспрямованого функціонування можуть перебувати у двох станах: працездатному (що відповідає визначенню надійності) та непрацездатному (що відповідає визначенню ризику). Перехід системи з працездатного стану в непрацездатний характеризується відмовою.

На відміну від технічних систем, в організаційних системах цей перехід є не миттєвим (раптовим), а плавним «параметричним». За параметричних відмов поступово накопичуються негативні тенденції в системі, і завдання управління полягає у виявленні стійких негативних тенденцій на ранній стадії їх появи, в результаті чого збільшується час для їх компенсації ще до досягнення межі допустимих відхилень. Отже, управління виключає або

зменшує ймовірність появи відмови, підвищуючи загалом надійність функціонування системи.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. https://dnaop.com/html/2273/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_2860-94.
2. Трач Р.В. Когнітивні механізми управління будівельними проектами на основі ВІМ технологій. – *Дис. докт. техн. наук за спец. 05.13.22 – Управління проектами та програмами.* – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН, Київ, 2021.
3. Основи теорії надійності будівель і споруд. *Навч. посібник* – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 50 с.
4. Велика українська енциклопедія. Надійність. <https://vue.gov.ua/>
5. Вікіпедія/ Надійність. <https://uk.wikipedia.org/>
6. Тугай О.А., Чертков О.Ю. Розробка інноваційних основ організації підготовки будівельного виробництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.*-Вип.16.-К.:КНУБА,2006.- С.107-113.
7. Тугай О.А. Методологія побудови варіативних моделей процесів організації будівництва за допомогою теорії нечітких мір. *Містобудування та територіальне планування.*- Вип.27.- С.301-305.
8. Основи теорії надійності будівель і споруд. *Навч. посібник / Укладач – Пашинський В.А.* – Кіровоград: КНТУ, 2012. - 37 с.
9. Заєць Є.І. Фактори виникнення відмов у процесі будівництва. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2018, № 3. - С. 29-35.
10. Шпаков А.В. Інноваційно-прикладна основа структурно-функціональної регламентації операційної системи управління провідних стейкхолдерів будівельного проекту. *Управління розвитком складних систем.* - 2021. - Вип. 47. - С. 151-161.
11. Бурлаков В.І., Ленков С.В., Салімов Р.М. Основи теорії надійності повітряних суден та авіаційних двигунів. Київ: Національний авіаційний університет, 2004. 167 с.
12. Рижакова Г.М. Загально-методична регламентація та аналітико-інформаційне забезпечення процесами адміністрування в сучасній системі будівельного девелопменту. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування.* - 2019. - Вип. 55. - С. 154-168.
13. Engineering manual of automatic control for commercial buildings : SI edition. – USA : Honeywell, 1997. – 502 p.

14. Сайков, Д.В. Дослідження концепції розвитку висотного будівництва в Україні з використанням інноваційних технологічних рішень. Автореферат. Запорізька держ. інженерна акад. – Запоріжжя, 2017. – 22 с.
15. Радкевич, А.В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України. *Управління розвитком складних систем.* – Київ, 2018. – № 33. – С. 124-130.
16. Bayar T. Better renewables risk management solution emerge / Bayar T. // *RenewableEnergyWorld.*–2012.
17. Скворцов І.Б., Загорецька О.Я. Формування стратегічної конкурентоспроможності і антикризового потенціалу будівельного підприємства на базі сталого розвитку. *Будівельне виробництво.* 2019. №68, С. 117-121.
18. Млодецький В.Р. Обґрунтування раціонального рівня ОТН у будівельних проектах. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури,* 2015, №9(210).- С. 46-53.
19. Андрейчиков О.О., Гуца О.М., Українець О.Г. Використання сучасних інформаційних технологій в процесі розробки регламентів довільної складності. *Комунальне господарство міст.* 2013. № 110. С.259-265.
20. Ковшова І.О. Оптимізація бізнес-процесів як засіб підвищення ефективності діяльності промислових підприємств. *Економіка. Менеджмент. Бізнес.* 2016. № 1. С. 53-62.
21. Рижакова Г. М. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратегем Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем.* - 2022. - Вип. 49. - С. 113-123.
22. Рижиков В.С., Латишева О.В., Яковенко М.М., Дегтярьова Ю.В. *Проектний аналіз: навчальний посібник.* Краматорськ: ДДМА, 2007. Київ: ЦУЛ. 228 с.
23. Лапишева О.В. Використання інструментарію проектного аналізу та моделювання бізнес-процесів для управління проектами на підприємствах/ Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці.* Том 30 (69). №3, 2019 с.185-191.
24. Bratcu A. I. Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades (self balancing production lines). *International Journal of Production Research.* 2009 – Vol. 47, № 2. – P. 369–387.

graduate student **Ruslan Zhaldak**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY ASSESSMENT MODEL OF CONSTRUCTION PROJECT EXECUTORS

The article defines the features of the development of software products for the needs of modernization of construction organization processes. The theory of entropy processes in organizational functional systems received further development, on the basis of which information flows in hierarchical systems were investigated. As a result, a model for assessing the functional-technological reliability of construction project executors in the information space of the SADT methodology (English structured analysis and design technique) - structural analysis and design as a set of methods, rules and procedures intended for building a functional model of the object of the subject area of research is proposed. The reliability of the organizational system is determined by the probability that at an arbitrary moment in time the values of the controlled parameters do not exceed the limits of permissible deviations.

The work established a functional relationship between organizational and technological reliability (OTR), the required level of reliability of achieving the final result and the intensity of failures in the system and, accordingly, the regime of managerial influences. This makes it possible to quantify the parameters of the production process management, which ensure the reliability of the final result is higher than the initial OTR. Approaches to the development of a graph-analytical model of the development of a construction project as an information base for the development of alternative solutions are substantiated. A system of coefficients is proposed, with the help of which, on the basis of a graph-analytical model, the possibilities of achieving previously set goals and the range of necessary changes in controlled parameters are determined. In order to maintain the construction project management system within the limits of the given reliability, the mode of control over the real progress of the process is formally calculated. The theory of organizational and technological reliability has been developed in the field of development of methodical approaches for forecasting the dynamics of the inconsistency of parametric control indicators in the case of complex organizational and technological interrelationship of works. The influence of reliability parameters on the choice of operational and perspective management mode is substantiated, which will further allow to develop a model for assessing the organizational and management feasibility of the construction work program based on the rationalization of the system and management modes.

Key words: state of reliability of contractors; project administration models; construction project; enterprise; construction organization.

REFERENCES

1. DSTU 2860-94 Reliability of equipment. Terms and definitions. https://dnaop.com/html/2273/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_2860-94. {in Ukrainian}
2. Trach R.V. Cognitive mechanisms of construction project management based on BIM technologies. - *Diss. dr. technical of science* for special 05.13.22 – Project and program management. – Kyiv National University of Construction and Architecture, MES, Kyiv, 2021. {in Ukrainian}
3. Basics of the theory of reliability of buildings and structures. *Education manual* – Kropyvnytskyi: National Technical University, 2018. – 50 p. {in Ukrainian}
4. Great Ukrainian Encyclopedia Reliability. <https://vue.gov.ua/>{in Ukrainian}
5. Wikipedia/ Reliability <https://uk.wikipedia.org/>{in Ukrainian}
6. Tugai O.A., Chertkov O.Yu. Development of innovative foundations for the organization of preparation of construction production. *Ways of increasing the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations.*- Issue 16.-K.: KNUBA, 2006.- P.107-113. {in Ukrainian}
7. Tugai O.A. Methodology of construction of variable models of construction organization processes using the theory of fuzzy measures. *City planning and territorial planning.* - Issue 27. - P.301-305. {in Ukrainian}
8. Basics of the theory of reliability of buildings and structures. *Education manual* / Compiler - V.A. Pashynskyi – Kirovohrad: KNTU, 2012. - 37 p. {in Ukrainian}
9. Zayets E.I. Failure factors in the construction process. *Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*, 2018, No. 3.-p.29-35. {in Ukrainian}
10. Shpakov A.V. Innovative and applied basis of structural and functional regulation of the operational management system of the leading stakeholders of the construction project. *Management of the development of complex systems.* - 2021. - Issue 47. - pp. 151-161. {in Ukrainian}
11. Burlakov V.I., Lenkov S.V., Salimov R.M. Fundamentals of the theory of reliability of aircraft and aircraft engines. Kyiv: National Aviation University, 2004. 167 p. {in Ukrainian}
12. Ryzhakova G.M. General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building

development. *Modern problems of architecture and urban planning*. - 2019. - Issue 55. - P. 154-168. {in Ukrainian}

13. Engineering manual of automatic control for commercial buildings: SI edition. - USA: Honeywell, 1997. – 502 p. {in English}

14. Saikov, D.V. Study of the concept of development of high-rise construction in Ukraine using innovative technological solutions. *Abstract. Zaporizhzhia State. Engineering Academy – Zaporizhzhia*, 2017. – 22 p. {in Ukrainian}

15. Radkevich, A.V. Models of optimization of organizational processes of construction production of contract enterprises of Ukraine. *Management of the development of complex systems*. – Kyiv, 2018. – No. 33. – P. 124-130. {in Ukrainian}

16. Bayar T. Better renewables risk management solution emerge *RenewableEnergyWorld*.–2012. {in English}

17. Skvortsov I.B., Zagoretska O.Ya. Formation of strategic competitiveness and anti-crisis potential of the construction enterprise on the basis of sustainable development. *Construction production*. 2019. No. 68, pp. 117-121. {in Ukrainian}

18. Mlodetsky V.R. Justification of the rational level of OTN in construction projects. *Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*, 2015, No. 9(210). - p. 46-53. {in Ukrainian}

19. Andreychikov O.O., Gutsa O.M., Ukrainets O.H. The use of modern information technologies in the process of developing regulations of arbitrary complexity. *Utility management of cities*. 2013. No. 110. P.259-265. {in Ukrainian}

20. Kovshova I.O. Optimization of business processes as a means of increasing the efficiency of industrial enterprises. *Economy. Management. Business*. 2016. No. 1. P. 53-62. {in Ukrainian}

21. 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}

22. Ryzhikov V.S., Latysheva O.V., Yakovenko M.M., Degtyareva Yu.V. *Project analysis: a study guide*. Kramatorsk: DDMA, 2007. Kyiv: TsUL. 228 p. {in Ukrainian}

23. Lapisheva O.V. The use of project analysis and business process modeling tools for project management at enterprises. *Mathematical methods, models and information technologies in economics*. Volume 30 (69). No. 3, 2019, pp. 185-191. {in Ukrainian}

24. Bratcu A. I. Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades (self balancing production lines). *International Journal of Production Research*– 2009 – Vol. 47, No. 2. - R. 369–387. {in English}