

## АНОТАЦІЯ

Жалдак Р. Ю. - **Функціонально-технологічне забезпечення надійності виконавців будівельних проєктів.**- Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Міністерство освіти і науки України, Київ, 2024 р.

Дисертацію присвяче вирішенню актуального завдання по розробці науково-аналітичного та прикладного комплексу з оцінювання стану і адміністрування процесами функціонально-технологічного забезпечення надійності виконавців в циклі та середовищі девелоперських будівельних проєктів (ДБП).

Визначальними інноваціями дослідження є:

✓ розширення концептуально-теоретичних засад щодо організаційно-технічної надійності основних стейкхолдерів будівництва;

✓ застосування засади BIM-моделінгу до вирішення різних неформалізованих багатокритеріальних завдань раціоналізації ДБП щодо складу виконавців в умовах невизначеності;

✓ методичний та аналітико-прикладний апарат проведення верифікації надійності організацій виконавців, що дає змогу сформувати мережеву модель будівництва із скоригованими вартісними та організаційно-технологічними параметрами, де провідним індикатором є інтегрований рівень надійності ДБП;

✓ інноваційний за змістом перелік факторів комплексного нечітко-логічного та експертного оцінювання мікросередовища ДБП у житловому будівництві;

✓ удосконалення поняття «управлінський моніторинг проєкту»- у застосуванні до специфіки завдань забезпечення функціонально-

технологічної надійності (ФТН) як для окремих організацій-виконавців, так і для всього проєкту;

✓ *вдосконалений та адаптований до умов ДБП апарат трансформації нечітко-логічних описів в детерміновані (кількісні) оцінки станів надійності*– цей апарат сформовано через сполучення алгоритмів нечіткої-логіки (fuzzy-logic) та експертно-евристичного оцінювання, за якою отримавши відповідну бальну оцінку певного фактору мікросередовища ДБП можна інтерпретувати нечітко-логічну оцінку стану ФТН для ДБП за окремим фактором моделі;

✓ *сполучення концептуально-методичних засад «теорії відмов» та fuzzy-logic;*

✓ *інноваційний за формалізованою структурою в організації будівництва інструментарій візуально-аналітичного моніторингу надійності виконавців циклу ДБП* - через залучення fuzz-алгоритмів та BIM-технологій - у графо-аналітичному форматі опрацювання циклу девелоперського будівельного проєкту (ДБП) здійснюється коригування та оптимізація важливих організаційно-технологічних та адміністративних параметрів будівельного проєкту - від моменту укладення девелоперської угоди до пуску в експлуатацію об'єктів проєкт;

✓ комплекс прикладних програм, основними модулями якого виступають аналітичні карти чутливості взаємного впливу між функціями «стан надійності виконавця» та «результативність для будівельного підприємства»; «інтегрований стан надійності всіх виконавців» та «організаційно-технологічний результат проєкту».

**Об'єктом дослідження** є стан функціонально-технологічної надійності (ФТН) організацій-виконавців проєктів будівництва як об'єкт оцінки та коригування збоку девелопера.

**Предметом дослідження** визначено концептуально-теоретичні, методичні засади та аналітико-прикладні інструменти забезпечення стану

ФТН щодо виконавців проєкту, який відповідає сумісним вимогам замовника та девелопера проєкту.

**Методи досліджень.** В складі методичного базису роботи наступних універсальних та спеціальних методів і моделей прийняття рішень:

- процесні, організаційно-структурні та організаційно-технологічні моделі будівельного девелопменту;
- організаційно-технологічні, графо-аналітичні сіткові моделі та BIM-інструменти формалізованої деталізації ДБП за стадіями, комплексами та роботами;
- абстрактно-логічний аналіз, системний, процесний та ситуаційний підходи в адмініструванні підприємствами-учасниками ДБП;
- моделі застосування «нечітко-логічного висновку» та fuzzy-технології;
- методичні підходи та моделі SMART-управління та «управління за відхиленнями»;
- теорія організаційної зрілості, підходи адміністрування проєктом у форматі «проєктного офісу»;
- методичні підходи та моделі формування управлінського регламенту щодо участі окремої організації-виконавця в циклі та середовищі ДБП.

В якості інформаційного базису дослідження використано: праці вітчизняних та зарубіжних вчених з організації, будівельного девелопменту, ризик-менеджменту та теорії стейкхолдерів; власні дослідження автора; ресурси Інтернет (зокрема, й статистичні підсумки щодо діяльності будівельних компаній та результатів адміністрування будівельними проєктами).

**Метою роботи** є розробка науково-аналітичного та прикладного комплексу оцінювання стану та адміністрування процесами функціонально-технологічного забезпечення надійності виконавців в циклі та середовищі девелоперських будівельних проєктів (ДБП). Провідною ідеєю дослідження є думка про те, що шляхом аналітичного вияву та адміністрування рівнем

надійності окремих організацій-виконавців будівельних проєктів девелопер може забезпечити надійність виконання відповідного ДБП.

**Наукова новизна роботи** полягає в запровадженні суттєво оновленого методико-аналітичного підходу функціонально-технологічного забезпечення надійності організацій-виконавців будівельних проєктів в складі 3 модулів: «сукупна оцінка надійності організації-виконавця в девелоперському будівельному проєкті», «оцінювання надійності зовнішнього мікросередовища впровадження ДБП», «визначення інтегрованого рівня надійності ДБП». Зазначені модулі прив'язані до ВІМ-моделі циклу ДБП, на кожній поточній координаті проєктного циклу надано спроможність оцінити стан надійності як окремого виконавця, так і всього проєкту як тимчасової операційної системи, з врахуванням вияву впливу окремих факторів мікросередовища проєкту на хід проєктного циклу.

**Наукову новизну роботи** складають наступні результати, які виносяться на захист та вирізняють зміст науково-методичних інновацій в складі авторського доробку за темою дослідження.

В даній роботі **удосконалено**:

- організаційно-технологічні моделі візуалізації циклу будівельного проєкту– в даній роботі графо-аналітичні моделі «роботи-дуги» із стандартизованого формату трансформовано до наближеного до ВІМ-технологій та формату формалізації ДБП-циклу, в якому провідною характеристикою поряд з тривалістю та кошторисною вартістю проєкту встановлено індекс функціонально-технологічності надійності середовища ДБП;

- концептуально-теоретичні підходи в організації будівництва щодо факторів впливу на організаційно-технологічні характеристики будівельного проєкту – обґрунтовано вдосконалену номенклатуру факторів нечіткого та експертного оцінювання мікросередовища ДБП у житловому будівництві, які сполучені в 3 групами: «потенційні інституційні перешкоди та можливі небезпеки з боку безпосереднього оточення», «рівень якості

девелопменту та оргструктури адміністрування проєкту щодо протистояння загрозам проєкту», «імідж та надійність виконавців через довіру девелопера».

- процедури аналітичного виміру надійності учасників проєкту - на відміну від інших підходів, в даному дослідженні для формалізованого оцінювання певного субпідрядника ДБП до індикаторів нижнього рівня ієрархії в системі оцінювання ФТН поряд з технологічними показниками, які відображають виконавчу конкурентоспроможність субпідрядника, включено також ряд індикаторів виміру стабільності його економічного стану, спроможності до продуктивного використання ресурсів та індикатор формалізованого виміру іміджу організації в уявленні замовника та девелопера.

#### **Набули подальшого розвитку:**

- застосування нечіткої логіки та fuzzy-технологій для формування шкали оцінювання діяльності підприємств – на відміну від існуючих підходів в даній роботі враховано специфіку діяльності виконавців в циклі ДБП через пряму кореляцію інтегрованого показника надійності підприємства та надійності циклу в цілому на зміну (коригування) базисних величин тривалості, кошторисної вартості та маневреності використання ресурсів організації як субпідрядника ДБП;

- концептуально-теоретичні підходи щодо економіко-кваліметричних принципів та процедур виміру загального рівня ризику будівництва - на відміну від інших підходів, рівень ідентифікується за бально-лінгвістичним ідентифікатором- бальний вимір надає уявлення щодо віддалення рівня ризику даного проєкту від уявного, зразково-надійного («еталонного») проєкту. Лінгвістична компонента ідентифікатору вказує на попадання організації чи проєкту в цілому в певний діапазон (сферу) надійності, що, в свою чергу, створює підстави для застосування до окремого виконавця певного набору організаційно-управлінських чи інших заходів: виробничий або виробничо-структурний реінжиніринг, виробнича диверсифікація (зміна в господарському портфелі підприємства-виконавця) тощо. Таке оцінювання

по всім потенційним виконавцям проєкту рекомендовано здійснювати девелоперу сумісно із замовником проєкту на початку передінвестиційно-підготовчої фази ДБП. В разі одержання оцінок ФТН в цілому по проєкту близько до директивних значень (менше 5% від рівня «абсолютна надійність») склад виконавців ДБП вважається та мікросередовище ДБП вважається «безризиковим». Це дає підставу рекомендувати склад виконавців до остаточного схвалення;

*- інтегрований вияв організаційно-технологічних чинників впливу як передумов функціональних відхилень ходу «інвестиційно-будівельного циклу»*  
- провідними факторами відхилень ДБП визнано «інституційні похибки щодо задуму та майбутньої цінності продукту проєкту», «недостовірна ідентифікація надійності складу виконавців та його наступний вибір», «недостовірно врахування впливу чинників мікросередовища» на хід циклу ДБП;

*- застосування концептуально-теоретичного базису технічного адаптогенезу*– у застосуванні до особливостей виміру надійності діяльності організацій- виконавців в складі девелоперського середовища проєктів будівництва термін «технічний адаптогенез» застосовано як вимірювану здатність пристосування до змін у виробничо-технічному, операційно-аналітичному та комунікативному середовищі ДБП.

У вступі автором викладено загальну характеристику дисертаційної роботи, зокрема: актуальність теми, зв'язок теми і змісту дослідження із науковими темами та програмами, складові наукової та практичної цінності роботи, зміст та інновації особистого внеску автора.

Перший розділ роботи присвячено систематизації базових дефініцій дослідження обґрунтовано важливість взаємодії таких підсистем в організації будівництва як технологічна та організаційна - як усередині будівельного підприємства, так і під час взаємодії організацій-виконавців будівельних проєктів. Дефініцію «функціонально-технологічна надійність» (ФТН) щодо організацій-виконавців застосовано як комплексну категорію, яка відображає

широкий спектр вимог, які пред'являються до виконавців будівельного проєкту замовником, девелопером або генеральним підрядником щодо термінів та якості виконуваних робіт, а також щодо дотримання вартісно-бюджетних умов участі виконавця в циклі ДБП.

*Другий розділ* присвячено викладу формуванню методичного базису дослідження. При формуванні методологічного фундаменту дослідження використано такі ключові елементи: організаційно-технологічні та графо-аналітичні сіткові моделі, а також ВІМ-інструменти для формалізованої деталізації ДБП з врахуванням стадій, комплексів та робіт; принципи будівельного розвитку, smart-управління та управління відхиленнями; моделі використання "неоднозначного висновку" та технології на основі нечеткої логіки. Під час досліджень було доведено, що для ефективної роботи діагностично-інформаційної підсистеми, що забезпечує надійність виконавців, були розроблені управлінські блоки на основі моделювання SADT.

*Третій розділ* роботи присвячено формуванню основного результату роботи - компонент інструментарію *верифікації стану надійності виконавців* на ґрунті нової системи індикаторів ФТН, імплементованих до складу ВІМ-моделі циклу адміністрування проєктом. В складі інструментарію використано 3 групи показників: «потенційні перешкоди та небезпек збоку безпосереднього оточення проєкту»; «якість девелопменту та надійність оргструктури адміністрування ДБП щодо протистояння загрозам»; «формалізований вияв довіри девелопера до стану ФТН до виконавців». В цьому ж розділі відображено зміст і призначення підсистем комплексу прикладних програм, який впроваджувався в практику організації будівництва та адміністрування діяльністю організацій-виконавців в складі девелоперських проєктів.

*Практична цінність* роботи полягає у створенні аналітико-прикладного комплексу програм та рекомендацій щодо його спрямування на попередження відхилень та деструкцій в організації циклу ДБП через

забезпечення надійного функціонування організацій-виконавців в середовищі будівельного проєкту. На ґрунті інтеграції BIM-технологій, нечіткої логіки та суттєвої модернізації організаційно-технологічних моделей будівництва забезпечено чітку формалізацію та прозорість у проведенні кваліметричних замірів стану ФТН проєкту. Цінність науково-прикладного доробку здобувача, окремих висновків та результатів роботи підтверджено позитивними підсумками щодо їх впровадження як в практику діяльності з підготовки і адміністрування проєктами будівельного девелопменту: ТОВ БФ «Альфа-сервіс», ТОВ «Архітектурно-будівельні новації», Інституту місцевого розвитку, Академії будівництва України, а також застосуванням в освітньому процесі Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Ключові слова:** девелоперський будівельний проєкт (ДБП), організація-виконавець ДБП, функціонально-технологічна надійність (ФТН), стан ФТН для організації-виконавця, індикатори ФТН, «управління за відхиленнями», інтегральний показник ФТН проєкту.

## ABSTRACT

Zhaldak R. Yu. - **Functional and technological support for the reliability of construction project executors.** - Qualification scientific work with manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 192 "Construction and civil engineering", field of knowledge - 19 "Architecture and construction". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2024.

The dissertation is devoted to the solution of the current task of developing a scientific-analytical and applied complex for assessing the condition and administering processes of functional-technological assurance of the reliability of



executors in the cycle and environment of development construction projects (DCP).

The defining innovations of the research are:

- expansion of conceptual and theoretical foundations regarding the organizational and technical reliability of the main construction stakeholders;
- application of the principle of BIM-modeling to the solution of various non-formalized multi-criteria tasks of rationalization of DCP regarding the composition of performers in conditions of uncertainty;
- methodical and analytical-applied apparatus for verifying the reliability of performing organizations, which makes it possible to form a network model of construction with adjusted cost and organizational and technological parameters, where the leading indicator is the integrated level of reliability of the public utility;
- innovative in terms of content, the list of factors of complex fuzzy logical and expert evaluation of the microenvironment of DCP in residential construction;
- improvement of the concept of "management monitoring of the project" - in application to the specifics of tasks of ensuring functional and technical reliability (FTR) both for individual performing organizations and for the entire project;
- improved and adapted to the conditions of DCP the apparatus for transforming fuzzy-logical descriptions into deterministic (quantitative) assessments of reliability states – this apparatus was formed through the combination of algorithms of fuzzy-logic and expert-heuristic evaluation, according to which, after receiving the corresponding score of a certain factor it is possible to interpret the fuzzy-logical assessment of the state of FTR for DCP by a separate factor of the model;
- combination of conceptual and methodological principles of "failure theory" and fuzzy-logic;

- an innovative, formalized structure in the construction organization of tools for visual-analytical monitoring of the reliability of the performers of the construction project cycle - through the involvement of fuzz algorithms and BIM technologies - in the graph-analytical format of processing the cycle of the development construction project (DCP), the adjustment and optimization of important organizational and technological and administrative parameters of the construction project - from the moment of signing the development agreement to the commissioning of the project objects;

- a complex of applied programs, the main modules of which are analytical maps of the sensitivity of the mutual influence between the functions "reliability of the contractor" and "performance for the construction enterprise"; "integrated state of reliability of all performers" and "organizational and technological result of the project".

The object of research is the state of functional and technical reliability (FTR) of organizations implementing construction projects as an object of assessment and adjustment from the side of the developer.

The subject of the research is defined conceptual-theoretical, methodological principles and analytical-applied tools for ensuring the state of the FTR in relation to the project executors, which meets the compatible requirements of the customer and the project developer.

*Research methods.* The following universal and special methods and decision-making models are part of the methodological basis of work:

- process, organizational-structural and organizational-technological models of building development;

- organizational-technological, grapho-analytical grid models and BIM-tools of formalized detailing of DCP by stages, complexes and works;

- abstract-logical analysis, system, process and situational approaches in the administration of enterprises-participants of DCP;

- models of application of "fuzzy logical conclusion" and fuzz technology;

- methodical approaches and models of SMART-management and "management by deviations";
- the theory of organizational maturity, project administration approaches in the "project office" format;
- methodical approaches and models for the formation of management regulations regarding the participation of a separate implementing organization in the cycle and environment of the DCP.

As the information base of the research, the following works were used: works of domestic and foreign scientists in the field of organization, construction development, risk management, and stakeholder theory; the author's own research; Internet resources (in particular, statistical summaries on the activities of construction companies and the results of administration of construction projects).

*The purpose of the work* is the development of a scientific-analytical and applied complex of state assessment and administration processes of functional-technological assurance of the reliability of executors in the cycle and environment of development construction projects (DCP). The leading idea of the research is the opinion that through analytical detection and administration of the level of reliability of individual organizations implementing construction projects, the developer can ensure the reliability of the execution of the corresponding DCP.

The scientific novelty of the work consists in the introduction of a significantly updated methodical and analytical approach to the functional and technological assurance of the reliability of organizations implementing construction projects as part of 3 modules: "cumulative assessment of the reliability of the implementing organization in the development construction project", "reliability assessment of the external microenvironment of the implementation of DCP", "determination of the integrated level of reliability". The specified modules are tied to the BIM model of the DCP cycle, at each current coordinate of the project cycle, the ability to assess the state of reliability of both an individual executor and the entire project as a temporary operating system is

provided, taking into account the impact of individual factors of the project microenvironment on the progress of the project cycle.

The scientific novelty of the work consists of the following results, which are presented for defense and distinguish the content of scientific and methodical innovations as part of the author's work on the topic of research.

This work improved:

- organizational and technological models of visualization of the construction project cycle – in this work, grapho-analytical models of "work-arc" from a standardized format are transformed to a format close to BIM technologies and the formalization of the DCP cycle, in which the leading characteristic, along with the duration and estimated cost of the project the index of functional and technical reliability of the DCP environment is established;

- conceptual-theoretical approaches in the organization of construction regarding the factors influencing the organizational and technological characteristics of the construction project - an improved nomenclature of factors of fuzzy-logical and expert assessment of the microenvironment of DCP in residential construction is substantiated, which are combined in 3 groups: "potential institutional obstacles and possible dangers from the immediate environment", "the level of development quality and the organizational structure of the project administration regarding the resistance to project threats", "the image and reliability of the performers due to the trust of the developer".

- procedures for analytical measurement of the reliability of project participants - in contrast to other approaches, in this study, for the formalized evaluation of a certain subcontractor of the DCP to the indicators of the lower level of the hierarchy in the FTR evaluation system, along with the technological indicators that reflect the executive competitiveness of the subcontractor, a number of indicators for measuring its stability are also included economic condition, capacity for productive use of resources and an indicator of the formalized measurement of the organization's image in the perception of the customer and developer.

*Acquired further development:*

- the use of fuzzy logic and fuzzy technologies to form a scale for evaluating the activities of enterprises - in contrast to existing approaches, this work takes into account the specifics of the activities of performers in the DCP cycle through a direct correlation of the integrated indicator of the reliability of the enterprise and the reliability of the cycle as a whole to the change (adjustment) of the basic duration values , the estimated cost and maneuverability of the use of the organization's resources as a subcontractor of the DCP;

- conceptual-theoretical approaches to economic-qualimetric principles and procedures for measuring the general level of construction risk - unlike other approaches, the level is identified by a ball-linguistic identifier - the ball measurement provides an idea of how far the risk level of a given project is from the imaginary, exemplary-reliable one ("reference") project. The linguistic component of the identifier indicates that the organization or project as a whole falls into a certain range (sphere) of reliability, which, in turn, creates grounds for applying a certain set of organizational and managerial or other measures to an individual performer: production or production and structural reengineering, production diversification (change in the economic portfolio of the performing enterprise) etc. It is recommended that the developer jointly with the project customer carry out such an assessment of all potential project executors at the beginning of the pre-investment and preparatory phase of the DCP. In the case of obtaining FTR estimates for the project as a whole close to the directive values (less than 5% of the "absolute reliability" level), the composition of the DCP performers is considered and the microenvironment of the DCP is considered "risk-free". This gives reason to recommend the composition of performers for final approval;

- an integrated identification of organizational and technological factors of influence as prerequisites for functional deviations of the course of the "investment and construction cycle" - "institutional errors regarding the design and future value of the project product", "unreliable identification of the reliability of the team of

performers and its subsequent selection" were recognized as the leading factors of deviations of the DCP. unreliable consideration of the influence of microenvironmental factors" on the course of the DCP cycle;

- the application of the conceptual-theoretical basis of technical adaptogenesis – when applied to the specifics of measuring the reliability of the activities of performing organizations as part of the development environment of construction projects, the term "technical adaptogenesis" is used as a measurable ability to adapt to changes in the production-technical, operational-analytical and communication environment of the public sector.

In the introduction, the author sets out the general characteristics of the dissertation work, in particular: the relevance of the topic, the connection of the topic and the content of the research with scientific topics and programs, the components of the scientific and practical value of the work, the content and innovations of the author's personal contribution.

The first section of the work is devoted to the systematization of the basic definitions of the study, the importance of the interaction of such subsystems in the organization of construction, both technological and organizational - both within the construction enterprise and during the interaction of organizations implementing construction projects. The definition of "functional and technical reliability" (FTR) in relation to executing organizations is applied as a complex category that reflects the requirements of the customer and the developer of the construction project regarding the rhythm and quality of the work performed, as well as regarding compliance with the cost-budgetary conditions of the contractor's participation in the DCP cycle.

The second chapter is devoted to the presentation of the formation of the methodological basis of the study. The following key elements were used in the formation of the methodological basis of the study: organizational-technological and grapho-analytical grid models, as well as BIM tools for formalized detailing of the DCP, taking into account stages, complexes and works; principles of construction development, smart management and management of deviations;

models of using "ambiguous inference" and technology based on fuzzy logic. During the research, it was proved that for the effective operation of the diagnostic and informational subsystem, which ensures the reliability of the performers, management blocks were developed based on SADT modeling.

The third section of the work is devoted to the formation of the main result of the work - a component of the toolkit for verifying the state of reliability of the performers on the basis of the new system of FTR indicators, implemented as part of the BIM model of the project administration cycle. The toolkit uses 3 groups of indicators: "potential obstacles and dangers on the side of the immediate environment of the project" ; "quality of development and reliability of the organizational structure of the DCP administration in terms of countering threats"; "a formalized manifestation of the developer's trust in the state of the FTR to the executors." The same section reflects the content and purpose of the subsystems of the complex of applied programs, which was introduced into the practice of construction organization and administration by the activities of implementing organizations as part of development projects.

The practical value of the work consists in the creation of an analytical and applied complex of programs and recommendations for its direction in the prevention of deviations and destruction in the organization of the DCP cycle by ensuring the reliable functioning of implementing organizations in the environment of a construction project. Based on the integration of BIM technologies, fuzzy logic and significant modernization of the organizational and technological models of construction, a clear formalization and transparency was ensured in the qualitative measurements of the state of the FTR of the project. The value of the scientific and applied work of the acquirer, individual conclusions and results of the work was confirmed by positive results regarding their implementation as in the practice of activities for the preparation and administration of construction development projects: LLC BC "Alfa-Service", LLC "Architectural and Building Innovations", the Institute of Local Development, Academy of Construction of Ukraine, as well as its application in the educational process of the Kyiv National University of Construction

and Architecture in the preparation of bachelors and masters in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering".

*Key words:* developer construction project (DCP), the organization-executive of the DCP, functional and technical reliability (FTR), the status of the FTR for the performing organization, indicators of the FTR, "management of deviations", the integral indicator of the FTR of the project.