

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЛИТВИНЕНКО ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 624.01/.07:005.31:519.876.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ**

192 – Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

19 – Архітектура та будівництво
(галузь знань)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ О.В. Литвиненко

Науковий керівник – Демидова Олена Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2021

АНОТАЦІЯ

Литвиненко О.В. Організаційно-технологічні моделі забезпечення якості будівництва в умовах цифрової трансформації. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2021.

Дисертаційна робота містить нове вирішення актуального науково-прикладного завдання створення інформаційно-методичного інструментарію забезпечення якості будівництва та формалізації апарату розрахунку параметрів якості будівельних робіт в умовах цифрової трансформації, що спрямовані на забезпечення рівня якості, передбаченого проектом протягом усього життєвого циклу об'єкта, а також мінімізувати відхилення якісних параметрів виконання будівельних процесів через трансформаційні функціонально-організаційні та організаційно-технологічні зміни і уточнення в процесі оперативного управління будівництвом, реінжинірингу процесів оперативного управління виконанням робіт та цифрового адміністрування будівельним проектом, забезпечення успішних комунікацій та надійної взаємодії між провідними учасниками будівельного виробництва, наслідком якого є обґрунтоване прогнозоване підвищення якості виконання будівельних робіт.

Результати дисертаційної роботи підтверджують прийняту гіпотезу щодо можливості управління якістю будівництва на основі застосування нового, заснованого на можливостях і перевагах цифровізації, інструментарію адміністрування якістю при виконанні будівельних процесів, що у результаті має привести до зменшення трудомісткості та вартості будівництва, а також подовження термінів експлуатації окремих будівель і споруд та їх конструктивних елементів за рахунок управління якістю протягом усього життєвого циклу об'єкта, покращення техніко-економічних показників проектів організації будівництва та проектів виконання робіт за рахунок

поєднання і узагальнення оперативної достовірної інформації з будівельного майданчика про якість будівельної продукції, будівельних процесів, матеріально-технічних ресурсів під час управління якістю.

При зведенні об'єктів промислового і цивільного будівництва існує значна кількість чинників, які викликають відхилення від проектних параметрів будівництва та відхилення від базового, закладеного у проектній документації рівня якості. Збільшенню ефективності організаційно-технологічних рішень щодо мінімізації існуючих відхилень перешкоджає відсутність комплексної системи формування якості будівництва, яка базується на оперативному інформаційному обміні між учасниками будівельного процесу, а також відповідного інструментарію для прогнозування відхилень від проектних рівнів якості, реінжинірингу процесів оперативного управління будівництвом та адміністрування будівельним проектом, інтеграції систем забезпечення якості окремих учасників будівельного процесу в єдину систему.

Визначено основні контури та базові принципи формування комплексної системи якості на основі формалізації параметрів процесів організації будівництва, що, в свою чергу, визначило методологічний базис та хід подальших досліджень. Нова система формування якості будівництва об'єкту, в основу якої покладено формат «управління за відхиленнями» на основі використання методів нечіткої логіки та збору і аналізу інформації щодо якості на базі контрольних карт та цілеспрямування на мінімізацію відхилень якісних параметрів будівельного проекту, яка реалізується на основі поєднання інформаційно-параметричної бази учасників будівництва та реалізується протягом усього життєвого циклу проекту у форматі єдиної цифрової інформаційної моделі, часткова або повна параметрична база якої може бути використана у якості бази для моделювання системи якості об'єктів-аналогів або аналогічних видів будівельних робіт чи процесів на інших будовах або об'єктах.

В дисертаційній роботі розроблено і реалізовано цифрову систему спостереження за якістю яка базується на використанні методів fuzzy logic для оцінювання впливу на загальну якість будівельної продукції окремих параметрів якості будівельних процесів, будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, методів контролю якості та інших параметрів, яка реалізується з урахуванням тенденцій попередніх періодів на основі оперативної інформації із будівельного майданчика. Даний підхід є теоретичною основою для побудови інформаційних організаційно-технологічних моделей забезпечення якості будівництва та адаптивного інструментарію у складі єдиної комплексної системи формування якості будівництва.

В рамках створеної системи формування якості розроблено та обґрунтовано організаційно-технологічний інструментарій, що включає в себе наступні елементи:

- адаптивна модель прогнозування відхилень параметрів якості будівництва;
- організаційно-технологічна модель формування якості службою замовника;
- організаційно-технологічна модель формування якості підрядними організаціями;
- цифровий аналітико-організаційний простір для формування бази даних щодо параметрів якості будівництва протягом життєвого циклу об'єкту, оперативного поповнення даних та реагування на відхилення;
- цифровий аналітико-організаційний простір адміністрування та реінжинірингу процесів організації будівництва спрямований на формування комплексної системи формування якості.

Поєднання цих моделей забезпечує синергетичний ефект, а саме: ефективну організаційно-технологічну та адміністративну взаємодію між учасниками будівельного проекту, а також через раціональне сполучення в створеному інструментарії елементів теорії нечітких множин надає учасникам

будівництва адаптований організаційно-аналітичний інструментарій управління якістю.

Запропоновано склад і структуру оперативної системи адміністрування якості при виконанні будівельних робіт, яка складається із взаємопов'язаних моделей, які у комплексі мають забезпечити високий рівень досягнення якості протягом усього періоду життєвого циклу об'єкта шляхом об'єктно-варіативного поєднання найбільш впливових параметрів, виявляти чинники зменшення якості на основі поєднання наступних підсистем: «вхідний, оперативний і заключний контроль якості будівельних процесів» – як інструментарій забезпечення базових параметрів для забезпечення високого рівня якості, ітеративної системи спостереження, перевірки та зберігання даних щодо ходу будівельного процесу та контролю можливих точок «можливої» та «критичної» втрати якості, площини для оперативного реагування на можливі перешкоди забезпечення достатнього рівня якості, «вхідний, оперативний і заключний контроль якості будівельної продукції» – інструментарій адміністрування технічної прийнятності та доцільності використання визначених видів будівельної продукції, постійно наповнювана система зберігання даних щодо постачальників визначеної будівельної продукції, параметри використовуваних МТР не тільки під час зведення об'єктів, але й протягом життєвого циклу будівлі, що досягається за рахунок введення у модель фактору «надійність протягом життєвого циклу», який пропонується визначати експертним шляхом та уточнювати за даними періодичних обстежень.

Методико-аналітичними перевагами створеного інструментарію є:

- адаптованість до умов постійної мінливості будівництва, різних видів робіт та проектів та будівельних об'єктів, використання формалізованого науково-методичного апарату у поєднанні з формалізацією вимог до управління якістю, дозволило використовувати запропонований інструментарій у різних умовах та стадіях життєвого циклу об'єктів

будівництва від стадії проектування до здачі об'єкту в експлуатацію, різними учасниками, при відповідній адаптації;

- поєднання окремих систем якості учасників будівництва у єдиний інформаційно-адміністративний простір дозволить з максимальною ефективністю здійснювати управління якістю виконання робіт на об'єкті на усіх етапах будівництва.

Наукова новизна роботи визначається тим, що розроблено та обґрунтовано *нову систему формування якості будівництва, яка базується на організаційно-технологічних взаємозв'язках виконавців будівельних робіт в єдиному цифровому просторі*, який може бути як складовою частиною інформаційної моделі будівлі, так і окремим блоком із планування, оцінювання, контролю та корегування рівня якості будівництва протягом життєвого циклу об'єкту, яка поєднує в собі:

- нормативно-проектні вимоги та заходи контролю якості (проектно-нормативні заходи контролю у складі ПВР, заходи із вхідного, оперативного, заключного контролю якості);

- інформаційно-аналітична база даних щодо параметрів якості окремих будівельних робіт та процесів (проектні параметри, оперативна інформація з будівельного майданчику щодо відхилень від проектних рівнів якості, інформація щодо параметрів якості будівельних матеріалів, виробі і конструкцій);

- система організаційно-технологічних моделей формування якості окремих будівельних робіт та процесів на рівні служби замовника та підрядних організацій;

- інструментарій прогнозування відхилень від параметрів якості, закладених у проектній документації (контрольні карти Шухарта, модель прогнозування рівня якості на основі нечітких параметрів).

Удосконалено: методику виявлення *відхилень параметрів якості від проектних*, яка базується на поєднанні добре відомих та апробованих в інших областях науки методів і моделей (карти Шухарта, методи нечітких множин

тощо), які в даній роботі адаптовані до вимог організації будівництва та раціонально сполучені, у відповідності до поставленої мети дослідження.

Дістав подальшого розвитку підхід до формування єдиної бази даних щодо параметрів якості будівництва, який можливо реалізувати тільки в умовах цифровізації процесів організації будівництва, оскільки він базується на інтеграції в існуючі інформаційні моделі об'єктів модулів контролю якості, що дозволить не тільки здійснювати моніторинг відхилень, але й накопичувати та аналізувати дані протягом усього життєвого циклу об'єкту.

Дістав подальшого розвитку методичний підхід до моделювання якості будівництва, який надає можливість службам замовника та підрядним підприємствам здійснювати адаптацію внутрішніх систем забезпечення якості до вимог окремих будівельних проектів.

Практична цінність роботи. Головним практичним результатом дослідження є організаційно-технологічні моделі управління якістю будівництва об'єкту, що включає систему адміністрування якістю будівельних процесів, продукції та виконавців робіт, а також виявлення критеріїв оцінювання якості. На основі результатів досліджень створено систему нечітких рівнянь забезпечення якості влаштування фасадних систем (у середовищі Matlab), а також запропоновано методичний підхід до адаптування запропонованих рівнянь до інших видів будівельних робіт.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на будівельних підприємствах ТОВ «Білд Тудей» при виконанні будівельних робіт на об'єктах «Будівництво житлових будинків у кварталі обмеженому вул. Михайла Грушевського та Кловського узвозу у Печерському районі м. Києва (будинок №3) та «Завершення будівництва ділового центру по вул. Петра Сагайдачного, 18 у Подільському районі м. Києва» (довідка №03-01 від 03.09.2021 р) , ТОВ «Енерго Інжиніринг» при удосконаленні внутрішньої системи якості та створенні моделей забезпечення якості будівельних робіт (довідка №2909/01 від 29.09.2021 р.), ТОВ «Атмосфера Інжиніринг Системз» при виконанні робіт по об'єктах «Реконструкція майнового комплексу під торговельно-

громадський комплекс з підземним паркінгом на просп. Перемоги, 67 у Святошинському районі м. Києва» та «Реконструкція будівлі дитячого закладу дошкільної освіти (зі збереженням функції) та будівництво багатоповерхового житлового будинку на просп. Перемоги, 72 у Шевченківському районі м. Києва» при формуванні Положення про внутрішню систему якості (довідка Л-06/12/2021 – АІЕ-01 від 06.12.2021 р.) при виявленні відхилень від проектного рівня якості та оптимізації організаційної структури підприємства (довідка Л-06/12/2021 – АІЕ-02 від 06.12.2021 р.), у навчальному процесі при викладанні дисциплін «Організація і управління будівництвом», «Спецкурс випускової кафедри» для підготовки бакалаврів за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” та магістрів за спеціальністю 073 “Менеджмент” у Київському національному університеті будівництва і архітектури (довідка № № 19/86 від 30.10.2021 р.).

Результати з належною повнотою відображені у 21 друкованих працях, 2 з яких у іноземних виданнях, 1 із яких у країнах, які входять до ОЕСР, та 5 праць опубліковано у виданнях, що включені до переліку фахових видань ДАК МОН України категорії «Б».

Ключові слова: організація будівництва, система забезпечення якості будівництва, параметри якості, інформаційне моделювання будівель, цифрова трансформація будівництва, методи нечітких множин.

SUMMARY

Lytvynenko O.V. Organizational and technological models of construction quality assurance in the conditions of digital transformation. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Philosophy degree in specialty 192 "Building and civil engineering". – Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, 2021.

The dissertation contains a new solution to the current scientific and applied problem of creating information and methodological tools to ensure the quality of construction and formalization of the apparatus for calculating the parameters of quality of construction works in digital transformation, aimed at ensuring the quality level provided by the project minimize deviations of quality parameters of construction processes through transformational functional-organizational and organizational-technological changes and clarifications in the process of operational construction management, reengineering of operational management and digital administration of construction projects, ensuring successful communications and reliable interaction between leading participants in construction which is a reasonable projected improvement in the quality of construction work.

The results of the dissertation confirm the accepted hypothesis about the possibility of building quality management based on the application of new, based on the capabilities and benefits of digitalization, quality administration tools for construction processes, which should reduce the complexity and cost of construction and extend the life of individual buildings and structures and their structural elements through quality management throughout the life cycle of the object, improving the technical and economic performance of construction projects and projects by combining and summarizing reliable operational information from the construction site on the quality of construction products, construction processes, material -technical resources during quality management.

When constructing industrial and civil construction objects, there are a significant number of factors that cause deviations from the design parameters of

construction and deviations from the basic, laid down in the project documentation quality level. Increasing the effectiveness of organizational and technological solutions to minimize existing deviations is hampered by the lack of a comprehensive system of construction quality, based on operational information exchange between participants in the construction process, as well as appropriate tools for forecasting deviations from design levels, reengineering, integration of quality assurance systems of individual participants in the construction process into a single system.

The basic contours and basic principles of forming a comprehensive quality system based on the formalization of the parameters of the processes of construction organization, which, in turn, determined the methodological basis and course of further research. A new system of forming the quality of construction of the facility, which is based on the format of "deviation management" based on the use of fuzzy logic and collection and analysis of quality information based on control charts and aiming to minimize deviations of qualitative parameters of the construction project. based on a combination of information and parametric base of construction participants and implemented throughout the project life cycle in the format of a single digital information model, partial or complete parametric base which can be used as a basis for modeling the quality system of similar objects or similar types of construction works or processes on other buildings or objects.

The dissertation develops and implements a digital quality monitoring system based on the use of fuzzy logic methods to assess the impact on the overall quality of construction products of individual parameters of quality of construction processes, building materials, products and structures, quality control methods and other parameters. trends of previous periods based on operational information from the construction site. This approach is the theoretical basis for the construction of information organizational and technological models to ensure the quality of construction and adaptive tools as part of a single integrated system of building quality.

Within the created system of quality formation, the organizational and technological toolkit which includes the following elements is developed and proved:

- adaptive model for predicting deviations of construction quality parameters;
- organizational and technological model of quality formation by the customer service;
- organizational and technological model of quality formation by contractors;
- digital analytical and organizational space for the formation of a database on the parameters of construction quality during the life cycle of the object, prompt replenishment of data and response to deviations;
- digital analytical and organizational The space of administration and reengineering of construction organization processes is aimed at forming a comprehensive system of quality formation.

The combination of these models provides a synergistic effect, namely: effective organizational, technological and administrative interaction between the participants of the construction project, as well as through a rational combination of elements of fuzzy set theory in the toolkit provides adapted organizational and analytical tools of quality management.

The composition and structure of the operational system of quality administration in construction works, which consists of interconnected models, which together must ensure a high level of quality throughout the life cycle of the object by object-variable combination of the most influential parameters, identify factors of quality reduction based on a combination of the following subsystems: "input, operational and final quality control of construction processes" - as a tool to provide basic parameters for high quality, iterative system of monitoring, verification and storage of data on the construction process and control of possible points " possible and "critical" loss of quality, the plane for rapid response to possible obstacles to ensuring a sufficient level of quality, "input, operational and final quality control of construction products" – a tool for administering the technical acceptability and feasibility of using visas new types of construction products,

constantly filled data storage system for suppliers of certain construction products, parameters used by MTP not only during construction, but also during the life cycle of the building, which is achieved by introducing into the model factor "life cycle reliability", which is proposed to be determined by experts and clarified according to periodic surveys.

Methodological and analytical advantages of the created tools are:

- adaptability to the conditions of constant variability of construction, various types of works and projects and construction sites, the use of formalized scientific and methodological apparatus in combination with the formalization of quality management requirements, allowed to use the proposed tools in different conditions and stages of the life cycle design stages before putting the facility into operation, by different participants, with appropriate adaptation;

- the combination of separate quality systems of construction participants in a single information and administrative space will allow to manage the quality of work at the site at all stages of construction with maximum efficiency.

The scientific novelty of the work is determined by the fact that developed and substantiated a new system of construction quality, based on organizational and technological relationships of contractors in a single digital space, which can be part of the information model of the building and a separate planning unit, assessment, control and adjustment of the level of construction quality during the life cycle of the object, which combines:

- normative-design requirements and quality control measures (design-normative control measures as a part of PVR, measures on entrance, operative, final quality control);

- information and analytical database on the quality parameters of individual construction works and processes (design parameters, operational information from the construction site on deviations from design quality levels, information on the quality parameters of building materials, products and structures);

- system of organizational and technological models of forming the quality of individual construction works and processes at the level of customer service and contractors;

- tools for forecasting deviations from the quality parameters laid down in the project documentation (Schuhart control charts, model for predicting the level of quality based on fuzzy parameters).

Improved: method of detecting deviations of quality parameters from design, which is based on a combination of well-known and tested in other fields of science methods and models (Schuhart maps, fuzzy set methods, etc.), which in this paper are adapted to the requirements of construction and rationally combined, to the purpose of the study.

The approach to the formation of a single database of construction quality parameters was further developed, which can be implemented only in terms of digitalization of construction organization processes, as it is based on integration into existing information models of quality control modules, which will not only monitor deviations but and collect and analyze data throughout the life cycle of the object.

Received further development: a methodological approach to modeling the quality of construction, which allows customer services and contractors to adapt internal quality assurance systems to the requirements of individual construction projects.

The main practical result of the study is the organizational and technological models of quality management of construction of the object, which includes the system of administration of the quality of construction processes, products and contractors, as well as identifying quality assessment criteria. Based on the research results, a system of fuzzy equations for ensuring the quality of facade systems (in the Matlab environment) was created, and a methodological approach to adapting the proposed equations to other types of construction work was proposed.

The results of the dissertation work were implemented at the construction enterprises of Build Today LLC during the construction works at the Construction

of residential buildings in the limited street. Mykhailo Hrushevsky and Klovsky Descent in the Pecherskyi district of Kyiv (building №3) and “Completion of the construction of a business center on the street. Petra Sagaidachnoho, 18 in Podilskyi district of Kyiv ”(reference №3333 from 3333), LLC“ Energo Engineering ”in improving the internal quality system and creating models for quality assurance of construction works (reference №2909 / 01 from 29.09.2021), LLC "Atmosphere Engineering Systems" when performing works on the objects "Reconstruction of the property complex for a commercial and public complex with underground parking on Ave. Peremohy, 67 in Sviatoshynskyi district of Kyiv ”and“ Reconstruction of the building of the children's preschool institution (with preservation of the function) and construction of a multi-storey residential building on Ave. Peremohy, 72”in the formation of the Regulations on the internal quality system (reference L-06/12 / 2021-01 - AIE of 06.12.2021) in identifying deviations from the design level of quality and optimization of the organizational structure of the enterprise reference L-06/12 / 2021-02 - AIE from 06.12.2021), in the educational process in teaching disciplines "Organization and management of construction", "Special course of the graduating department" for the preparation of bachelors in specialty 192 "Construction and Civil Engineering" and Masters in 073 "Management" at the NUCA (reference № 19 / 86 from 30.10.2021).

The results are duly reflected in 21 publications, 2 of which are in foreign publications, 1 of which are in OECD countries, and 5 papers are published in publications included in the list of professional publications of the Ukraine category "B".

Key words: construction organization, construction quality assurance system, quality parameters, information modeling of buildings, digital transformation of construction, fuzzy set methods.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ

***Статті в наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку,
з якого підготовлено дисертацію:***

1. Stetsenko S., Tsyfra T., Vahovich I., Sichnyi S., Lytvynenko O. Information and analytical tools for monitoring the prices of material and technical resources (MTR) of construction. *Scientific Journal of Astana IT University*, 2021. №7. Pp. 63-76. DOI: 10.37943/AITU.2021.40.39.006 Особистий внесок автора: система моніторингу якісних параметрів будівництва, впровадження інформаційного і аналітичного інструментарію контролю відхилень проектних параметрів будівництва.

2. Demydova O., Lytvynenko O., Moholivets A., Novak Ye. Influence of seasonal factors on quality, cost, labor and other parameters of construction. *The scientific heritage. Technical sciences*, 2021. № 74 (74). Pp. 42 – 49. (The journal is registered and published in Hungary) Видання індексується в SIS, IIJIF, Journal Factor, GIF, IJFACTOR та ін. Особистий внесок автора: формалізований методичний підхід до виявлення відхилень від заданих параметрів будівництва, програмний модуль «якість будівництва».

***Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», які
включено до міжнародних наукових баз:***

3. Литвиненко О.В. Оцінка ризику та забезпечення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельних проектів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2015. № 33. С. 186 – 191.

4. Литвиненко О.В. Нові вимоги до технічної прийнятності будівельної продукції як складова системи забезпечення якості будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2021. № 47 (1). С. 108-118.

5. Литвиненко О.В. Підвищення ефективності будівництва шляхом реінжинірингу бізнес-процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2015. Вип. 3. С.93-98.

6. Нікогосян Н.І., Демидова О.О., Литвиненко О.В. Реінжиніринг організаційно-технологічних процесів як чинник підвищення якості будівництва *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 39, Ч. 2, С. 106-110. Особистий внесок автора: реінжиніринг організаційно-технологічних процесів будівництва розглядається як ключова складова удосконалення якості будівництва, схема реінжинірингу будівельних процесів.

7. Скрипник А.Л., Литвиненко О.В., Боліла Н.В., Новак Є.В. Вибір і використання контрольних карт у будівництві. *Будівельні матеріали та виробу*. 2020. №1-2 (101). С. 64-67. Особистий внесок автора: алгоритм вибору технологічної карти контролю якості будівництва, огляд теоретичних передумов контролю якості будівництва.

Праці апробаційного характеру:

8. Авраменко А. І., Литвиненко О.В. Реінжиніринг бізнес процесів як спосіб управління конкурентоспроможністю будівельного підприємства. *Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів: «Буд-Майстер-Клас 2015»*: тези конф. – К.: КНУБА, 2015. С.17. Особистий внесок автора: етапи реінжинірингу організаційних та адміністративно-управлінських процесів будівництва, підхід до підвищення якості шляхом реінжинірингу організаційно-технологічних процесів.

9. Литвиненко О.В. Адаптація нормативної бази України до вимог ЄС. *VII Міжнародна конференція “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд”*: тези конф. – Харків: ХНУБА, 2015. С. 106.

10. Дубінін Д. В., Литвиненко О. В. Аналіз програмних комплексів для організаційно-логістичної системи ресурсного забезпечення будівництва. *VII Міжнародна конференція “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд”*: тези конф. – Харків: ХНУБА, 2016. С.38-40. Особистий

внесок автора: вибір програмних комплексів, які можуть бути придатними для контролю якості у будівництві.

11. Титок В.В., Литвиненко О.В. Система постадійно-диференційованої оцінки альтернативних рішень на ранніх стадіях проектування. *Науково-практична конференція «Ефективне будівництво. Об'єкти, технології, конструкції і матеріали»*: тези конф. – Одеса, 2016. С.52. Особистий внесок автора: виокремлення стадій будівництва з позицій вибору альтернативних рішень, які забезпечать достатній рівень якості будівництва.

12. Новак Є.В., Литвиненко О.В., Сапіга П.А. Особливості укладання договорів про державні закупівлі в будівельній сфері. *Будівельне право: проблеми теорії і практики*: зб. наук. праць. – Київ; Друга наук. практ. конф., Київ, 6 грудня 2018 р. – Тернопіль: Економічна думка, 2018. С. 146 - 149. Особистий внесок автора: аналіз вимог до проведення різних процедур державних закупівель у будівництві.

13. Литвиненко О.В. Система забезпечення якості як складова інноваційної інфраструктури будівництва. *Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф.* Львів: Видавництво Львівської політехніки, 23-25 травня 2019. С. 144.

14. Litvinenko O. Influence of season collars on building parameters *International scientific-practical conference of young scientists «BUILD-MASTER-CLASS-2017»*. Kyiv: KNUCA, 2017. P.343

15. Беленкова О.Ю., Литвиненко А.В., Хорошун В.О. Современные тенденции развития системы оценки качества строительства. *Проблемы безопасности на транспорте: материалы IX Междунар. научно-практ. конф.* Гомель, Белорусь, 2019. С. 9-11. Особистий внесок автора: формалізована організаційно-технологічна система адміністрування якості, аналіз вимог до якості будівництва.

16. Титок В.В., Литвиненко О.В., Сапіга П.А. Кількісна і якісна оцінка інвестиційних проектів в житловому будівництві. *Тези доповідей XV загальноукраїнської науково-практичної конференції «Визначення вартості*

об'єктів будівництва, проектних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних технологій. Управління вартістю життєвого циклу об'єктів», м. Івано-Франківськ, 3-7 червня 2019 р. С. 50-52. Особистий внесок автора: система оцінювання якості проектів житлового будівництва.

17. Литвиненко О. В. Система забезпечення якості як складова інноваційної інфраструктури будівництва. *Міжнародна науково-практична конференція Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві: Програма та тези доповідей* (м. Київ, 23-24 травня 2019 р.). Київ: Ліра-К, 2019. С. 78.

18. Шпаков А. В., Шпакова Г. В., Литвиненко О. В. Контроль якості організаційно-технологічних процесів будівництва. *IV Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві»*. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. С. 141-142. Режим доступу: <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/22/2019.pdf> Особистий внесок автора: визначено суб'єкти, що забезпечують контроль якості будівельних процесів, їх функції та основні види контролю якості.

19. Нікогосян Н.І., Литвиненко О.В. Типологія контрольних карт для контролю якості організаційно-технологічних параметрів будівництва. *II міжнародна науково-практична конференція «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві»*: програма та тези доповідей. (м. Київ, 27 березня 2020 р.). Київ: Ліра-К, 2020. С.197-199. Особистий внесок автора: здійснено класифікацію карт контролю якості організаційно-технологічних параметрів будівництва, визначено їх переваги і недоліки.

20. Нікогосян Н.І., Литвиненко О.В., Терлецький О.І. Практика GREEN BUILDINGS як приклад енергоефективного будівництва. *Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні та житлово-комунальному господарстві»*, присвячена 120-річчю НУ «Запорізька Політехніка» 16-18 листопада 2020 р. Запоріжжя 2020. С.31-32. Особистий

внесок автора: визначено параметри системи контролю якості для проектів енергоефективного будівництва.

21. Литвиненко О.В. Забезпечення якості будівельної продукції в V.U.C.A. – середовищі. *Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика»*: прогр. та тези, Київ, 2021. С. 416-417.

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	22
ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА.....	32
1.1. Аналіз існуючих підходів до забезпечення якості будівництва на різних етапах інвестиційно-будівельного циклу в умовах цифровізації	32
1.2. Європейський досвід організаційно-технологічного моделювання та формування комплексної системи якості будівельних проєктів	43
1.3. Аналіз існуючих методичних підходів до оцінки якості будівництва та визначення напрямків їх удосконалення	50
Висновки до розділу 1	54
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА.....	56
2.1. Методичний підхід до організаційно-технологічного моделювання забезпечення якості будівництва.....	56
2.2. Організаційно-технологічні рішення улаштування навісних вентильованих фасадних систем житлових та громадських будівель.....	65
2.3. Фактори впливу на якість влаштування НВФС та контроль їх параметрів як інформаційна основа дослідження	76
2.4. Концептуальна модель формування єдиної бази даних щодо параметрів якості будівництва на усіх етапах інвестиційно- будівельного циклу.....	81
Висновки до розділу 2.....	88

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ.....	90
3.1. Виявлення чинників забезпечення якості влаштування навісних вентилятованих фасадних систем методами нечіткої логіки	90
3.2. Методичний підхід до формування комплексної системи якості будівництва	104
3.3. Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва службою замовника	115
3.4. Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами	120
Висновки до розділу 3.....	124
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА.....	126
4.1. Організаційно-технологічна модель як основа формування системи забезпечення якості на об'єкті «Завершення будівництва ділового центру по вул. Петра Сагайдачного, 18 у Подольському районі м. Києва».....	126
4.2. Упровадження теоретичних основ організаційно-технологічного моделювання якості будівництва у навчальний процес КНУБА.....	138
Висновки до розділу 4	143
Висновки	146
Список використаних джерел	151
ДОДАТКИ	173

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ПОБ – проект організації будівництва;
- ПВР – проект виконання робіт;
- П – проект в значенні згідно з ДБН А.2.2-3;
- ПД – проектна документація;
- РП – робочий проект;
- Р – робоча документація;
- СОУ – Стандарт організації України;
- ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
- ТЕР – техніко-економічний розрахунок;
- СФЯБО – система формування якості будівництва об’єкту;
- ПНІ – підсистема накопичення інформації;
- ПУЯ – підсистема управління якістю;
- НВФС – навісна вентилярована фасадна система;
- СФЯБ – система формування якості будівництва.

ВСТУП

Актуальність теми. Якість будівництва промислового чи цивільного об'єкту забезпечується насамперед відповідністю проекту нормативним документам (державним будівельним нормам (ДБН, БНіП), стандартам, технічним умовам й іншим), якими регламентуються вимоги до якості будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і якості виконання будівельно-монтажних робіт, суворим дотриманням при виконанні будівельно-монтажних робіт нормативних вимог, а також проектних рішень.

Питання теоретичного обґрунтування та формуванням практичних рекомендацій з управління якістю будівельної продукції, та в інших галузях народного господарства розглядалися в роботах вітчизняних вчених І.А. Арутюнян, В.В. Бузирєва, В.Г. Версана, В.Н. Войтоловського, А.В. Глічєва, Е.А. Горбашко, О.О. Демидової, Е.М. Карлика, Т.С. Кравчуновської, М.І. Круглова, Д.С. Львова, І.Г. Лукманова, Ю.Б. Монфреда, Н.І. Нікогосян, В.В. Окрепілова, Ю.П. Панібратова, В.О. Поколенка, Б.В. Прянова, А.В. Радкевича, О.А. Тугая, І.І. Чайки, Ю.А. Чуприни та праці зарубіжних вчених: Т. Конті, Ф. Котлера, Г.Х. Сеґеці, Г. Тагуті, А. Фейгенбаум, Дж. Харрінгтона, Д. Хатчіса, та ін. М.М. Авсентьєв, А.І. Амоша, А. Бернс, В.С. Дараян, Ю.П. Івахненко, Н.Д Кондратьєв, С. Кузнєц, Г.М. Куманін, Л.А. Мендельсон, С.М. Меншиков, В. Митчелл, А.М. Румянцев, Ю.В. Яковець та інші. Ними закладено теоретичні основи формування якості будівельної продукції, визначено особливості створення моделей управління якістю БМР інтегрованого типу.

В науковій літературі стверджується, що для підвищення якості будівельно-монтажних робіт необхідно удосконалювати технологію будівельного виробництва, впроваджувати нові методи виробництва робіт, забезпечувати комплектні поставки на споруджувані об'єкти виробів і конструкцій і т.д. Основою якісного виконання будівельних робіт є будівельні процеси (підготовчі, основні, допоміжні, транспортні). Від їх взаємної ув'язки і якості залежить відповідність роботи проектним вимогам. Будівельні

процеси є неоднаковими за ступенем технологічної складності, часу виконання, потребі в матеріальних ресурсах, мають різну трудомісткість, потребу в механізації.

Водночас, ряд проблем, пов'язаних з оцінкою якості будівельних процесів в умовах цифрової трансформації будівництва не знайшли належного відображення у науковій літературі. Сьогодні необхідним є створення інструментарію, спрямованого на забезпечення якості будівництва, основою якого мають стати нові – основи забезпечення якості будівельних робіт та отримання проектних параметрів будівельно-технологічного процесу.

Потреба у вирішенні даної задачі обумовила важливість вирішення наукового і практичного завдання щодо організаційно-технологічний механізм забезпечення якості будівельних процесів, чим підтверджується актуальність даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає напрямку розвитку будівельної галузі в частині реформування та впровадження BIM технологій – Розпорядженню КМ України від 17 лютого 2021р. № 152-р «Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації»; Постанові КМ України № 1201-050/01 від 12.09.2010р. «Про науково практичну концепцію технічного оновлення та модернізації будівельної галузі та інвестиційної сфери в цілому».

Обраний у роботі напрямок досліджень, його мета та завдання відповідають тематиці наукових досліджень кафедри організації та управління будівництвом, виконувались та дістали практичне впровадження при підготовці науково-дослідних на системно-пошукових робіт в КНУБ, при виконанні яких автор виконував функції виконавця, за наступною тематикою: «Розробка сучасного економіко-аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (номер державної реєстрації 0115U000860) – автором запропоновано послідовність формування системи забезпечення якості будівельної продукції; «Організаційно-

технологічне проектування будівельної діяльності» (номер державної реєстрації 0115U001646) – автором розроблено схему та організаційну структуру забезпечення якості в межах будови, «Методологія удосконалення процедури відбору проектних рішень» (номер державної реєстрації 0116U002981)– автором розроблено систему інтеграції внутрішньої системи якості будови і системи технічної прийнятності будівельної продукції, «Формування конкурентних стратегій і прогнозування показників розвитку стейкхолдерів будівництва, інвестиційно-будівельних проектів та організаційно-технологічних параметрів будов в умовах економічної динаміки (номер державної реєстрації 0121U110365) – автором запропоновано інтегровану систему якості будівельних об'єктів та виявлено вплив організаційно-технологічних чинників на якість будівництва.

Мета роботи: Метою дисертаційної роботи є забезпечення якості будівництва об'єкту шляхом створення організаційно-технологічних моделей управління якістю будівельних процесів.

Для досягнення поставленої мети вирішено завдання:

- проаналізувати передумови, сучасний стан, тенденції розвитку та методичний інструментарій удосконалення якості будівництва в умовах цифрової трансформації;
- визначити методичний підхід до створення та складові організаційно-технологічного моделювання і формування комплексної системи якості будівництва;
- здійснити опис технологій улаштування НВФС, визначити контрольні параметри та фактори впливу на якість будівельних робіт на прикладі улаштування НВФС;
- визначити шляхи удосконалення та формування комплексної системи якості будівництва в умовах цифровізації;
- виявити вплив внутрішніх і зовнішніх чинників на якість будівельних робіт, створити організаційно-технологічні моделі управління якістю будівництва об'єкту;

- впровадити отримані результати у практику, надати рекомендації щодо удосконалення діючої системи управління якістю при будівництві об'єктів у м. Києві.

Об'єктом дослідження є організаційно-технологічні моделі, які мають забезпечити підвищення якості організаційних та технологічних рішень в умовах цифрової трансформації, **предметом** – є складові елементи моделей та теоретичні, науково-методичні і практичні підходи щодо створення механізму управління якістю будівельних процесів як складової єдиної системи управління якістю будівництва.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень, а саме: аналіз та синтез, кореляційно-регресійний аналіз – оцінювання впливу окремих факторів на якість будівельних процесів; статистичні – при групуванні критеріїв якості будівельного процесу. Для збирання та обробки статистичної інформації використано вибірковий метод, для створення моделей оцінювання якості – методи нечіткої логіки, для вибору параметрів якості – метод експертних оцінок. При розробці алгоритмів оцінювання якості будівельних процесів та робіт використовувались імітаційного моделювання, аналізу і синтезу. Для визначення ступеню обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій використано метод емпіричного оцінювання шляхом практичного використання запропонованих моделей оцінювання якості у ряді будівельних організацій.

Інформаційною базою дослідження є наукові розробки вітчизняних, зарубіжних учених та фахівців у сфері організації і технології будівництва, управління якістю у будівництві, інформаційних технологій та BIM-моделювання об'єктів будівництва, статистична інформація, Проекти організації будівництва, проекти виконання робіт, публікації, звіти підрядних і проектних організацій.

Нормативно-правовою основою дослідження є законодавчі та нормативні акти України з питань BIM-моделювання, забезпечення якості у

будівництві, внутрішня документація із забезпечення якості проектних та підрядних підприємств.

В якості додаткових методичних складових дослідження використано: процесний підхід при формуванні рекомендацій щодо удосконалення бізнес-процесів учасників будівництва з метою переходу на стандарти управління якістю.

Наукова новизна роботи полягає у поглибленні існуючих та обґрунтуванні нових теоретико-методичних засад формування системи управління якістю будівництва, яка об'єднує організаційно-управлінський інструментарій необхідний для планування, організації і контролю якості будівництва протягом життєвого циклу об'єкту будівництва. Зокрема, у дисертації:

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що *удосконалено:*

- методичний підхід до формування комплексної системи якості будівництва протягом життєвого циклу об'єкта, який базується на об'єднанні у єдиному цифровому середовищі даних про параметри будівельних робіт, матеріалів, виробів та конструкцій, єдиної бази даних щодо їх рівнів якості, відхилень від проектних вимог, причин таких відхилень, а також організаційно-технологічному моделюванні на основі методів нечітких множин та реінжинірингу процесів організації і забезпечення якості будівництва;

- теоретичний підхід до визначення провідної ролі служби замовника у формуванні єдиного цифрового простору адміністрування будівництвом та налагодження і організації на його основі системи формування якості та єдиної цифрової бази даних об'єкту, що включає в себе сукупність контрольних параметрів критеріальних показників, а також блоки накопичення інформації і аналізу спрямованих на забезпечення якості будівництва;

- методичний підхід до управління якістю будівництва та формування системи якості підрядними підприємствами, що включає в себе сукупність

методів, моделей, етапи контролю проектних показників тощо, який доповнено комплексом з організаційно-технологічних моделей спрямованих на забезпечення якості будівництва;

дістав подальшого розвитку:

- методичний підхід до визначення внутрішніх і зовнішніх чинників якості НВФС комплексно, не тільки в залежності від якості будівельних матеріалів, конструкцій і виробів, організації будівельних процесів, контрольних заходів, управлінська-адміністративних чинників, але і від чинників якості персоналу, дотримання технології монтажу, якості будівельних матеріально-технічних ресурсів і підготовки будівництва, поєднання яких надає змогу виявляти комплексний вплив на забезпечення проектного рівня якості;

- перелік внутрішніх і зовнішніх параметрів якості будівництва, на прикладі НВФС, які класифіковано на основі елементів НВФС або виду процесів, за ступенем впливу на окремі якісні характеристики і параметри в залежності від їх можливого впливу на якість протягом життєвого циклу об'єкту;

- теоретико-методичний підхід до формування комплексної системи забезпечення якості будівництва у форматі єдиного цифрового середовища, яке, інтегруючи у своєму складі системи управління якістю різних учасників будівництва у єдиному цифровому просторі будівельного проекту, дозволить здійснювати адміністрування, контроль, оцінювання, моніторинг і аналіз якості на різних рівнях управління протягом усього життєвого циклу об'єкту, досягаючи при цьому синергетичного ефекту з рахунок усунення дублювання функціональних зав'язків, баз даних та чіткого розподілу відповідальності.

Практичне значення одержаних результатів. Головним практичним результатом дослідження є організаційно-технологічні моделі управління якістю будівництва об'єкту, що включає систему адміністрування якістю будівельних процесів, продукції та виконавців робіт, а також виявлення критеріїв оцінювання якості. На основі результатів досліджень створено

систему нечітких рівнянь забезпечення якості влаштування фасадних систем (у середовищі Matlab), а також запропоновано методичний підхід до адаптування запропонованих рівнянь до інших видів будівельних робіт. На основі результатів досліджень створено програмний модуль у вигляді автоматизованого робочого місця, здатний інтегруватись у цифрове середовище проекту на основі BIM-моделей, який спрямований на формування бази даних щодо якості будівництва на протязі усього життєвого циклу проекту та призначений для управління якістю будівельних процесів, аналізу відхилень параметрів якості та виявлення їх допустимих, критичних та неприпустимих значень.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на будівельних підприємствах ТОВ «Білд Тудей» при виконанні будівельних робіт на об'єктах «Будівництво житлових будинків у кварталі обмеженому вул. Михайла Грушевського та Кловського узвозу у Печерському районі м. Києва (будинок №3) та «Завершення будівництва ділового центру по вул. Петра Сагайдачного, 18 у Подільському районі м. Києва» (довідка №03-01 від 03.09.2021 р.), ТОВ «Енерго Інжиніринг» при удосконаленні внутрішньої системи якості та створенні моделей забезпечення якості будівельних робіт (довідка №2909/01 від 29.09.2021 р.), ТОВ «Атмосфера Інжиніринг Системз» при виконанні робіт по об'єктах «Реконструкція майнового комплексу під торговельно-громадський комплекс з підземним паркінгом на просп. Перемоги, 67 у Святошинському районі м. Києва» та «Реконструкція будівлі дитячого закладу дошкільної освіти (зі збереженням функції) та будівництво багатоповерхового житлового будинку на просп. Перемоги, 72 у Шевченківському районі м. Києва» при формуванні Положення про внутрішню систему якості (довідка Л-06/12/2021– АІЕ-01 від 06.12.2021 р.) при виявленні відхилень від проектного рівня якості та оптимізації організаційної структури підприємства (довідка Л-06/12/2021– АІЕ-02 від 06.12.2021 р.), у навчальному процесі при викладанні дисциплін «Організація і управління будівництвом», «Спецкурс випускової кафедри» для підготовки магістрів за спеціальністю 073 “Менеджмент” та

бакалаврів за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” у Київському національному університеті будівництва і архітектури (довідка № 19/86 від 30.10.2021 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі положення, що виносяться на захист, отримані автором особисто. Теоретичне обґрунтування, наукові результати, практичні розробки, висновки та рекомендації, що висвітлені у роботі, належать автору і є його теоретичним та практичним внеском у розвиток технології та організації промислового і цивільного будівництва.

Апробація роботи. Основні положення і результати наукових розробок і досліджень автора з теми дисертації апробовані і отримали позитивну оцінку на VII і VIII Міжнар. конференціях “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд” (Харків: ХНУБА, 2015-16 рр.), Науково-практ. конф. «Ефективне будівництво. Об’єкти, технології, конструкції і матеріали» (Одеса, 2016 р.), Всеукр. науково-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів: «Буд-Майстер-Клас»: (Київ, 2015 р. та 2017 р.), Другій наук. практ. конф. «Будівельне право: проблеми теорії і практики» (Київ, 2018 р.), V Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури» (Львів, 2019), IX Міжнар. науково-практ. конф. «Проблеми безпеки на транспорті» (Гомель, Белорусь, 2019), XV Загальноукр. науково-практ. конф. «Визначення вартості об’єктів будівництва, проектних, будівельно-монтажних та ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних технологій. Управління вартістю життєвого циклу об’єктів» (м. Івано-Франківськ, 2019 р.), I-II Міжнар. науково-практ. конф. «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві» (Київ: Ліра-К, 2019-2020 рр.), IV Міжнар. науково-техн. конференції «Ефективні технології в будівництві» (Київ, 2019 р.), Всеукр. науково-практ. конф. «Сучасні проблеми енергоресурсозбереження в будівництві, містобудуванні та житлово-комунальному господарстві», (Запоріжжя, 2020 р.), Міжнар. науково-техн. форумі «Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. Теорія та практика» (Київ, 2021 р.).

Публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 21-ній науковій праці, у т.ч. 7 статей внесені до міжнародних наукометричних баз, з них 5 статей опубліковані у виданнях, які входять до затвердженого МОН України переліку фахових видань, 1 – фахові видання інших країн, 1 – опубліковано в науковому періодичному виданні країн ОЕСР; опубліковано 14 матеріалів і тез доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Структура дисертаційної роботи підпорядкована змісту, меті та порядку вирішення завдань дослідження. Дисертація містить: анотації українською та англійською мовами, список праць за темою дисертації, вступ, основну частину в складі чотирьох розділів та висновків, список використаної літератури з 193 джерела) та додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 131 сторінки друкованого тексту, у тому числі 15 таблиць та 53 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА

1.1. Аналіз існуючих підходів до забезпечення якості будівництва на різних етапах інвестиційно-будівельного циклу в умовах цифровізації.

Організація зведення будівель і споруд передбачає обов'язковий контроль якості будівництва. При цьому сам контроль якості є частиною комплексної системи комплексного управління якістю в адміністративно-управлінському середовищі будівельного проекту, який поєднує системи забезпечення якості на рівні служби замовника, генерального підрядника, субпідрядників, інженера технічного нагляду за будівництвом у складі цих учасників або незалежного експерта чи інженера-консультанта.

В умовах, коли законодавче і нормативне забезпечення організації будівництва постійно змінюється, змінюючи правила роботи усіх зацікавлених сторін, відбувається стрімка цифровізація усіх процесів - від отримання дозволів на будівництво і введення в експлуатацію до зведення будівель і споруд на основі BIM-моделей, збільшення персональної відповідальності усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу, появи нових матеріалів, виробів і конструкцій, методів організації і технології будівництва, методів контролю за будівельним процесом, деякі форми якого можуть відбуватись дистанційно, потребує удосконалення або навіть переформатування існуюча система забезпечення якості будівництва. Оскільки забезпечення якості є невід'ємною складовою інвестиційно-будівельного процесу, то разом із трансформацією будівельної сфери, система формування, оцінювання і контролю якості у будівництві також має трансформуватись, враховуючи нові вимоги.

Забезпечення якості будівництва є ключовим питанням організації будівельного виробництва, різні аспекти якого досліджуються у працях

О.А. Тугая, П.Є. Григоровського, В.О. Хижняк, Д.О. Чернишева та інших. [1, 2], які розглядають способи неруйнівного контролю будівельних конструкцій, способи організації будівництва, включно із забезпеченням його якості, О.М. Лівінського, В.В. Ключова, В.І. Савенко та інших [3, 4], цикл праць яких присвячено забезпеченню внутрішнього контролю якості будівельних підприємств, В.О. Поколенка, О.М. Малихіна та Титок В.В. [5, 6, 7, 8], які досліджували інноваційні технології оцінки якості менеджменту будівельних підприємств у межах адміністрування будівельними проектами, А.Ф. Гойко, Л.В. Сорокіної, В.А. Скакуна, які розглядають процеси забезпечення якості на будівельному майданчику через переформатування бізнес-процесів [9, 10], О.Д. Галунки, О.С. Гриценка, Г.О. Султанова [11], що пропонують підходи до забезпечення якості інновацій, О.М. Ємельянова та В.В. Титок, О.М. Ревунов та інші [12, 13, 14, 15, 16] визначають способи дотримання якості будівельних процесів та будівельної продукції на будівельному майданчику та формування комплексної системи управління якістю, В.І. Анін, І.А. Арутюнян, А. О. Ічетовкін, які пропонують інтеграцію методів управління якістю (QM) та управління ризиками (RM) [17], В.І. Торкатюк, О.В. Леуенко, Л.П. Вороновська, М.П. Грицаненко, Е.Ю.Александрова, які вивчають застосування стандартів стандарти ISO серії 9000 у будівництві [18].

О. В. Бешинська, О. Г. Ратушняк, Г. В. Гетун, Б. Г. Криштоп, О.В.Сергейчук, О. В. Макарова , Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін, Д. А. Горовий, К.О. Горова, К. Є. Сичова, Ю. Ю. Кадигроб, М. Садова, О. В. Редкін, А.О. Хар'янова, А.В. Радкевич, К.М. Нетеса, Т.В. Ткач [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25], оцінюють окремі параметри якості будівельних матеріалів і виробів, а також конструктивних елементів.

Багаторічну роботу із дослідження системи забезпечення якості будівництва проводить Ю.А. Чуприна [26, 27, 28, 29], який розглядає процеси забезпечення і контролю якості насамперед у динаміці і взаємозв'язку, що дозволило створити динамічні моделі управління якістю учасників

будівельного процесу та здійснювати управління на основі графоаналітичних моделей і підходів тощо.

Якість будівництва промислового чи цивільного об'єкту забезпечується насамперед відповідністю проекту нормативним документам (державним будівельним нормам (ДБН, БНіП), стандартам, технічним умовам й іншим), якими регламентуються вимоги до виконання будівельно-монтажних робіт, будівельних матеріалів, виробів, конструкцій. Суворе дотримання при виконанні будівельно-монтажних робіт нормативних вимог, а також проектних рішень забезпечує рівень достатній рівень якості, що відповідає проекту.

Аналіз літературних джерел дозволив встановити, що основою для забезпечення якості будівництва є будівельні процеси (підготовчі, основні, допоміжні, транспортні). Від їхньої взаємної ув'язки та дотримання технології будівництва залежить відповідність проектним вимогам, а отже і якість будівельної продукції. Будівельні процеси є неоднорідними і неоднаковими за рівнем технологічної складності, термінів виконання, потреби у матеріальних та технічних ресурсах, вони мають різну трудомісткість, потребу у механізації.

Часто в українських реаліях названі процеси влаштовані неефективно, що зменшує ефективність операційної діяльності усіх будівельних компаній, що задіяні в процесі зведення об'єкту. Необхідність підвищення їх ефективності та забезпечення якості підтверджує актуальність даного дослідження. Питання теоретичного обґрунтування та формуванням практичних рекомендацій з управління якістю будівельної будівельних процесів, та в інших галузях народного господарства розглядалися в роботах вітчизняних вчених: Тугая О.А. [30], Зельцера Р.Я., Погорельцева В.М. [231-3], Черненко В.К. [432, 33], Федосової О.К., Шпакової А.В. [534], Дудара І.Н., Коваленка О.В. [6], Кушера С.Г. [35], Поколенка В.О. [36], Ястребова Г.С. [37], Галинський О.М. [38], Доненко В.І. [39], Нікогосян Н.І. [40, 41, 42], Герб П.І. [43], Гриценко О.І. [44], Макарова О.В. [45], Логаніна А.В. [46], Письменний О.М. [47] та ряд інших, оптимізації організаційних процесів Радкевича А.В.,

Аругтюнян І.С. [48, 49, 50, 51], планування організаційно-технічного розвитку Кравчуновська Т.С. [52, 53], організаційно-технологічний цикл управління життєвим циклом будівлі Кірнос В.М. [54], розвиток методів оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень Седін Л.В. [55], формування вимог до будівель протягом життєвого циклу Ковальов В.В. [56], економічні передумови реінжинірингу бізнес-процесів, з урахуванням ризиків аналізували Ізмайлова К.В. [57], Гойко А.Ф. [58], [59] та інші. Водночас додаткового розгляду потребує питання визначення впливу реінжинірингу бізнес-процесів на систему якості будівництва.

Одним із широко розповсюджених напрямків досліджень є виявлення впливу системи якості менеджменту виконавців будівельних робіт та інших стейкхолдерів будівництва на якість у межах будівельного проекту [60, 61, 62, 63]. Запропоновано використання реінжинірингу як засобу підвищення конкурентоспроможності будівельних компаній та підвищення ефективності процесу будівництва. Реінжиніринг повинен розглядатися не як одноразове коригування технологічних бізнес-процесів будівництва, а як постійне управління для поліпшення бізнес-процесів. Поєднання функціональних потоків, скорочення робочого процесу призводить до скорочення термінів будівництва, зниження витрат на будівництво.

Будівельне виробництво складається з будівельних процесів, що протікають на будівельному майданчику і мають кінцевою метою зведення, відновлення або ремонт різних будівель, споруд або їх частин. Будівельні процеси бувають основними, допоміжними і транспортними. У результаті виконання основного процесу створюється елемент будівельної продукції. Допоміжний і транспортний процеси сприяють успішному здійсненню основного процесу. У будь-якому будівельному процесі беруть участь наступні складові: робітники, матеріали, вироби та конструкції, та будівельні машини, механізми і інструменти. Об'єктом управління при процесному підході є процес який і слугує головною ланкою оптимізації діяльності.

Основним процесом для будівельних підприємств-підрядників та для більшості генпідрядних підприємств є сукупність процесів «будівельного майданчику» загальнобудівельних (монтажно-укладальних) та пусконаладжувальних, виходом яких є проміжна або кінцева будівельна продукція. До забезпечувальних процесів, передусім, віднесено логістичні та економіко-правові процеси, які забезпечують ресурсні входи основного процесу, а також проектно-організаційні процеси, що не лише забезпечують, а й оптимізують входи основного процесу шляхом розподілу ресурсів між роботами, та супроводжують сам процес, сприяючи підвищенню якості продукції, раціональному використанню всіх видів ресурсів та скороченню їх непродуктивних витрат. Супровідними забезпечувальними процесами є фінанси, логістичні та частина адміністративних процесів, адже створення будівельної продукції характеризується тривалим виробничим циклом, який перевищує тривалість періодів сплати основних податків та формування й здачі регулярної фінансової звітності. До бізнес-процесів розвитку будівельного підприємства ремонтно-відновлювальні і маркетингові процеси. Маркетингові процеси, пов'язані із вивченням попиту на проміжну і кінцеву будівельну продукцію, пошук нових клієнтів, розширення ринкової ніші підприємства, формування його портфелю замовлень, у кінцевому підсумку сприяють довго тривалості стадії прискореного розвитку будівельного підприємства та забезпечують його адаптацію до вимог конкурентного оточення. Можна виділити основні процеси управління та організації робіт на будівельному майданчику, при оптимізації яких доцільно застосувати інжиніринг:

- отримання дозвільних документів, необхідних для початку та ведення будівництва;
- якість, повнота та своєчасність отримання проектно-кошторисної документації;
- взаємодія з фінансово-кредитними інституціями, розробка програм фінансування будівництва та оцінювання ефективності їх виконання;

- оцінювання рішень з організації та технології будівництва (на основі ПОБ, ППР) та їх виконання в фактичних умовах;
- здійснення контролю і нагляду за нормативно-правовими вимогами до учасників будівництва в галузі охорони праці та техніки безпеки, оцінка наявності сертифікатів відповідальних учасників будівництва;
- контроль за наявністю дозволів (ліцензій) на здійснення будівельної діяльності учасниками будівництва;
- вироблення загальної системи оцінювання ефективності діяльності учасників будівельного процесу;
- закупівлі для потреб будівництва, встановлення цін на матеріали, оцінювання учасників тендерів на виконання будівельних робіт;
- здійснення матеріально-технічного постачання ресурсів на будівельний майданчик;
- управління рухом, складом та якістю трудових ресурсів;
- система комплексної взаємодії із споживачами будівельної продукції на засадах реалізації комплексу маркетингових заходів;
- контроль за виконанням термінів будівництва, його вартістю та якісними показниками;
- управління виплатами платежів в бюджет і забезпечення такої виплати;
- здійснення управління активами, оренда, лізинг, франчайзинг активів;
- комплекс дій з уведення об'єкту в експлуатацію тощо.

Узагальнюючі наведені вище теоретико-методичні розробки і підходи до організації системи якості будівництва слід зазначити, що області наукових інтересів, предмет і завдання досліджень у багатьох авторів дещо відрізняються (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Концептуальні підходи до забезпечення якості будівництва

Області дослідження	Автори
Контроль якості	О. М. Галінський , О. М. Чернухін, Є. М. Івінський, М. Садова, А.В. Радкевич, К.М. Нетеса, Т.В. Ткач, В. О. Поколенко, О. М. Малихіна, Ю. А. Чуприна, М. В. Горбач, Т. В. Волошина О.А. Тугай, П.Є. Григоровський, В.О. Хижняк, Д.О. Чернишев
Оцінювання якості	О. В. Бешинська, О. Г. Ратушняк, Г. В. Гетун, Б.Г. Криштоп, О. В. Сергейчук, О. В. Макарова , Л.І. Григор'єва, Ю. А. Томілін, Д. А. Горовий, К.О. Горова, К. Є. Сичова, Ю. Ю. Кадигроб
Забезпечення якості	О. В. Редкін, А. О. Хар'янова, Н. І. Нікогосян , С. В. Матвієвський, М. В. Балацький, А.Ф. Гойко, Л.В. Сорокіної, В.А. Скакун, О.М. Лівінський, В.В. Ключев, В.І. Савенко та
Управління якістю	В.І. Торкатюк, О.В. Леуненко, Л.П. Вороновська, М.П. Грицаненко, Е.Ю.Александрова, О.М. Ємельянова, В.В. Титок
Тотальне управління якістю	В.О. Поколенка, О.М. Малихіна, В.В. Титок, О.П. Куліков, О. М. Ревунов, Ю. С. Максим'юк, Г. С. Петренко, С. В. Петруха, В. Я. Гаврилук, І. М. Сотнікова, О. М. Ревунов, Г. М. Рижакова, О. М. Малихіна, К. М. Предун, Д. О. Приходько, І. М. Орленко
Поєднання декількох підходів	В.І. Анін, І.А. Арутюнян, А. О. Ічетовкін, Ю.А. Чуприна

Розроблено автором

Серед найбільш розповсюджених завдань, які успішно вирішуються українськими вченими можна виділити наступні області: контроль окремих параметрів якості, оцінка якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій або будівельних процесів у різних умовах або під дією різних чинників, способи і шляхи забезпечення якості, упровадження тотального управління якістю в діяльність учасників будівництва, а також створення нових методичних підходів та поєднання методів контролю якості із методологією суміжних областей досліджень. Проте нові реалії будівництва, серед яких швидка і невідворотна цифровізація усіх процесів будівництва, особливо

процесів отримання дозвільної документації на зведення об'єктів різних класів наслідків, адміністрування будівельних проектів, контролю за ходом будівництва тощо, викликають необхідність реалізації як окремих заходів із забезпечення якості будівництва, так і комплексної системи якості має базуватись на нових можливостях, які надають сучасні методи управління в умовах цифровізації. Тому метою досліджень, які стосуються якості у будівництві має стати не стільки контроль, оцінювання і навіть забезпечення тотального менеджменту якості, а виявлення шляхів удосконалення, засобів і методів удосконалення системи забезпечення якості будівництва та прогнозування зміни параметрів і конфігурації системи забезпечення якості будівель і споруд під впливом цифрової трансформації будівництва.

Сьогодні процес забезпечення якості будівництва потрібно розглядати не тільки як постійно повторюваний цикл Демінга, який докладно описано у ДСТУ ISO 9001:2015, с.8 (рис. 1.1) через призму процесного підходу, а як постійно повторюваний процес, який розвивається за спіраллю, набуваючи нових якостей і можливостей, однією із яких є інструментарій цифрового управління будівництвом (рис.1.2)



Рисунок 1.1 – Застосування постійно повторюваного циклу забезпечення якості будівництва

Розроблено автором на основі ДСТУ ISO 9001:2015

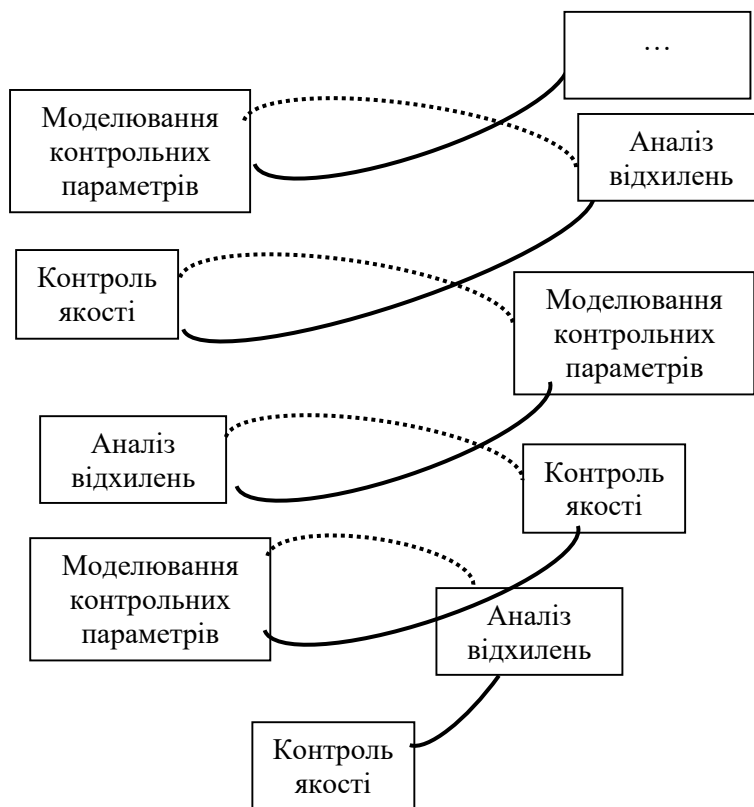


Рисунок 1.2 – Застосування спірального розвитку системи забезпечення якості будівництва

Розроблено автором

Слід зазначити, що більшість реформ в українській системі організації і управління будівництвом наразі спрямовано на покращення інвестиційного клімату у країні, збільшення привабливості будівництва для вітчизняних і закордонних інвесторів, підвищення індексу економічних свобод, на який великий вплив має час отримання дозволів на будівництво і час введення об'єктів в експлуатацію. Наразі усі нововведення спрямовано на пришвидшення цього процесу шляхом переведення більшості процедур у цифровий формат. Аналогічно процеси контролю і оцінки якості будівництва також мають об'єднатись у єдину цифрову систему, доповнившись новими моделями, методами та іншим необхідним інструментарієм, що є актуальним напрямком розвитку спеціальності «будівництво і цивільна інженерія».

Якщо розглядати інвестиційно-будівельний процес у часі, то сьогодні надзвичайно важливим є урахування можливості забезпечення якісних характеристик будівель і споруд протягом усього життєвого циклу об'єкту.

Так, коли при проектуванні і зведенні об'єктів не враховується вартість, складність експлуатації, якість під час експлуатації, можливість довгострокового збереження проектних параметрів об'єкта протягом аналізованого періоду аж до введення в експлуатацію, умови експлуатації і інші параметри усього об'єкта або його окремих елементів, періодичність та вартість поточних ремонтів, необхідність здійснення заміни окремих конструктивних елементів або матеріалів, то вибір проектних рішень і матеріалів найчастіше відбувається за критерієм «ціна». Тобто серед аналогічних альтернативних рішень або матеріалів зазвичай обирають дешевший. Але, якщо при таких самих умовах серед тих самих проектних рішень і матеріалів враховувати вартість і терміни їх експлуатації, то ситуація зазвичай різко змінюється - ті матеріали і конструкції, а також часто рішення, що обирають при проектуванні об'єкта за критерієм найнижчої ціни стають не вигідними для замовника. Тому короткострокова економія може обернутись додатковими витратами для інвестора при експлуатації об'єкта.

Перехід до BIM-моделювання у межах цифровізації проектів будівництва дозволить не тільки змінювати проектні рішення у режимі реального часу із донесенням інформації усім виконавцям проекту, але і дозволить зберігати і передавати майбутньому власнику об'єкта усі дані щодо матеріалів, виробів і конструкцій, а також проектних рішень, які використовувались.

Відповідно до стандарту ISO 19650, «BIM представлено не тільки як 3D-інструмент управління цифровою інформацією, але і як новий підхід до управління проектами, коли сторони контракту здійснюють обмін цифровою інформацією на всіх етапах реалізації проекту, охоплюючи проектування, закупівлі, введення в експлуатацію і будівництво» [64, с. 11], а також може охоплювати процес експлуатації будівлі чи споруди. При цьому інформація

накопичується у моделі поступово, відповідно до етапів реалізації проекту (рис. 1.3).

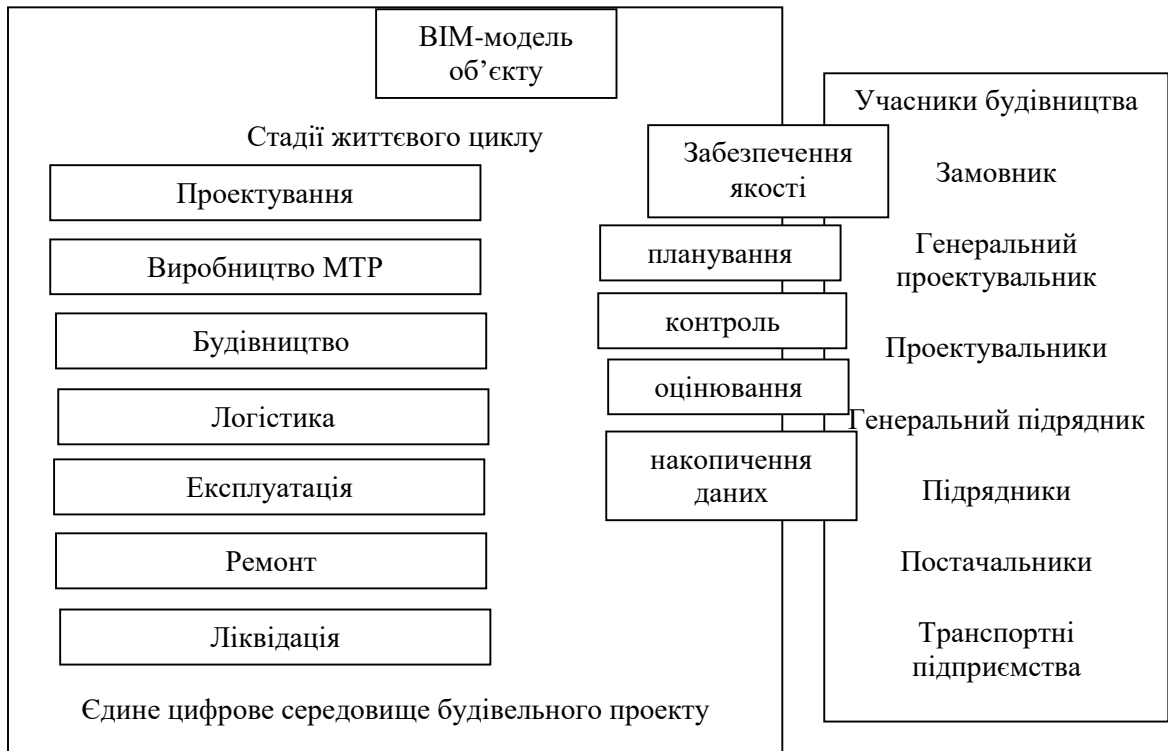


Рисунок 1.3 – Цифрова модель об'єкту як основа для формування комплексної системи якості будівництва

Розроблено автором

Розглядаючи систему формування якості у будівництві з точки зору динамічного підходу, можна визначити, що переформатування системи управління якістю об'єкта має здійснюватися не тільки з урахуванням можливостей і переваг цифровізації усіх існуючих процесів, але і враховувати технічні, кваліфікаційні, інформаційні можливості підрядних підприємств використовувати сучасні надбання, їх здатність інтегруватись у єдину систему забезпечення якості не тільки на технічному і технологічному рівні, але і на рівні можливості формування єдиної інформаційної бази щодо виконання будівельних, монтажних робіт на об'єкті, можливих дефектів, використовуваних матеріалів, виробів і конструкцій, окремих конструктивних елементів тощо.

Формування такої бази може надати можливість службі замовника здійснювати управління якістю на усіх етапах життєвого циклу об'єкта, до введення його в експлуатацію, а експлуатуючій організації надає базу даних про архітектурно-будівельні, конструктивні, організаційно-технологічні рішення, а також матеріали, вироби і конструкції, що використовувались на об'єкті.

Експлуатуюча компанія, у свою чергу, має заповнювати передану їй модель про дефекти і недоліки, які виникли у процесі експлуатації об'єкта, терміни поточних, капітальних ремонтів, терміни заміни окремих конструктивних елементів тощо. Також мають накопичуватись дані про збереження проектних якісних характеристик будівлі чи споруди, відхилення від цих характеристик, їх причини, можливості усунення, кількості гарантійних ремонтів, потреба у таких ремонтах.

Заповнена база даних дозволить із великою ймовірністю передбачати наслідки використання аналогічних рішень або матеріально-технічних ресурсів у наступних об'єктах.

Головним напрямком досліджень сьогодні має стати пошук критеріїв оптимальності та розроблення конкретних моделей, призначених для оцінки ефективності системи управління будівельним проектом на основі аналізу внутрішніх бізнес-процесів підрядного підприємства, та їх удосконалення з метою забезпечення ефективності. Необхідність у розробленні методичного підходу, що дозволить будівельним підприємствам здійснювати декомпозицію бізнес-процесів, прогнозувати вплив управлінських рішень на кожному етапі управління проектом, обумовило вибір теми дослідження теми.

1.2. Європейський досвід організаційно-технологічного моделювання та формування комплексної системи якості будівельних проектів.

Передумовою ефективного впровадження системи формування якості у будівельний процес є достатньо розвинута інноваційна інфраструктура, під

якою мається на увазі інтегрована в єдину цифрову систему сукупність взаємопов'язаних підсистем (інформаційного забезпечення, експертизи, якості, матеріально-технічного забезпечення, виробнича, кадрова тощо), які комплексно сприяють забезпеченню оперативного та ефективного функціонування будівельних процесів. Усі підсистеми інноваційної інфраструктури тісно пов'язані між собою і від їх злагодженої взаємодії залежить впровадження системи якості у будівництво та подальше успішне впровадження принципів, підходів, процедур та регламентів для поліпшення процесу будівництва. Так, елементами підсистеми контролю якості та головними суб'єктами, що забезпечують контроль якості будівельних процесів в Україні є органи державного і громадського контролю в будівництві, а саме: архітектурно-будівельний контроль, технічний нагляд замовника (забудовника), авторський нагляд за якістю будівельних робіт, відомчий контроль – технічна інспекція будівельної організації, громадський контроль якості (може діяти у формі постійної громадської комісії або комітету по якості, постів якості, груп контролю якості, громадських контролерів, громадських інспекторів), етапи і періодичність яких мають бути ураховані у комплексній системі забезпечення якості.

Аналіз наукових праць [1-28] дозволив виділити ряд передумов, які є базовими для забезпечення якості будівництва протягом життєвого циклу об'єкту. Інформація про вказані параметри також має накопичуватись у єдиній інформаційній моделі об'єкту із метою аналізу та виявлення впливу на якість окремих етапів виконання робіт або усього об'єкта. Так, якість будівництва будівель і споруд залежить від наступних параметрів (рис.1.4):

- якість і повнота проектної документації;
- дотримання законодавчо-нормативних умов;
- якість будівельних процесів та робіт, чітке дотримання вимог технології та організації будівництва;
- якість будівельних виробів та конструкцій;

- технічною можливістю забезпечити заданий рівень якості за допомогою машин, механізмів, засобів малої механізації тощо;
- рівень кваліфікації управлінського персоналу, робітників та лінійних ІТП.

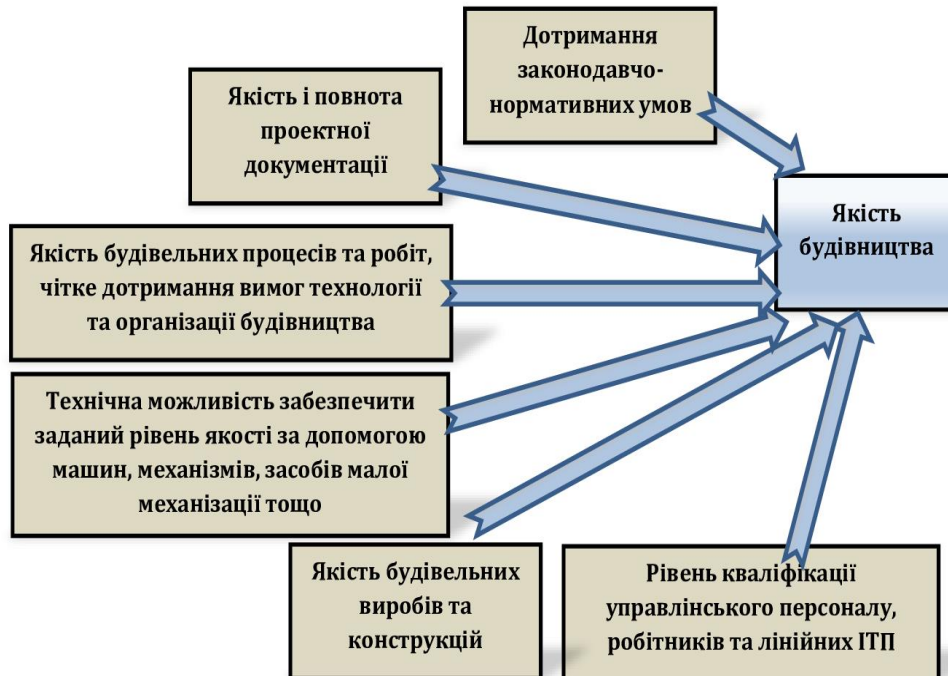


Рисунок 1.4 – Вплив вхідних чинників на якість будівництва об’єктів
Розроблено автором

Систему забезпечення якості можна представити у форматі «чорної скриньки», де на вході будуть названі чинник, а на виході – будівлі і споруди, які відповідають заданому рівню якості протягом усього життєвого циклу об’єкта.

Інноваційна інфраструктура будівельного сектору повинна забезпечувати комплексне впровадження нововведень і розробок у будівельний процес, збереження та розвиток науково-технічного потенціалу будівництва, забезпечення економічного зростання на новому якісному рівні. У стратегічній перспективі адаптація до європейських вимог дозволить удосконалити систему якості будівництва, стандартизувати процедури оцінювання якості, створити умови для просування вітчизняних будівельних матеріалів на міжнародні ринки.

Другого вересня 2020 року Верховною Радою України прийнято Закон «Про надання будівельної продукції на ринку», який набирає чинності з першого січня 2023 року. Майже півтора роки дається підприємствам будівельної індустрії для переходу на нову систему сертифікації, визначення відповідності та технічної прийнятності будівельної продукції, актуальним напрямком досліджень наразі є дослідження впливу нового Закону на існуючу систему якості будівництва, пошуку шляхів її удосконалення, а також виявлення впливу нової системи оцінювання технічної прийнятності будівельної продукції на процеси забезпечення якості будівництва.

Прийняття Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» та упровадження викликаних ним низки підзаконних актів, дозволить упорядкувати процес класифікації, сертифікації, визначення технічної прийнятності для будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, чітка класифікація яких має стати базою для формування системи якості будівництва (табл.1.2-1.3).

Таблиця 1.2 – Складові системи забезпечення якості будівництва

Етап	Дослідження ринку	Проектування		Договірні відносини (проведення тендеру, підписання договорів на виконання робіт та постачання МТР)		Зведення об'єкту	Експлуатація
Стадія	Передінвестиційне ТЕО	ТЕО, ТЕР	П, РП, Р	Роботи	Матеріальні ресурси	Технологія, організація, управління	Конструктивні елементи будівель
Вимоги	формування вимог до ключових параметрів майбутнього об'єкту	Формування вимог замовника до параметрів об'єкту за ступенем укрупнення відповідно до стадії будівництва	Формування вимог до підприємств щодо можливості виконання будівельних робіт, забезпечити необхідний рівень якості та надійності (кваліфікація персоналу, наявність обладнання, сертифікатів, ліцензій, допусків тощо)	Формування вимог до підприємств щодо можливості виконання будівельних робіт, забезпечити необхідний рівень якості та надійності (кваліфікація персоналу, наявність обладнання, сертифікатів, ліцензій, допусків тощо)	Відповідність передбаченому рівню якості будівельної продукції, має відповідати вимогам міжнародних або українських нормативних документів.	Дотримання проектних вимог щодо методів і технології виконання робіт, відповідність будівельних матеріалів проектним вимогам	Відповідність нормативним вимогам та умовам договору

Кінець таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
критерії оцінки	немає	Повнота проектної документації, наявність помилок,	Технічне завдання, вимоги до наявності обладнання, кваліфікації тощо	Розробка специфікацій, відомостей обсягів робіт тощо	Відповідність проекту і умовам контракту	Вартість та періодичність планових і позапланових ремонтів, усунення дефектів тощо
контроль	немає	Експертиза проектної і кошторисної документації на відповідність	Кваліфікаційні критерії	Визначення технічної прийнятності, відповідності національним стандартам України, технічними умовами України, будівельними нормами і правилами (БНіП), державними будівельними нормами (ДБН)	Вхідний, поточний (періодичний), заключний.	Періодично протягом життєвого циклу об'єкту

Розроблено автором

При цьому одним із важливих трендів трансформації інноваційної інфраструктури будівельних підприємств і організацій України є інтеграція країни у європейський економічний і нормативно-правовий простір та приведення української системи забезпечення якості і стандартизації до європейських вимог. Це викликало потребу у гармонізації нормативної бази України з нормативними документами ЄС, вдосконаленні законодавчої бази, правового і технічного нормування, стандартизації, сертифікації, оцінки відповідності, державного нагляду та контролю, що спрямовані на захист інтересів країни, у тому числі підвищення конкурентоспроможності підприємств будівельної галузі з метою забезпечення високої якості, безпеки об'єктів нерухомості та експортної орієнтації підприємств [65, С.25-26].

Таблиця 1.3 – Складові підсистеми забезпечення якості матеріально-технічних ресурсів

Основа забезпечення якості МТР	Елементи системи забезпечення	Місце підсистеми забезпечення якості МТР у системі забезпечення якості будівництва
Закон України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності",	Правове забезпечення системи якості МТР	<ul style="list-style-type: none"> - якість і повнота проектної документації; - дотримання законодавчо-нормативних умов; - якість будівельних процесів та робіт, чітке дотримання вимог технології та організації будівництва; - якість будівельних виробів та конструкцій; - технічною можливістю забезпечити заданий рівень якості за допомогою машин, механізмів, засобів малої механізації тощо; - рівень кваліфікації управлінського персоналу, робітників та лінійних ІТП.
Закон України "Про стандартизацію",		
Закон України "Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції",		
Закон України "Про основи містобудування",		
Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності",		
Закон України "Про будівельні норми"		
Нормативне забезпечення	Нормативне забезпечення системи якості МТР	
Державні стандарти України (ДСТУ)		
Технічні умови України (ТУ)		
Будівельні норми і правила (БНіП)		
Державні будівельні норми (ДБН)		
Стандарти організацій		

Розроблено автором

Вимоги до якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, засоби контролю і підтвердження мають стати частиною програми будівельних підприємств із якості. Пошук надійних постачальників, виявлення фальсифікацій, відхилень від якості має вестись на такій самій систематичній основі, як і забезпечення якості будівельних робіт. Для унеможливлення будівництва від використання неякісних матеріально-технічних ресурсів має

вестися база добросовісних постачальників, яка має доповнюватись і корегуватись із кожним новим об'єктом, етапом будівництва, навіть роботою.

У будівництві основними тенденціями розвитку галузі, без урахування впливів яких формування життєздатної системи якості буде суттєво утруднено, є [65, 66]: подальший *перехід до Європейської системи стандартизації*, використання європейських стандартів серій EN, EOTA, ETAG, нормування, оцінювання і забезпечення якості будівельної продукції та будівельних процесів, подальше усунення технічних бар'єрів, які перешкоджають виходу українських будівельних підприємств та підприємств будівельної індустрії на європейські ринки, а також виходу зарубіжних підприємств на українські будівельні ринки, розробка та використання в українській практиці типових договорів на виконання будівельних робіт за формами, що використовуються у міжнародній практиці. Ще однією загальною тенденцією є дерегуляція та суттєве зменшення дозвільних процедур, особливо це стосується процедур подачі декларації на початок будівництва, отримання містобудівних умов та обмежень, прийняття в експлуатацію об'єктів, оскарження замовником таких рішень через додатку «Дія» для бізнесу, що має суттєво спростити процедури оформлення об'єктів для замовників.

Наступною провідною течією, яка уплинула на усі процеси будівельних підприємств стала цифровізація, яка є передумовою, спрямовуючою силою і основою трансформації системи забезпечення якості будівництва.

Сьогодні, коли Україна прагне увійти до європейської спільноти, багато будівельних підприємств потребує кардинальної зміни існуючих методів організації будівництва та управління якістю, яке має відбуватись на цифровій основі. Одним з актуальних напрямків наукових розробок у цьому питанні є адаптація механізму управління будівельним підприємством до дії різноспрямованих факторів, розроблення управлінських рішень і методичних підходів, необхідних для успішної реалізації будівельних проектів, на засадах цифрової трансформації і BIM-моделювання, що дозволить досягнути

забезпечення високої якості будівельної продукції, а також здійснити перегляд методів управління та організації будівельного процесу, планування, організації і контролю, заходів із забезпечення якості будівництва, адміністрування яких має відбуватись у рамках єдиного цифрового простору будівельного проекту із метою підвищення ефективності будівельно-інвестиційного процесу.

1.3. Аналіз існуючих методичних підходів до оцінки якості будівництва та визначення напрямків їх удосконалення

Побудова комплексної системи якості будівництва у рамках адміністрування будівельними проектами відрізняється за складністю і кількістю взаємозв'язків від аналогічних систем у інших галузях, оскільки організаційна структура будівельного проекту має наступні особливості:

- Велика кількість учасників;
- Кількість учасників змінюється протягом процесу зведення об'єктів;
- Підприємства учасники відрізняються за розміром, технічною оснащеністю, обсягами робіт;
- Динамічність середовища;
- Різні технічні і матеріальні можливості у підрядних підприємств-виконавців робіт до упровадження цифрових технологій.
- Різна кваліфікація управлінсько-адміністративного персоналу у сфері цифрових технологій.

Огляд теоретичних передумов і методичних підходів до забезпечення якості будівництва дозволив виділити наступні методи контролю та управління якістю, які у дисертації поділено на прості і динамічні (табл. 1.4).

При цьому серед простих методів найбільш поширеними є методи статистичного контролю якості, операційний і вхідний контроль параметрів окремих будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, встановлених конструктивних елементів і будівельних процесів за параметрами, які встановлюються нормативно (вимоги до міцності, стійкості, пожежної

безпеки, токсичності, теплопровідності) або за вимогою замовника (колір). Також до простих методів відноситься контроль за відповідність учасників тендеру вимогам за наявністю сертифікатів, допусків, технічної спроможності виконувати роботи належної якості, а також метод експертних оцінок параметрів якості будівництва.

Таблиця 1.4 – Методи управління якістю

Прості	Динамічні
Статистичний контроль якості	Імітаційне моделювання
Контроль дотримання нормативних вимог	Методи нечітких множин
Контроль учасників будівництва	Процесне управління якістю
Експертні оцінки параметрів якості	Реінжиніринг управління якістю
	Контрольні карти
	Динамічні ряди

Узагальнено автором

Серед динамічних методів слід виділити імітаційне моделювання окремих показників якості, яке може відбуватись у форматі цифрової моделі або методами лабораторного контролю якості [67, 68, 69, 70], методи нечітких множин, які останнім часом широко використовуються для вирішення подібного типу задач [71, 72, 73, 74], методи процесного управління якістю, серед яких можна виділити цикл Демінга-Шухарта PDCA (Планування – Виконання – Перевірка – Вплив) [75] та реінжиніринг бізнес-процесів [76, 77, 78, 79], використання контрольних карт [80] та інші методи, багато яких використовуються у рамках TQM [81, 82, 83, 84].

У рамках цифрового адміністрування будівельним проектом пропонується створювати окремі програмні модулі для кожного методу, для розширення інструментарію управління і аналізу контрольних показників. Найкраще для цілей аналізу підходять контрольні карти, оскільки вони мають

ряд переваг, серед яких можливість побудови на основі будь-яких електронних таблиць, нескладні розрахунки, однозначність трактування результатів і широта поширення для аналізу.

Методи контролю якості продукції за допомогою контрольних карт вивчали Уолтер Шухарт, Саката Сіро, Дональд Уилер, Девід Чамберс, Роскладка А.А., Божко В.І., Дядюра К.О., Нагорний В.М., Бондаренко О. С. та інші вчені. Важливість застосування методів контролю якості у будівництві підкреслюється у працях [85, 86, 87].

Перша контрольна карта Шухарта була опублікована в 1924 р, коли розробник запропонував ідею управління технологічними процесами та виявлення некерованих змін з метою запобігання виникненню невідповідностей їх розвитку. А вже у 1931 р у Уолтера Шухарта вийшла перша монографія «Економічний контроль якості продукції» [174].

Шухарт запропонував не тільки новий інструмент контролю якості, а нову концепцію, згідно якої якість повинна забезпечуватись процесом, а не тільки контролем результатів. До цього відділи контролю якості просто виявляли браковану продукцію, вилучали її або намагались привести до стандартів, тобто працювали вже із результатом процесу виробництва. Після публікації карт Шухарта виникла ідея про упереджувальне управління характеристиками процесу. Шухарт запропонував процедуру, названу циклом PDCA, який складається з 4-х етапів: Plan – Do – Check – Act. (Планування – Виконання – Перевірка – Вплив). Управління процесом полягає в багаторазовому повторенні цього циклу з метою підтримки процесу в стійкому стані або поліпшення процесу [88].

Зараз контрольні карти Шухарта широко використовують на підприємствах для виявлення чинників якості продукції [89, 90], оцінки технологічних процесів [91, 92, 93], для моніторингу та оцінки стану управління фінансами підприємств [94] та контролю дебіторської заборгованості [95, 96].

Контрольні карти це зручний і інтуїтивно зрозумілий інструмент контролю якості та виявлення некерованих змін процесу. У даний час існує міжнародний стандарт ISO під назвою «Контрольні карти Шухарта» і його аналог – вітчизняний стандарт ДСТУ ISO 7870-2:2016 (ISO 7870-2:2013, IDT) «Статистичний контроль. Карти контрольні. Карти Шухарта».

Контрольна карта - це інструмент для візуалізації та оцінки мінливості процесу і його результатів. Мінливість результатів виникає внаслідок мінливості (варіації) факторів, що визначають хід процесу (мінливість вихідних матеріалів, методів виконання робіт і використовуваного обладнання, навичок працівників і прийомів керівництва ними, методів перевірки результатів).

Виходячи із широкого розуміння поняття, контрольна карта (control chart) - це графік (діаграма), на який послідовно в порядку відбору вибірок наносять значення статистичного показника, який обчислюється за вибірковими даними. Графік використовують для аналізу та управління процесом з метою оцінки і подальшого зменшення мінливості досліджуваного статистичного показника (рис. 1.5).

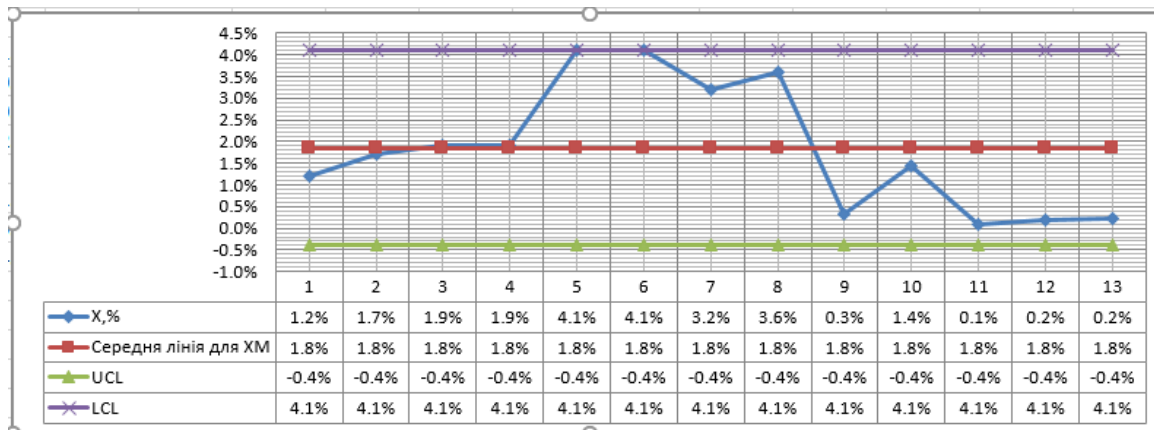


Рисунок 1.5 – Контрольна карта (фрагмент)

Напрямок наступних досліджень і розробок в області організації будівництва, управління будівельними проектами та інформаційних технологій має стати інтеграція інструментарію методів контролю і управління якістю в єдине цифрове середовище адміністрування будівельного проекту та надання доступу учасникам будівництва до математичного апарату

для покращення інформаційного обміну і розширення можливостей для аналізу.

Висновки до розділу 1

Огляд і аналіз нормативної і навчально-методичної літератури дозволи визначити, що однією із провідних тенденцій розвитку і подальших змін системи організації будівництва є цифрова трансформація існуючих процесів адміністрування будівельними проектами на основі інформаційного моделювання, що викликає потребу у адаптації систем забезпечення якості учасників будівництва до нових реалій.

Згідно ДБН «Організація будівельного виробництва», контроль якості будівництва відбувається на усіх стадіях створення об'єкта будівництва відповідно до вимог законодавства та нормативної бази і включає державний контроль, технічний та авторський нагляд, а також виробничий контроль. Контроль будівництва починається вже етапі розробки проектно-технологічної документації (контроль складу і повноти проекту, якості і точності розрахунків, якості проектних рішень тощо) і продовжується на етапах зведення об'єкту (вхідний, поточний, приймальний контроль) та введення в експлуатацію (приймальний, інспекційний контроль).

Проте існуюча система не передбачає системне підвищення якості будівництва у рамках взаємодії усіх учасників інвестиційно-будівельного проекту з метою забезпечення принципу безперервного удосконалення якості, який реалізується на основі упровадження засобів цифрового управління проектами, що дозволить отримати наступні переваги: доступ до проектно-технологічної документації різних учасників будівельного процесу в он-лайн режимі, який надає можливості миттєво урахувати зміни і доповнення до проекту в поточній діяльності, формувати бази даних щодо якісних параметрів будівельних матеріалів, виробів і конструкцій різних постачальників, результати випробувань, вимірювань, а також результати зміни параметрів матеріальних ресурсів у процесі експлуатації та обслуговування протягом

життєвого циклу об'єкту, здійснювати контроль за відхиленнями будівельного процесу та виявляти причини таких відхилень і в оперативному режимі усувати їх.

Аналіз літературних джерел, присвячених питанням формування і контролю якості, дозволив визначити методи, що найчастіше використовують для контролю якісних параметрів будівництва, а саме: контрольні карти Шухарта, Хотелінга тощо. Як показав досвід, застосування даних методів дозволяє виявляти вихід процесів за межі керованості та уживати нейтралізуючих заходів, що дозволяє проводити майже автоматизований контроль якості в умовах цифрового моделювання.

Повний перехід до інформаційного моделювання будівель, який є тільки справою часу є невідворотною тенденцією, провідним імперативом трансформації системи формування якості будівництва та її удосконалення. Тому сьогодні існує нагальна необхідність в удосконаленні системи формування якості будівництва шляхом створення організаційно-технологічних та інших моделей, які можуть бути використані будівельними підприємствами при формуванні системи якості в цифрових реаліях.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА

2.1. Методичний підхід до організаційно-технологічного моделювання якості будівництва.

Необхідно вирішити завдання із забезпечення якості будівництва об'єктів житлового і громадського призначення протягом усього життєвого циклу в умовах цифрової трансформації будівництва, оскільки сьогодні однією із провідних тенденцій розвитку будівельної галузі є те, що цифровізація усіх адміністративно-управлінських і організаційних процесів відбувається стрімкими темпами [97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108] і процеси забезпечення якості не мають бути виключенням із даної тенденції.

За результатами аналізу літературних джерел визначено, що сьогодні організація і управління будівництвом забезпечені потужним теоретичним і науково-практичним інструментарієм адміністрування якістю у рамках будівельного проекту, який базується на концептуальних підходах теорій загального управління якістю (TQM), закладених в стандартах ISO, системами контролю якості TQC (Фейнгенбаум), CWQC (К. Ісікава, сім інструментів якості), QC-circles (Тагута), статистичних методів контролю якості – SQS (Шухарт, Хотелінг, Демінг) та інші. За допомогою статистичних методів контролю якості можна досить просто отримати кількісну оцінку такого складного і багатоаспектного явища, як параметри якості будівельної продукції або будівельних процесів, а головне, вчасно вжити запобіжних заходів.

Тому головними етапами дослідження є необхідність стали етапи, які узагальнено у табл.2.1:

1. Проведення аналізу теоретичних підходів і практичних розробок до оцінювання, контролю, моніторингу, забезпечення якості будівництва не

різних етапах інвестиційно-будівельного циклу та виявлення і аналіз чинників, що характеризують якість будівництва, а також виявлення можливості їх використання для забезпечення якості улаштування навісних вентиляованих фасадних систем. (Розділ 1 дисертації)

Таблиця 2.1 – Завдання, етапи, методи та інформаційна основа дослідження

Завдання дослідження	Етапи вирішення завдання	Методи дослідження	Інформаційна основа дослідження
1.	2	3	4
Проаналізувати передумови, сучасний стан, тенденції розвитку та методичний інструментарій удосконалення якості будівництва в умовах цифрової трансформації	Визначення головних підходів до поняття «якість будівництва», напрямків її удосконалення. Критичний аналіз літератури з метою виявлення методів і моделей, які можуть застосовуватися для забезпечення якості будівництва Критичний аналіз літератури з метою виявлення чинників впливу на якість НВФС	Аналіз, синтез, контент-аналіз	Нормативно-правове забезпечення робіт із улаштування НВФС та якості будівництва Наукові праці у сфері забезпечення якості будівництва Дані із об'єктів м. Києва.
Визначити методичний підхід до створення та складові організаційно-технологічного моделювання і формування комплексної системи якості будівництва	Аналіз методичних підходів до формування системи якості у будівництві Формування етапів дослідження	Аналіз, синтез, евристичні методи	Нормативно-правове забезпечення якості будівництва Наукові праці у сфері забезпечення якості будівництва
Доповнити класифікацію та визначити фактори впливу на якість будівельних робіт на прикладі улаштування навісних фасадів	Опис технології улаштування НВФС та виявлення параметрів якості улаштування НВФС	Методи нечітких множин, Контрольні карти	Нормативно-правове забезпечення робіт із улаштування НВФС та якості будівництва Наукові праці у сфері забезпечення якості будівництва Дані із об'єктів м. Києва.

Кінець таблиці 2.1.

1.	2	3	4
4. Визначити шляхи удосконалення та формування комплексної системи якості будівництва в умовах цифровізації.	Рекомендації із формування баз даних щодо якісних параметрів будівництва та інтеграції їх у єдину цифрову модель	Аналіз, синтез	Параметри якості, розраховані на основі даних об'єктів м. Києва
Виявити вплив внутрішніх і зовнішніх чинників на якість будівельних робіт, створити організаційно-технологічні моделі управління якістю будівництва об'єкту .	Моделювання якості улаштування фасадних систем. Формування підходів до створення комплексної системи якості та внутрішнього забезпечення якості підрядника і замовника	Методи нечітких множин, евристичні моделі	Параметри якості, розраховані на основі даних об'єктів м. Києва
Впровадити отримані результати у практику, надати рекомендації щодо удосконалення діючої системи управління якістю при будівництві об'єктів у м. Києві	Застосування отриманих моделей у практичній діяльності будівельних підприємств Упровадження результатів дослідження в учбовий процес	Метод аналогій	Параметри якості, розраховані на основі даних об'єктів м. Києва

Розроблено автором

Створення покрокової методики, яка поєднуючи існуючий досвід управління, дозволить розробити комплексну систему управління якістю в умовах цифрової моделі об'єкту та формування переліку факторів, що вказують на відхилення якості улаштування навісних вентилязованих фасадних систем від проектних параметрів або впливають на ці параметри для подальшого аналізу та надання відповідних рекомендацій. (Розділ 2 дисертації). З огляду на значну кількість параметрів якості будівництва,

комплексна система формування якості може бути реалізована виключно у цифровому форматі.

Загальний рівень якості будівництва можна представити у вигляді інтегрального показника (Z):

$$Z = f(y_1; y_2; y_3 \dots y_n), \quad (2.1)$$

де $y_1 - y_n$ – змінні, що описують якість комплексних процесів при зведенні об'єкту, визначаються або у рамках інвестиційно-будівельного проекту, які у свою чергу залежать від якості окремих процесів та операцій ($x_1 - x_n$), що схематично представлено на рис. 2.1.

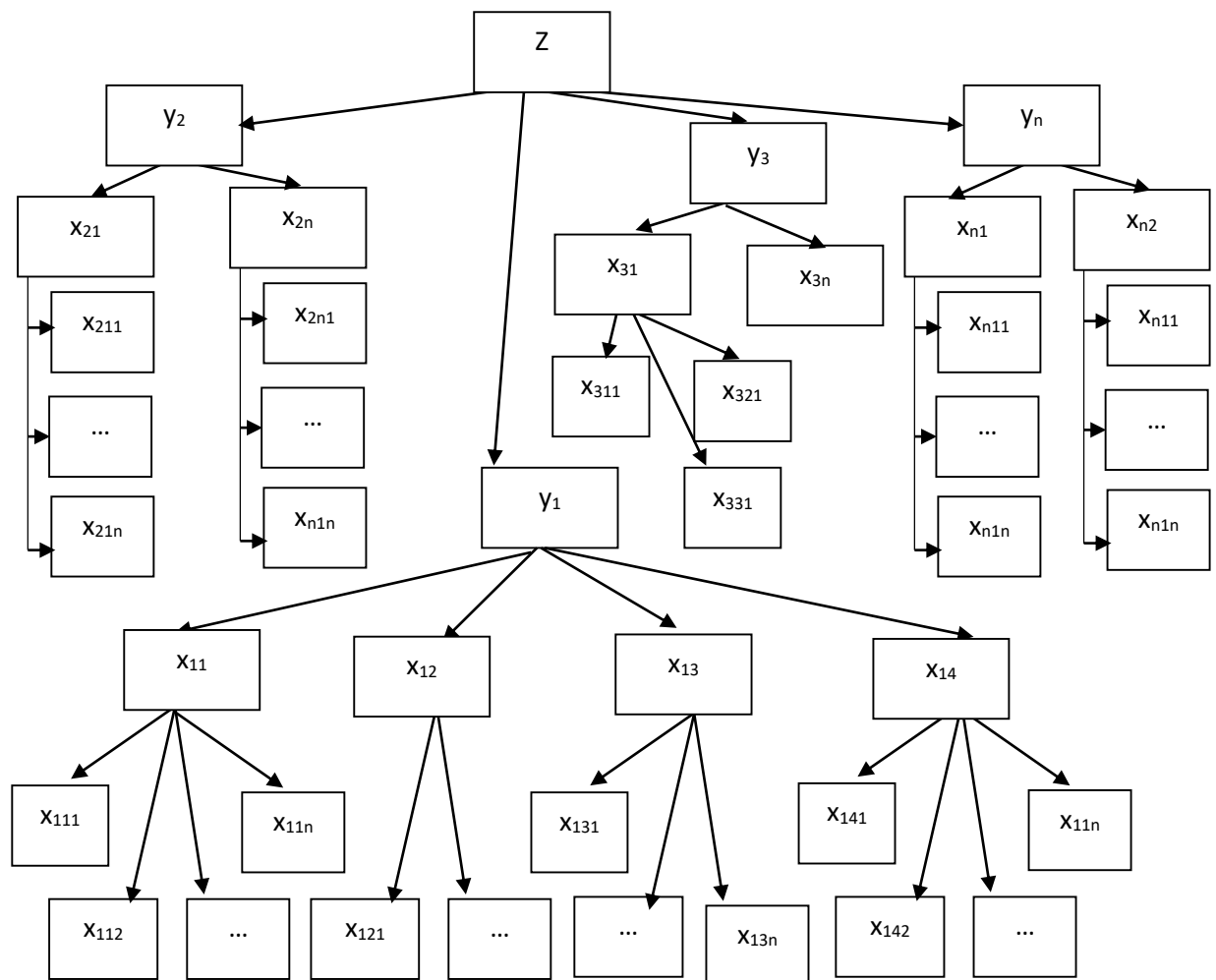


Рисунок 2.1 – Комплексна система формування і оцінювання якості будівництва об'єкту

Розроблено автором.

З огляду на значний обсяг розрахунків та трудомісткість реалізації комплексної системи формування і оцінювання якості будівництва, впровадження даного підходу пропонується здійснювати поетапно, накопичуючи дані щодо якості окремих будівельних робіт. У рамках даної дисертації, для реалізації запропонованого підходу до оцінювання якості обрано процес улаштування навісних вентилязованих фасадних систем (y), якість якого може розглядатись у розрізі конструктивних елементів як функція наступних чинників:

$$y = f(x_1; x_2; x_3; x_4) \quad (2.2)$$

де, x_1 - якість каркасу;

x_2 - якість утеплення;

x_3 - якість захисного екрану (зовнішнього облаштування);

x_4 - якість захисної мембрани, плівки, панелі;

Також функцію якості НВФС можна представити як залежність від показників кваліфікації персоналу (x_1), якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій (x_2), дотримання технології монтажу (x_3) та якості підготовчих процесів (x_4), які визначено як головні чинники дефектів протягом терміну експлуатації НВФС у роботах [25, 109, 110]:

$$y = f(x_1; x_2; x_3; x_4), \quad (2.3)$$

У свою чергу, кожна із окремих умов якості x_1 - x_4 у формулах 2.2 і 2.3 усієї навісної вентилязованої фасадної системи, залежить від низки підпорядкованих чинників (рис. 2.2.). Наприклад для утеплення такими факторами можуть бути: - вологість утеплювача;

- правильність кріплення;

- максимальний розмір щілин між плитами утеплювача;

- кількість кріплень на 1 м^2 або на плиту;

- товщина повітряного проміжку між утеплювачем і зовнішнім облицювальним шаром тощо.

Перелік локальних чинників якості для факторів x_1 - x_4 наведено у Додатку В.

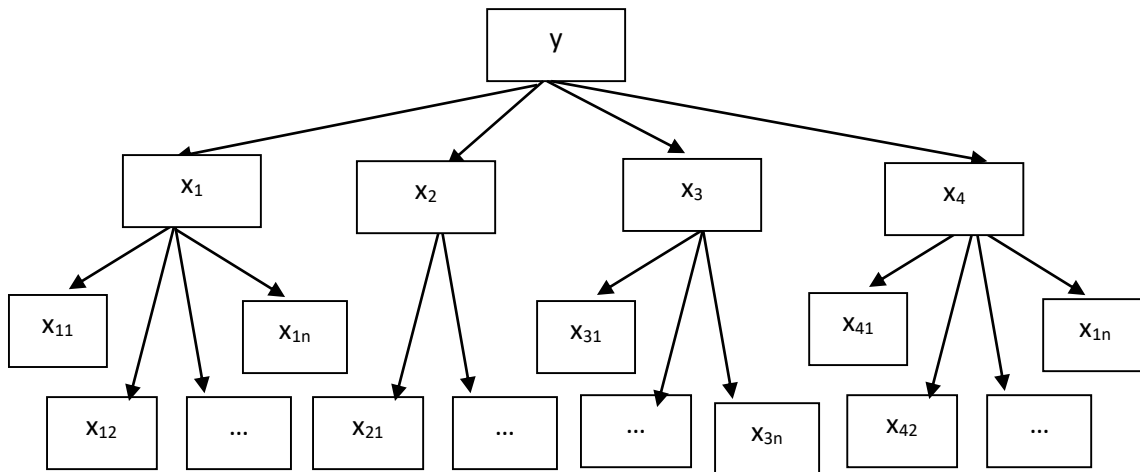


Рисунок 2.2 – Залежність якості улаштування НВФС від локальних чинників якості

Розроблено автором

Для виявлення впливу обраних параметрів на якість будівництва запропоновано використовувати метод нечіткого багатокритеріального аналізу.

У дисертації, за методичним підходом, який докладно описано у працях [111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123], пропонується визначати якість улаштування навісних вентилярованих фасадних систем як стан системи, можливий лише за умови досягнення таких чотирьох або трьох (у разі відсутності повітро- і волого захисної мембрани за проектом) умов:

$$\begin{aligned} \mu(y_1) &= (\mu_{\text{необх}}(x_{11}))^{\omega_1} \wedge (\mu_{\text{необх}}(x_{12}))^{\omega_2} \wedge (\mu_{\text{необх}}(x_{13}))^{\omega_3} \wedge (\mu_{\text{необх}}(x_{14}))^{\omega_4} \\ &\quad \updownarrow \\ \mu(y_1) &= \min((\mu_{\text{необх}}(x_{11}))^{\omega_1}; (\mu_{\text{необх}}(x_{12}))^{\omega_2}; (\mu_{\text{необх}}(x_{13}))^{\omega_3}; (\mu_{\text{необх}}(x_{14}))^{\omega_4}) \end{aligned} \quad (2.4)$$

де $\mu_{\text{необх}}(x_1)$ –необхідний рівень якості каркасу відповідно до вимог проектної і нормативної документації;

$\mu_{\text{необх}}(x_2)$ –необхідний рівень якості утеплювача відповідно до вимог проектної і нормативної документації;

$\mu_{\text{необх}}(x_3)$ – необхідний рівень якості облицювальної поверхні відповідно до вимог проектної і нормативної документації;

$\mu_{\text{необх}}(x_4)$ – необхідний рівень якості повітря і вологозахисної мембрани відповідно до вимог проектної і нормативної документації;

При цьому як «достатній рівень якості» визначається тільки за умови задоволення усіх чотирьох умов, які можуть бути рівнозначними, а можуть бути нерівнозначними між собою. Якість улаштування НВФС буде відповідати мінімальному значенню якості її складових елементів. Ступінь вагомості і значимості кожної із наведених вище умов якості улаштування навісних вентиляованих фасадних систем визначалась у роботі шляхом експертних опитувань, коли кожній із складових експертом надавався відповідний ранг, який відповідав важливості підсистеми для збереження експлуатаційних характеристик, закладених у проекті протягом життєвого циклу.

У результаті експертами визначено ранги для чотирьох індикаторів \bar{j} – ранг j -го індикатора - нечіткої множини, які ми визначили по результатах наступного упорядкування:

- $j_1=1$, оскільки більшість експертів визначили цей показник як пріоритетний для збереження якості усієї фасадної системи протягом заявленого у проекті терміну експлуатації;
- з огляду на важливість для навісних вентиляованих фасадних систем завдань щодо дотримання пожежної безпеки, більшість експертів визначили як рівні пріоритети для показників якості волого- і вітрозахисної мембрани та утеплювача яким надано однакові ранги, а тому $j_2=j_4=2,5$;
- індикатор якості зовнішнього облаштування отримав середній ранг від усіх експертів $j_3=4$.

У разі коли гідро- і вітрозахисна мембрана не використовується, у відповідності до проектних рішень, ранги індикаторів якості визначено наступним чином:

- $j_1=1$ - для показника якості каркасної системи
- $j_2=2$ - для показника якості утеплювача
- $j_3=3$ - для показника якості оздоблювального шару.

У разі необхідності уточнення рангів показників x_1 - x_4 для використання в умовах будівництва, пріоритетність показників може бути уточнена у відповідності до оцінюваних проектних рішень або визначена іншими методами.

Для обґрунтування вагових коефіцієнтів використано формулу Фішберна [124]:

$$\omega_j = \frac{2 \cdot (m - j + 1)}{m \cdot (m + 1)}, \quad (2.5)$$

де m – кількість правил, $m=4$ у першому випадку, $m=3$ – у другому;

\bar{j} – ранг j -го індикатора - нечіткої множини, які визначили по результатах експертних опитувань.

Значення показників вагомості кожної з умов, необхідних для досягнення якості, розраховані за (2.5). Зведено у табл.2.2 -2.3.

Таблиця 2.2 – Вагомість індикаторів якості НВФС за допомогою результуючої нечіткої множини у разі використання чотирьох факторної моделі

Індикатор для якого визначено терм «необхідний рівень якості»	Ваговий коефіцієнт-«концентратор» нечіткої множини-правила
Якість каркасної системи	$\omega_1 = \frac{2 \cdot (4 - 1 + 1)}{4 \cdot (4 + 1)} = 0,4$
Якість утеплення	$\omega_2 = \frac{2 \cdot (4 - 2,5 + 1)}{4 \cdot (4 + 1)} = 0,25$
Якість захисного екрану	$\omega_3 = \frac{2 \cdot (4 - 4 + 1)}{4 \cdot (4 + 1)} = 0,1$
Якість вітро- і вологозахисної мембрани	$\omega_4 = \frac{2 \cdot (4 - 2,5 + 1)}{4 \cdot (4 + 1)} = 0,25$
Сума вагових коефіцієнтів	$1=(0,4+0,25+0,1+0,25)$

Розраховано автором

Таблиця 2.3 – Вагомість індикаторів для визначення якості НВФС за допомогою результуючої нечіткої множини у разі використання трьох факторної моделі

Індикатор для якого визначено терм «необхідний рівень якості»	Ваговий коефіцієнт-«концентратор» нечіткої множини-правила
Якість каркасної системи	$\omega_1 = \frac{2 \cdot (3 - 1 + 1)}{3 \cdot (3 + 1)} = 0,5$
Якість утеплення	$\omega_2 = \frac{2 \cdot (3 - 2 + 1)}{3 \cdot (3 + 1)} = 0,33$
Якість захисного екрану	$\omega_3 = \frac{2 \cdot (3 - 3 + 1)}{3 \cdot (3 + 1)} = 0,17$
Сума вагових коефіцієнтів	$1=(0,5+0,33+0,17)$

Розраховано автором

2. Розробити систему організаційно-технологічних та управлінсько-математичних моделей забезпечення якості будівництва, а саме: модель виявлення впливів на якісні параметри будівництва зовнішніх чинників, організаційно-технологічні моделі забезпечення якості учасників будівництва та запропонувати шляхи інтеграції створеного інструментарію в комплексну систему якості будівництва яка має інтегруватись в єдину цифрову модель будівництва об'єкту (Розділ 3 дисертації).

2.1. *Модель виявлення впливів на якісні параметри будівництва зовнішніх чинників.* У відповідності до схеми формування якості НВФС (рис.2.2) засобами пакету прикладних програм Matlab Fuzzy Logic Toolbox за допомогою системи нечіткого виводу типу Сугено запропоновано створити систему нечіткого логічного висновку для оцінювання якості навісних вентиляованих фасадних систем, при цьому обом вхідним змінним задано по три функції належності типу bellmf (дзвоноподібна функція), яка має вигляд [125]:

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}}, \quad (2.6)$$

де $\mu(x)$ – міра належності x до деякої нечіткої множини;

a – коефіцієнт концентрації;

b – коефіцієнт крутизни функції $b > 0$;

c – координата максимуму функції належності.

3.2. Організаційно-технологічні моделі забезпечення якості учасників будівництва запропоновано створювати евристичним методом, основою якого є вивчення нормативних вимог до якості НВФС, опитування працівників будівельних підприємств та служб замовника, власний досвід роботи автора на будівельних підприємствах у якості інженера технічного нагляду.

4. Впровадити розроблені моделі у практику реалізацію будівельних проектів на прикладі улаштування навісних вентиляованих фасадних систем, а також розробити рекомендації щодо адаптації створених моделей для інших видів робіт (Розділ 4 дисертації).

2.2. Організаційно-технологічні рішення улаштування навісних вентиляованих фасадних систем житлових та громадських будівель

Останнім часом в українському будівництві спостерігається стійке збільшення використання навісних вентиляованих фасадних систем (НВФС). Такі рішення можливі як при новому будівництві об'єктів житлового та цивільного призначення, так і при реконструкції або капітальному ремонті вже існуючих.

Особливістю даної технології є те, що елементи оздоблення фасаду встановлюються на металевий каркас, який дозволяє зробити прошарок для повітря між стіною будівлі та шаром оздоблення, що завдяки циркулюючому повітрю дозволяє зменшити тепловтрати і вологість, але при цьому збільшуючи вимоги до забезпечення протипожежного захисту.

Сьогодні НВФС є системою, яка має універсальний характер, надає можливості для архітекторів і дизайнерів втілювати нестандартні або просто

цікаві архітектурні рішення, може використовуватись як у житловому, так і у громадському будівництві, але при цьому має досить великий рівень складності, що висуває високі вимоги до контролю і забезпечення якості даного виду робіт.

Конструкції НВФС відрізняються між собою за матеріалом несучих елементів, конструктивною схемою, способом кріплення елементів каркасу між собою, матеріалом облицювання, способом кріплення облицювання до елементів каркасу.

Найпоширенішими матеріалами оздоблення фасаду є скло (прозорі), керамічні або металеві (непрозорі) або фотоелектричні модулі. У країнах із теплим кліматом популярності набули скляні фасадні системи [126], які як правило мають вищу кошторисну та експлуатаційну вартість, ніж непрозорі навісні фасадні вентилязовані системи [127]. Крім того, непрозорий вентиляований фасад як правило має меншу вартість, ніж скляний [128].

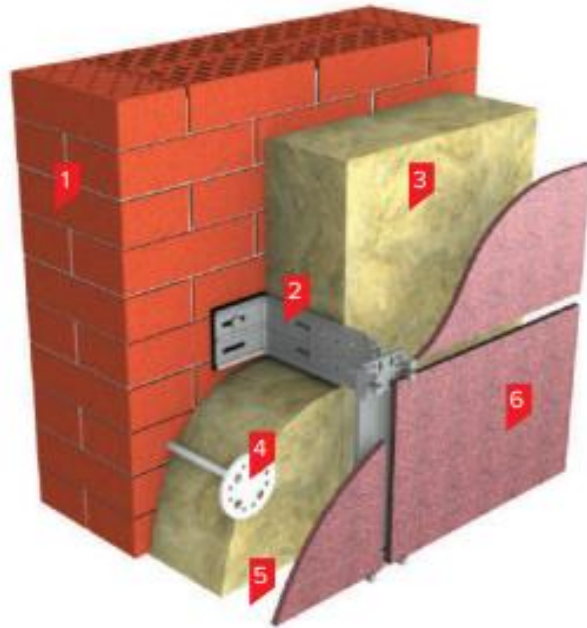
Виробництво та приймання робіт з влаштування НВФС слід здійснювати в відповідно до вимог, викладених у ряді нормативно-технічних документів, серед яких основними є: Постанова Кабінету Міністрів України від ід 23 травня 2011 р. № 553 «Про затвердження Порядку здійснення державного архітектурно-будівельного контролю» [129], ДБН А.3.1.-5-2016. «Організація будівельного виробництва» [130], ДБН А.2.2-1-2003. «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)» [131], ДБН А.2.2-3:2012. «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва» [132], ДБН А.2.2-3-2014. «Склад та зміст проектної документації на будівництво» [133], ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування» [134], ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. [135], ДСТУ Б В.2.6-35:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами із вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні

умови» [136], ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [137], ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 «Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд (СНиП 3.04.01-87, MOD)» [138], ДСТУ Б EN 13830:2014 «Фасади навісні. Технічні умови» (EN 13830:2003, IDT), ДСТУ-Н Б ETAG 0172:013 «Настанова із європейського технічного ухвалення комплектів ізоляції, Збірні системи для зовнішньої ізоляції стін (ETAG 017:2005, IDT) з дотриманням правил безпеки праці у будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) [139], ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [140] та ін.

Системи вентильованих фасадів є багатошаровою складною конструкцією (рис.2.3), елементами якої є:

1. *Каркас*. Він кріпиться до стіни та слугує опорою для конструкції НВФС. Може виготовлятися із алюмінію, оцинкованої або нержавіючої сталі [141].
2. *Ізоляція*. Зменшує тепловіддачу будівлі, захищаючи від холоду або жару та вітру.
3. *Повітряний проміжок*. призначений для циркуляції повітря. Він сприяє постійній вентиляції у системі, який забезпечує зменшення вологості, додатково зменшуючи теплопровідність.
4. *Зовнішнє оздоблення*. Захищає інші шари вентильованого фасаду від впливу зовнішніх умов.

Існує декілька підходів до класифікації НВФС, які втім не дуже відрізняються між собою. Так, у статті [142] вентильовані фасади класифікуються за кількома критеріями, такими як вид конструктивних елементів, зовнішнього оздоблення, перегородка порожнини або режими вентиляції.

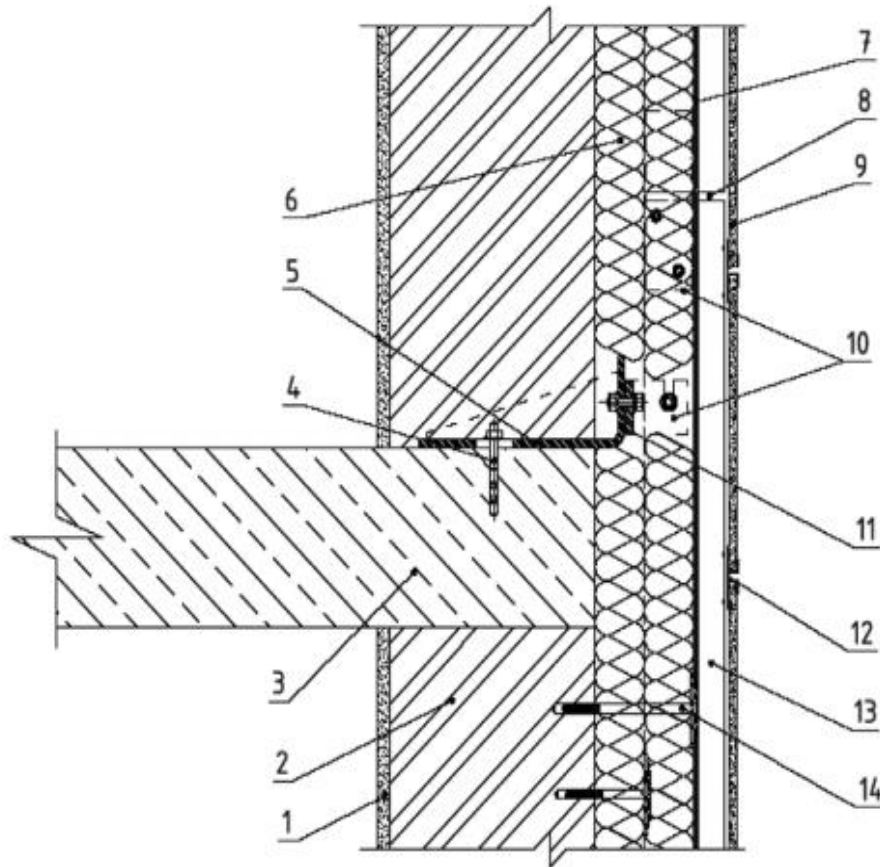


Умовні позначення: 1. Несуча/самонесуча частина стін; 2. Несуча підсистема; 3. Кам'яна вата; 4. Тарілчастий фасадний анкер; 5. Вентильований зазор; 6. Облицювальні панелі

Рисунок 2.3 – Загальна схема улаштування НВФС [143, с.5]

Відповідно до [172, п. 3.6], НВФС розрізняються за: «матеріалом несучих елементів, конструктивною схемою (вертикальне, горизонтальне або вертикально-горизонтальне положення), способом кріплення напрямних та кронштейнів між собою, матеріалом облицювання (натуральний камінь, керамограніт, алюмокомпозитні панелі та ін.), способом кріплення елементів облицювання до напрямних.

Найбільш повна класифікація наведено у ДСТУ Б В.2.6-34:2008 [135], де розподіл збірних систем вентильованих фасадів здійснюється за класами «В» - конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами (рис.2.4) і «Г» - конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами (рис. 2.5), а кожен із класів окремо поділяється за багатьма ознаками.

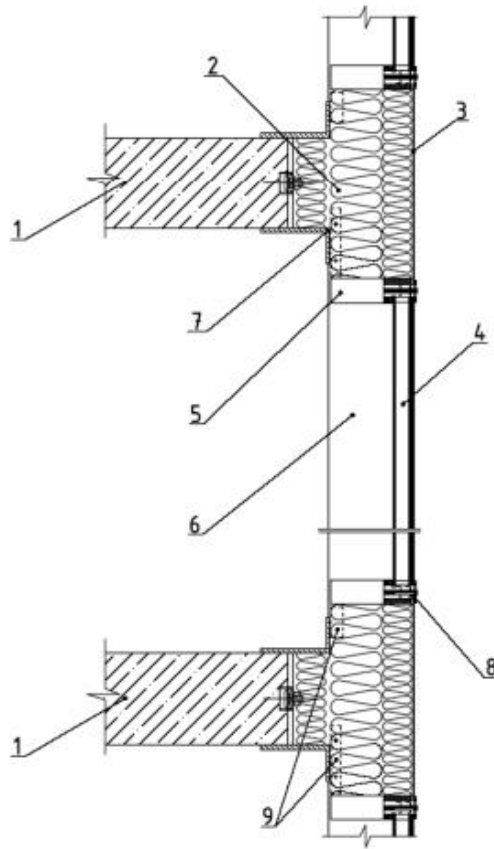


Умовні позначення: 1 – внутрішня штукатурка; 2 – несуча частина стіни; 3 – залізобетонна плита перекриття; 4 – анкер клиновий; 5 – кронштейн; 6 – шар теплової ізоляції; 7 – вітрозахисна мембрана; 8 – повітряний прошарок; 9 – облицювальні елементи; 10 – з'єднувальні елементи; 11 – прокладка; 12 – кляммер; 13 – стояк; 14 – елемент механічного кріплення утеплення.

Рисунок 2.4 – Одна із конструктивних схем зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з вентиляльованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами [ДБН А.2.6-33:2018, с.15]

У ДСТУ Б В.2.6-34:2008 НВФС класифікують за : «За сприйняттям стіною навантажень в конструктивній схемі будинку (несучі, самонесучі, навісні), за матеріалом стіни (цегла, монолітний або збірний залізобетон, керамзитобетон, бетонні блоки), за матеріалом теплоізоляційного шару (базальтової вати, скляного штапельного волокна, а також для фасадів класу «Г» - плит із спінених полімерних матеріалів, блоків із легких бетонів, склопакетів з подвійним склінням тощо), за матеріалом повітрозахисного

шару (мембранна плівка, волокнистий матеріал із гідрофобною поверхнею), за матеріалом кріпильного каркаса (алюмінієвий, сталевий, нержавіюча сталь), за конструктивним виконанням шару теплоізоляції (одно- і двошарова)».



Умовні позначення: 1 – плита перекриття; 2 – шар теплової ізоляції; 3 – облицювальні елементи із світлопрозорого скла; 4 – склопакети; 5, 6 – елементи несучого каркасу; 7 – кронштейн; 8 – елементи кріплення; 9 – з'єднувальні елементи.

Рисунок 2.5 – Одна із конструктивних схем зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням прозорими елементами [ДБН А.2.6-33:2018, с.18]

Фасади класу «Г» ще додатково класифікують за конструктивним рішенням та технологією скління (стояково-ригельні з рамним склінням, зі структурним, напівструктурним, спайдерним склінням, з подвійним фасадом), матеріалом непрозорих ділянок стін (тришарові панелі з металевою обшивкою, плити з базальтової вати або скловолкна, плити або блоки з легких або ніздрюватих бетонів, спінених полімерних матеріалів), кількістю

шарів скла (одно – , дво – та тришарові), видом заповнення прошарку між шарами скла (повітря, аргон, кріптон, суміш газів).

Отже загальними конструктивними елементами для всіх навісних вентиляованих фасадних систем (НВФС), якість яких повинна забезпечуватись у процесі будівництва є:

- кронштейни, направляючі рейки, елементи кріплення та рама (елементи каркасу);
- теплоізоляційний шар;
- повітряний прошарок;
- зовнішнє облицювання;
- елементи примикання системи до конструкцій будівлі.

Традиційний метод зведення НВФС полягає у по елементному складанні систем на площині фасаду, що передбачає наявність великої кількості технологічно-складних робочих операцій, які вимагають інструментального та візуального контролю якості.

Типова технологічна послідовність улаштування НВФС є наступною [144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161]:

1. *До стіни будівлі кріпляться кронштейни.* Кріплення здійснюється анкерами або дюбелями в залежності від типу матеріалів стін (рис. 2.6). Для вирівнювання поверхні фасаду, кронштейни складаються із двох частин: нерухома частина, що кріпиться до стіни через термоізолюючу прокладку, та рухома – на неї монтується вертикальний профіль. Рухома частина дозволяє компенсувати нерівність стін будівлі, які ніколи не бувають ідеально рівними і забезпечити відповідність вертикальних направляючих проектним відміткам з метою отримання дійсно вертикальної поверхні.

Вибір довжини кронштейнів залежить від двох параметрів: нерівності або виступи на стінах та проектна товщина шару утеплення.



Рисунок 2.6 – Установка кронштейнів

У відповідності зі складальними кресленням здійснюються наступні основні технологічні операції: проводиться розмітка місць установки несучих кронштейнів, виконуються свердління отворів в несучій конструкції, виконується продувка отворів і монтаж анкерів; встановлюються термоізоляційні підкладки, монтується несучі кронштейни, перевіряється якість кріплення кронштейнів, при необхідності кріплення підтягуються.

2. *Другий етап – влаштування теплоізоляції (рис.2.7) та пароізоляції (рис.2.8).*



Рисунок 2.7 – Улаштування теплоізоляції

Установка утеплювача здійснюється поверх кронштейнів за наступною послідовністю: плити утеплювача розрізають і місцях проходження кронштейнів і через ці отвори вішають на стіну, потім кожна плита кріпиться на тарілчасті дюбелі, кількість яких має відповідати проекту. Плити навішують в шаховому порядку горизонтально поруч одна із одною таким чином, щоб між ними не було наскрізних щілин. Може застосовуватись одно-

або двошарове утеплення. При здійсненні двошарового утеплення має бути забезпечена розбіжність швів між плитами утеплювача зовнішнього (другого) та внутрішнього (першого) шарів.

Улаштування теплоізоляції складається з наступних операцій: навішування на стіну через прорізи для кронштейнів плит утеплювача (у плиті утеплювача робиться розріз), свердління через утеплювач отворів у стіні для тарілчастих дюбелів, встановлення дюбелів.

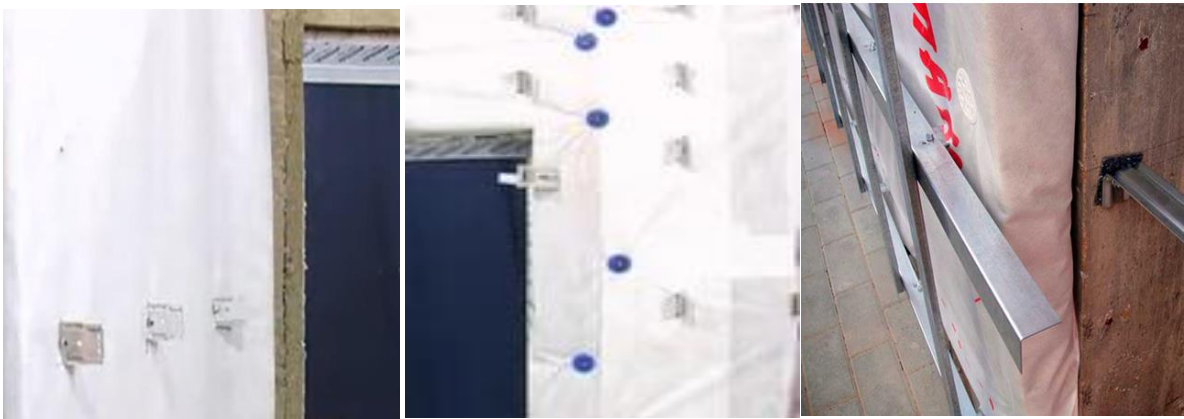


Рисунок 2.8 – Улаштування захисної мембрани

Наявність або відсутність у конструкції НФС вітро-, паро- і гідрозахисної мембрани, плівки, склотканини, твердих волокнистих плит або інших захисних шарів визначається за проектом з урахуванням вимог, що висуваються до конструкції НВФС. Прямо крізь плівку, утеплювач кріпиться до поверхні стіни, завдяки чому відбувається кріплення і мембрани.

Зверху та збоку захисна мембрана або плівка підгинається між утеплювачем та стінкою. У місці стикування рулонів нижній шар заходить під верхній, щоб виключити попадання конденсату всередину утеплювача.

Наразі ряд виробників випускають конструкторський утеплювач, який виготовляється вже на заводі зі склотканиною (рис.2.9). Зовнішній шар в даному випадку виконує такі ж функції, як і мембрана, тобто він захищає утеплювач від зовнішніх впливів – вітру та вологи. При використанні такого типу утеплювача необхідність в мембрані відпадає, що значно спрощує монтаж [162, 163].



Рисунок 2.9 – Конструдований утеплювач (темна поверхня – склотканина, яка захищає утеплювач від зовнішніх впливів)

3. *Наступний етап – монтаж направляючих* (рис. 2.10), на які монтується зовнішнє облицювання. Направляючі є основою несучої конструкції вентиляваного фасаду. Кріплення направляючих здійснюється до рухомої частини кронштейну кріпильними елементами. Після того, як направляючі на фасаді вирівняні і виставлені і проектне положення, кронштейни фіксують в області рухомого елемента. Фіксація проводиться саморізами або заклепками.



Рисунок 2.10 – Монтаж направляючих

З'єднання направляючих виконується на кронштейні, але нижня направляюча кріпиться жорстко, а верхня – на заклепку, що дозволяє конструктивному елементу подовжуватись або скорочуватись при зміні температури зовнішнього повітря (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Монтаж направляючих

Під час монтажу вирівнюють зовнішню поверхню облицювання у вертикальному або горизонтальному напрямках за допомогою рухомих елементів каркасу (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Вирівнювання площини фасаду у вертикальному і горизонтальному напрямках [164]

Монтаж облицювання залежить від типу облицювання, передбаченого проектом. Залежно від використаних матеріалів можна виділити наступні види вентильованих фасадів будівель: керамогранітні плити, кам'яні або цегляні, із металевих або алюмінієвих касет, фіброцементних панелей тощо.

Наприклад для фасаду з керамограніту розмічають отвори і свердлять їх під кляймери, встановлюють облицювальну плиту [165].

2.3. Фактори впливу на якість влаштування НВФС та контроль їх параметрів як інформаційна основа дослідження.

На кожному із етапів влаштування вентилязованого фасаду обов'язковий контроль якості, оскільки ряд учених зазначають, що не дивлячись на нормативний термін експлуатації для різних типів систем у 20-50 років, багато нових будівель потребують ремонту або усунення дефектів протягом перших років експлуатації, що свідчить про помилки монтажу, незабезпечення відповідності та достатнього рівня якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій [166].

Уникнути таких ситуацій допоможе комплексний контроль якості на усіх етапах виконання робіт, виявлення основних дефектів навісних фасадних вентилязованих систем, які виникають протягом експлуатації будівель і споруд, виявлення чинників, що впливають на їх виникнення та розробки заходів із забезпечення проектного рівня якості протягом життєвого циклу об'єкту будівництва. При цьому формування комплексної системи якості будівництва повинно здійснюватися поетапно і відповідно до етапів виконуваних будівельних робіт у розрізі окремих операцій, а також накопичування інформації про їх параметри та використання у подальшій діяльності.

Сьогодні дослідниками визначено ряд дефектів і пошкоджень навісних вентилязованих фасадних систем, які викликані різними причинами [167, 168, 169] – це і наявність на ринку систем, які не пройшли повну оцінку технічної придатності, низький рівень кваліфікації працівників, недостатня деталізація при складанні технічного завдання та іншої організаційно-технологічної документації для проведення тендеру. Так, у статті [170] зазначаються дефекти, які виникають по причині низької кваліфікації робітників, а саме:

- «відсутність температурних розривів у несучому профілі;
- збільшення кроку при влаштуванні кронштейнів;
- відсутність жорсткої системи кріплення фасаду у кутовій зоні;
- відсутність жорсткого кріплення несучого профілю до опорних кронштейнів.

- неприпустимі зазори між плитами утеплювача (містки холоду);
- недостатній перехльост шарів утеплювача (менше 100 мм);
- недостатнє кріплення теплоізоляційного шару до стіни (як наслідок відсутність обов'язкового вентиляційного зазору в системі)», а також дефекти, причинами яких є низька кість матеріалів:

- «заміна кляммерного з'єднання з корозійностійкої сталі на кляммер з оцинкованої сталі;

- заміна алюмінієвих заклепок або заклепок з нержавіючої сталі на оцинковані сталеві самонарізні шурупи (саморізи). У такому разі підвищується ризик утворення електрохімічної корозії різних за своїм складом металів;

- застосування в конструкціях навісних фасадів комплектуючих з різних систем».

Основні дефекти та пошкодження, які виникають при експлуатації НВФС детально проаналізовано у праці [167]. Так, під час експлуатації основним дефектом каркасу є корозія його елементів (викликана використанням несертифікованих виробів, відсутністю або недостатністю захисного покриття, впливу агресивних середовищ, особливо у великих містах, надмірна вологість внаслідок недостатньої вентиляції), для утеплювача характерними дефектами є деформація, відставання від поверхні стіни, неоднорідність теплотехнічних характеристик, надмірна вологість або замокання, поява плісняви і грибка, горючість (викликаються використанням несертифікованих матеріалів, проникнення води через щілини облицювання, відсутність або невідповідність розмірів повітряного проміжку, дефекти монтажу, порушення технологічної послідовності виконання робіт, наприклад відсутність покрівлі над НВФС), для повітро- і гідрозахисної мембрани дефектами є порушення цілісності, механічні пошкодження, відсутність мембрани взагалі, для зовнішнього облаштування – в основному механічні пошкодження поверхні, порушення цілісності.

Виходячи із структури забезпечення якості улаштування НВФС (рис.2.2), визначимо перелік параметрів, які мають підлягати контролю для забезпечення якості окремих конструктивних елементів (табл. 2. 4- 2.6).

Таблиця 2.4 – Склад операцій і засоби контролю улаштування каркасу НВФС

Етап робіт	Контрольні операції	Контроль (метод, обсяг)	Документація
Підготовчі роботи	Перевірити: - наявність документів про якість матеріалів; - нерівність поверхні стін; - несуча здатність поверхні стін - точність геометричних параметрів кріпильних елементів, їх зовнішній вигляд; - наявність акту огляду (приймання) на раніше виконані роботи; - очищення основи від бруду, снігу, обледеніння. - наявність розмітки.	Візуальний Вимірювальний Вимірювальний Візуальний Візуальний Візуальний Вимірювальний	Паспорти, сертифікати, журнал будівельних робіт
Монтажні роботи	Контролювати: - встановлення кріпильних елементів у проектне положення (відхилення від вертикалі, зміщення різницю відміток); - виконання з'єднань.	Вимірювальний Технічний огляд	Журнал виконання робіт
Приймання виконаних робіт	Перевірити: - Фактичне положення змонтованих елементів;	Вимірювальний, Кожен елемент Технічний огляд	Акт огляду прихованих робіт, акт приймання виконаних робіт
Контрольно-вимірювальні інструменти: рулетка, лінійка вимірювальна, висок будівельний			
Вхідний та операційний контроль здійснюють: майстер (виконроб) - у процесі робіт. Приймальний контроль здійснюють: працівники служби якості, майстер (виконроб), представники технагляду замовника.			

Розроблено автором за матеріалами [171, 172] та технологічних карт на улаштування НВФС на об'єктах м. Києва.

Таблиця 2.5 – Склад операцій і засоби контролю улаштування утеплення і повітрозахисної мембрани у складі НВФС

Етап робіт	Контрольні операції	Контроль (метод, обсяг)	Документація
Підготовчі роботи	Перевірити: - наявність документа про якість на теплоізоляційні матеріали та мембрану; - наявність актів огляду (приймання) на раніше виконані роботи; - геометричні і інші параметри матеріалів, їх зовнішній вигляд; - очищення основи від бруду, снігу, обледеніння.	Візуальний Візуальний Візуальний Вимірювальний Візуальний	Паспорти, сертифікати, журнал будівельних робіт
Влаштування теплоізоляції	Контролювати: - Чистоту і просушування поверхні, вологість основи; - Ширину швів між плитами, блоками, виробами; - Товщину покриття ізоляції; - відхилення площини ізоляції від заданого ухилу; - рівність поверхні ізоляції. - кількість кріплень; - якість улаштування кріплень; - нахльост швів ізоляції; - накладання мембрани	Візуальний, Вимірювальний, не менше 5 вимірювань на кожні 50-70 м ² поверхні покриття Те саме Те саме Те саме візуальний Вимірювальний Візуальний Вимірювальний	Журнал виконання робіт
Приймання виконаних робіт	Перевірити: - дотримання заданих товщин, площин, позначок та ухилів; - якість поверхні ізоляції	Технічний огляд, вимірювальний	Акт огляду (приймання) виконаних робіт
Контрольно-вимірювальний інструмент: лінійка, рулетка, рівень, двометрова рейка, вологомір			
Вхідний та операційний контроль здійснюють: майстер (виконроб), інженер (лаборант) - у процесі робіт. Приймальний контроль здійснюють: працівники служби якості, майстер (виконроб), представники технагляду замовника.			

Розроблено автором за матеріалами [171, 172] та технологічних карт на улаштування НВФС на об'єктах м. Києва.

Таблиця 2.6 – Склад операцій і засоби контролю улаштування зовнішнього облицювання НВФС

Етап робіт	Контрольні операції	Контроль (метод, обсяг)	Документація
Підготовчі роботи	Перевірити: - Наявність документа про якість облицювання; - точність геометричних параметрів, їх зовнішній вигляд; - відповідність кольорової гама панелей проектним вимогам; - сортування (форму та розміри плит) та обрізання плит; - встановлення та закріплення елементів каркасу	Візуальний Вимірювальний Візуальний, вимірювальний Візуальний Те саме - » -	Паспорти (сертифікати), акт огляду прихованих робіт, загальний журнал робіт
Установка плит	Контролювати: - щільність примикання плит один до одного, ширину швів; - надійність кріплення плит до елементів каркасу; - рівність поверхні; - однорідність малюнка; - дотримання вимог проекту, якість примикання до прорізів та інших елементів (відсутність сколів, щілин).	Візуальний Вимірювальний	Загальний журнал робіт
Приймання виконаних робіт	Перевірити: - надійність кріплення плит до каркаса; - рівність поверхні по всій площі; - Однорідність малюнка; - Якість виконання примикань; - прямолінійність та ширину зазорів між елементами	Технічний огляд Візуальний Вимірювальний	Акт приймання виконаних робіт
Контрольно-вимірювальний інструмент: рулетка металева, лінійка металева, рівень гнучкий водяний, рейка двометрова, шнур розмічальний.			
Операційний контроль здійснюють: майстер (виконроб), інженер (лаборант) - у процесі виконання робіт. Приймальний контроль здійснюють: працівники служби якості, майстер (виконроб), представники технагляду замовника..			

Розроблено автором за матеріалами [171, 172] та технологічних карт на улаштування НВФС на об'єктах м. Києва.

Визначені у табл. 2.4-2.6 операції із контролю якості елементів НВФС можуть слугувати основою для моделювання та виявлення чинників зменшення якості улаштування навісних вентилятованих фасадних систем.

2.4. Концептуальна модель формування єдиної бази даних щодо параметрів якості будівництва на усіх етапах інвестиційно-будівельного циклу

В умовах цифрової трансформації більшості процесів на будівельному майданчику і поза ним, учасникам будівництва необхідним є сучасний інформаційно-аналітичний інструментарій управління якістю будівництва, який дозволить інтегрувати систему збору і обробки інформації, її аналізу в існуючі цифрові моделі будівництва об'єктів із метою накопичення даних, їх аналізу, корегування проектних та організаційно-технологічних рішень у ході будівництва.

Запропоновано концептуальний підхід до побудови єдиної бази даних у рамках системи адміністрування будівельного об'єкту, яка має складатись із системи збору і накопичення інформації від виконавців будівельних робіт, системи централізованої обробки інформації, системи управління якістю «за відхиленнями» від проектних параметрів (рис.2. 13), яка має стати складовою системи формування якості будівництва об'єкту (СФЯБО), інтегрованою у єдиний адміністративно-управлінський цифровий простір на основі інформаційної моделі будівлі (ВІМ-моделі об'єкту).

Відхилення пропонується визначати за допомогою широко відомого і визнаного у всьому світі інструментарію – контрольних карт, вибір яких здійснюється у залежності від періодичності, мети та засобів контролю якості.

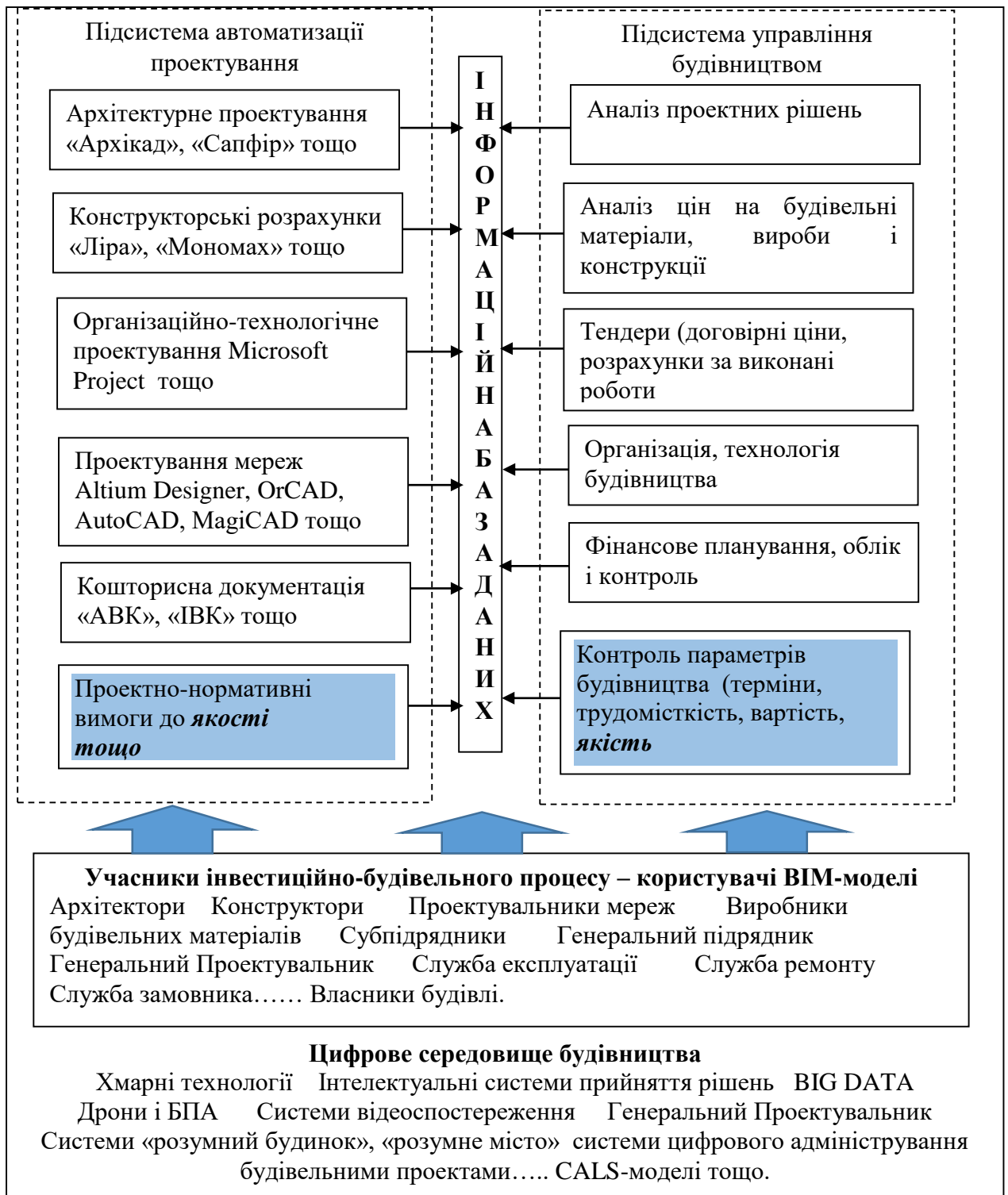


Рисунок 2.13 – Місце системи формування якістю у цифровому середовищі будівництва

Розроблено автором на основі [173]

Система базується на визначенні відхилень від проектних параметрів за показниками або картами якості, які входять до складу технологічної карти

заведення навісних вентилязованих фасадних систем, що визначаються із заданою точністю на основі сформованої для забезпечення цієї точності вибірки або нормативних вимог відповідно проекту.

Запропоновано в основу системи формування якості будівництва (СФЯБ) покласти два базових елементи (рис.2.14):

- підсистема накопичення інформації (ПНІ) реалізується як типова база даних, може зберігатись на електронних носіях або у «хмарі», має легко інтегруватись у різні види цифрових моделей будівництва. Учасники будівництва, у залежності від наданих їм прав доступу можуть проводити не тільки збирання і накопичення інформації про параметри якості, але і перевіряти цю інформацію або результативність управлінських рішень щодо удосконалення якості будівництва;

- підсистема управління якістю (ПУЯ) дозволяє проводити аналіз відхилень параметрів якості, оцінювати їх критичність для загальної якості протягом життєвого циклу об'єкта, контролювати параметри за допомогою вбудованої можливості будувати контрольні карти будь-якого процесу, здійснювати корегування параметрів будівництва).



Рисунок 2.14 – Складові системи формування якості будівництва в умовах цифровізації

Розроблено автором

Система формування якості будівництва може будуватись як:

- частина цифрової інформаційної моделі будівництва (BIM-моделі);
- внутрішньої системи забезпечення якості підрядника;

- частини системи адміністрування будівельним проектом службою замовника або генерального підрядника;
- складовою цифрової моделі управління, яка забезпечується службою інженера-консультанта у частині забезпечення якості будівництва;
- основою для розробки єдиних проектно-конструктивних рішень для постачальників будівельних матеріалів, виробів і конструкцій;

Основним завданням системи управління якістю є визначення критичних відхилень параметрів будівництва, які можуть вплинути на якість, а також нейтралізація, усунення, компенсація цих впливів у процесі оперативного управління. В ідеалі це має відбуватись у процесі виконання підготовчих або виробничих операцій протягом робочої зміни.

Загальна схема роботи ПНІ зображена на рис 2.15.

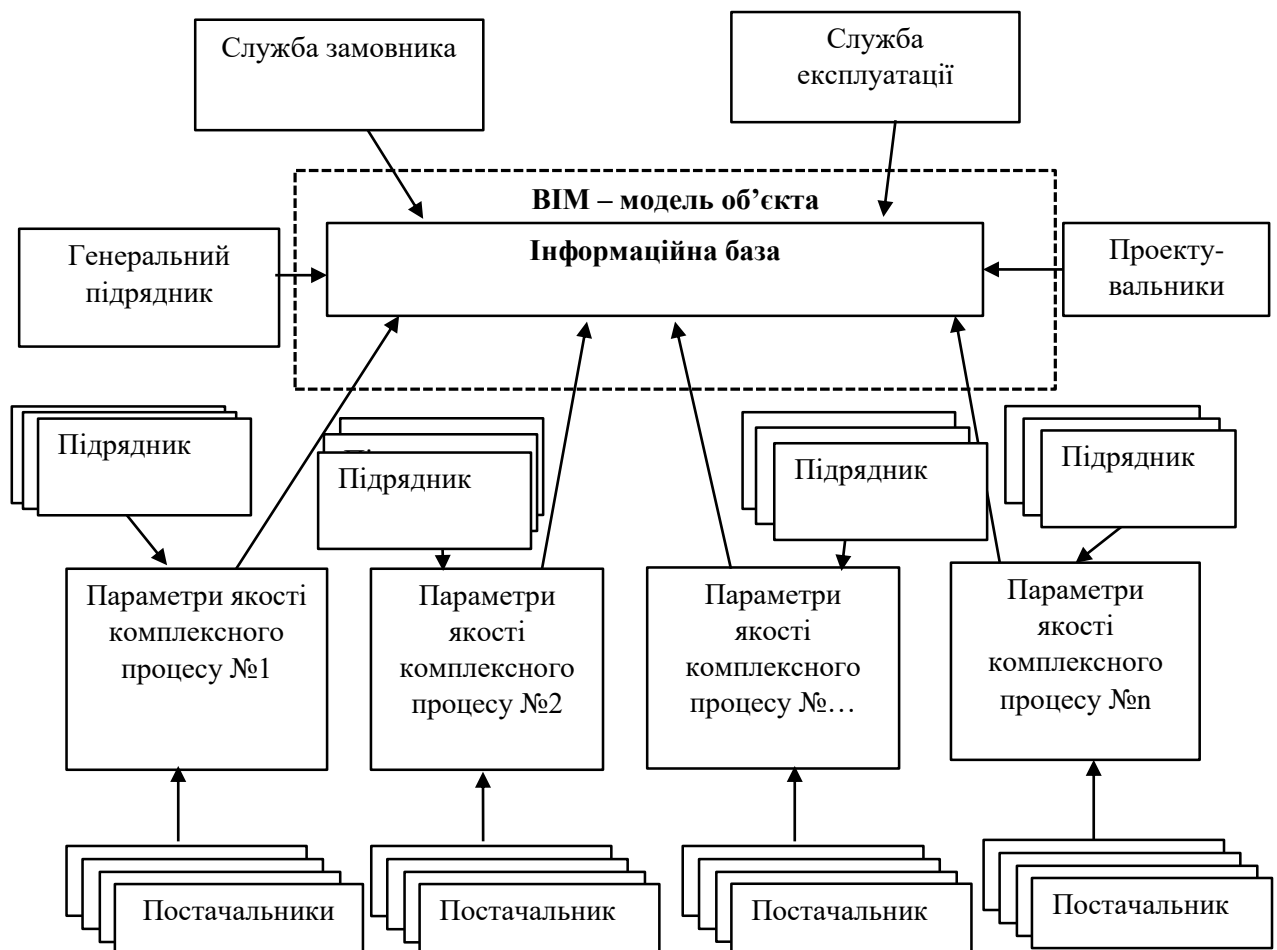


Рис 2.15. Схема роботи підсистеми накопичення інформації СФЯБ.

Розроблено автором

Це багаторівнева система в якій потік даних формується за рахунок вхідної інформації з місця виконання будівельних робіт окремими підрядниками, які виконують вхідний контроль будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, операційний контроль будівельних процесів. Для усіх учасників діють аналогічні правила взаємодії, алгоритми роботи та структури даних, тільки рівні допуску до інформаційної бази можуть відрізнятись.

Запропонована схема роботи:

- *підрядними підприємствами* фіксуються порушення параметрів якості у ході виконання робіт, дані про існуючі порушення і відхилення заносяться у єдину базу даних будівельного об'єкту, фіксуються дані про якість будівельних матеріалів, виробів і конструкцій за результатами вхідного, операційного контролю якості, а також про якість будівельного процесу. Контрольні параметри визначаються для кожного будівельного процесу за даними схем операційного контролю якості у складі технологічних карт, нормативними вимогами, вимогами замовника, які викладено у договорах на виконання робіт тощо. Кожен підрядним має можливість здійснювати аналіз і контроль інформації про якість будівництва у межах наданих йому розпорядником бази даних (найчастіше служба замовника) інформації;
- *генеральний підрядник*, маючи доступ до загальної бази даних якості у межах будівельного проекту здійснює контроль ходу будівельного процесу, інтегральне оцінювання якості будівельних процесів у ході будівництва об'єкту;
- *генеральний проектувальник* на основі існуючої інформаційної бази здійснює контроль узгодження і корегування проектної документації, аналіз використовуваних проектних рішень з точки зору забезпечення якості протягом життєвого циклу об'єкту;
- *проектувальники*, крім узгодження і корегування проектної документації, мають можливість накопичувати і аналізувати інформацію про існуючі проектні рішення, фактичний термін їх

експлуатації, виявляти причини і чинники зменшення заявленого терміну експлуатації конструктивних елементів тощо.

- *служба замовника* здійснює організацію формування, заповнення та обслуговування інформаційної бази даних на основі якої формується в узагальненому вигляді інформація про якість окремих конструктивних і організаційно-технологічних рішень. За її погодженням цю функцію може бути делеговано генеральному підряднику, інженеру-консультанту або іншим учасникам інвестиційно-будівельно го процесу на основі договору про надання послуг.

Наступним етапом формування системи якості будівництва в умовах цифрової трансформації є аналіз відхилень, який пропонується здійснювати за допомогою контрольних карт.

Перед тим як удосконалювати бізнес-процеси, які здійснюються у межах зведення окремих будов або об'єктів, потрібно перш за все визначити чи мають відхилення параметрів якості керований або некерований характер. Якщо варіації відхилень названих параметрів не виходять за межі статистичної керованості, то удосконалення процесу може здійснюватися у рамках звичайної діяльності виконавців окремих видів будівельних робіт. Якщо процес має некерований стан, то перш за все необхідно виявити причини відхилень, фактори впливу на процес і вже потім приймати рішення щодо усунення або запобігання негативним впливам.

Одним із найбільш ефективних інструментів виявлення некерованих відхилень є карти Шухарта [174] (у випадку відсутності варіації між параметрами процесу) і Хотелінга (у випадку наявності варіації між параметрами процесу), які відносять до методів статистичного управління процесами (SPC). Контрольні карти дозволяють здійснювати постійний контроль і оцінку відхилень параметрів від планового рівня. Вони можуть застосовуватися на підприємствах, як запобіжні заходи виробництва неякісної продукції, що в цілому забезпечує статистичне управління якістю продукції і

процесами на стадіях виробництва, не вимагає контрольних перевірок і виключає випуск браку [175].

Наразі існує велика кількість карт, призначених для контролю за різними ознаками. Усі контрольні карти Шухарта можна розділити на дві великі групи у залежності від призначення [174]:

1. Контрольні карти на основі статистичних оцінок. До них віднесені контрольні карти для регулювання за кількісними ознаками (контрольна карта для середніх значень і розмаху - $(\bar{x}-R)$, контрольна карта для медіани і розмаху - $(\bar{X}-R)$, контрольна карта для окремих значень вимірюваних величин - (x)); контрольні карти для регулювання за якісними ознаками (контрольна карта для частки дефектних виробів, контрольна карта для числа дефектних виробів, контрольна карта для числа дефектів - з-карта, контрольна карта для числа дефектів, припадають на одиницю виробу - u-карта); інші види контрольних карт (Контрольна карта, що використовує граничні значення допуску, контрольна карта для середніх значень і середніх квадратичних відхилень, контрольна карта для крайніх значень, контрольна карта для змінного середнього і змінного розмаху).

2. Контрольні карти в залежності від сфери застосування: контрольні карти для регулювання технологічних процесів і контрольні карти для аналізу технологічних процесів.

Контрольні карти є широко розповсюдженим інструментом контролю якості продукції, який добре зарекомендував себе на практиці та підтверджує свою користь вже майже сторіччя. Використання контрольних карт для контролю якості процесів будівництва, починаючи від традиційних сфер застосування (контроль якості будівельних матеріалів, якості сварних швів, бетонування тощо) і закінчуючи новими (контроль дебіторської і кредиторської заборгованостей, фінансової стійкості та надійності підрядних будівельних підприємств тощо) є перспективним напрямком досліджень.

Висновки до розділу 2

У другому розділі запропоновано методичний підхід до створення комплексної системи формування якості у межах цифрової системи адміністрування будівельного проекту у відповідності із яким, формування якості розглядається на основі процесного підходу на прикладі улаштування навісних вентилязованих фасадних систем (НВФС).

Здійснено аналіз технології улаштування НВФС, відповідно до якого комплексний процес улаштування НВФС можна розбити на окремі процеси і операції, а саме: підготовка основи, монтаж каркасу, улаштування теплоізоляції із влаштування захисної мембрани або екрану або без, монтаж зовнішнього облаштування.

Визначено, що якість влаштування НВФС можна розглядати як мінімальний рівень якості усіх елементів, а саме: якість каркасу; якість утеплення; якість захисного екрану (зовнішнього облаштування); якість захисної мембрани, плівки, панелі або можна представити у якості функції від кваліфікації персоналу, якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, дотримання технології монтажу та якості підготовчих процесів. Такий підхід дозволив сформувати теоретичну базу для створення моделей формування якості НВФС.

На основі аналізу нормативних вимог до улаштування НВФС та даних технологічних карт на монтаж НВФС від різних виробників визначено та узагальнено перелік параметрів, які мають підлягати контролю для забезпечення якості окремих конструктивних елементів. Зазначений перелік став основою створення моделей забезпечення якості, створених у наступних розділах дисертації.

Запропоновано концептуальну модель формування єдиної бази даних щодо параметрів якості будівництва на усіх етапах інвестиційно-будівельного циклу, яка дозволить інтегрувати систему збору і обробки інформації, її аналізу в існуючі цифрові моделі будівництва об'єктів із метою накопичення

даних, їх аналізу, корегування проектних та організаційно-технологічних рішень у ході будівництва.

Запропоновано використовувати методи статистичного управління процесами (SPC) для оцінювання параметрів будівництва і управління ними. Крім широко розповсюджених карт Шухарта, розглядаються випадки потреби у застосуванні інших засобів контролю, а саме: карти Хотелінга (при виявленні кореляції між досліджуваними параметрами процесу), карти накопичених сум (CUSUM-карти використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу), карта ковзних середніх (MA-карта та EWMA-карта - використовуються для виявлення малих трендів у розвитку процесу), регресійні контрольні карти (РК карти - дозволяють виявити спостереження, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою), контрольні карти Парето (використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру). Наведено алгоритм вибору контрольних карт для оцінювання параметрів будівництва в залежності від цілей контролю і якостей оцінюваних показників.

Побудова єдиної бази даних у рамках системи адміністрування будівельного об'єкту, яка має складатись із системи збору і накопичення інформації від виконавців будівельних робіт, системи централізованої обробки інформації, системи управління якістю «за відхиленнями» від проектних параметрів та має стати складовою системи формування якості будівництва об'єкту (СФЯБО), інтегрованою у єдиний адміністративно-управлінський цифровий простір на основі інформаційної моделі будівлі (ВІМ-моделі об'єкту) дозволить істотно покращити інформаційний обмін між учасниками будівництва, та підвищити загальну ефективність будівельного процесу.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БУДІВНИЦТВА ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

3.1. Виявлення чинників забезпечення якості влаштування навісних вентилязованих фасадних систем методами нечіткої логіки

З метою проведення багатофакторного аналізу впливу чинників, наведених у формулі 2.3. та створення модельованої системи забезпечення якості будівництва у роботі використано математичний апарат, що базується на теорії нечіткої логіки [176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183]. Цей метод дозволяє оцінювати якість в залежності від факторів, що її обумовлюють.

Серед показників, які впливають на якість НВФС (y) обрано наступні:

x_1 – досвід роботи персоналу (опосередковано показник визначається за допомогою середнього стажу роботи робітників у бригаді, що здійснює монтаж НВФС).

x_2 – якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, визначається за допомогою двопараметричної шкали «достатній (1) – недостатній (0)» рівень якості. Наведений показник є комплексним і залежить від низки субфакторів.

x_3 – дотримання технології монтажу визначається за чотирьохпараметричною шкалою, за показниками відсутності дефектів протягом гарантійного терміну експлуатації системи, а саме: надзвичайно високий рівень якості (дефекти відсутні -1), високий (незначні дефекти, що усуваються у процесі виконання робіт -2), достатній (наявність дефектів, які усуваються у процесів виконання робіт, експлуатації та призводять до заміни деяких елементів-3), недостатній (наявність дефектів, які впливають на загальне функціонування системи та викликають необхідність заміни її частково або повністю -4)

x_4 – якість підготовки основи визначаються за шкалою «достатній»-«недостатній» за відсотком виявлених дефектів, забруднень тощо на поверхні основи.

Для навчання гібридної мережі обрано метод *hibrid* з рівнем помилки 0 і кількістю циклів 25, у результаті чого отримано помилку 0,675 (рис.3.1).

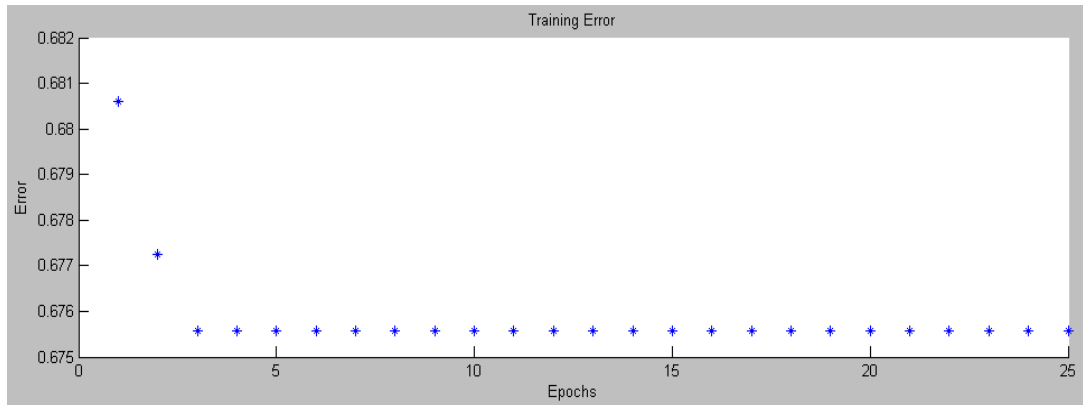


Рисунок 3.1 – Визначення помилки навчання гібридної мережі
Розраховано автором

У результаті отримуємо модель «чотири входи-один вихід» (рис. 3.2).

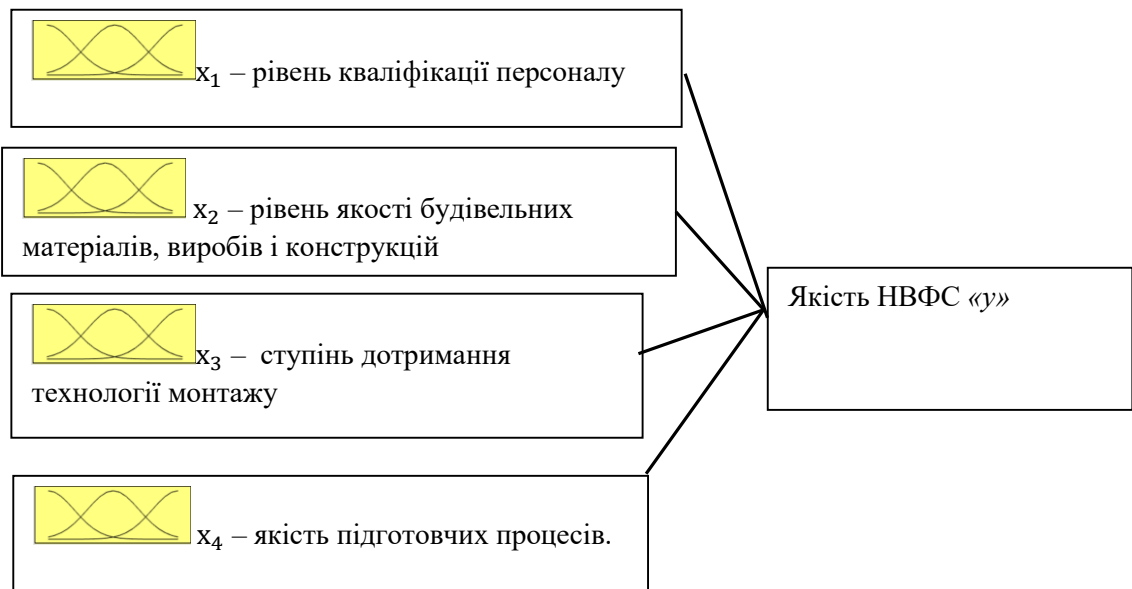


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд нечіткої моделі «чотири-входи – один вихід» при визначенні якості НВФС

Запропоновано автором

Створено систему нечіткого логічного висновку засобами пакету прикладних програм Matlab Fuzzy Logic Toolbox за допомогою системи нечіткого виводу типу Сугено, який характеризується більшою гнучкістю і адаптивністю, ніж алгоритм нечіткого виводу типу Мамдані.

За допомогою функцій належності вхідних змінних здійснюється *фазифікація*, при цьому трьом останнім вхідним змінним задано по дві функції належності типу bellmf (див. формулу 2.6), а першій – задано три функції належності типу bellmf (рис.3.3).

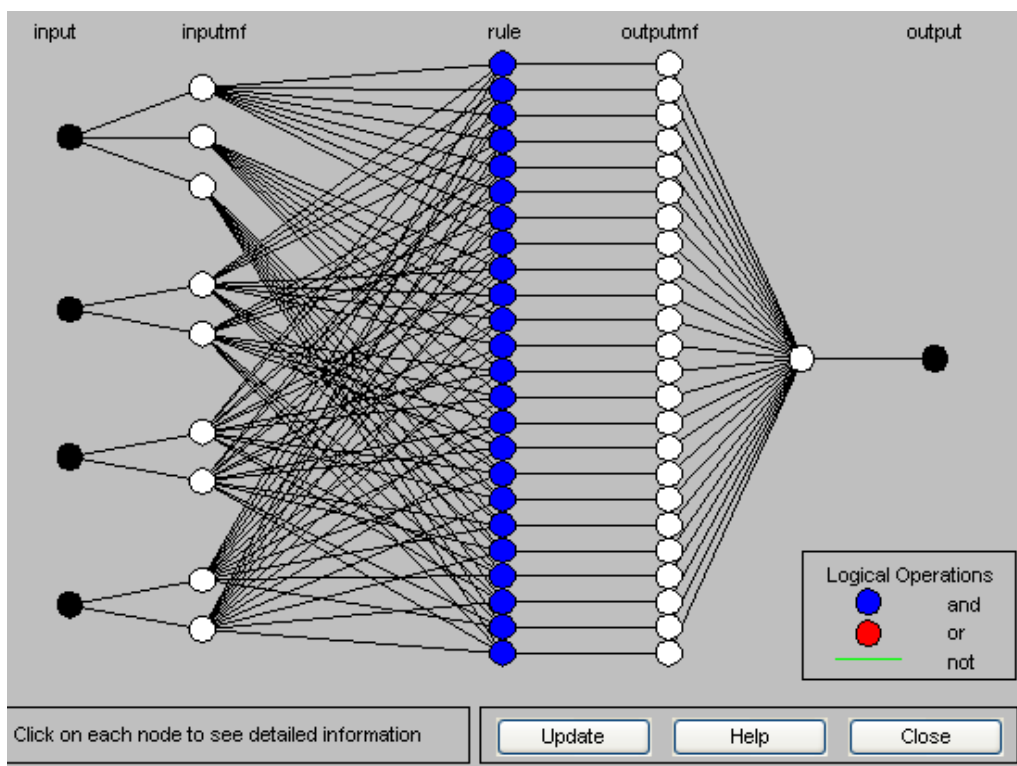


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд правил нечіткого висновку для визначення якості НВФС

Створено автором

На графіках (рис. 3.4-3.6) представлено дзвоноподібні функції належності для термів «малий досвід роботи із монтажу НВФС», «середній досвід роботи по монтажу НВФС», «значний досвід роботи із монтажу НВФС».

Як видно з рис. 3.4-3.6, досвід роботи із монтажу серед виконавців робіт в аналізованому переліку НВФС коливався від 0 до 18 років. Відповідно до графіку, наведеного на рис. 3.4 (виділено червоним кольором), максимальний рівень упевненості недостатності досвіду роботи становить у разі наявності досвіду менше двох років, тому що параметр $c_1=2,007$, що є цілком логічним і не потребує математичних доказів.

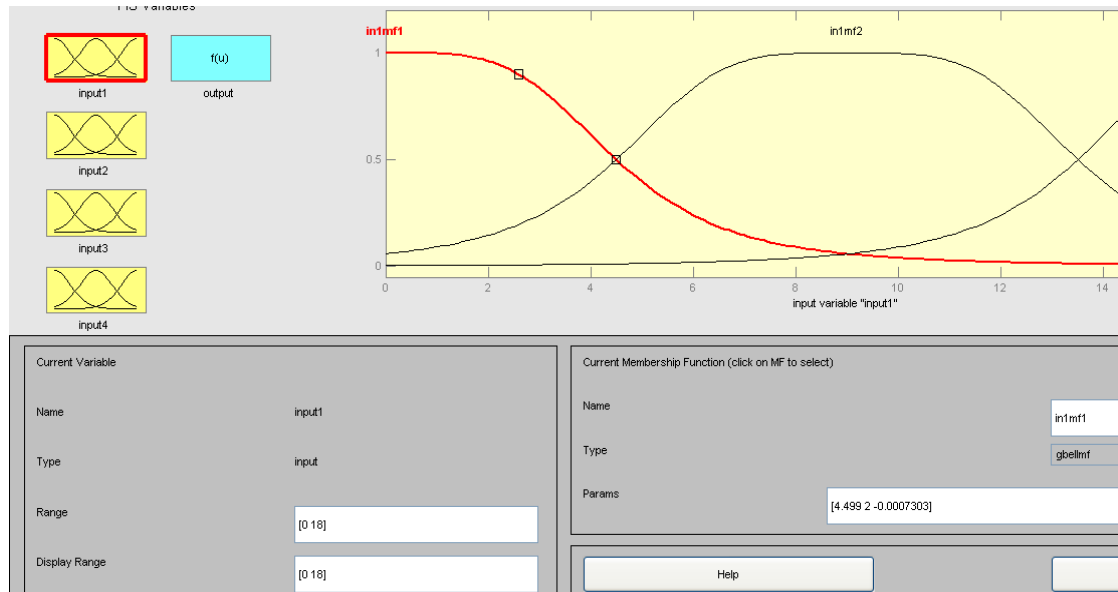


Рисунок 3.4 – Дзвоноподібна функція належності для терму «малий досвід роботи із монтажу НВФС» чинника x_1 «середній досвід роботи бригади»

Розраховано автором

Максимальний рівень непевності щодо того є стаж робітників малим чи середнім досягається у точці 4,5 років. При цьому дзвоноподібна функція належності до терму «недостатній стаж» (2.3) приймає вигляд:

$$\mu_{\text{мал}}(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left| \frac{x - 2,007}{4,49} \right|^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \leq 2,007 \end{cases} \quad (3.1)$$

Аналогічний чином розраховуються функції належності і для чинника x_1 . При значенні середнього стажу робітників (x_1) від 8,3 робітник має беззаперечну належність до терму «середній рівень досвіду».

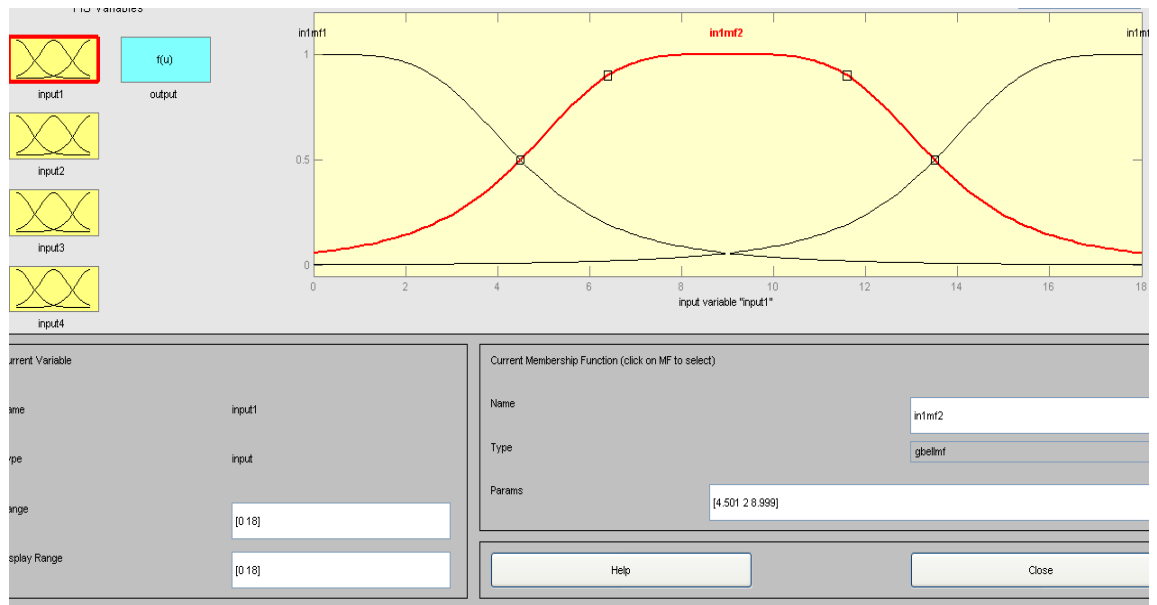


Рисунок 3.5 – Дзвоноподібна функція належності для терму «середній досвід роботи із монтажу НВФС» чинника x_1 «середній досвід роботи бригади»

Розраховано автором

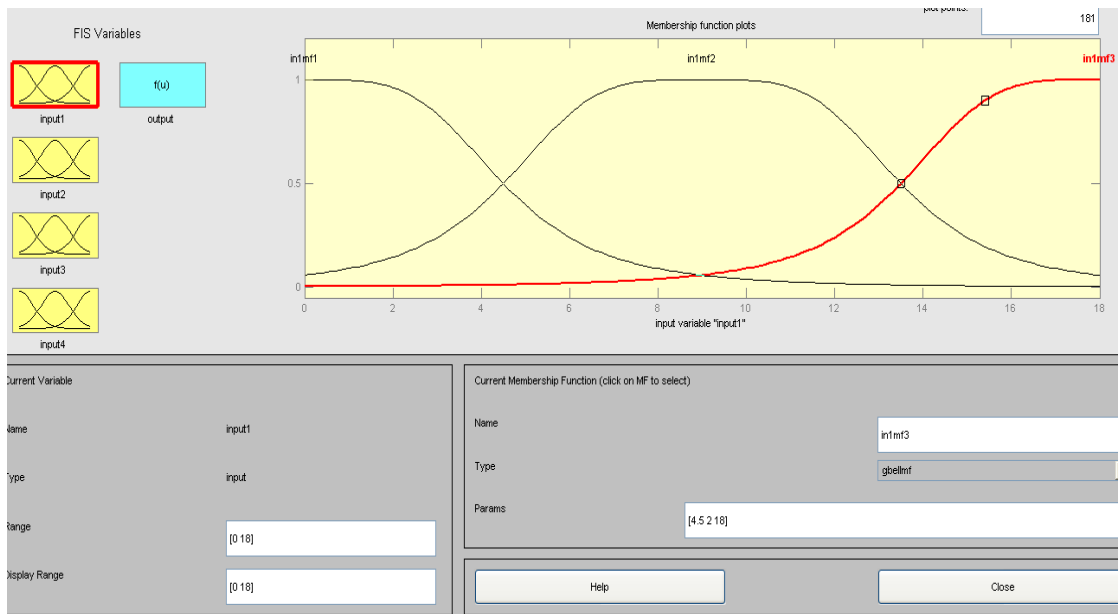


Рисунок 3.6 – Дзвоноподібна функція належності для терму «значний досвід роботи із монтажу НВФС» чинника x_1 «досвід роботи персоналу»

Розраховано автором

Відповідно до графіку, наведеного на рис. 3.6, максимальний рівень упевненості щодо значного рівня роботи становить 16 років, а максимальний рівень невпевненості щодо того високий чи середній рівень стажу у працівників, який відповідає ймовірності 0,5, при значенні показника x_1 – 12,6 років, а функція належності для даного показника приймає вигляд:

$$\mu_{\text{висок}}(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left| \frac{x-16}{4,5} \right|^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 16 \end{cases} \quad (3.2)$$

Остаточні функції належності для терму стаж роботи наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Функції належності усіх індикаторів для термів «стаж роботи»

Індикатор	Функція належності
малий	$\mu_{\text{мал}}(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left \frac{x-2,007}{4,49} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \leq 2,007 \end{cases}$
середній	$\mu_{\text{висок}}(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left \frac{x-8,33}{4,501} \right ^4} \\ 0, \text{ якщо } x_1 \geq 8,33 \text{ або } x_1 \leq 2,008 \end{cases}$
значний	$\mu_{\text{висок}}(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left \frac{x-16}{4,5} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 16 \end{cases}$

Розраховано автором

Аналогічним чином створено функції належності для параметрів моделі x_2 (рис.3.7), x_3 (рис.3.8) та x_4 (рис.3.9).

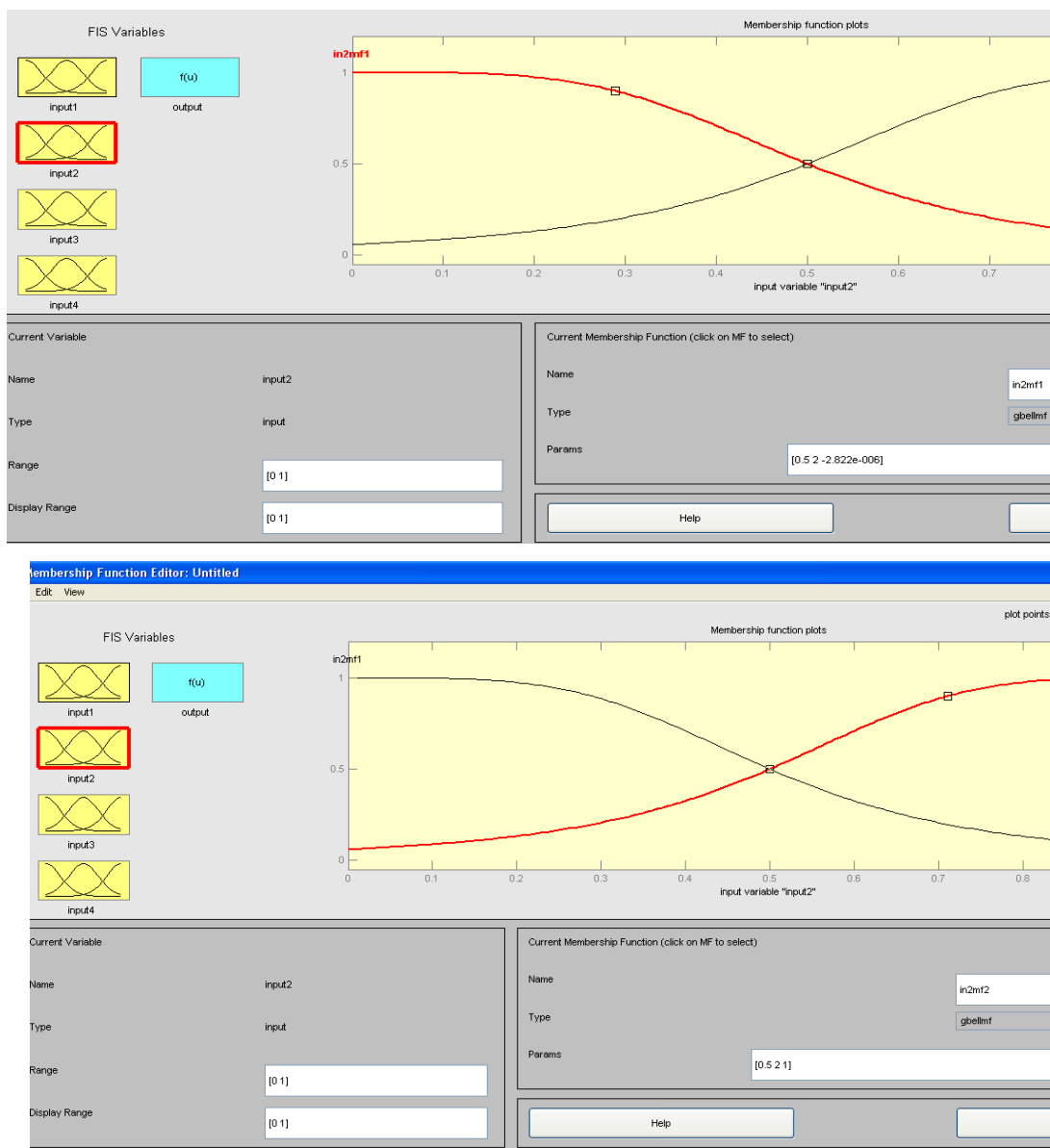


Рисунок 3.7 – Функції належності для чинника x_2 «якість матеріалів, виробів і конструкцій»

Розроблено автором

Якщо для чинника x_2 рівень якості оцінюється експертним методом за низкою параметрів, наведених у табл. 2.111 як «достатній» або «недостатній», то для фактору x_3 рівень якості буде рахуватись як достатній, при відсутності критичних дефектів, тобто буде рахуватись таким для перших трьох рівнів оцінювання, і тільки для четвертого буде рахуватись як недостатній.

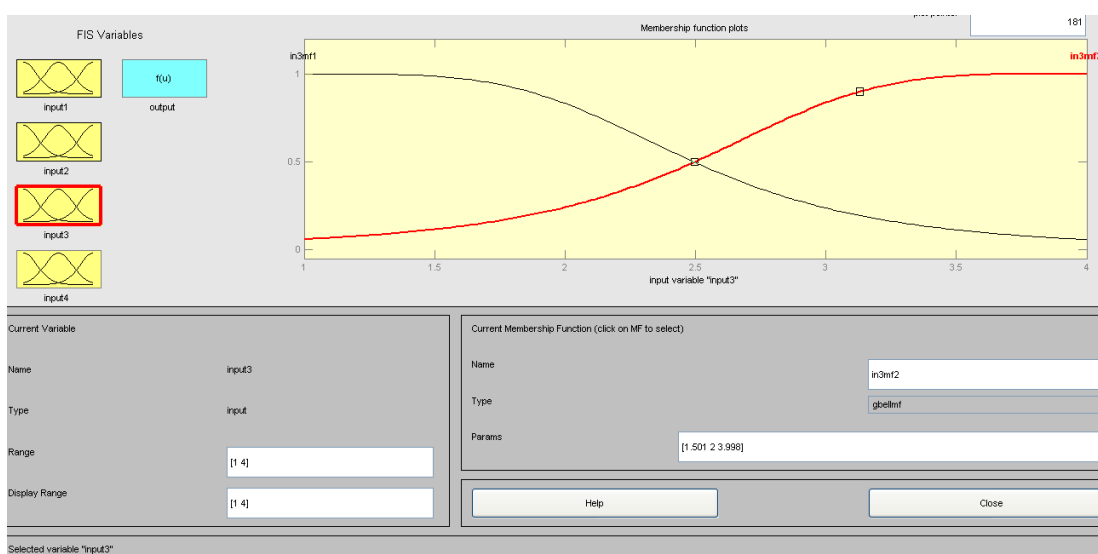
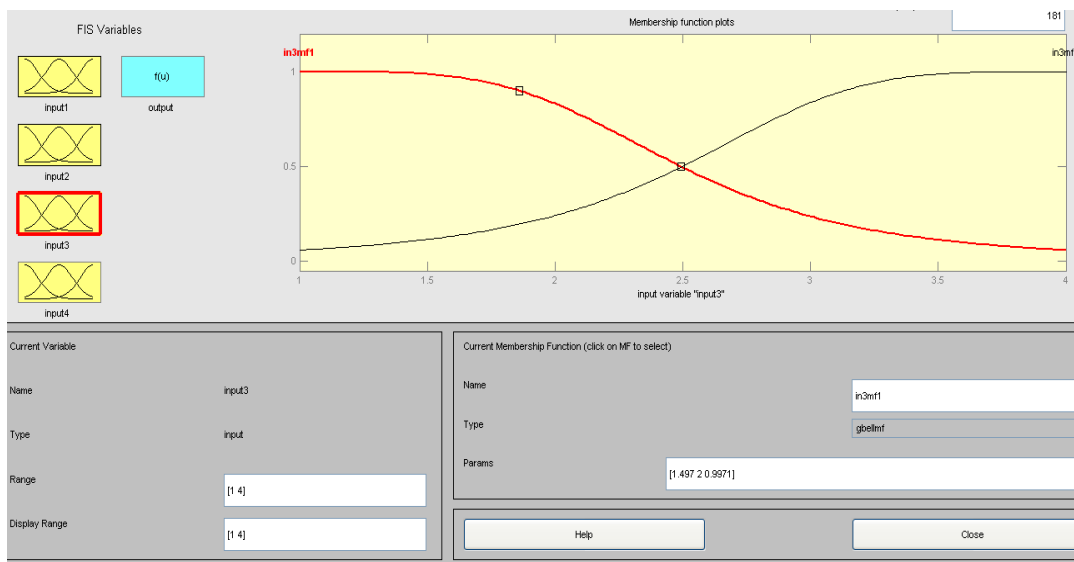


Рисунок 3.8 – Функції належності для чинника x_2 «технологія монтажу»

Розроблено автором

Якість підготовчих робіт буде визначатись як висока у разі повної відсутності дефектів основи. Максимальний рівень непевності щодо високої якості підготовчих робіт при наявності дефектів на 6,51% основи, а стверджувати, що основа підготовлена із низьким рівнем якості можна у разі, якщо дефектів більше ніж 12,4% (рис.3.9)

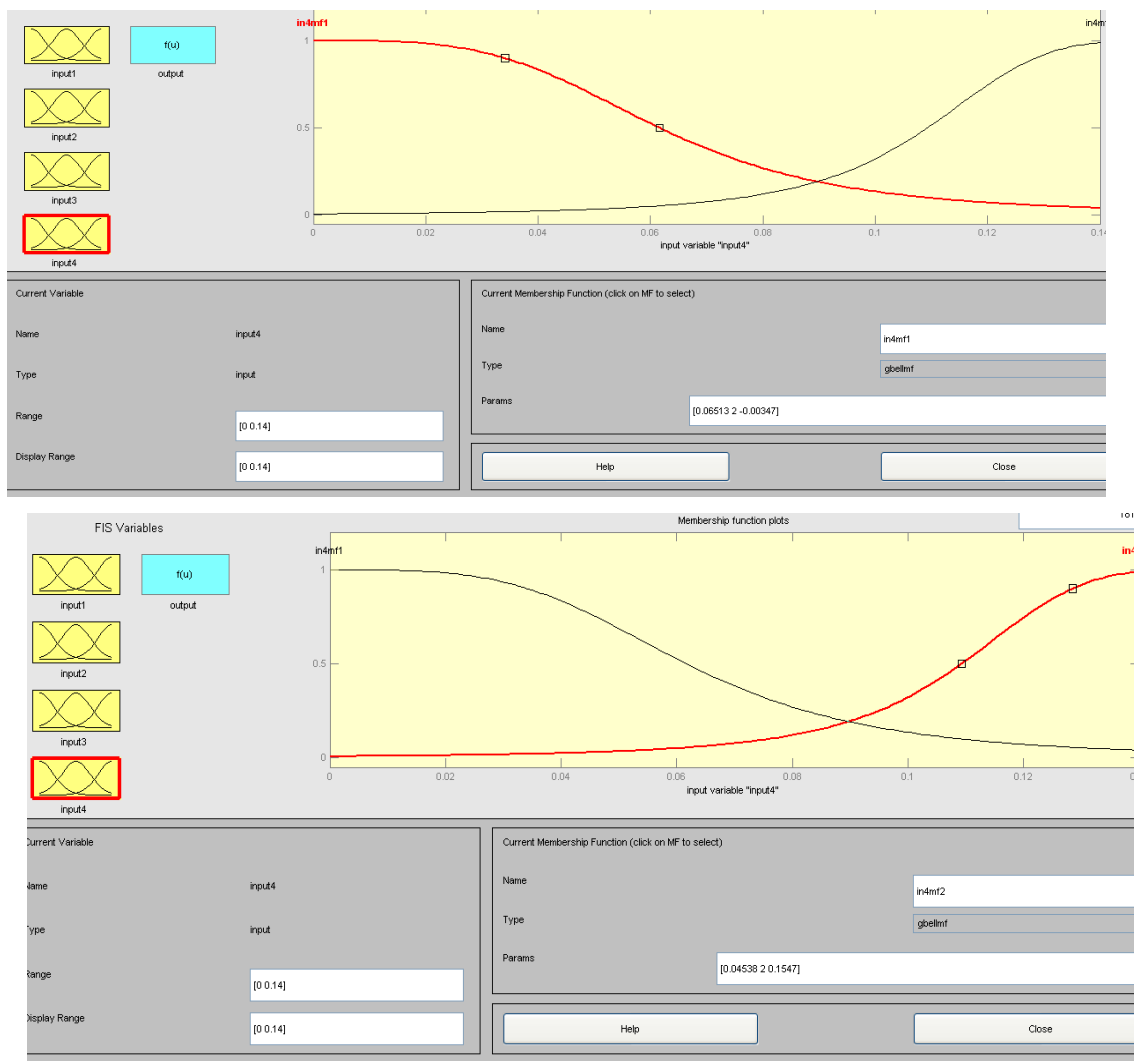


Рисунок 3.9 – Функції належності для чинника x_2 «якість підготовчих робіт»
Розроблено автором

За умовчанням, надбудова Anfis-editor середовища Matlab розробляє й тестує алгоритми нечіткого висновку із правилами, у яких комбінація термів вхідних змінних являє собою повний набір усіх можливих поєднань функцій належності вхідної змінної у спроектованій системі Сугено, які у своєму поєднанні формують набір правил досягнення достатнього або високого рівня якості улаштування НВФС (табл.3.2). Усього застосовується 24 правила: $24=3*2^3$.

Таблиця 3.2 – Матриця правил нечіткого висновку

Середній досвід роботи бригади	Якщо			То
	Якість будівельних матеріалів, виробів і конструкцій	Дотримання технології монтажу	Якість підготовки основи	Якість улаштування НВФС
малий	достатня	достатня	достатня	достатня
малий	достатня	достатня	недостатня	недостатня
малий	достатня	недостатня	достатня	недостатня
малий	достатня	недостатня	недостатня	недостатня
малий	недостатня	достатня	достатня	недостатня
малий	недостатня	достатня	недостатня	недостатня
малий	недостатня	недостатня	достатня	низька
малий	недостатня	недостатня	недостатня	низька
середній	достатня	достатня	достатня	високий
середній	достатня	достатня	недостатня	недостатня
середній	достатня	недостатня	достатня	недостатня
середній	достатня	недостатня	недостатня	недостатня
середній	недостатня	достатня	достатня	недостатня
середній	недостатня	достатня	недостатня	недостатня
середній	недостатня	недостатня	достатня	низька
середній	недостатня	недостатня	недостатня	низька
значний	достатня	достатня	достатня	високий
значний	достатня	достатня	недостатня	недостатня
значний	достатня	недостатня	достатня	недостатня
значний	достатня	недостатня	недостатня	недостатня
значний	недостатня	достатня	достатня	недостатня
значний	недостатня	достатня	недостатня	недостатня
значний	недостатня	недостатня	достатня	низька
значний	недостатня	недостатня	недостатня	низька

Розроблено автором

Наведені у табл. 3.2 правила відображають основні положення стратегії формування якості НВФС. На рис. 3.10 показано результати активізації правил у середовищі Matlab. Ті правила, які мають міру істинності вищу за нуль, відображають жовтим кольором, а якщо функція належності має нульову істинність, то на графіку колір відсутній. Ще один результуючий графік розміщують після усіх графіків вихідної змінної, саме за ним і визначається чітке значення виходу, якщо міра істинності вихідної змінної є вищою за нуль, то на графіку це позначається синім кольором.

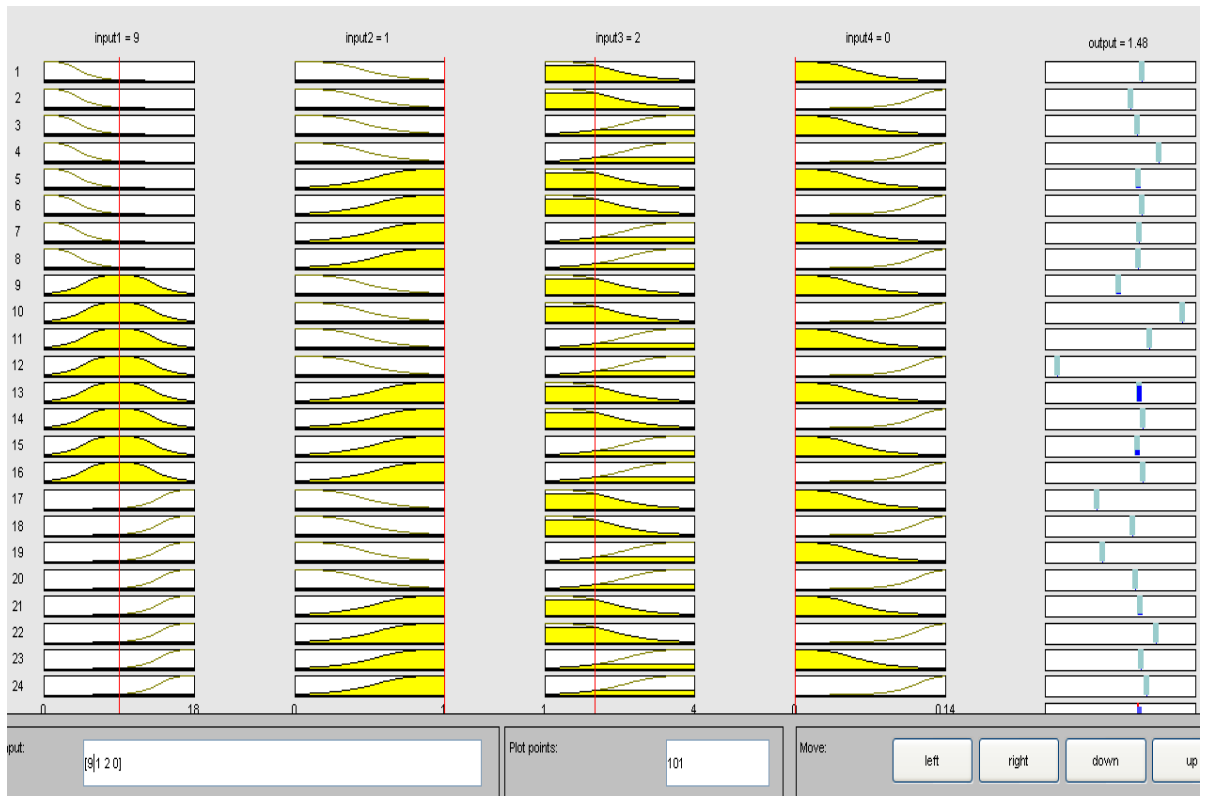


Рисунок 3.10 – Система нечітких правил для визначення якості НВФС, сформована у середовищі Matlab

Розроблено автором

На рис. 3.11 показано парний вплив середнього стажу роботи бригади (x_1) і якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій (x_2) на результатний показник (y).

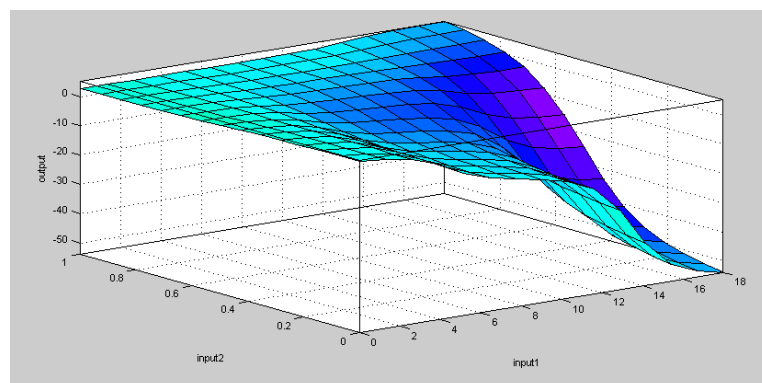


Рисунок 3.11 – Вплив факторів x_1 (середній стаж роботи бригади) і x_2 (якість будівельних матеріалів) на результуючий показник y (якість НВФС)

Розраховано автором

Оскільки рівень якості аналізованих НВФС визначався експертним шляхом за шкалою від 1 –найвищий рівень до 4 – недостатній рівень, то на рис. 3.11-3.15 спрямування графіків униз вказує на зростання якості і навпаки, збільшення результуючого показника у сигналізує про зменшення якості НВФС.

При оцінюванні парного впливу на якість будівництва чинників x_1 та x_2 можна побачити, що рівень якості забезпечується тривалим досвідом роботи працівників у бригаді, оскільки зі збільшенням показника x_1 зростає рівень якості улаштування НВФС, що підтверджують і дані рис.3.12.

На рис. 3.12. можна спостерігати пряму залежність якості монтажних робіт від середнього досвіду роботи робітників, чим більшим є досвід роботи, тим менше дефектів і необхідності улаштування браку виникає у процесі експлуатації НВФС.

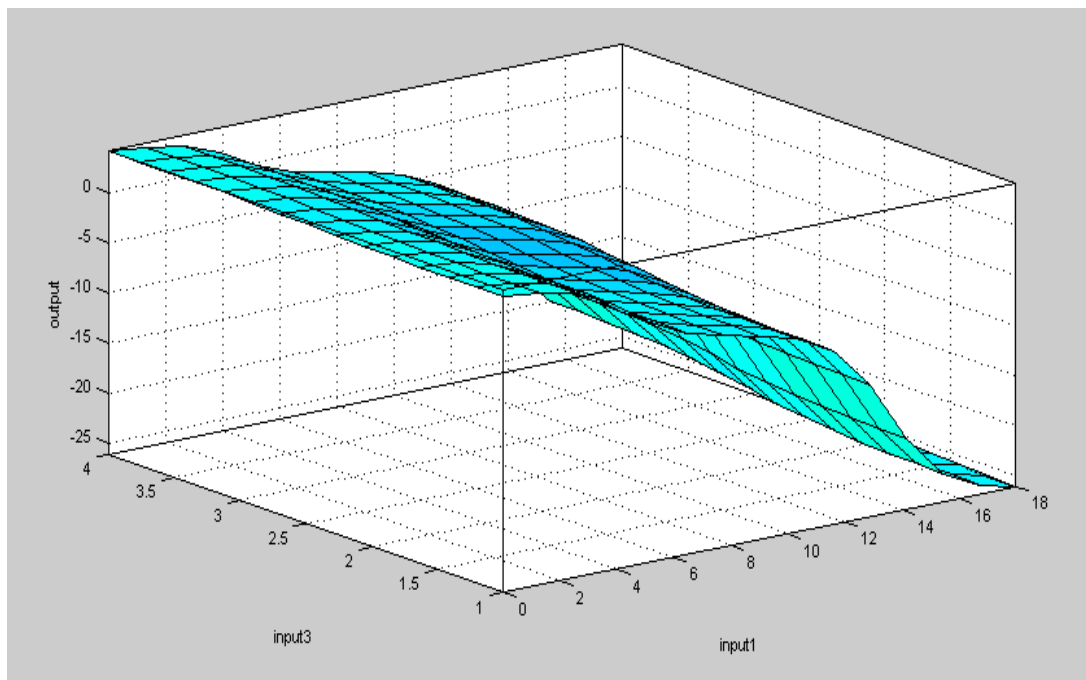


Рисунок 3.12 – Вплив факторів x_1 (середній стаж роботи бригади) і x_3 (дотримання технології монтажу) на результуючий показник у (якість НВФС)

Розраховано автором

Стаж робітників також дозволяє зменшити вплив недостатньої підготовки основи під улаштування системи, однак позитивний вплив чинника x_1 нівелюється, коли дефектів багато, так при більше ніж 12% площі основи, яка недостатньо підготовлена рівень якості будівництва можна вважати недостатнім (рис.3.13).

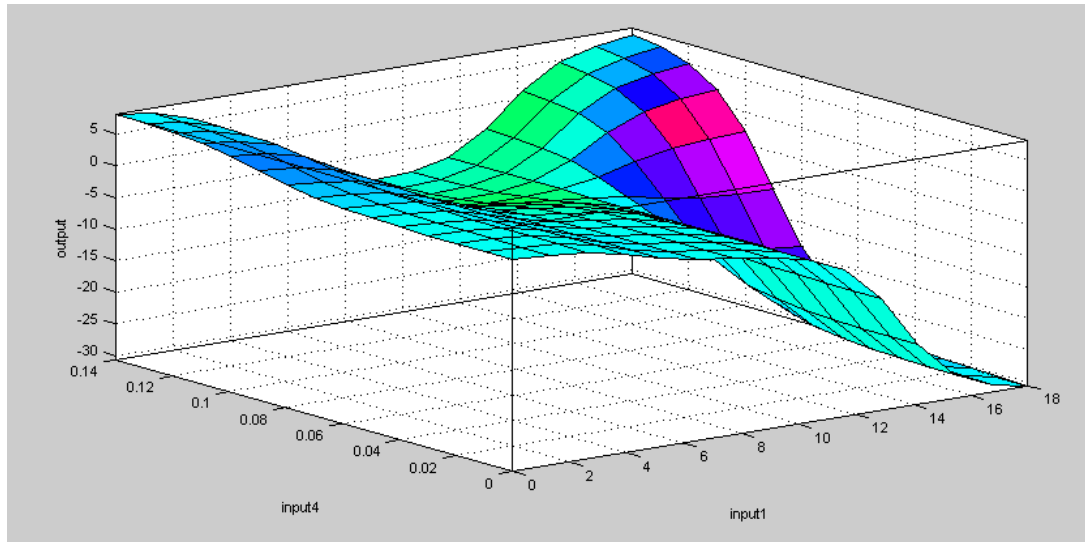


Рисунок 3.13 – Вплив факторів x_1 (середній стаж роботи бригади) і x_4 (якість підготовки основи) на результуючий показник y (якість НВФС)

Розраховано автором

При низькій якості будівельних матеріалів навіть дотримання технології монтажу не забезпечує достатній рівень якості протягом життєвого циклу НВФС (рис.3.14).

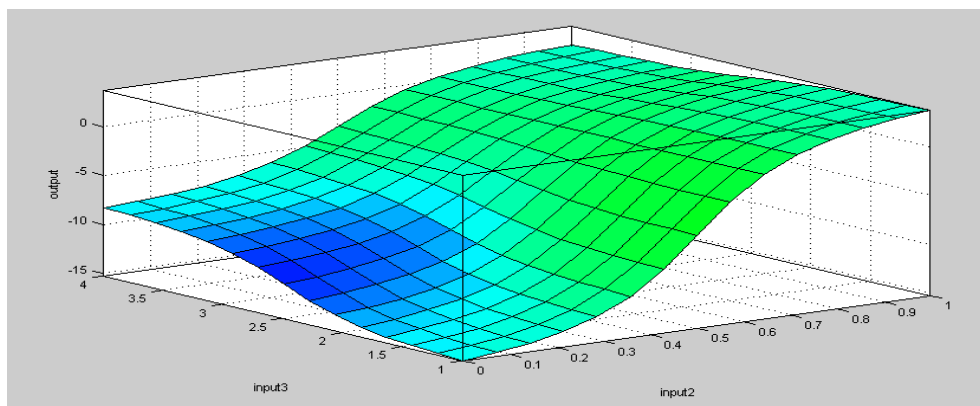


Рисунок 3.14 – Вплив факторів x_2 (якість будівельних матеріалів) і x_3 (дотримання технології монтажу) на результуючий показник y (якість НВФС)

Розраховано автором

Також можна стверджувати, що недостатній рівень підготовки основи не дозволяє забезпечити достатній рівень якості улаштування НВФС навіть при дотриманні технології монтажу, і навпаки, при достатній якості підготовки основи, недостатнє дотримання технології монтажу призводить до втрати якості у майбутньому під час експлуатації об'єкта (рис.3.15).

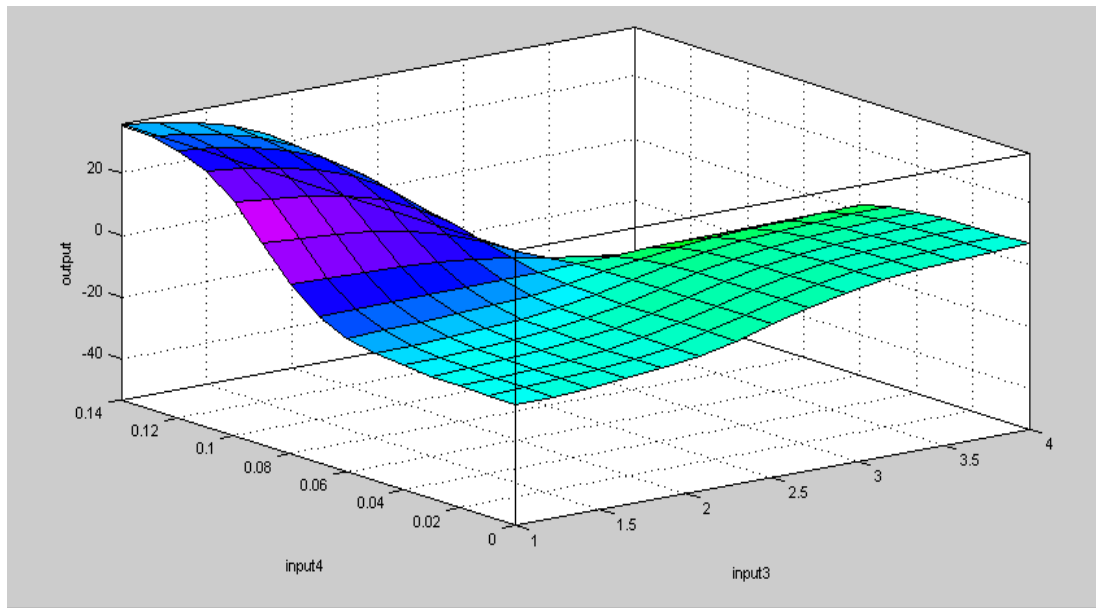


Рисунок 3.15 – Вплив факторів x_4 (якість підготовки основи) і x_3 (дотримання технології монтажу) на результуючий показник y (якість НВФС)

Розраховано автором

Проектування і навчання гібридної нейронечіткої мережі, із подальшим поглибленим аналізом структури одержаного алгоритму нечіткого логічного висновку, дозволило обґрунтувати комплекс показників, пріоритетних для формування якості НВФС.

Подальшими етапами дослідницької роботи має стати виявлення впливу якості окремих конструктивних елементів НВФС на якість експлуатації протягом життєвого циклу.

3.2. Методичний підхід до формування комплексної системи якості будівництва.

Якість будівництва є мультипараметричною характеристикою, яка значно залежить від виду робіт та впливу т. зв. «вхідних чинників», а саме: якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, дотримання вимог технології і організації будівництва та кваліфікації виконавців. Але перед учасниками будівництва постає не тільки завдання по забезпеченню проектних вимог до якості, але і доповнення існуючого інструментарію адміністрування якості на рівні будівельних проектів, робіт або процесів. Тому слід продовжувати вирішування завдань із методичного забезпечення якості будівництва на основі розробки системи організаційно-технологічних моделей та створення комплексної системи якості, яка при правильному і усебічно обґрунтованому впровадженні, несе низку переваг для учасників будівництва а саме:.

Для підрядних підприємств це переваги перед конкуруючими фірмами при участі у тендерах, швидке подолання технічних бар'єрів при просуванні на нові ринки, підвищення якості виконання будівельних робіт, удосконалення системи адміністрування документообігом і процесами організації будівництва, зменшення рівня браку, зменшення необхідності усунення дефектів під час або після введення об'єкта в експлуатацію, можливість виходу на міжнародні ринки тощо. Для служби замовника перехід на комплексне управління якістю в межах адміністрування будівельними проектами також несе низку суттєвих переваг. Це і підвищення надійності будівельної продукції, задоволеність вимог, суттєве пришвидшення і оптимізація внутрішніх процесів забезпечення якості, відсутність необхідності додаткового оцінювання підрядних підприємств, дотримання переваг при рекламі об'єктів будівництва.

Оскільки параметри оцінювання якості, допуски, відхилення суттєво відрізняються в залежності від виду виконуваних робіт та організаційно-технологічних рішень із їх виконання, то у дисертації методичний підхід із

побудови комплексної системи якості наведено на прикладі робіт із монтажу вентилязованих фасадів, які проводились на об'єктах м. Києва.

Формування комплексної системи формування якості у рамках адміністрування будівельного проекту пропонується здійснювати на основі циклу PDSA («Плануй-Виконуй-Перевірй-Дій»), який рекомендовано для побудови системи тотального управління якістю вимогами ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги» (рис.3. 16).

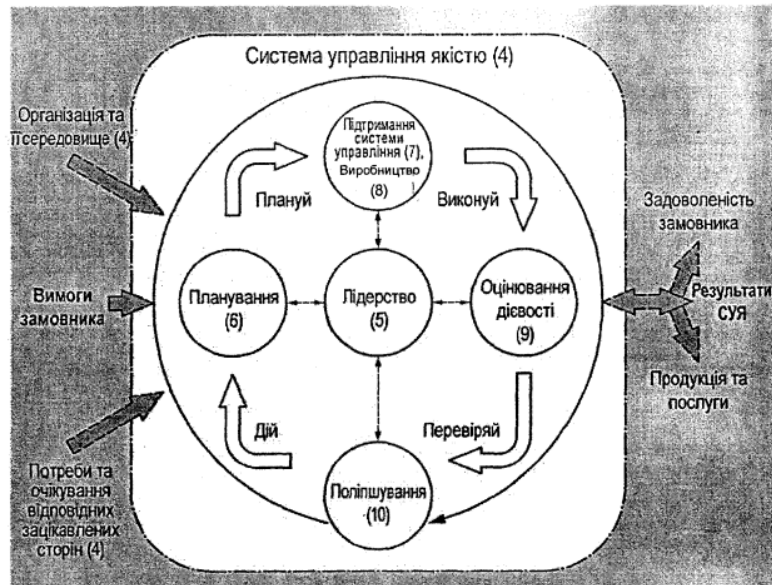


Рисунок 3.16 – Структура стандарту ДСТУ ISO 9001:2015 у циклі PDSA [184, с.8]

Для здійснення переходу до формування комплексної системи якості будівництва у рамках системи цифрового адміністрування будівельним проектом необхідно здійснити корегування внутрішніх бізнес-процесів учасників будівництва, здійснити співставлення внутрішніх документів забезпечення якості та здійснити розробку і підготовку нових документів та регламентів, що регулюють порядок і зміст процедур управління якістю будівництва на різних стадіях життєвого циклу об'єктів, формування бази даних параметрів контролю якості будівництва, інформації щодо виявлених і усунутих або неусунутих дефектів, які виникли у процесі зведення об'єкту та під час його експлуатації, розроблені та застосовані підрядними організаціями власні додаткові до нормативних вимог нормативи, допуски та процедури забезпечення якості.

Одним із методів оптимізації внутрішньо фірмового управління якістю і підвищення конкурентоспроможності підрядних підприємств є перехід до процесної системи управління організацією, який передбачає наступні кроки [185]:

1. однозначно встановлюється порядок планування і організації кожного виду діяльності;
2. визначається механізм вибору постачальників і організації закупівель, що дозволяє забезпечити підприємство своєчасними поставками;
3. визначаються бізнес-процеси в організації, а також їх взаємозв'язки для побудови прозорої структури бізнесу;
4. проводиться оцінка результативності бізнес-процесів;
5. визначаються процеси управління обладнанням, що дозволяє забезпечити постійну працездатність технічних засобів;
6. наладжуються процеси логістики, щоб скоординувати діяльність з доставки сировини і готової продукції, впорядкувати складське господарство, зробити прозорими рух матеріальних потоків;
7. налагоджується чіткий документообіг, при якому однозначно визначені правила управління кожним видом використовуваної на підприємстві документації, визначені маршрути руху всіх документів;
8. налагоджується механізм виявлення збоїв, що призводять до втрат з боку підприємства;
9. організовується діяльність з виявлення джерел і аналізу причин збоїв, їх оперативного усунення, запобігання їх повторного виникнення;
10. впроваджуються методи збору і накопичення всіх необхідних даних, що стосуються випуску та реалізації продукції, що дозволить проводити аналіз господарської та фінансової діяльності, визначати недоліки і прогалини в організації робіт;
11. впроваджуються механізми внутрішніх перехресних перевірок (внутрішні аудити), що дозволяє силами працівників підприємства виявляти організаційні і виконавчі недоліки в діяльності підприємства;

12. вводитья обов'язковий механізм постійного поліпшення системи для оптимізації окремих робіт, що призводить до підвищення ефективності діяльності всього підприємства.

Тобто сама концепція управління якістю заснована на постійному і неперервному удосконаленні усіх процесів без суттєвих радикальних, тоді як сама суть реінжинірингу полягає в радикальних змінах структури і основи форматування бізнес-процесів із метою забезпечення високого рівня якості.

Для подолання цієї невідповідності між цілями управління вибір методу удосконалення якості пропонується здійснювати за допомогою використання контрольних карт. Так, якщо за даними карт процес має керований характер, то його удосконалення має відбуватися методами TQM (тотального управління якістю), але якщо процес виходить за рамки керованості, тоді мають використовуватись методи більш радикального переформатування системи забезпечення якістю, серед яких головне місце має займати реінжиніринг.

Зараз розроблено багато модифікацій карт Шухарта та інші види контрольних карт, призначені для окремих випадків відхилень параметрів процесу, які не завжди можуть бути виявлені за допомогою карт Шухарта, а саме:

- карти Хотелінга (при виявленні кореляції між досліджуваними параметрами процесу) [186],
- карти накопичених сум (CUSUM-карти використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу),
- карта ковзних середніх (MA-карта та EWMA-карта - використовуються для виявлення малих трендів у розвитку процесу), регресійні контрольні карти (РК карти - дозволяють виявити спостереження, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою),
- контрольні карти Парето (використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру).

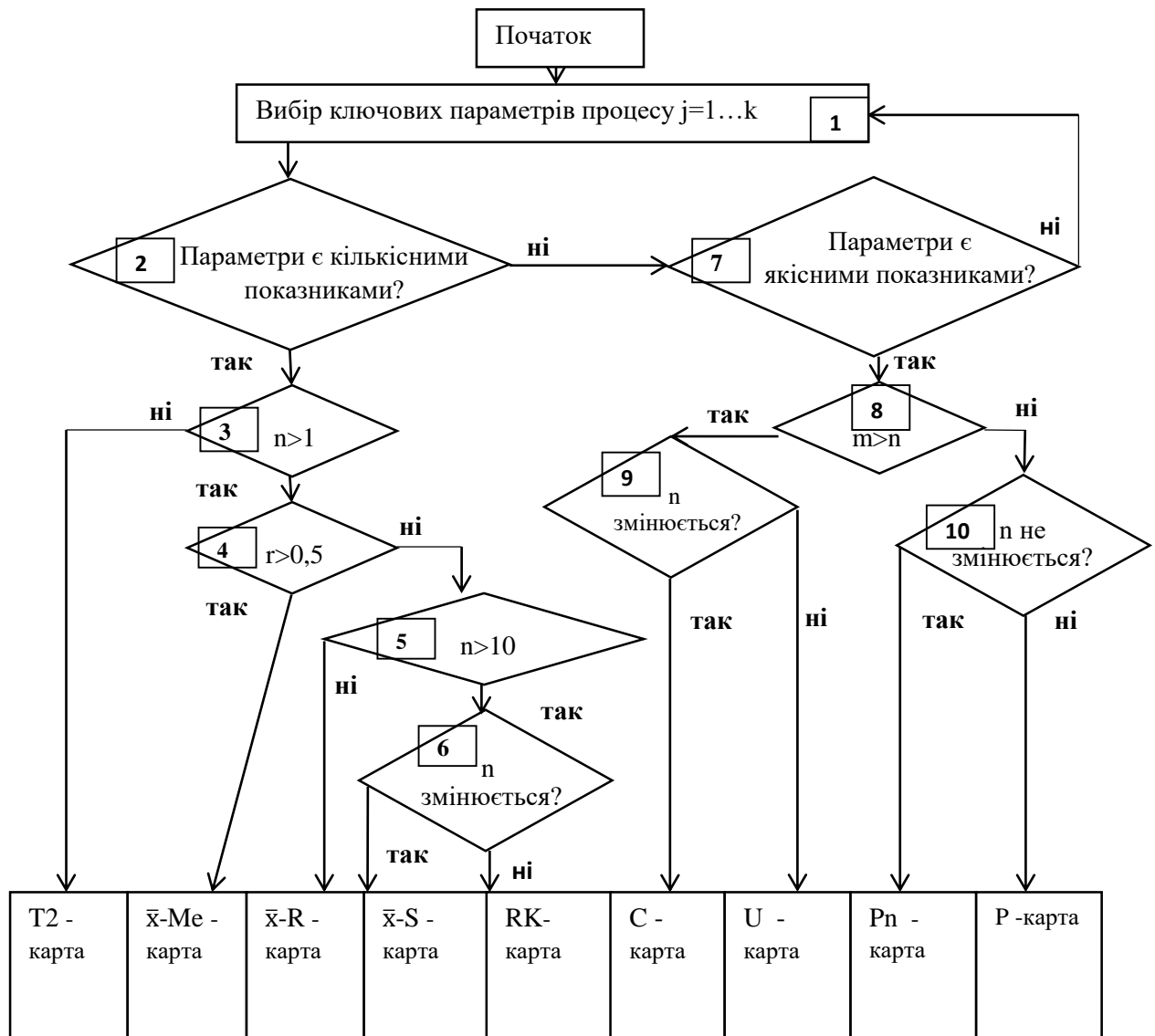
Існують наступні види контрольних, які рекомендується використовувати для окремих випадків (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Види контрольних карт (складено автором на основі [174, 187, 188, 189]).

№ пп	Позначення	Призначення, особливості
1	\bar{x} -S – карти	Контроль кількісних показників, для кожного показника потрібно розраховувати окрему карту, тому рекомендовано обмежувати їх кількість, обираючи більш важливі.
2	\bar{x} -R – карти	Контроль кількісних показників, є більш простою, зручною і менш точною, ніж попередній тип карт.
3	\bar{x} -MR – карти	Використовують, якщо кількість спостережень є невеликою.
4	P – карти	Можна одночасно контролювати декілька параметрів, обсяг вибірок може змінюватись
5	Pn – карти	Можна одночасно контролювати декілька параметрів, обсяг вибірки є сталим.
6	U – карти	Виявлення числа дефектів у виробках різного розміру, обсяг вибірок також може бути різним
7	c – карти	Виявлення числа дефектів у виробках однакового розміру, обсяг вибірок також має бути однаковим
8	T2 – карти	Використовуються у разі кореляційного зв'язку між факторами
9	CUSUM	Використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу
10	MA, EWMA	Виявлення трендів у розвитку процесу
11	RK	Дозволяють виявити окремі точки, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою
12	карти Парето	Використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру

Виходячи з завдання дослідження, головними етапами вибору контрольної карти стали (рис.3.17):

1. Оцінка параметрів процесу, який підлягає оцінці якості, відбір ключових показників, які будуть використовуватись для оцінки якості. Визначення характеристик обраних показників (один або декілька показників, вимірюються кількісно або якісно, чи мають між собою кореляційний зв'язок тощо) (блоки 1-4);



Умовні позначення: n – обсяг вибірки; j – параметри ($j = 1 \dots k$); t – кількість спостережень; r – парні коефіцієнти кореляції між параметрами.

Рисунок 3.17 – Вибір методів контролю в залежності від параметрів досліджуваного процесу

Розроблено автором на основі [88-96, 174]).

2. У випадку, якщо досліджувані параметри можна описати тільки якісно, визначається кількість спостережень та обсяг вибірки (змінюється чи не змінюється). У залежності від обраних характеристик процесу і способу вимірювання якості обирається тип карти серед p -, pn -, u - і c - карт (блоки 7-10).

3. Якщо вихідні дані мають кількісні характеристики, то спочатку визначають можливу кількість спостережень (обсяг вибірки n). У випадку, якщо $n > 1$, то визначається, чи мають контрольовані показники між собою високий ступінь кореляційного зв'язку, чи змінюється обсяг вибірки, і на основі цих даних приймається рішення про вибір типу карти (блоки 2-6).

Оскільки кожен виробничий або технологічний процес має певну мінливістю, внаслідок дії на нього безлічі факторів, то контрольні карти допомагають розрізняти два види мінливості, а саме: мінливість, викликана загальними (випадковими) причинами і мінливість, викликана спеціальними невідповідними, особливими) причинами, які викликають відчутні зміни в процесі. Саме особливі причини реєструються контрольної картою і є підставою для реінжинірингу процесів забезпечення якості будівництва. Для виявлення невідповідної мінливості використовуються контрольні межі UCL і LCL. Ознакою статистично керованого стану процесу є відсутність на контрольній карті точок за контрольними межами, або інші ознаки втрати керованості процесу, докладно описані у [174] (рис.3.18).

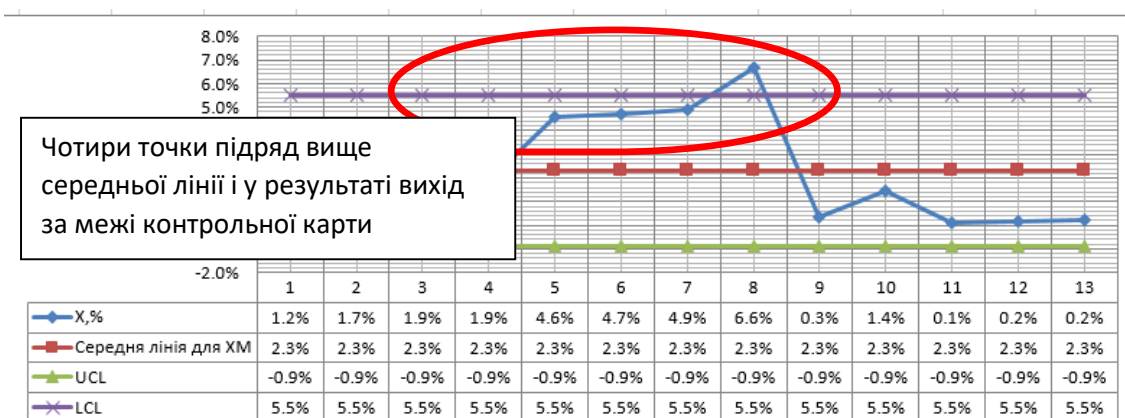


Рисунок 3.18 – Контрольна карта (результати вхідного контролю вологості утеплювача)

Розраховано автором

Так, за результатами контролю вологості утеплювача на об'єкті "Комплексна забудова території (житлова та громадська, II черга будівництва) (4-й пусковий комплекс - житловий будинок з центром розвитку дитини.) на

вул. Електриків 21-23, 23-Б у Подільському районі м. Києва" виявлено, що результати вимірювань знаходяться у межах контрольних значень (менше 5%), але із деякого періоду почали перевищувати середні значення, що у результаті призвело до підвищеної вологості. У результаті виявлено, що зберігання плити утеплювача на складі під навісом у штабелях на піддонах не суперечить нормативним правилам зберігання, а проникнення атмосферних опадів сприяло порушення цілісності покрівлі навісу. Щоб запобігти подібним ситуаціям у майбутньому, прийнято рішення щодо переміщення плит теплоізоляції у критий приоб'єктний склад.

Для використання реінжинірингу у при адміністрування зазначеного проекту виділено наступні бізнес-процеси:

- отримання дозвільних документів на будівництво (Служба замовника);
- проектування і експертиза проектно-кошторисної документації (Проектувальник, Служба замовника);
- оцінювання проектних рішень з організації і технології будівництва в умовах будівельного майданчика, розробка графіків виконання робіт, технологічних карт на виконання робіт на об'єкті (Підрядник, Генпідрядник, Служба замовника);
- оцінювання повноти та якості проектною документації (Служба замовника);
- проведення тендерів, розробка технічних завдань для учасників будівництва (Служба замовника);
- контроль за наявністю ліцензій, дозволів, допусків із охорони праці (Служба замовника);
- матеріально-технічне забезпечення (Служба замовника, підрядники, постачальники);
- формування загальної системи оцінювання якості у рамках адміністрування будівельним проектом (Служба замовника);

- операційний контроль якості будівельних процесів (Підрядні підприємства), приймальний контроль будівельних робіт (Служба замовника);
- контроль термінів і вартості будівництва (Служба замовника, генеральний-і субпідрядники)

Для початку проектування моделі будь-якого бізнес-процесу потрібно виділити його основні функції у межах структурних підрозділів підприємства, виокремити підпроцеси, функції, операції, визначити основні параметри системного стану бізнес-процесу, а саме показники швидкості, взаємозв'язки та маршрут його функціональних потоків.

Для визначення норм часу виконання функцій пропонується розглянути бізнес-процес на прикладі середовища проекту із улаштування НВФС. Загальний строк виконання робіт на об'єкті склав три місяці – 68 днів, а виконання усіх бізнес-процесів, включаючи розробку проектно-кошторисної документації, їх експертизу, процес проведення тендеру і введення в експлуатацію – 183 дні, загальна вартість робіт – 1468600 грн. .

У табл. 3.4 наведено фрагмент реінжинірингу даного бізнес-процесу шляхом здійснення однієї з шести дій (№1- заміна процесу на інший, №2 - відміна процесу, №3- суміщення декількох процесів, №4- введення додаткового процесу, №5- передача функцій іншими учасникам, №6 – переведення процесу у цифровий формат), здійснення яких дозволило скоротити фактичний термін здійснення бізнес-процесу на 25 днів.

Майже за кожен документ, що супроводжує окремий процес або функцію відповідальний або сам виконавець, або безпосередній керівник підрозділу. Це значно спрощує маршрут руху процесу через економію робочого часу на ознайомлення та візування документів, на які вже чекають в інших організаційних підрозділах підприємства. Це означає, що вдалося побудувати новий бізнес-процес із швидшим функціональним потоком, якому менше заважають бар'єри у вигляді додаткових узгоджень та дублювання функцій.

Таблиця 3.4 – Процес реінжинірингу бізнес-процесів у рамках будівельного проекту (фрагмент)

Резерв покращення	Планова тривалість (дні)	Фактична тривалість (дні)	Основні процеси, що забезпечують резерв	Забезпечення цілей			Результати
				а	б	в	
Функція 1.1 (без змін)	2	2	-	-	-	-	-
Функція 1.2 (1 зміна)	32	29	№ 3	✓	-	-	
Функція 1.3 (2 зміни)	23	18	№ 2, № 5, №6	✓	✓	✓	Термін передачі проектно-кошторисної документації на буд. майданчик
Функція 1.4 (1 зміна)	132	124	№ 3	✓	✓	✓	Призначення керівника проекту відповідальним за проектування
Функція 2.2 (2 зміни)	58	56	№ 2, № 4, №6	✓	✓	-	Регламентція терміну узгодження документації між проект-ним підрозділом постачання
Функція 2.3 (2 зміни)	33	33	№2 і №4	✓	-	-	Оформлення замовлень сумо до 20 тис. грн. виконробом.
Функція 2.4 (1 зміна)	17	16	№1, №6	✓	✓	✓	Можливість ознайомлення з документацією он-лайн
№1- заміна процесу на інший; №2 - відміна процесу; №3- суміщення декількох процесів; №4- введення додаткового процесу; №5- передача функцій іншими учасникам; №6 – переведення процесу у цифровий формат.				а - зменшення термінів будівництва; б - зменшення кошторисної вартості; в – підвищення якості.			

Розроблено автором

Під час аналізу параметрів виконання робіт і бізнес-процесів учасників проекту в єдиній інформаційній моделі визначено, що учасниками будівництва ведуться одночасно наступні бізнес-процеси – постачання на об'єкт мінеральної вати, які підрядником здійснюються для улаштування НВФС, а замовником - для улаштування покрівлі. Передача функцій по закупівлі матеріалів службі замовника дозволила зменшити вартість матеріалів на 3,5%, а також покращила координацію між постачальником і виконавцями робіт на об'єкті за рахунок занесення інформації щодо сертифікації матеріалів, їх параметрів та теплотехнічних характеристик у

єдину інформаційну модель, виявлених під час вхідного контролю, що зменшило тривалість підготовчого циклу на 4 дні.

Також під час аналізу бізнес-процесів визначено, що функція «проектування» супроводжуються великим потоком технічної документації - конструкторською та технологічною документації (близько двохсот двадцяти аркушів в кожному комплекті разом із кресленнями).

Інші функції бізнес-процесу супроводжують близько тридцяти шести окремих документів. Через занесення даних в єдину інформаційну модель зменшилась кількість функцій по друкуванню, передачі на об'єкт документації, що скоротило термін ознайомлення із проектною документацією усіх учасників будівництва, надало можливість участі в аналізі помилок і неточності без необхідності втрачати час для отримання комплекту документації. При цьому за кожен розділ проекту, що супроводжує функцію відповідальний або сам виконавець, або безпосередній керівник підрозділу. Це значно спрощує маршрут руху процесу через економію робочого часу на ознайомлення та візування документів, на які вже чекають інші учасники будівництва.

Це означає, що вдалося побудувати новий бізнес-процес із швидшим функціональним потоком, якому менше заважають бар'єри у вигляді додаткових узгоджень та дублювання функцій. Після реінжинірингу час виконання основного бізнес процесу скоротився на 25 нормо/годин.

Реінжиніринг бізнес-процесів є дієвим механізмом підвищення конкурентоспроможності будівельного підприємства. Шляхом скорочення часу на виконання окремих функціональних потоків, об'єднання деяких з них, оптимізації документообігу, підприємство може суттєво скоротити собівартість продукції, терміни будівництва, і як наслідок, отримати додаткові конкурентні переваги на ринку.

Інтегрування систем забезпечення якості учасників будівництва в єдину інформаційну модель пропонується здійснювати поетапно, з урахуванням готовності кожного учасника до приєднання до цифрової моделі об'єкту, а

також до технічних, організаційних і інших можливостей учасників до практичного упровадження нових підходів. Тому оптимальною схемою у даний час є не повністю цифрова модель, а гібридна, яка дозволяє учасникам будівництва поступово адаптуватись до нових вимог.

3.3. Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва службою замовника

Формування дієвої системи забезпечення якості у рамках адміністрування будівельними проектами потребує від усіх учасників будівництва уваги та взаємоузгоджених дій, оскільки будівництво характеризується високою динамічністю і мінливістю протягом часу – під час зведення об'єкту будівництва змінюється склад учасників, способи і методи організації і технології будівництва, засоби механізації виконання робіт, що вимагає посиленої уваги до процесів забезпечення якості.

Формування комплексної системи якості на різних етапах зведення об'єктів будівництва є важливим завданням організації будівництва, а також створення системи організаційно-технологічних моделей забезпечення якості на рівні будівельних об'єктів, виконання робіт, процесів. Виявлення оціночних показників якості будівництва, які найбільше попадають під дію різноманітних зовнішніх та внутрішніх впливів дозволить урахувати різні ускладнюючі чинники, які призводять до виникнення дефектів, що збільшує трудомісткість і вартість робіт, зменшує проектні терміни експлуатації, техніко-економічні, теплотехнічні, конструктивні параметри, які закладені на стадії проектування, загалом зменшуючи якість кінцевої будівельної продукції є важливим етапом контролю якості, але є недостатнім для формування комплексного управління якістю у рамках адміністрування будівельного проекту.

Особливого значення у формуванні системи забезпечення якості будівельного об'єкту набуває служба замовника, чиї фахівці не тільки мають прийняти рішення про застосування у процесі будівництва єдиного цифрового простору, але і здійснювати координацію, адміністрування і контроль за

дотриманням вимог іншими учасниками будівництва. Так, якщо на рівні промислового підприємства систему документування якості можна розглядати у вигляді піраміди, вершиною якої є Політика в області якості, а нижніми шарами Настанови, Методичні положення, стандарти, регламенти та інші документи у сфері забезпечення якості [190, с.121], то для середовища будівельного проекту ця схема ускладнюється (рис. 3.19) і багато процедур мають документуватись в єдиному цифровому середовищі, у разі використання BIM-моделювання об'єктів [191].

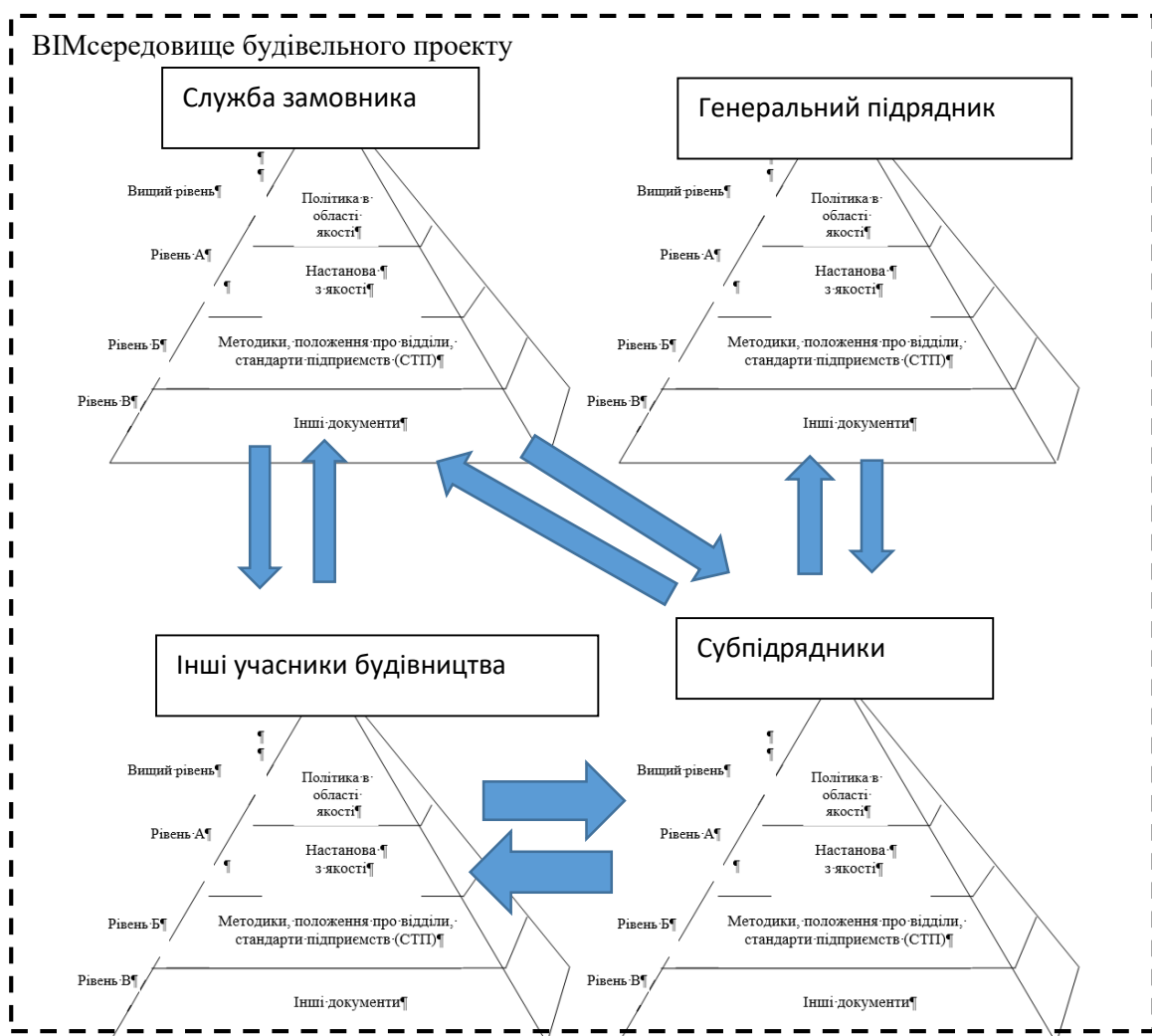


Рисунок 3.19 – Документація та процедури системи забезпечення якості у рамках цифрового середовища будівельного проекту

Розроблено автором на основі [190, с.121]

Запропонована у дисертації організаційно-технологічна модель забезпечення якості службою замовника має стати основою для формування комплексної системи забезпечення якості у межах цифрового середовища об'єкту (рис. 3.20).

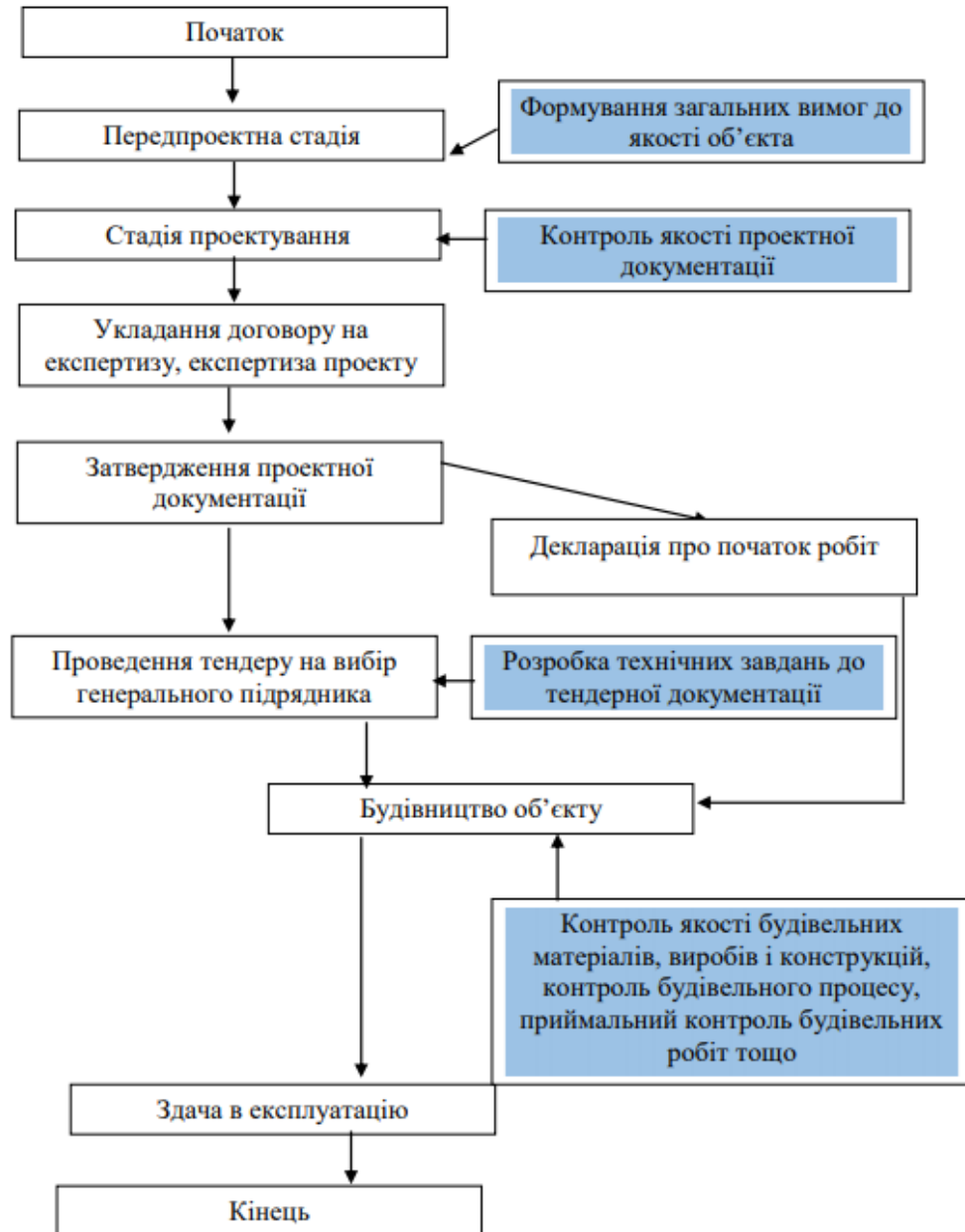


Рисунок 3.20 – Організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва службою замовника

Розроблено автором

На основі запропонованої моделі розроблено укрупнений перелік процедур забезпечення якості на різних стадіях інвестиційно будівельного

процесу з точки зору часті у них замовника, генерального підрядника, генерального проектувальника тощо (табл. 3.5)

Таблиця 3.5 – Функції учасників будівництва із забезпечення процедур комплексної системи формування якості

№	Стадія	Учасники будівництва		
		Замовник	Проектувальник	Підрядник
1.	Проектування			
1.1	Отримання завдання на проектування, збирання вихідних даних, основні вимоги до якості будівництва	+	+	
1.2	Розробка проектної документації на будівництва, урахування нормативних вимог до якості і вимог замовника	+	+	
1.3.	Експертиза проектної документації на предмет забезпечення нормативних вимог до якості, погодження і затвердження ПД	+	+	
1.4.	Отримання дозволу на будівництво	+		
2.	Будівництво			
2.1	Проведення тендерів на виконання БР, вимоги до якості виконання робіт, вимоги до якості обладнання, матеріалів, кваліфікації виконавців робіт	+	+	+
2.2	Проведення тендерів на закупівлю МТР, вимоги до сертифікації, декларації та інші.	+	+	+
2.3.	Зведення об'єкту загальні вимоги щодо процедур вхідного, приймального та оперативного контролю якості	+	+	+

Закінчення табл.3.5

1	2	3	4	5
2.4.	Виконання окремих БР та монтаж обладнання, контроль дотримання на будівельному майданчику вимог техніки безпеки і охорони праці, машин, механізмів обладнання, кваліфікації персоналу	+	+	+
2.5.	Зведення об'єкту або виконання окремих БР приймальний контроль якості будівельних робіт та їх результатів	+		+
2.6.	Зведення об'єкту або виконання окремих БР авторський нагляд і інспекційний контроль якості будівельних робіт та їх результатів		+	+
3	Введення об'єкту в експлуатацію, приймальний заключний контроль якості.	+		+

Розроблено автором за матеріалами [130, 192, 193].

При перевірці якості будівництва, відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» розрізняють декілька видів контролю: вхідний, операційний, інспекційний та приймальний. У разі необхідності у вхідному, операційному й інспекційному контролі повинні брати участь працівники будівельної лабораторії (лабораторний контроль), у операційному та інспекційному – геодезичні служби (геодезичний контроль). Наведена на рис. 3.20 і у табл. 3.5 послідовність процедур забезпечення якості дозволить найкращим чином, обґрунтовано здійснити вибір методів контролю параметрів будівництва та відповідальних виконавців.

Головними суб'єктами, що забезпечують контроль якості будівельних процесів є:

- органи державного контролю в будівництві;
- технічний нагляд замовника (забудовника), однією з функцій якого є контроль якості виконання робіт (технічний нагляд повинен забезпечувати перевірку якості та комплектності проектно-кошторисної документації, вчасне приймання прихованих робіт з оцінкою їх якості, а також закінчених конструктивних частин (елементів) будівель і споруд, не допускаючи оплати недоброякісно виконаних робіт);
- авторський нагляд за якістю будівельних робіт (виконують проектні

організації, які ведуть інспекційний контроль чіткого дотримання проекту при зведенні об'єкта), відомчий контроль

- технічна інспекція будівельної організації (технічна інспекція повинна слідкувати за дотриманням на об'єктах вимог нормативної документації, проектів, технології виконання робіт, а також за якістю матеріалів і виробів, що використовуються);

- громадський контроль якості (може діяти у формі постійної громадської комісії або комітету по якості, постів якості, груп контролю якості, громадських контролерів, громадських інспекторів).

Наведена у табл. 3.5 та на рис. 3.20 послідовність відповідає процедурам забезпечення якості будівництва та етапам інвестиційно-будівельного процесу і може бути використана у якості бази для розробки регламентів службами замовника у розрізі процедур забезпечення якості у цифровому середовищі адміністрування будівельними проектами. Схема може бути деталізована під час розробки внутрішніх документів забезпечення якості а також доповнена елементами забезпечення якості на перед проектній та передінвестиційних стадіях будівництва.

3.4. Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами

На основі описаних у табл. 3.5 методів забезпечення якості на різних етапах інвестиційно-будівельного процесу визначено, що більшість процедур із контролю якості стадії «будівництва» має забезпечуватись на рівні підрядних підприємств, а контролюватись іншими учасниками будівництва. Запропонована у дисертації організаційно-технологічна модель забезпечення якості підрядним підприємством має стати основою для формування комплексної системи забезпечення якості у межах цифрового середовища об'єкту (рис. 3.21).

Наведена модель також сформована за етапами будівництва для полегшення упровадження у практику формування якості підрядними підприємствами в умовах цифрового середовища. Модель охоплює стадії

будівництва від проведення тендерів до введення об'єкта в експлуатацію, що на наш погляд найбільш повно відображає етапи забезпечення якості у рамках будівельного проекту саме підрядним будівельним підприємством як окремим ключовим елементом такого проекту.

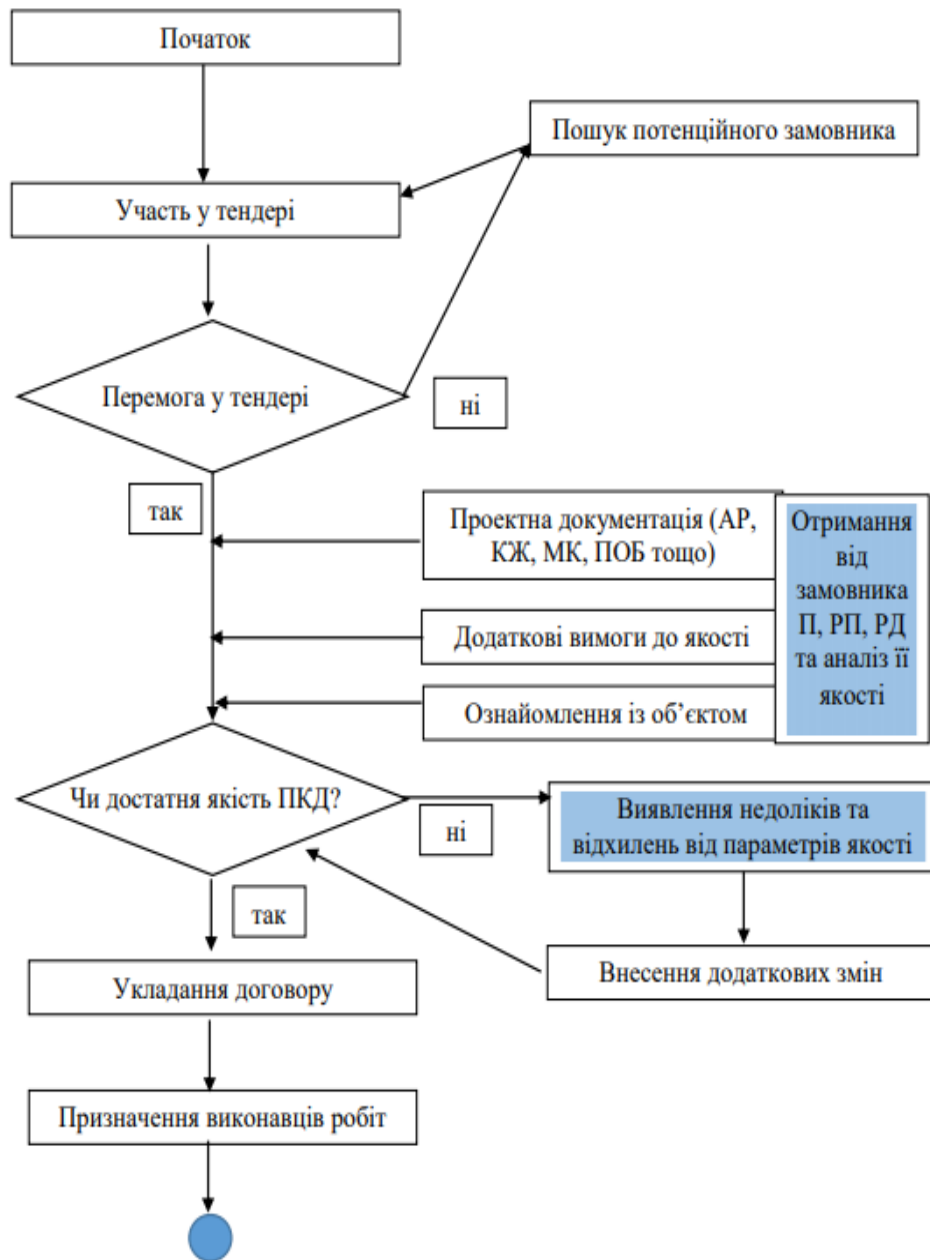


Рисунок 3.21 – Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами (початок)

Розроблено автором

Першим етапом забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами після виграшу у тендері має стати аналіз і контроль обсягу,

повноти, якості проектної і кошторисної документації на будівництво об'єкту. У разі виявлення недоліків, вони мають бути виправлені а додаткові зміни затверджені замовником і проектною організацією в установленому порядку.

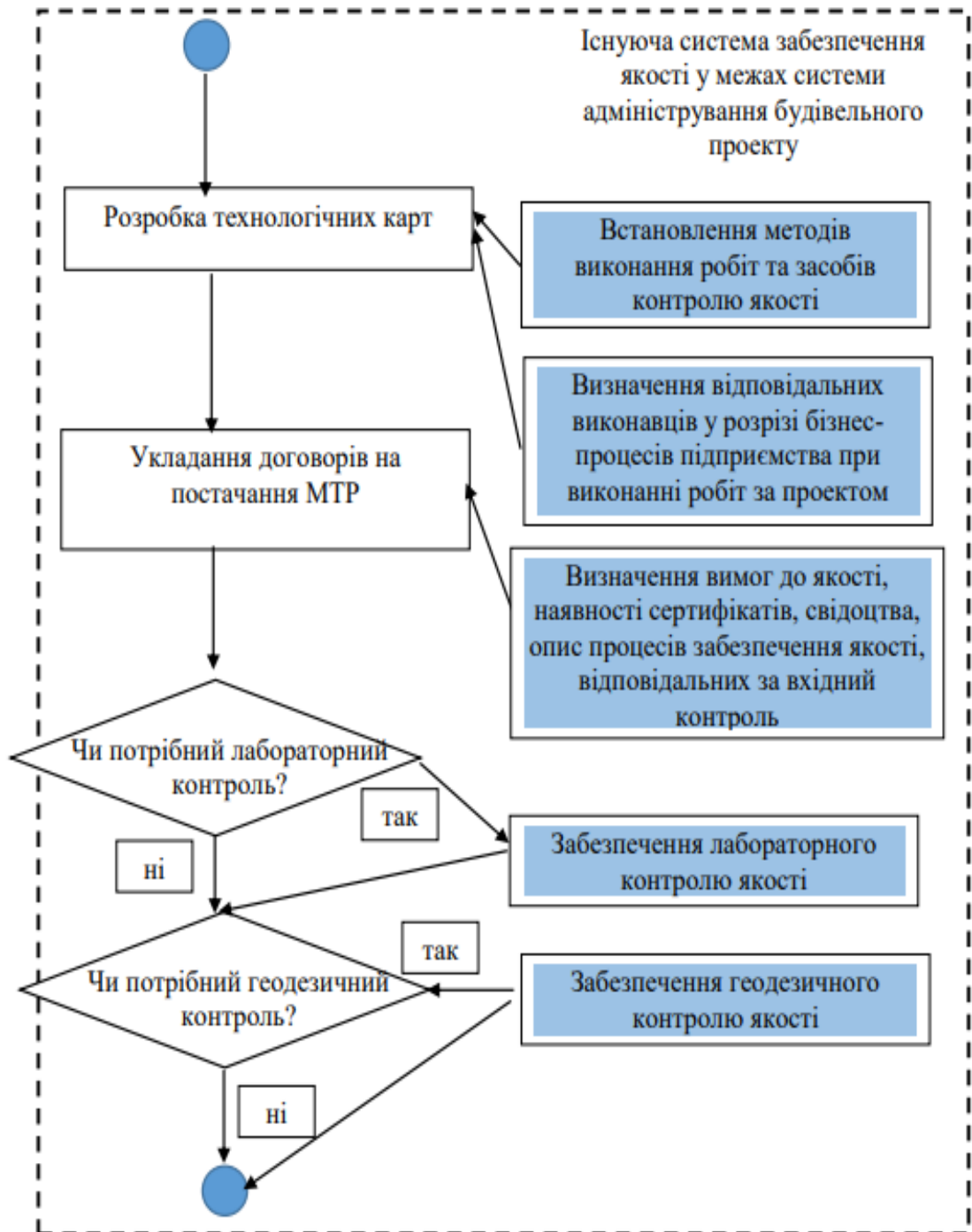


Рисунок 3.21 – Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами (продовження)

Розроблено автором

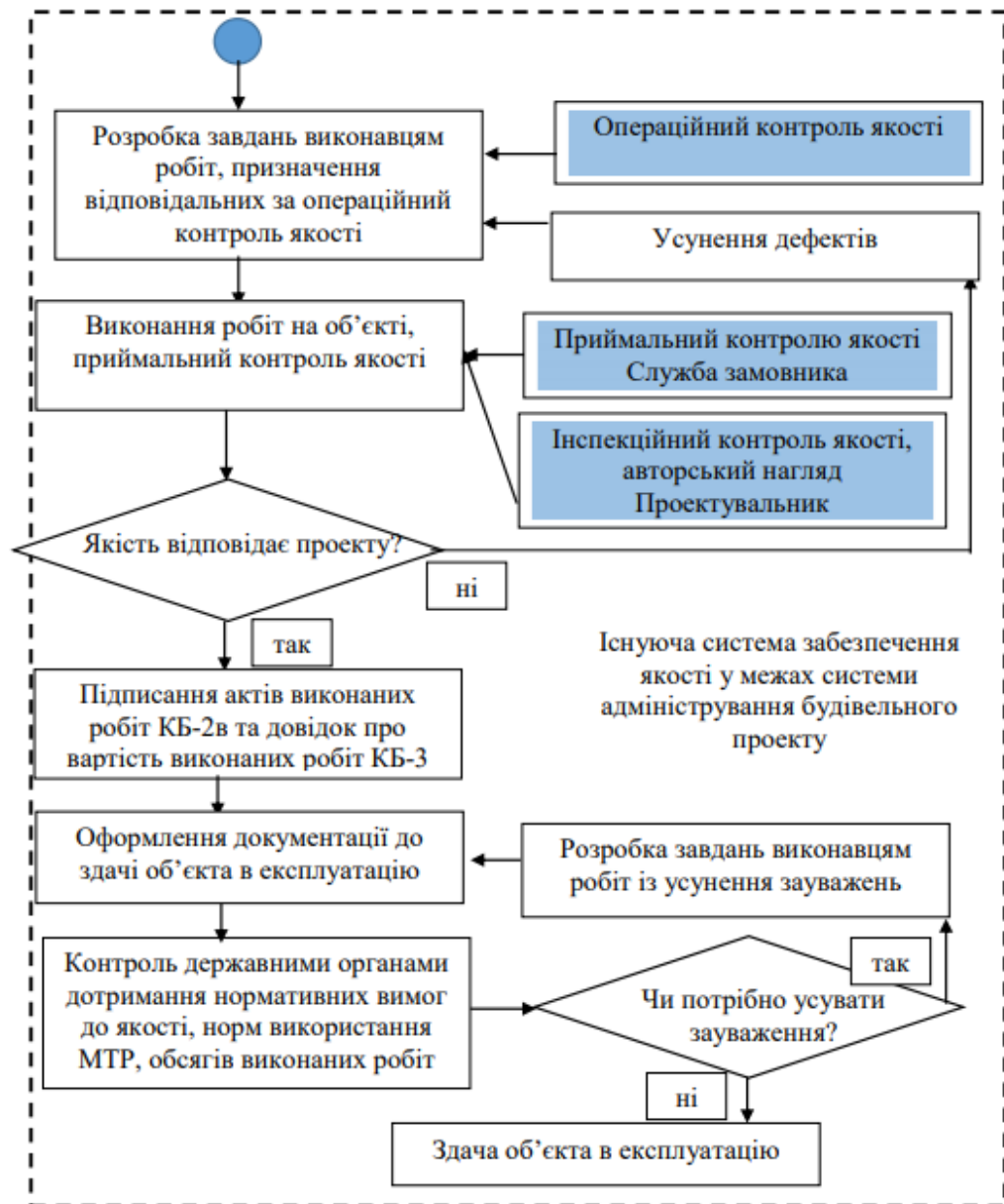


Рисунок 3.21 – Укрупнена організаційно-технологічна модель забезпечення якості будівництва підрядними підприємствами (закінчення)

Розроблено автором

Наведена на рис. 3.21 послідовність відповідає процедурам забезпечення якості будівництва та етапам інвестиційно-будівельного процесу і може бути використана у якості бази для розробки регламентів якості підрядними у розрізі процедур забезпечення якості у цифровому середовищі адміністрування будівельними проектами.

Висновки до розділу 3

Моделювання інтелектуальної підтримки оцінювання якості будівництва за допомогою системи нечітких логічних рівнянь дозволило отримати оцінку якості НВФС у вигляді нечіткої множини. В результаті дефазифікації нечіткої множини отримано систему нечітких правил для визначення прогнозованої якості НВФС в залежності від середнього стажу робітників у бригаді, наявності дефектів основи, відповідності нормативним вимогам матеріальних ресурсів та дотримання технології монтажу НВФС, які у свою чергу залежать від комплексу підпорядкованих чинників і можуть визначатись як експертним шляхом, так із використанням апарату теорії нечітких множин.

Запропоновано здійснювати формування комплексної системи формування якості у рамках адміністрування будівельного проекту пропонується здійснювати на основі циклу PDSA («Плануй-Виконуй-Перевірй-Дій»), який рекомендовано для побудови системи тотального управління якістю вимогами ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги».

Визначено, що для здійснення переходу до формування комплексної системи якості будівництва у рамках системи цифрового адміністрування будівельним проектом необхідно здійснити корегування внутрішніх бізнес-процесів учасників будівництва, здійснити співставлення внутрішніх документів забезпечення якості та здійснити розробку і підготовку нових документів та регламентів, що регулюють порядок і зміст процедур управління якістю будівництва на різних стадіях життєвого циклу об'єктів, формування бази даних параметрів контролю якості будівництва, інформації щодо виявлених і усунутих або неусунутих дефектів, які виникли у процесі зведення об'єкту та під час його експлуатації, розроблені та застосовані підрядними організаціями власні додаткові до нормативних вимог нормативи, допуски та процедури забезпечення якості.

Розроблено дві укрупнені організаційно-технологічні моделі забезпечення якості будівництва (підрядними підприємствами і службами замовника), які мають практичне значення і можуть бути використані у якості бази для розробки регламентів службами замовника і підрядними підприємствами у розрізі процедур забезпечення якості у цифровому середовищі адміністрування будівельними проектами. Запропоновані алгоритми можуть бути деталізовані під час розробки внутрішніх документів забезпечення якості а також доповнені елементами забезпечення якості на перед проектній та передінвестиційних стадіях будівництва.

РОЗДІЛ 4

АДАПТИВНО-ОПЕРАТИВНЕ АДМІНІСТРУВАННЯ ЯКОСТІ
БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

4.1. Організаційно-технологічна модель як основа формування системи забезпечення якості на об'єкті «Завершення будівництва ділового центру по вул. Петра Сагайдачного, 18 у Подольському районі м. Києва» при виконанні робіт зі ведення каркаса фасадної системи "Cuiber" з системних профілів з алюмінієвих сплавів, пристроїв внутрішніх теплоізоляційних, вітро -, вологоізоляційних шарів і кладці зовнішнього лицьового шару з цегли завтовшки 50 - 120 мм. Конструкція зовнішньої стіни будівлі з облицюванням цеглою представлена на рис. 4.1-4.

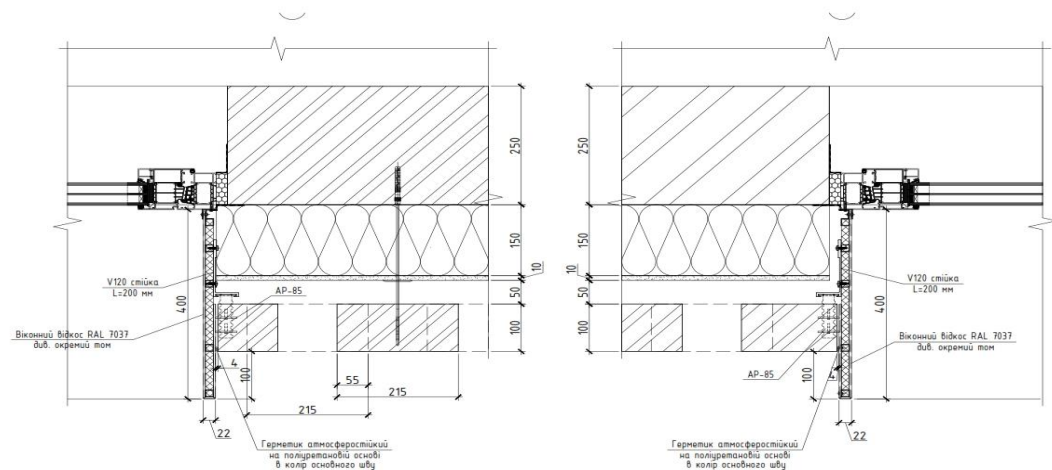


Рисунок 4.1 – Конструктивне рішення зовнішніх стін

Зовнішня захисна конструкція будівлі побудована за принципом вентиляваного фасаду з ригельною схемою несучого каркасу з алюмінієвих сплавів. Конструкція навісної фасадної системи «Cuiber» являє собою навісну систему фасадної теплоізоляції з повітряним прошарком і облицюванням цегляною кладкою завтовшки 20-50 мм по каркасу з профілів з алюмінієвих сплавів «Cuiber».

Матеріал конструкцій. Алюмінієві пресовані профілі «CUUBER» виготовляються зі сплаву «EN AW 6060 T6, T66» згідно ДСТУ Б В.2.6-3-95 (ГОСТ 22233-93).

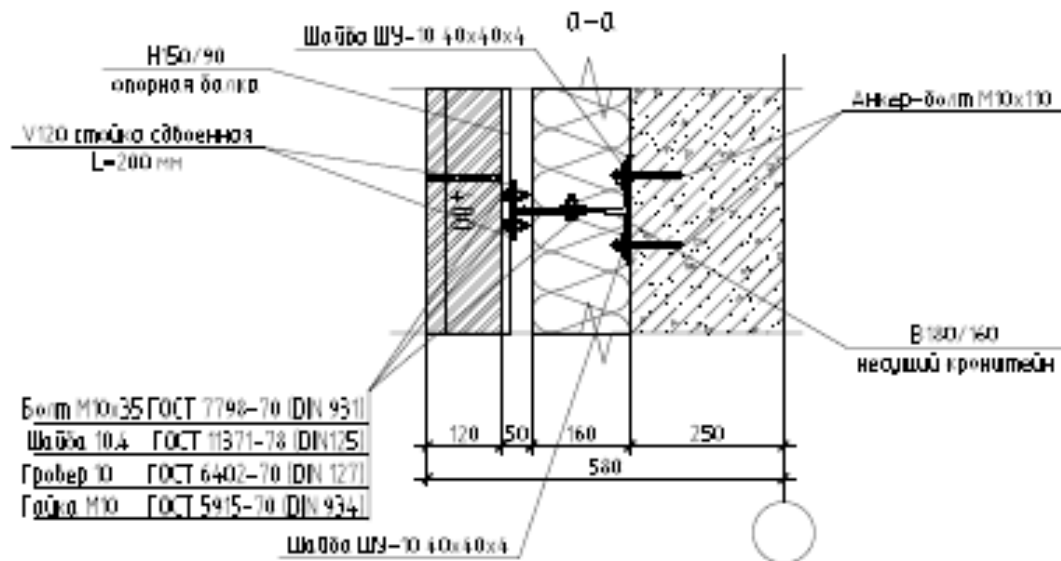


Рисунок 4.2 – Конструктивне рішення зовнішніх стін



Рисунок 4.3 – Конструктивне рішення зовнішніх стін фрагменту фасаду

Закладні вироби виготовляються з корозійностійких марок сталей 12X18Н10Т по ДСТУ «Прокат тонколистовий корозійно - стійкий, жаростійкий і жароміцний. Технічні умови».

Арматурні стержні горизонтального армування кладки - діаметром 4 мм.

Цегла, розміром 215x95x65 мм, марки по міцності М 200 та морозостійкістю F100.

Розчин кладки SILTEK М-5 – цементно - піщаний марки по міцності М 100, морозостійкість F 75.

В якості захисного покриття алюмінієвих профілів в місцях контакту з агресивно - активними середовищами застосовуються захисні протикорозійні покриття на основі епоксидних смол.



Рисунок 4.4 – Конструктивне рішення зовнішніх стін фрагменту фасаду

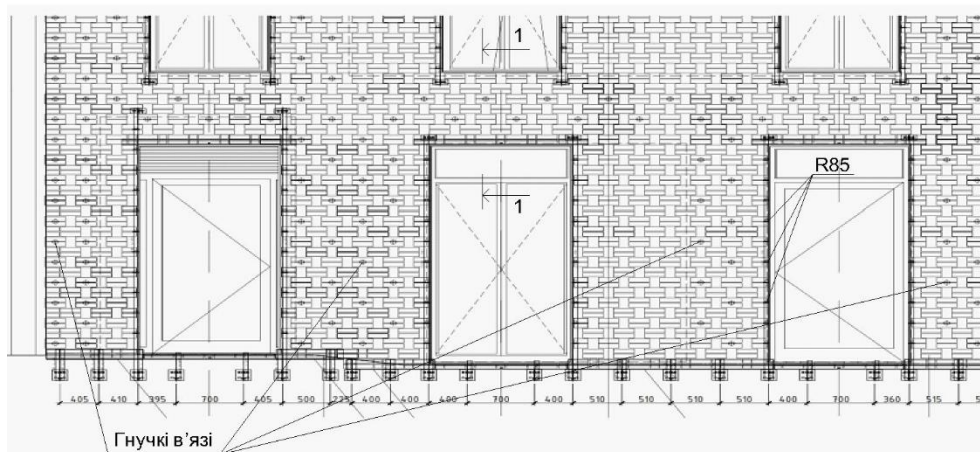


Рисунок 4.5 – Улаштування в'язей

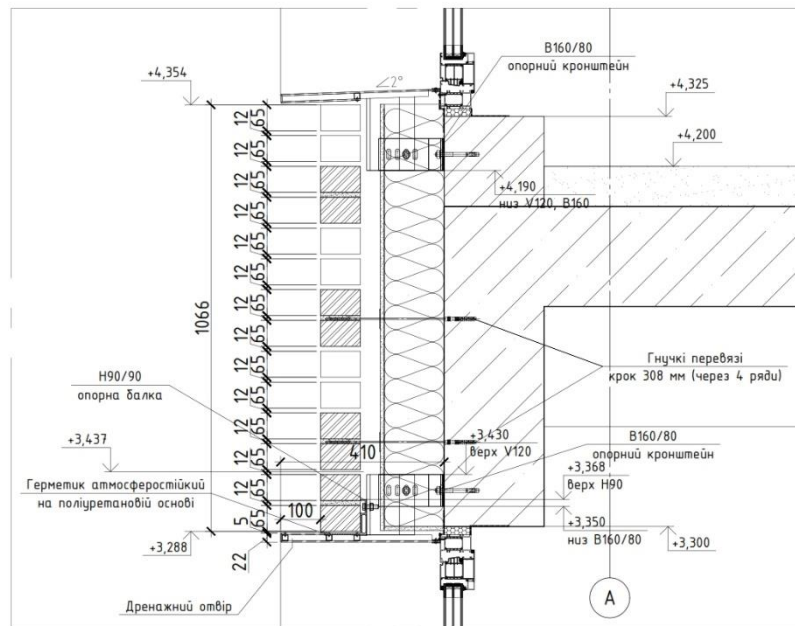


Рисунок 4.6 – Горизонтальне армування кладки перших та останніх рядів виконується за допомогою арматурних стержнів діаметром 4 мм

Конструкція каркасу навісної фасадної системи призначена для створення зовнішньої огорожувальної конструкції будівлі з утепленням, вітро - вологозахистом і облицюванням кам'яними матеріалами, цеглою лицьовою, пустотною на цементно - піщаному розчині.

Конструкція каркасу фасадної системи являє собою лінійну ригельну систему, при якій на будівельну основу встановлюються несучі кронштейни системи через ізолюючі прокладки 2 мм закріплюються за допомогою анкерів механічних розпірних M10x100.

До кронштейнів закріплюються вертикальні направляючі V120 за допомогою болтових з'єднань (болт M10x35, дві шайби 10.4, гайка M10 - нержавіюча сталь A2).

Горизонтальним несучим елементом системи є горизонтальна направляюча - несуча балка H150, що встановлюється на вертикальні направляючі V120 за допомогою болтових з'єднань (болт M10x35, дві шайби 10.4, гайка M10 - нержавіюча сталь A2). Горизонтальна балка самостійно несе навантаження від масиву лицьової кладки

Розрахункова схема каркасу фасадної системи виконана таким чином, щоб горизонтальна несуча балка Н150 закріплювалася на вертикальну стійку V120 в зоні несучого кронштейну для безпосередньої передачі навантаження на несучі кронштейни і на основу - несучий каркас будівлі.

Масив лицьової кладки по каркасу виконується «мокрим» способом, цегла вкладається на горизонтальну несучу балку Н150 на цементно - піщаний розчин класичним способом, із перев'язкою. Товщина горизонтальних швів – 12 мм, вертикальний 12 мм. Розшивання швів лицьового шару - суцільний.

Для забезпечення горизонтальної стійкості масиву лицьової кладки в нижній частині кладки на вертикальні направляючі V120 в поздовжні пази встановлюються закладні деталі АР85, виконані з корозійностійкої сталі, з кроком 300 мм (4 ряди цегли). Закладні деталі мають можливість переміщатися уздовж вертикальної осі направляючої V120 спільно з масивом кладки, компенсуючи деформації масиву і температурні розширення каркасу. По висоті кладка розкріплюється до масиву основної стіни за допомогою гнучких зав'язків, що встановлюються кожен чотири ряди (крок 300-400 мм).

Зовнішня поверхня деформаційних швів герметизується атмосферостійким герметиком на поліуретановій або силіконовій основі.

Відстані між вертикальними деформаційними швами встановлені:

- для прямолінійних ділянок кладки - не більше 6 м;
- в кутових зонах - на відстані не більше 500 мм від кута по одній зі сторін.

Відстані між горизонтальними деформаційними швами визначаються конструкцією каркаса системи в залежності від розташування несучої горизонтальної балки. Горизонтальні деформаційні шви по масиву лицьової кладки утворюються при встановленні горизонтальних несучих опорних балок Н150, при цьому масив кладки розділяється на окремі горизонтальні ділянки відповідно розташуванню горизонтальних балок. На кожен горизонтальну опорну балку Н150 приходиться своя окрема ділянка кладки.

Для забезпечення вентиляції повітряного прошарку в конструкції фасадної системи додаткові заходи не передбачено.

Теплоізоляційний шар фасадної конструкції виконано попередньо з мінераловатного утеплювача одно - або багат шарової конструкції загальною товщиною згідно теплотехнічного розрахунку та паспорту фасаду.

Повітряний прошарок вентиляованої фасадної конструкції влаштовуються між теплоізоляційним шаром тильною стороною зовнішнього лицьового шару цегляної кладки. Товщина прошарку, передбачена проектом, становить 30 мм.

Зовнішній лицьовий шар фасадної конструкції виконується з цегли лицьового клінкерної або керамічного звичайного пластичного пресування, пустотної, щільної або повнотілої шириною 50 - 120 мм на цементно - піщаному розчині.

Відкоси віконних і дверних прорізів виконуються з гнутих об'ємних касет з алюмінієвого пофарбованого листа. Відливи прорізів виконуються із алюмінієвого пофарбованого листа.

Перетинки віконних і дверних прорізів виконуються за допомогою опорної балки Н90/90, яка кріпиться до стійки V120 за допомогою болтового з'єднання А2 М10х35



Рисунок 4.7 – Конструктивне рішення зовнішніх стін фрагменту фасаду

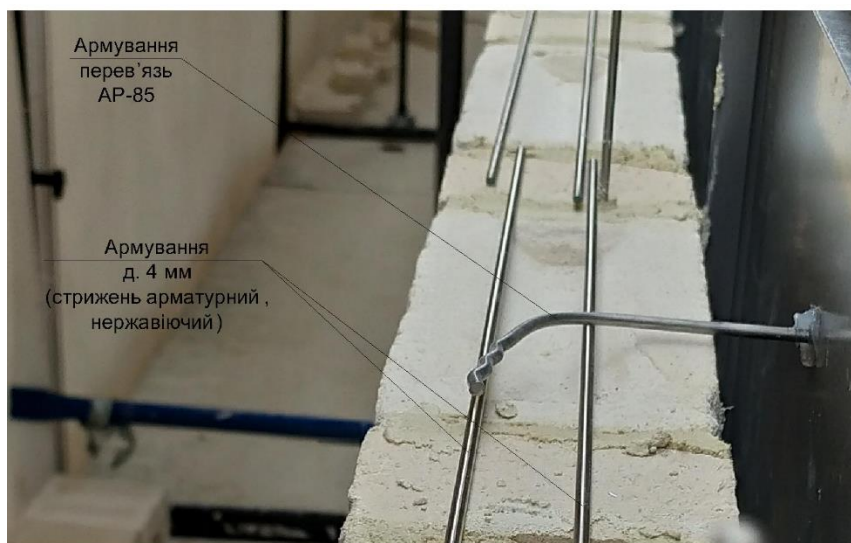


Рисунок 4.8 – Конструктивне рішення зовнішніх стін фрагменту фасаду. Армування верхніх рядів



Рисунок 4.9 – Конструктивне рішення зовнішніх стін фрагменту фасаду

Заходи із забезпечення якості під час виконання робіт підготовчого періоду. Підготовка монтажного майданчика. Основним роботам з монтажу навісної фасадної системи «Cuuber» передують роботи підготовчого періоду. У місцях примикання конструкцій до бетону, сталевим Фахверком, елементи конструкцій повинні бути захищені від корозії відповідно.

До початку монтажу конструкцій необхідно провести приймання та підготовку місць установки несучих кронштейнів. При прийманні закінчених бетонних і залізобетонних конструкцій або частин споруд слід перевіряти:

- відповідність конструкцій робочими кресленнями;
- якість бетону по міцності і іншим показникам, зазначеним у проекті;
- відповідність застосовуваних матеріалів встановленим вимогам, підтвердження актами на приховані роботи або актом на приймання відповідальних конструкцій;

- перевірити по нормативно - технічній документації геометричні розміри, висотні позначки перекриттів, наявність закладних деталей, розташування робочої арматури з / б плит перекриття, до яких повинні кріпитися алюмінієві конструкції. У разі будь - яких невідповідностей технічної документації необхідно скласти акт за участю замовника і генпідрядника;

- провести розмітку місць установки конструкцій відповідно до вказівок робочої документації.

Перед початком монтажу потрібно підготувати майданчик для збірки елементів в монтажні марки, розкрою листового матеріалу, збірки облицювальних панелей, віконних перетинок; мати необхідні для ведення монтажних робіт інструменти і пристосування.

Зберігання елементів конструкцій з алюмінієвих сплавів і теплоізоляційних матеріалів повинно проводитися в упакованому вигляді на дерев'яних підкладках в сухих складських приміщеннях з твердим покриттям підлоги. Зберігання облицювальних матеріалів повинно проводитися

відповідно до вимог виробника. Складування конструкцій на відкритих майданчиках не допускається.

Забезпечення якості при монтажі каркасу фасадної системи «Cuiber». По маркуванню на упаковці визначаються елементи фасаду (монтажної секції). Залежно від умов монтажу збірку каркаса можна вести як зовні будівлі, так і зсередини без використання зовнішніх засобів підмоцнення. Даною технологічною картою передбачено проведення монтажних робіт зовні будівлі.

У відповідності зі складальним кресленням проводиться розмітка місць установки несучих кронштейнів (B180, B160); виконуються свердління отворів в несучій конструкції з продувкою отворів і монтаж анкерів; встановлюються термоізоляційні підкладки з пароніту товщиною 2 мм і несучі кронштейни B180 (B160) за допомогою механічних розпірних або хімічних анкерів M10x120; перевіряється якість кріплення кронштейнів, при необхідності кріплення підтягуються. Кількість і діаметр анкерів призначаються згідно статичному розрахунку системи та виконується обов'язкове фактичне випробування на об'єкті, що підтверджується актом випробувань.

Не допускається проводити монтаж кронштейнів:

- на непідготовленій основі;
- при встановленому візуально пошкодження;
- без підтвердження натурними випробуваннями необхідної несучої здатності анкерних елементів.

Монтуються вертикальні стійки каркаса V120 за допомогою кріплення до несучих кронштейнів за допомогою болтового з'єднання.

У попередньо розмічені по висоті місця відповідно до проекту на вертикальні стійки V120 встановлюється ригеля профіль H150, закріплюється за допомогою фіксуючих болтів M10x25.

Горизонтальні направляючі H150 монтуються по багато прольотній, як правило, трьох прольотній, нерозрізній схемі довжинами в загальному

випадку по 3 м. На кутах - по одно- або багато прольотній схемі з консольним виносом в сторону кута. Довжина консольного виносу перевіряється статичним розрахунком і в загальному випадку не повинна перевищувати 1/3 основного прольоту. Монтаж направляючих Н150 на кутах у вигляді консольних балок із закладенням не допускається.

Під час вертикальної збірки конструкції необхідно контролювати строго вертикальне положення стійок. Кут між стійкою і ригелем повинен відповідати 90° .

При монтажі направляючих не допускається:

- монтувати пошкоджені направляючі (визначається візуально);
- проводити монтаж без пристрою температурного зазору (5 мм) між суміжними напрямними;
- порушувати встановлену проектом схему кріплення направляючих до кронштейнів;
- проводити монтаж способом, що створює початкова напруга в елементах каркасу (натягом або вигином);
- робити кріплення до інших елементів каркасу в крайову зону (при відстані від осі елемента до краю каркасу менше 2,5 діаметра);

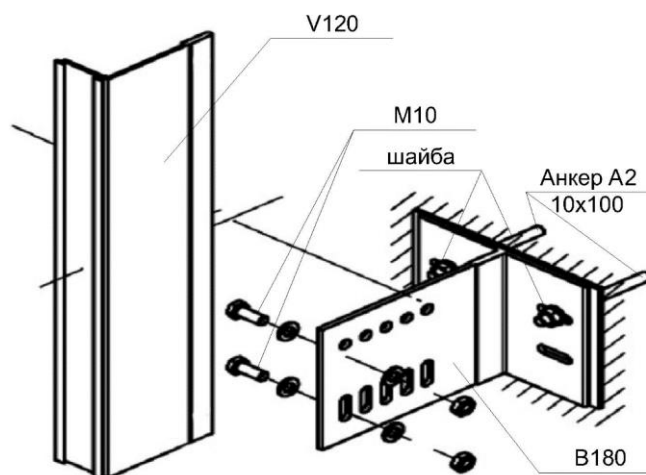


Рисунок 4.10 – Установка вертикальної направляючої

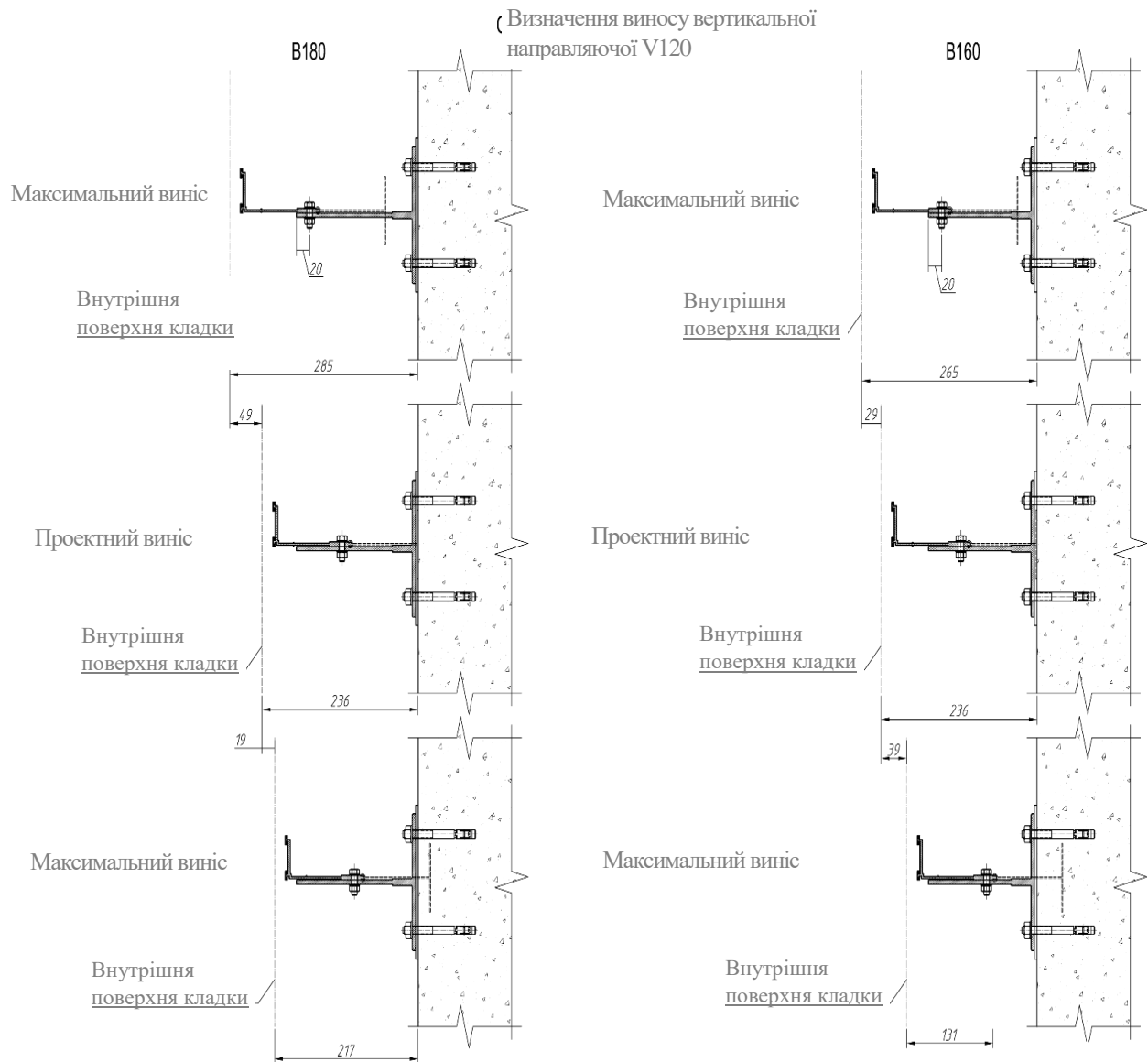


Рисунок 4.11 – Позиціонування вертикальної направляючої V120

Влаштування зовнішнього лицьового шару цегляної кладки по каркасу фасадної системи.

Процес цегляної кладки зовнішнього лицьового шару складається з наступних операцій:

- перевірка геометричних параметрів монтажу елементів каркасу фасадних системи;
- установка і перестановка причалки;
- підготовка, різання (рубка або теска) цегли (у міру потреби);

- подача будівельних матеріалів і виробів для кладки стін і монтажу збірних перетинок над віконними і дверними отворами, розчину баштовими кранами на робочі місця мулярів;
- перелопачування, подача, розтягнення і розрівнювання розчину на горизонтальній направляючій;
- укладання цегли в конструкцію;
- кладка лицьового шару стіни;
- установка гнучких зв'язків кладки з каркасом фасадної системи з кроком 300 - 450 мм;
- установка арматурних стержнів в закладні деталі для горизонтального армування кладки.

Для операційного контролю якості будівництва використано розроблений у табл. 2.4-2.6. склад операцій і засоби контролю улаштування каркасу НВФС, який здійснюється із використанням програмного модулю «Аналіз якості» за допомогою контрольних карт (рис. 4.12).

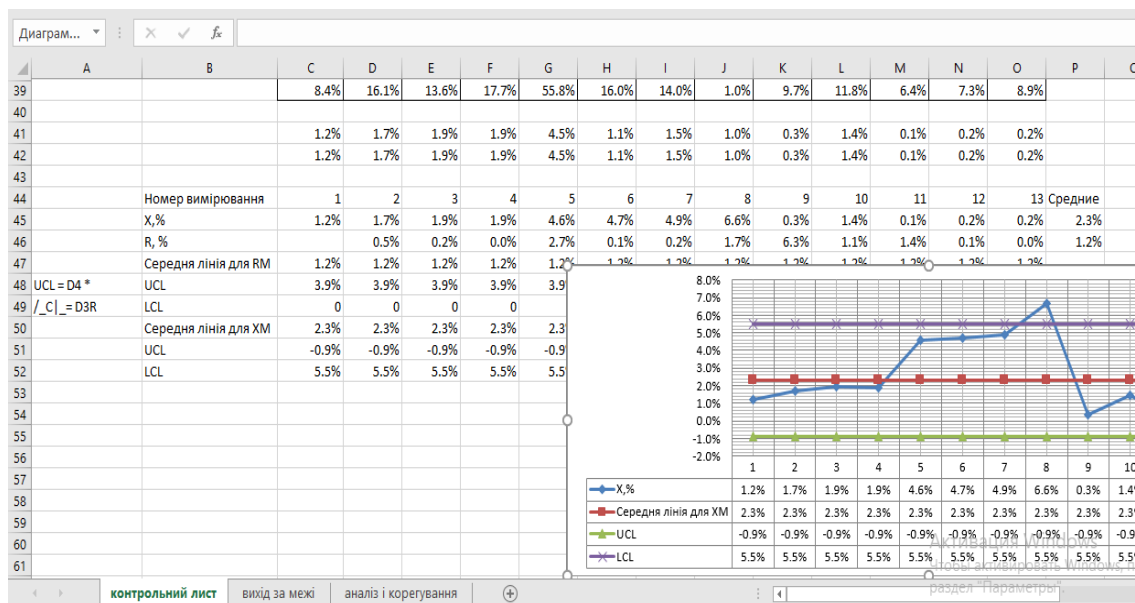


Рисунок 4.12 – Фрагмент програмного модулю «Аналіз якості»

Застосування зазначених розробок суттєво полегшило аналітичну роботу працівників будівельних підприємств, але при цьому залишається невирішеною завдання із збору і первинної обробки даних – процесів які є найбільш трудомісткими і відповідальними при виявленні некерованості

процесів, оскільки від них залежить точність подальших розрахунків. Тому метою подальших досліджень має стати пошук шляхів інтеграції розроблених програмних модулів у систему інформаційного обміну учасників будівництва.

Також запропоновано інформаційно-аналітичний комплекс прикладних програм моделювання організаційно-технологічних параметрів будівництва, що дає змогу розраховувати середні значення відхилень будівництва, а також контролювати параметри якості. За цієї методикою зміст інформаційно-аналітичних компонент дозволяє обчислювати та корегувати параметри будівництва в он-лайн режимі, а дієвими засобами корегування відхилень є адміністративно-економічні інструменти, поточний збір та обробка інформації щодо наявних або потенційних відхилень, здійснення контролю відхилень фактичних показників від планових, а також система раннього реагування та корегування відхилень, яку краще за все реалізувати у форматі BIM-моделювання. Це сприяє кращій керованості системи, оскільки більшість розрахунків проводиться автоматично, що усуває можливість дії «людського фактору» та підвищує достовірність прийняття рішень.

4.2. Упровадження теоретичних основ організаційно-технологічного моделювання якості будівництва у навчальний процес КНУБА

Навчання майбутніх фахівців першого бакалаврського, другого магістерського і навіть третього PhD рівнів вищої освіти сьогодні неможливе без набуття системної комбінації теоретичних знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних компетенцій та умінь, які надають можливість вільної роботи із новітніми програмними комплексами та іншими цифровими технологіями на кшталт інформаційних мереж, BIM-та CALS-систем, моделей, призначених для побудови графіків будівництва, проектно-кошторисних програмних комплексів, хмарних сервісів, електронних архівів і бібліотек проектних рішень та інших даних, сховищ зберігання інформації для досягнення професійних завдань, що виникають під час проектування і зведення об'єктів, а також можуть виникнути на етапах введення в

експлуатацію або протягом експлуатації будівель і споруд або їх окремих конструктивних елементів. Сьогодні, як ніколи, майбутнім фахівцям необхідно втілювати концепцію «навчання протягом життя» і набувати професійні якості не тільки на базі закладів вищої освіти, але і набувати додаткові компетенції на рівні різних курсів, професійних тренінгів, семінарів тощо.

Сьогодні навіть протягом чотирьохрічного навчання бакалаврів із блискавичною швидкістю з'являються нові способи організації будівництва із використанням інноваційних засобів контролю якості за допомогою дронів і безпілотних літальних апаратів, відеоглядів і систем контролю місць виконання робіт та інших.

Усі вищезазначені трансформації системи організації будівництва під впливом цифровізації вимагають нових підходів до підготовки майбутніх фахівців-будівельників в області нових способів і завдань контролю якості організаційно-технологічних процесів, робіт, будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, способів адміністрування і матеріально-технічного постачання об'єктів, трансформацій проектно-орієнтованих організаційних структур будівельних проектів та учасників будівництва, а також формування комплексної системи якості будівництва з урахуванням цифровізації протягом життєвого циклу. А це, у свою чергу, вимагає від закладів вищої освіти створення нових навчальних програм, або уведення в існуючі програми блоків із нових способів та методів організаційно-технічного моделювання будівництва в навчальний процес. Також, для підвищення конкурентоспроможності освітньо-професійних програм для здобувачів вищої освіти за галуззю знань 19 «Архітектура і будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а також галузі знань 07 - Управління та адміністрування за спеціальністю 073 «Менеджмент» рекомендується створення короткострокових курсів (мікро курсів), призначених для підвищення кваліфікації вже працюючих фахівців-будівельників та ознайомлення їх із новітніми напрямками удосконалення організації

будівництва об'єктів в умовах цифровізації, спеціальними знаннями і практичними навичками щодо забезпечення якості в умовах цифровізації, способами формування спеціальних баз даних щодо параметрів якості окремих будівельних робіт, пошуку відхилень від проектних параметрів якості, методам виявлення та контролю чинників впливу на якість.

Для розвитку у студентів компетенцій в області побудови комплексної системи якості будівництва, організаційно-технологічного моделювання якості будівництва та новітнім цифровим технологіям організації та адміністрування будівництвом на стадіях отримання замовником або проектувальником вихідних даних, розроблення проектної документації та проведення її експертизи, затвердження проектної документації, виконання підготовчих робіт, зведення об'єкту та виконання будівельних робіт, прийняття в експлуатацію готових об'єктів, реєстрація права власності на об'єкт містобудування, експлуатації, проведення поточних та капітальних ремонтів об'єктів протягом життєвого циклу, на базі Київського національного університету будівництва і архітектури впроваджено у практику викладання майбутнім фахівцям будівельних спеціальностей декілька обов'язкових дисциплін (Додаток Г), у яких викладаються новітні підходи до формування системи якості будівництва, здійснюється ознайомлення студентів із новітніми програмними комплексами, основами BIM-моделювання та організаційно-технологічного моделювання будівельних робіт і процесів.

Майбутні фахівці-будівельники знайомляться із основними питаннями та теоретичними положеннями планування, контролю, забезпечування, поліпшування систем управління якістю будівництва, організації, інфраструктури, процесів, вхідної та вихідної будівельної продукції протягом здійснення будівництва, методи виявлення критичних відхилень від параметрів якості, способи уникнення, нейтралізації, усунення загроз втрати якості, одним із яких є запропонований у дисертації методичний підхід, під час вивчення дисциплін «Організація і управління будівництвом», «Спецкурс

випускової кафедри» та розробка відповідних навчально-методичних комплексів.

Навчально-методичні комплекси дисциплін розробляються у відповідності до «Положення про навчальний процес КНУБА» та містить наступні складові:

1. Робоча навчальна програма або силабус навчальної дисципліни, які мають містити інформацію про обсяг дисциплін у кредитах, перелік тем, список рекомендованих джерел літератури, засоби і періодичність контролю отриманих студентами компетенцій.

2. Конспект лекцій з навчальної дисципліни, який оновлюється кожного року або частіше за бажанням викладача внаслідок змін законодавчо-нормативної бази в області будівництва або суміжних сфер.

3. Методичні вказівки для проведення лабораторних, практичних та семінарських занять, у яких наводяться індивідуальні завдання для здобувачів, а також пояснюються способи і методи їх вирішення.

4. Тематика індивідуальних робіт.

5. Засоби діагностики та контролю знань, умінь, практичних навичок та інших компетенцій з навчальної дисципліни.

6. Рекомендації з організації самостійної роботи студентів.

7. Індивідуальні завдання.

Дисципліни викладаються із 2016 року, за освітньо-професійними програмами, розробленими у відповідності із Наказом МОН України від 06.11.2015 № 1151 «Про особливості запровадження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти», відповідно до яких закладам вищої освіти запропоновано розробити та запровадити з 1-го вересня 2016 року освітні програми та навчальні плани згідно з вимогами Закону України «Про вищу освіту». Запропоновані автором доповнення до робочих програм дисциплін «Організація і управління будівництвом», «Спецкурс випускової кафедри» уведено в навчальний процес із 2019 р.

В програмі закладено освітні компоненти, здатні сформувати у здобувачів вищої освіти навички самостійної роботи у сфері формування якості будівництва, створення та адаптування організаційно-технологічних моделей формування якості будівництва, розвинути особистісні професійні якості працівника, здатного бути конкурентоспроможним на ринку праці, вміти орієнтуватися в професійному та освітньому просторі країн Європи та світу. У рамках вивчення названих дисциплін студенти мають отримати здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної діяльності, що передбачає застосування існуючого інструментарію управління якістю будівництва, переосмислення наявних та створення нових знань або професійної практики в області формування якісних параметрів окремих будівельних робіт та усього будівництва в цілому. Внаслідок вивчення названих дисциплін студенти мають отримати наступні компетенції: здатність розробляти та управляти проектами в області будівництва, забезпечувати достатній рівень якості будівельних процесів і робіт, здійснювати вхідний контроль якості будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, здатність моделювати і досліджувати організаційно-технологічні процеси з використанням стандартних програмних продуктів, а також проводити аналіз якості об'єкту проектування протягом життєвого циклу, оцінювати та порівнювати різноманітні теорії, концепції та підходи до формування якості, знання стандартів в області забезпечення якості будівництва, вміння їх застосовувати при розробці, побудові систем забезпечення якості в рамках адміністрування будівельними проектами, здійснювати пошук і застосовувати нові надбання науки і техніки в області забезпечення якості будівництва у професійній діяльності.

Пропозицій автора щодо формування якості будівництва об'єктів успішно використовуються навчальному процесі Київського національного університету будівництва і архітектури при викладанні дисциплін «Організація і управління будівництвом», «Спецкурс випускової кафедри» для

напрямів підготовки 073 “Менеджмент” та 192 “Будівництво та цивільна інженерія” (довідка № 19/86 від 30.10.2021 р.).

Також, завдяки впровадженню у практику запропонованого у дисертації науково-методичного інструментарію студенти мають вміти: знаходити відхилення якісних параметрів будівельних робіт, визначати їх допустимий, та критичний рівні на базі запропонованих у роботі залежностей, знайомляться із сучасним програмним забезпеченням в області організації будівництва, елементами BIM-моделей, вчаться на основі цифрового моделювання об’єктів будівництва не тільки здійснювати проектування, вибір і заміну об’ємно-планувальних і конструктивних рішень у складі проекту, але і розробляти ряд рішень із організації і технології будівництва у складі інтегрованих цифрових систем на прикладі проектування окремих елементів і робіт, вміють проводити аналіз впливу ряду чинників на якість будівельних робіт, аналізувати проектну, проектно-технологічну та проектно-кошторисну документацію на предмет наявності вимог до якості будівельних робіт, здатність проводити оцінювання якості будівельних робіт, процесів, матеріалів, виробів і конструкцій, обробляти та оцінювати інформацію щодо експериментальних даних та якісних параметрів об’єкту або окремих конструктивних елементів, видів робіт, матеріально-технічних ресурсів, адміністративного, інформаційно-аналітичного простору зведення об’єкту у оперативному режимі та отримувати експертно-аналітичні оцінки якості окремих параметрів будівельних робіт, виявлення невідповідності та неповноти інформації у проектній документації, розробляти пропозиції щодо забезпечення якості будівельних робіт, засобів та періодичності контролю якості у складі технологічних карт.

Висновки до розділу 4

Запропоновано інформаційно-аналітичний прикладний модуль формування якості будівництва, який надає змогу будівельним підприємствам

здійснювати моніторинг якості об'єкта та дозволить накопичувати інформацію про параметри будівництва на стадіях проектування (відомості про основні якісні параметри архітектурно-будівельних, об'ємно-конструктивних і організаційно-технологічних рішень), зведення будівельного об'єкту та виконання підготовчих і будівельних робіт (відомості про відхилення якісних параметрів від проектних рішень, дані про причини таких відхилень, виявлення критичних значень для якості усього будівельного об'єкту відхилень та чинників, які впливають на зменшення якості) та експлуатації (накопичення інформації про якісні характеристики окремих конструктивних елементів протягом терміну їх експлуатації, інформація про необхідність та періодичність оновлення якісних характеристик об'єкту протягом життєвого циклу шляхом проведення робіт із поточного або капітального ремонтів, реконструкції, модернізації, технічного переоснащення, реставрації (якщо об'єкт відноситься до числа пам'яток архітектури). Використання запропонованого у дисертації програмного модулю дозволить учасникам будівництва здійснювати поточний контроль, моніторинг і управління якістю на засадах он-лайн планування, корегування, контролю, забезпечення планових параметрів якості будівництва. Це сприятиме пришвидшенню і більш обґрунтованому прийняттю рішень щодо управління якістю, оскільки розрахунок відхилень головних параметрів будівельної продукції та визначення їх критичних значень проводиться на основі поточних даних оперативного управління та здійснюється автоматизованим модулем із періодичністю у одну або декілька змін. Це надає змогу оперативно виявляти чинники, які викликають зменшення якості та швидко усувати їх.

Доведено доцільність впровадження у практику будівництва запропонованого інструментарію на об'єктах м. Києва.

Результативність упровадження методичного підходу і прикладного інструментарію визначення організаційно-технологічних параметрів будівництва в умовах сезонності доведено при реалізації проекту

«Реконструкція палацу культури з будівництвом громадського центру на вул. Гарматній 26/2 у Солом'янському районі м. Києва». Також результати роботи впроваджено з безпосередньою участю автора на будівельних підприємствах ТОВ «Будторгінвест» при будівництві житлового комплексу по вул. Руській, 235; ТОВ «БудПроект», які також упроваджено у навчальний процес у Київському національному університеті будівництва і архітектури при формуванні си́лабусів навчальних дисциплін «Організація і управління будівництвом» та «Спецкурс випускової кафедри» для здобувачів вищої освіти за галуззю знань 19 «Архітектура і будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Загальні висновки

В дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу запровадження та обґрунтування принципів побудови комплексної системи формування якості у межах цифрової системи адміністрування будівельного проекту та організаційно-технологічного моделювання параметрів будівельних процесів, що спрямовані на безперервне удосконалення якості в процесі оперативного управління будівництвом та адміністрування будівельним проектом. Результати дослідження забезпечують побудову успішної комунікативно-адміністративної системи взаємодії учасників інвестиційно-будівельного процесу, наслідком якого є неперервне збільшення якості будівельних робіт.

Значення результатів роботи для науки: одержані автором науково-методичні результати розширюють науково-теоретичну базу організації будівництва шляхом створення нового аналітичного підходу до процесів забезпечення якості будівництва шляхом створення єдиного цифрового інформаційно-комунікаційного аналітичного простору для учасників будівництва поєднання теоретичних підходів тотального управління якістю, реінжинірингу організаційно-технологічних і управлінських процесів та математичного моделювання, що дозволило створити інструментарій комплексного реагування на потреби споживачів.

Значення результатів роботи для практики визначається створенням інструментарію, що на новому якісному рівні дає можливість виконавцям будівельних проектів та замовникам здійснювати управління якістю в межах єдиної інформаційної системи, виявляти межі керованості організаційно-технологічних та управлінсько-адміністративних процесів, прогнозування параметрів якості виконуваних робіт.

Проведені дослідження забезпечили одержання наступних результатів та висновків:

1. Проаналізовано передумови, сучасний стан, тенденції розвитку та методичний інструментарій удосконалення якості будівництва в умовах цифрової трансформації у результаті чого визначено, що формування комплексної системи якості будівництва базуючись на вимогах нормативних документів та процедурах контролю якості має бути розширене шляхом інтеграції систем забезпечення якості окремих учасників будівництва в єдиний цифровий адміністративний простір, який дозволить не тільки здійснювати обмін інформацією і контролювати якість будівництва в процесі ходу будівельного процесу, але і здійснювати моніторинг, контроль і управління якістю на протязі життєвого циклу об'єкту. Реалізація такого підходу стала можливою лише із упровадженням у практику будівництва BIM-технологій і була неможливою при відсутності єдиної бази даних, яка накопичуватиметься протягом будівництва і експлуатації об'єкта.

2. Визначено методичний підхід до створення та складові організаційно-технологічного моделювання який полягає у тому, що етапами формування комплексної системи якості будівництва стали: аналіз визначення головних підходів до поняття «якість будівництва», напрямків її удосконалення; формування етапів дослідження; вивчення технології улаштування НВФС та виявлення параметрів якості улаштування НВФС; формування рекомендацій щодо створення баз даних якісних параметрів будівництва та інтеграції їх у єдину цифрову модель; моделювання якості улаштування фасадних систем; формування підходів до створення комплексної системи та процедур забезпечення якості підрядника і замовника; упровадження запропонованого інструментарію у практику будівництва що, в свою чергу, визначило методологічний базис та хід подальших досліджень. Нова система формування якості будівництва об'єкту, в основу якої покладено формат постійного удосконалення якості та цілеспрямованого на цифрову трансформацію будівельного проекту, реалізується у п'ять етапів, які логічно і системно ув'язані із завданнями і метою дослідження.

3. Здійснено опис технологій улаштування НВФС, виявлено що дані

системи, яка мають універсальний характер, надаючи можливості для архітекторів і дизайнерів втілювати нестандартні архітектурні рішення, можуть використовуватись як у житловому, так і у громадському будівництві, але при цьому мають досить великий рівень складності, що висуває високі вимоги до контролю і забезпечення якості даного виду робіт. Конструкції НВФС відрізняються між собою за матеріалом несучих елементів, конструктивною схемою, способом кріплення елементів каркасу між собою, матеріалом облицювання, способом кріплення облицювання до елементів каркасу. Виявлено, що моделювання якості НВФС доцільно проводити або у розрізі процесного підходу (улаштування основи, монтажу елементів, забезпечення якості матеріальних ресурсів, забезпечення кваліфікації персоналу) або у рамках її елементів (каркас, утеплювач, мембрана або захисний екран, зовнішнє оздоблення). Доповнено класифікацію та визначено фактори впливу на якість будівельних робіт на прикладі улаштування навісних фасадів, виходячи із структури забезпечення якості улаштування НВФС, визначено перелік параметрів, які мають підлягати контролю для забезпечення якості окремих елементів.

4. Визначено шляхи удосконалення та формування комплексної системи якості будівництва в умовах цифровізації шляхом побудови єдиної бази даних у рамках системи адміністрування будівельного об'єкту, яка має складатись із системи збору і накопичення інформації від виконавців будівельних робіт, системи централізованої обробки інформації, системи управління якістю «за відхиленнями» від проектних параметрів, яка має стати основою системи формування якості будівництва об'єкту (СФЯБО), інтегрованою у єдиний адміністративно-управлінський цифровий простір на основі інформаційної моделі будівлі (ВІМ-моделі об'єкту). Відхилення проектних параметрів якості пропонується визначати за допомогою широко відомого і визнаного у всьому світі інструментарію – контрольних карт, вибір яких здійснюється у залежності від періодичності, мети та засобів контролю якості.

5. Виявлено вплив внутрішніх і зовнішніх чинників на якість

будівельних робіт, створено комплекс моделей управління якістю будівництва об'єкту. У результаті проектування і навчання гібридної нейронечіткої мережі, із подальшим поглибленим аналізом структури одержаного алгоритму нечіткого логічного висновку, та комплексу дозволило обґрунтувати комплекс показників, пріоритетних для формування якості НВФС, серед яких середній стаж роботи бригади, наявність дефектів основи, дотримання технології монтажу та якість матеріальних ресурсів. Визначено, що для здійснення переходу до формування комплексної системи якості будівництва у рамках системи цифрового адміністрування будівельним проектом необхідно здійснити корегування внутрішніх бізнес-процесів учасників будівництва, здійснити співставлення внутрішніх документів забезпечення якості та здійснити розробку і підготовку нових документів та регламентів, що регулюють порядок і зміст процедур управління якістю будівництва на різних стадіях життєвого циклу об'єктів, формування бази даних параметрів контролю якості будівництва, інформації щодо виявлених і усунутих або неусунутих дефектів, які виникли у процесі зведення об'єкту та під час його експлуатації, розроблені та застосовані підрядними організаціями власні додаткові до нормативних вимог нормативи, допуски та процедури забезпечення якості для чого розроблено комплекс укрупнених організаційно-технологічних моделей, які визначають процедури забезпечення якості замовника і підрядника.

6. Впроваджено отримані результати у практику, надано рекомендації щодо удосконалення діючої системи управління якістю при будівництві об'єктів у м. Києві, для чого запропоновано систему адміністрування будівельними проектами доповнити програмними модулями «Контроль якості» і «Аналіз якості», які маю простий та доступний вигляд і можуть використовуватись окремо для аналізу відхилень будівельного процесу від проектних параметрів, що дає можливість швидко та ефективно здійснювати розрахунки.

7. Отримані результати дозволяють сформулювати напрямки

подальшої дослідницької роботи.

Результати дослідження рекомендується використовувати підрядними підприємствами та службами замовника для формування єдиної системи якості, а також у навчальному процесі для формування у майбутніх фахівців компетенцій необхідних для здійснення організації і управління будівництвом, управління та адміністрування будівельними проектами, а також адаптації учасників будівництва до вимог інформаційного середовища будівель.

Список використаних джерел:

-
- 1 Tugai O.A., Hryhorovskyi P.Ye., Khyzhniak V.O., Stetsenko S.P., Bieliienkova O.Yu., Molodid O.S., Chernyshev D.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 136 p.
 - 2 Stetsenko S., Tsyfra T., Vahovich I., Sichnyi S., Lytvynenko O. Information and analytical tools for monitoring the prices of material and technical resources (MTR) of construction. *Scientific Journal of Astana IT University*, 2021. №7. Pp. 63-76.
 - 3 Лівінський О.М., Ключев В.В., Савенко В.І. та ін. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 230 с.
 - 4 Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації: монографія / Савенко В.І., Пальчик С.П., Доценко С.І., Чертков О.Ю.: К.УАН Центр учб. літератури, 2018. 233с.
 - 5 Малихіна О.М., Поколенко В.О. Інноваційна технологія оцінки якості менеджменту будівельних підрядних підприємств. *Управління розвитком складних систем*. 2017. № 32. С. 146–152. <http://urss.knuba.edu.ua/zbirnyk-32>
 - 6 Малихіна О.М., Рижаків Д.А., Манжула І.О. Реалізація інноваційного науково-прикладного підходу діагностування стану якості функціонування операційних систем стейкхолдерів будівництва. *Актуальні проблеми економіки*, 2019. №6 С. 58–64.
 - 7 Tytok V., Bolila N., Ryzhakov D., Pokolenko V., Fedun I. CALS–Technology as a Basis of Creating Modules for Assessment of Construction Products Quality, Regulation of Organizational, Technological and Business Processes of Stakeholders of Construction Industry Under the Conditions of Cyclical and Seasonal Variations. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2021. Volume 10, pp. 271–276.

8 Титок В.В., Литвиненко О.В. Система постадійно-диференційованої оцінки альтернативних рішень на ранніх стадіях проектування. *Науково-практична конференція «Ефективне будівництво. Об'єкти, технології, конструкції і матеріали»*: тези конф. – Одеса, 2016. С.52.

9 Гойко А.Ф, Сорокіна Л.В., Скакун В.А. Управління бізнес-процесами як важливий чинник підвищення якості продукції будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 18. С. 150–158.

10 Шилов Э.И., Кухленко О.В., Гойко А.Ф. и др. Методы оценки эффективности и привлекательности инвестиционных проектов (методические рекомендации). К.: КГТУСА. 1996. 91 с.

11 Галунка О.Д., Гриценко О.С., Султанов Г.О. Система якості в впровадженні інновацій на будівельному підприємстві. Міжнародна науково-практична конференція «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві» (23-24 травня 2019 р., м. Київ). Київ, Видавництво Ліра-К, 2019. 312 с. С.88–89.

12 Ємельянова О.М., Титок В.В. Управління якістю будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2019. № 41. С. 46 – 53.

13 Ємельянова О.М., Титок В.В. Особливості системи управління якістю будівельної продукції. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. Чернігів: ЧНТУ, 2020. Т. 2. С. 235–236.

14 Yemeljanova O., Tytok V. Analytical provisions for the quality management of construction project. *Proceedings of the 1st International Symposium Intellectual economics. management and education*, September 20, 2019. Vilnius: Vilnius Gedeminas Technical University, 2019. 145 – 148 p.

15 Ревунов О. М., Рижаківа Г. М., Малихіна О. М., Предун К. М., Приходько Д. О., Орленко І. М. Аналітичні інструменти діагностики систем

менеджменту якості підприємств-стейкхолдерів будівельних проєктів. *Управління розвитком складних систем*, 2021. Вип. 45. С. 161-169.

16 Demydova O., Lytvynenko O., Moholivets A., Novak Ye. Influence of seasonal factors on quality, cost, labor and other parameters of construction. *The scientific heritage. Technical sciences*, 2021. № 74 (74). Pp. 42 – 49.

17 Анін В. І., Арутюнян І. А., Ічетовкін А. О. Науково-методологічний підхід інтеграції управління якістю в умовах ризиків будівельної галузі. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. Вип. 19. С. 5 –11. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtt dp_2021_19_3

18 Торкатюк В.І., Леуенко О.В., Вороновська Л.П., Грицаненко М.П., Александрова Е.Ю. Системи управління якістю в будівництві <https://eprints.kname.edu.ua/29299/1/42.pdf>

19 Бешинська О. В., Ратушняк О. Г. Оцінка якості теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій існуючих будівель. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2006. Вип. 9. С. 107 – 111.

20 Гетун Г. В., Криштоп Б. Г., Сергейчук О. В. Підвищення теплозахисних якостей зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель – одне із найважливіших завдань сучасного будівництва в Україні. *Містобудування та територіальне планування*. 2009. Вип. 35. С. 106 – 111.

21 Макарова О. В., Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Підвищення якості та проблеми сертифікації будівельних матеріалів. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"*. Серія : Техногенна безпека. Радіобіологія, 2016. Т. 280, Вип. 268. С. 132 – 135.

22 Горовий Д. А., Горова К. О., Сичова К. Є., Кадигроб Ю. Ю. Узагальнення методів економічної оцінки якості дорожньо-будівельних робіт в контексті європейської інтеграції України. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*, 2017. № 4. С. 130 – 137.

23 Садова М. Розробка системи контролю якості надання дорожньо-будівельних послуг. *Схід*, 2015. № 5. С. 86 – 90.

24 Редкін О. В., Хар'янова А. О. Нові механізми забезпечення якості та конкурентоспроможності в будівництві. Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія : Галузеве машинобудування, будівництво, 2016. Вип. 1. С. 309–315.

25 Радкевич А.В., Нетеса К.М., Ткач Т.В. Ранжування факторів, що впливають на процес вибору фасадних систем. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. № 37. С. 115-126.

26 Чуприна Ю. А. Організаційно-технологічна модель прогнозування рівня якості виробничих процесів та продукції. *Управління розвитком складних систем*, 2012. № 11. С. 134–137.

27 Поколенко В. О., Чуприна Ю. А. Модернізація ресурсно-календарних моделей для потреб системного поліпшення процесів організації будівництва. *Управління розвитком складних систем*, 2011. № 5. С. 30–34.

28 Чуприна Ю. А. Побудова системи якості окремих об'єктів робіт шляхом внутрішніх та зовнішніх чинників. *Управління розвитком складних систем*, 2011. № 8. С. 133–137.

29 Чуприна Ю. А. Сучасні методи управління якістю у будівництві. *Управління розвитком складних систем*, 2011. № 7. С. 135–137.

30 Тугай О.А., Поколенко В. О., Рижаківа Г. М., Приходько Д. О., Лагутіна З. В., Стеценко С. П. Модернізовані інструменти девелоперського управління будівництвом. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2012. Випуск 21. С. 86 – 98.

31 Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : монографія. К.: «МП Леся», 2018. 210 с.

32 Chernenko V.K. Tekhnolohiia budivel'noho vyrobnytstva. K.: Vyscha shkola, 2002. 325 p.

33 Черненко В. К., Ярмоленко М. Г. Технологія будівельного виробництва. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.

34 Федосова О. В., Шпакова Г. В. Проблеми трансферу сучасних систем будівельних технологій. *Нові технології в будівництві*, 2010. № 1. С. 52–57.

35 Кушнер С. Г. Удосконалення нормативних документів гарантія підвищення якості проектування та будівництва. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка*. Сер. : Галузеве машинобудування, будівництво. 2012. Вип. 4(1). С. 154–164.

36 Поколенко В. О., Малихіна О. М., Чуприна Ю. А., Горбач М. В., Волошина Т. В. Інноваційна технологія оцінки якості менеджменту будівельних підрядних підприємств. *Управління розвитком складних систем*, 2017. Вип. 32. С. 146–152.

37 Ястребова Г. С. Економіка якості продукції галузі капітального будівництва через призму еволюції податкових процесів в Україні. *Проблеми економіки*. 2013. № 2. С. 113–118.

38 Галінський О. М., Чернухін О. М., Івінський Є. М. Контроль якості влаштування дренажних систем при будівництві НСК "Олімпійський". *Нові технології в будівництві*, 2012. № 1-2. С. 3–7.

39 Доненко В. І. Формування організаційно-технологічної моделі оцінки будівельного проекту в системі менеджменту якості. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение*. Серія : Создание высокотехнологических экокмплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития, 2013. Вып. 68. С. 137 – 141.

40 Нікогосян Н.І., Демидова О.О., Литвиненко О.В. Реінжиніринг організаційно-технологічних процесів як чинник підвищення якості будівництва *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 39, Ч. 2, С. 106-110.

41 Нікогосян Н. І., Матвієвський С. В., Балацький М. В. Аналіз сучасних методів забезпечення якості будівельної продукції. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2016. Вип. 34. С. 13 – 21.

42 Нікогосян Н.І., Литвиненко О.В. Типологія контрольних карт для контролю якості організаційно-технологічних параметрів будівництва. *II міжнародна науково-практична конференція «Економіко-управлінські та інформаційно-аналітичні новації в будівництві»*: програма та тези доповідей. (м. Київ, 27 березня 2020 р.). Київ: Ліра-К, 2020. С.197-199.

43 Герб П. І., Валовой О. І. Аналіз досліджень впливу якості будівництва на експлуатаційну надійність крупнопанельних будівель. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, 2015. Вип. 30. С. 335-339.

44 Гриценко О. І., Мураста К. С. Облікові аспекти критеріїв якості будівельно-монтажних послуг. *Ефективна економіка*. 2017. № 12. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2017_12_61

45 Макарова О. В., Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Підвищення якості та проблеми сертифікації будівельних матеріалів. *Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"*. Серія: Техногенна безпека. Радіобіологія, 2016. Т. 280, Вип. 268. С. 132 – 135.

46 Логаніна В. І., Камбург В. Г., Учаєва Т. В. Удосконалення системи контролю якості будівельних матеріалів та виробів. *Технологічний аудит та резерви виробництва*, 2012. № 1. С. 13 – 16. -

47 Письменний О. М. Термінологічні, процесуальні та формалістичні засади технології оцінки якості менеджменту підприємств-стейкхолдерів будівельних проектів. *Ефективна економіка*, 2016. № 5.

48 Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України. *Управління розвитком складних систем*, 2018. Вип. 33. С. 124 – 130.

49 Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Данкевич Н. О., Сайков Д. В. Детермінація концептуальних підходів щодо облігаторності впровадження оптимізаційних моделей будівельного виробництва для вітчизняних підрядних підприємств. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2017. Вип. 12. С. 78 – 86.

50 Арутюнян І. А., Арутюнян Є. Е. Оптимізація будівельного виробництва за рахунок систематехнічних та логістичних підходів. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2021. Вип. 19. С. 12 – 18.

51 Пшінько О. М., Павлов І. Д., Радкевич А. В., Арутюнян І. А. Управління логістичними системами функціонування будівельного виробництва на основі підтримки єдності моделюючих умов. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2012. Вип. 2. С. 61 – 66.

52 Кравчуновська Т. С. Удосконалення планування організаційно-технічного розвитку підприємств будівельного комплексу. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2013. № 1 – 2. С. 80 – 85.

53 Кравчуновська Т. С., Єпіфанцев С. В. Програмна реалізація моделей обґрунтування раціональних організаційно-технологічних рішень спорудження висотних будівель. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2019. № 4. С. 35 – 47

54 Кірнос В. М., Кравчуновська Т. С., Барінов Д. Ю., Уваров П. Є. Ліквідаційний цикл: організаційно-технологічні аспекти розбирання, руйнування і знесення об'єктів будівництва. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение*. Серія : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения, 2008. Вып. 47. С. 305 – 312.

55 Сєдін В. Л., Ковальов В. В., Кравчуновська Т. С. Розвиток методів оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових підприємств. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2017. № 2. С. 49 – 54.

56 Кравчуновська Т. С., Ковальов В. В., Броневицький С. П., Нечепуренко Д. С. Реконструкція промислових підприємств із застосуванням прогресивних організаційних форм. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2018. № 1. С. 19 – 26.

57 Ізмайлова К. В., Ізмайлова О. В. Система експертизи ефективності інвестиційних на стадії техніко-економічного обґрунтування. *Управління розвитком складних систем*, 2010. Вип. 4. С. 45 – 54.

58 Гойко А.Ф., Скакун В.А. Стратегічне управління логістичними бізнеспроцесами будівельних підприємств: пріоритетні задачі та їх вирішення. *Комунальное хозяйство городов*, 2009. №87. С.172 – 178.

59 Титок В.В. Комплексний попередній аналіз інноваційно-інвестиційного проекту в житловому будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2016. Вип. 34. С. 139 – 151.

60 Михайлова Ю. В. Процесно-орієнтована технологія ідентифікації якості менеджменту виконавців будівельних проєктів: від змістовно-функціональної постановки задачі до прикладних алгоритмів. *Управління розвитком складних систем*, 2020. Вип. 42. С. 184 – 192.

61 Куліков О. П. Аналітичні інструменти формування системи менеджменту якості будівельних підприємств на основі процесного управління. *Управління розвитком складних систем*, 2020. Вип. 43. С. 164 – 173.

62 Радкевич А. В., Арутюнян І. А. , Сайков Д. В. Аналіз концепції формування рівня конкурентоспроможності підрядних підприємств України в умовах динамічних трансформацій вітчизняного будівельного ринку. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2018. Вип. 14. С. 37 – 48.

63 Тугай О. А. Багатостадійна інжинірингова модель організації взаємодії провідного виконавця із замовником. *Техніка будівництва*, 2008. № 21. С. 105 – 113.

64 BIM та ISO 19650 – у контексті управління проєктами http://iceg.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/EFCA_Flipbook_BIM_ukr_.pdf

65 Беленкова О.Ю. Тенденції розвитку будівельної галузі як чинники формування стратегічної конкурентоспроможності будівельних підприємств. *Будівельне виробництво*. 2014. Вип. 57. С.24 – 30.

66 Литвиненко О.В. Адаптація нормативної бази України до вимог ЄС. *VII Міжнародна конференція “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель та споруд”*: тези конф. – Харків: ХНУБА, 2015. С. 106.

67 Міхельс В. О. Економіко-математичні методи та моделі у будівництві / В.О. Міхельс, АВ. Беркута, А.Ф. Гойко, В.П. Бондар, І.В. Вахович, Ю.О. Гриценко; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. К.: Міленіум, 2010. 464 с.

68 Економіко-математичні моделі та методи у будівництві: Підручник ВО Міхельс, ПС Шилюк, АФ Гойко, ВП Бондар, 2006. К.: Міленіум. 400 с.

69 Данкевич Н.О. Оцінка організаційно-технологічних рішень будівельного проекту за допомогою імітаційного моделювання. *Сучасне промислове та цивільне будівництво*, 2013. №1 – С43-48.

70 Ізмайлова К.В., Пархоменко В.В. Імітаційне моделювання фінансових показників інвестиційної діяльності підприємства. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 1997. С. 73-76.

71 Zadeh, L.A. (1996). Fuzzy sets. In Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh (pp. 394-432). DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X

72 Предун К.М., Франчук Ю.Й., Ободянська О.І. Модель багатофакторної оцінки якості природного газу. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2019. Вип.30. С.20 –28.

73 Тугай О. А. Теоретичні основи оцінки надійності виконання будівельних проектів з використанням нечітких мір і нечітких критеріїв. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2007. Вип. 11. С. 117–122.

74 Bielienskova O., Izmailova K., Zapiechna Y., Loktionova Y. Dependence of competitiveness on the level of business confidence of the enterprise *Scientific Journal of Astana IT University*, 2021, №7 pp. 4-14. DOI: 10.37943/AITU.2021.81.66.001

75 Деминг Э. Выход из кризиса. Тверь : Альба, 1994. 498 с.

76 Елиферов В. Г., Репин В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. 408 с.

77 Гришина И. В., Безгин К. С. Безгин Анализ основных методов управления качеством бизнес-процессов на предприятии. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. № 3. Т. 1. С. 89 – 98.

78 Литвиненко О.В. Підвищення ефективності будівництва шляхом реінжинірингу бізнес-процесів. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 2015. Вип. 3. С.93-98.

79 Авраменко А. І., Литвиненко О.В. Реінжиніринг бізнес процесів як спосіб управління конкурентоспроможністю будівельного підприємства. *Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів: «Буд-Майстер-Клас 2015»*: тези конф. – К.: КНУБА, 2015. С.17.

80 Скрипник А.Л., Литвиненко О.В., Боліла Н.В., Новак Є.В. Вибір і використання контрольних карт у будівництві. *Будівельні матеріали та виробу*. 2020. №1-2 (101). С. 64-67.

81 Бондаренко С. М., Михайленко Н. В. Базова концепція загального управління якістю TQM: Роль персоналу. *Економічний простір*. 2015. № 103. С. 139 – 146.

82 Момот О. І. Менеджмент якості та елементи системи якості: навчальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 368 с.

83 Rounds J. L. and Chi N., Total Quality Management for Construction, *J. Constr. Eng. Manag.*, 1985. vol. 111, no. 2, pp. 117–128, 1985.

84 Harrington H. J., Voehl F., and Wiggin H. Applying TQM to the construction industry, *TQM J.*, 2012. vol. 24, no. 4, pp. 352–362.

85 Литвиненко О.В. Нові вимоги до технічної прийнятності будівельної продукції як складова системи забезпечення якості будівництва. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2021. № 47 (1). С. 108-118.

86 Дубінін Д.В., Зельцер Р.Я., Воронюк Ю.І. Методичний підхід до побудови системи формалізації процесів організації будівництва. *Будівельне виробництво*, 2017. Вип. 62/1. С.53 – 59

87 Nikolaiev V. P., Hryhorovskyi P. Ye., Khyzhniak V. O., Ryzhakova G. M., Bielienkova O. Yu., Molodid O. S. Technical and economic aspects of real estate properties : collective monograph. Lviv-Toruń : Liha-Pres, 2019. 124 p.

88 Солонин С.И. Метод контрольных карт: учебное издание. Екатеринбург, 2014. 214 с.

89 Уилер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием карт Шухарта /пер. С англ. М.: Альпина Бизнес Букс. 2009. 409 с.

90 Muhametshina A.M., Shigabiev T.N., Primak E.V. Summary use of the Shukharts control cards for determination of stability of food productions – Режим доступу: <https://bitly su/Ij2eAl>

91 Практическое руководство по управлению качеством /Саката Сиро: Пер. с 4-го японского С.И. Мышкиной /Под ред. В.И. Гостева. М.: Машиностроение, 1980. 215 с.

92 Роскладка А.А., Божко В.І. Методика діагностики та контролю швидкості доступу до мережі інтернет. *Науковий вісник Херсонського державного університету*, 2014. Вип. 9. Ч. 6. С. 239 – 242.

93 Дядюра К.О., Нагорний В.М. Удосконалення методу контрольних карт на основі класифікуючої функції. *Сучасні технології в машинобудуванні*, 2013. вип. 8. С. 218 – 227.

94 Бондаренко О.С. Розвиток фінансів підприємств в умовах логістизації економіки. дис. доктора екон. наук. 2017 р. Режим доступу: <https://bitly su/kMDEAb>

95 Стеценко С. П., Боліла Н. В., Іванченко А. М. Аналітична оцінка і контроль дебіторської заборгованості будівельних підприємств за допомогою контрольних карт. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Економічні науки*, 2020. Вип. 2. С. 223 – 233.

96 Стеценко С. П., Боліла Н. В., Моголівець А. А., Гаврилук В. Я. Статистико-аналітичний аспект розвитку будівельної галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2020. Вип. 46. С. 188 – 196.

97 Тугай О.А., Поколенко В.О., Єсипенко А.Д., Дубинка О.В. Передумови і шляхи впровадження BIM-концепції в будівельній галузі. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2020. № 45. С. 166 – 184.

98 Нестеренко І.С., Ребрина П.В. BIM-технології в Україні. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2019. Вип. 39 у двох частинах. Частина 2. Технічний. С. 196 – 200.

99 Stetsenko S.P., Tytok V.V., Emelianova O.M., Bieliienkova O., & Tsyfra T.Yu. Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy. *Journal of Reviews on Global Economic*, 2020. № 9. pp.149 – 164.

100 Тугай О.А., Зельцер Р.Я., Колот М.А., Панасюк І.О. Організація контролю виконання будівельних робіт з використання дронів і спеціального програмного забезпечення. *Наука та інновації*, 2019. Вип. 15(4), С. 23 – 32.

101 Беленкова О.Ю., Литвиненко А.В., Хорошун В.О. Современные тенденции развития системы оценки качества строительства. *Проблемы безопасности на транспорте: материалы IX Междунар. научно-практ. конф.* Гомель, Беларусь, 2019. С. 9-11.

102 Беленкова О.Ю. Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. *Будівельне виробництво*. 2019. № 66. С. 30 – 36.

103 Honcharenko, T., Chupryna, Y., Ivakhnenko I., Tsyfra, T., Zinchenco, M. (2020) Reengineering of the Construction Companies Based on BIM-technology // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2020, volume 8.№8, august <http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter22882020.pdf>

104 Цифра Т.Ю. BIM як інструмент реформування системи ціноутворення (на прикладі дорожньо-будівельних підприємств Казахстану). *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2021. № 47 (2). С. 168 – 180.

105 Боліла Н.В., Гусарова Л.В. Перспективи формування антикризового потенціалу підприємств будівництва в умовах цифрової трансформації. *Стратегія розвитку агропромислового сектору: глобальні виклики і національні тенденції*, 2021. С. 19-21

106 Стеценко С.П., Цифра Т.Ю. Digital-skills в епоху VUCA-світу. Архітектура та Будівництво: нові тенденції і технології. *Теорія та практика: Міжнародний науково-технічний форум (26-27 жовтня 2021 р., м. Київ)*. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. С.439

107 Шумак Л.В., Сорокіна Л.В. Цифровізація як нова реальність в області проектування та будівництва в Україні. Нові запити та можливості. *Матеріали III Міжнародного форуму науковців та дослідників «SCIENCE AND STUDY 2021»*, 1 жовтня 2021 року, Асоціація сприяння глобалізації освіти та науки «СПЕЙСТАЙМ», Київ, Україна. С.72 – 79

108 BIM та ISO 19650 – у контексті управління проектами: проспект про стандарт ISO 19650 із використання інформаційного моделювання будівель. Електр. видання / К. Кастен, Д. Альсен, І. Алвсоккер та ін. // вступ. ст. К. Рудден // О. Бродко, А. Гаврилов, О. Медведчук, Т.Ю. Цифра та ін. Переклад та підготовка до публікації ГС «МГІК»; Харків: ТОВ «Видавництво «Форт»», 2019. 51с.

109 Нетеса К.М., Радкевич А.В. Определение аспектов оценки надежности фасадных систем с точки зрения eurocode. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2015. №4 (58). С. 205–213.

110 Радкевич А.В., Нетеса К.М., Зинкевич Е.И. Разработка методики сравнения организационно-технологической надежности и долговечности фасадных систем многоэтажных жилых зданий на основе графоаналитической

моделі протекання життєвого циклу фасадних систем будівельних об'єктів. *Ефективні технології в будівництві: тези доповідей Міжнар. наук.-техн. конф., 7-8 квіт. 2016 р. Київ: КНУБА, 2016. С. 62–63.*

111 Terentyev, O. O., Sabala, Y. Y., Malyna, B. S. Fundamentals of the organization of fuzzy inference for the task of diagnosing the technical condition of buildings and structures. *Managing the Development of Complex Systems, Collection of Scientific Papers*, 2015. 22. pp. 138–143.

112 Mikhailenko, V. M., Terentyev, O. O., Eremenko, B. M., & Bolshakov, V. I. Information technology assessment of technical condition of building structures using fuzzy models. *Construction, Materials, Engineering, Scientific Collection*, 2013. № 70. 133–141.

113 Tuhai O. A., Vlasenko T.A. Fuzzy multi-criteria approach to decision-making for choosing an investment and construction project in an uncertain environment. *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2021. Vol. 10, № 1. P. 17 – 24.

114 Tuhai O. Vlasenko T. Fuzzy multi-criteria model for construction project selection in conditions of uncertainty *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 2020. № 7-8. P. 31 – 36.

115 Terentyev O. O., Grigorovskiy P. E., Tugaj A. A., Dubynka O. V. Building a System of Diagnosis Technical Condition of Buildings on the Example of Floor Beams Using Methods of Fuzzy Sets. *Part of the Lecture Notes in Civil Engineering book series (LNCE, volume 73). Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations*, pp. 729-739.

116 Беленкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.

117 Bielienkova O., Stetsenko S., Oliferuk S., Sapiga P., Horbach M. and Toxanov S. Conceptual model for assessing the competitiveness of the enterprise based on fuzzy logic: social and resource factors," *2021 IEEE International*

Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), 2021. pp. 1-5, doi: 10.1109/SIST50301.2021.9465923.

118 Stetsenko S., Sorokina L., Izmailova K., Bielienkova O., Tytok V., Emelianova O. Model of a Company Competitiveness Control by Means of Artificial Intelligence Tools. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2021. Vol. 9. No. 2. pp. 60-65.

119 Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф. Методичний підхід до оптимізації витрат будівельних підприємств в умовах невизначеності. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2014. №31. С.76-84.

120 Stetsenko S., Tytok V., Emelianova O., Bielienkova O., Tsyfra T. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*. 2021. Special Issue No.1 Part I, pp. 21-31

121 Сорокіна Л.В. Моделі і технології в управлінні ринковою вартістю будівельних підприємств: монографія. Київ, 2011. 544 с.

122 Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства : монографія. / Л.В.Сорокіна, А.Ф.Гойко, та інші. Київ: КНУБА, 2017. 404 с.

123 Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф. Дослідження загроз інвестиційної безпеки будівельних підприємств. *Будівельне виробництво*. 2016. Вип. 61. С. 9 – 20.

124 Боліла Н.В. Економіко-управлінський інструментарій забезпечення антикризового потенціалу будівельних підприємств : дис. ... канд. ек. наук: 08.00.04. Київ, 2020. 324с.

125 Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. М. Горячая линия. Телеком 2007. 288 с.

126 Kim, Y.-M., Kim, S.-Y., Shin, S.-W., & Sohn, J.-Y. Contribution of natural ventilation in a double skin envelope to heating load reduction in winter. *Building and Environment*, 2009. 44(11), pp. 2236 – 2244.

127 Mohammadjavad Mahdavinejad, Sahar Mohammadi (2018). Ecological analysis of natural ventilated facade system and its performance in Tehran's climate. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. 8(1). pp. 273 – 281.

128 López, F. P., Jensen, R. L., Heiselberg, P., & de Adana Santiago, M. R. (2012). Experimental analysis and model validation of an opaque ventilated facade. *Building and Environment*, 56, 265-275.

129 Постанова Кабінету Міністрів України від ід 23 травня 2011 р. № 553 «Про затвердження Порядку здійснення державного архітектурно-будівельного контролю» Редакція від 03.07.2021 – Чинні з 03.07.2021 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/553-2011-%D0%BF#Text>

130 ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. Чинні з 1.05.2016 р.

131 ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). Чинні з 1.01.2004 р.

132 ДБН А.2.2-3:2012. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. Чинні з 1.07.2012 р.

133 ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Чинні з 1.10.2014 р.

134 ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Чинні з 01.12.2018.

135 ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. Чинні з 01.06.2009.

136 ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. Чинні з 01.06.2009.

137 ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» Чинні з 01.05.2017.

138 ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд (СНиП 3.04.01-87, MOD) Чинні з 01.01.2014.

139 ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) Чинні з 01.04.2012.

140 ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» Чинні з 01.06.2017.

141 Васин А. В. Секреты навесных вентилируемых фасадов: нержавеющая сталь или алюминий. *Светопрозрачные конструкции*. 2006. №45. С. 40 – 43.

142 Loncour, X., Deneeyer, A., Blasco, M., Flamant, G., & Wouters, P. Ventilated double facades. Belgian BR Institute, 2004. 56 p.

143 Технологічна карта Влаштування навісної фасадної системи утеплення будівель з повітряним зазором із застосуванням матеріалів Корпорації ТехноНІКОЛЬ, 105 с.

144 Менейлюк А.И., Дорофеев В.С. и др. Современные фасадные системы, К.: «Освіта України», 2008. 340 с

145 Галушко В. О., Колодяжна І. В., Савка К. А., Уварова А. С. Вибір ефективної технології серед найбільш поширених енергоефективних конструктивних систем будівель. *Молодий вчений*, 2018. №11.

146 Мотяев, М. А. Азбука навесных фасадов с воздушным зазором. Нижний Новгород, Юкон Инжиниринг, 2005. 104 с.

147 Радкевич А.В., Нетеса К.М. Розробка алгоритму вибору раціональної фасадної системи багатоповерхових будівель. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2020. №90. С. 82 – 96.

148 Нетеса К.М., Радкевич А.В. Проблематика современных фасадных систем многоэтажных жилых зданий. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 2016. №61. 358 – 364 с.

149 Туснина, О. А., Емельянов А.А., Туснина В.М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов. *Инженерно-строительный журнал*. 2013. №8. С. 54 – 63.

150 Вентильовані фасади. Порівняння і рейтинг підсистем для вентильованих фасадів <https://wach.ru/uk/buildings-in-the-garden/ventiliruemye-fasady-sravnienie-i-reiting-podsistem-dlya-ventiliruemyh-fasadov-oblicovochny-sloi-fasa.html>

151 Конструкція та особливості вентильованих систем. Режим доступу: <https://ecoohotnadzor31.ru/uk/samorezy-dlya-ventfasada-iz-keramogranita-krasivye-ventiliruemye-fasady.html>

152 Фаренюк Г. Г. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій. *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка*, 2008. Вип. 8. С. 12 – 18.

153 Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем. *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 5(15). С. 7 – 11. DOI: 10.18720/MCE.15.3.

154 Федяков Я. Монтаж навесных вентилируемых фасадов: основополагающие принципы [Электронный ресурс]. URL: http://www.fasad-rus.ru/-article_532.html.

155 Радкевич А. В., Анін В. І., Радченко В. В., Шуваєв А. А. Аналіз можливостей покращення якостей утеплювачів з вторинної сировини та перспективи їх застосування в будівництві. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2021. Вип. 19. С. 85 – 90.

156 Мотяев, М. А. Азбука навесных фасадов с воздушным зазором. Юкон Инжиниринг, 2005. 104 с.

157 Емельянова В. А., Немова Д. В., Мифтахова Д. Р. Оптимизированная конструкция навесного вентилируемого фасада. *Инженерно-строительный журнал*, 2014. №6(50). С. 53 – 66.

158 Последовательность монтажа вентилируемых фасадов
<https://www.ibfm.ru/montage>

159 Як збирається каркас фасаду з керамограніта. Інструкція по монтажу вентильованого фасаду з керамограніта. Режим доступу: <https://rt82.ru/uk/dlya-uchrezhdenijj/kak-sobiraetsya-karkas-fasada-iz-keramogranita-instrukciya-po-montazhu>

160 Меньлюк А.И., Колодяжная И.В. и др. Методические указания для выполнения РГР на тему «Устройство вентилируемых фасадов». Одеса: ОГАСА, 2011. 148 с.

161 Меньлюк О.І., Лукашенко Л.Е. Методичні вказівки для розробки технологічних карт на влаштування вентильованих фасадів. Одеса, 2007. 150 с.

162 Бабій І. М., Меньлюк О.І. Визначення емісії волокон мінераловатного утеплювача в вентильованих фасадах. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 2014. № 2 (17). С. 26–31

163 Бабій І. М., Меньлюк О.І., Кучеренко Л.В. Дослідження експлуатаційної ефективності систем зовнішньої теплоізоляції фасадів *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2019. №4. С.255 – 256.

164 Правильное устройство вентилируемого фасада своими руками
<https://fasadec.ru/tehnologiya/ventfasad/ustrojstvo-ventiliruemogo-fasada.html>

165 Навісний фасад із керамограніту. Технологія монтажу фасаду з керамограніту. Як він влаштований [Електрон.] <https://tues.ru/uk/navesnoi-fasad-iz-keramogranita-tehnologiya-montazha-ventiliruemogo-fasada-iz/>

166 Вентильований фасад технологія монтажу <https://ua.waykun.com/articles/ventilovaniy-fasad-tehnologija-montazhu-ta-snip.php>

167 Мухаметрахимов Р. Х., Лукманова Л. В., Камалиев М. И. Особенности системы контроля качества при устройстве навесных вентилируемых фасадных систем. *Известия КГАСУ*, 2018. № 1 (43). С.235 – 240.

168 Яворский А. А., Киселев С. А. Анализ надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем с вентилируемым воздушным зазором. *Приволжский научный журнал*, 2012. № 4 (24). С. 80 –84.

169 Куприянов В. Н., Иванцов А. И. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций. *Известия КГАСУ*, 2011. № 3 (17). С. 63–76.

170 Основные нарушения при устройстве навесных вентилируемых фасадов. <http://surl.li/bdcol>

171 Никитин В.М., Платонов С.А., Баун И.В., Демешко А.Е., Макеев И.Н., Малинский Д.А., Шинкевич В.А. Схемы операционного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ. СПб отделение ООФ «ЦКС», 2011. 236 с.

172 Технологическая карта Устройство навесной фасадной системы утепления зданий с воздушным зазором с применением материалов Корпорации ТехноНИКОЛЬ. 105 с.

173 Методологія проектної роботи на основі інформаційної моделі будівлі <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=336082>

174 Shewhart W.A. Economic Control of Manufactured Product. D. Van Norstrand, Co, New York, 1931, pp. 501.

175 Ефимов В.В., Барт Т.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие. М.: КноРус, 2013. 240 с.

176 Митюшкин Ю. И., Мокин Б. И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. Винница: УНИВЕРСУМ–Винница, 2002. 145 с.

177 Ротштейн А., Штовба С. Нечеткая надежность алгоритмических процессов. Винница: Континент – ПРИМ, 1997. 142 с.

178 Rotshtein A., Shtovba S. Modeling of algorithmic process reliability with fuzzy source data. *Eksploatacja i niezawodnosc (Maintenance and Reliability)*, 2006. №2. P. 40 – 43.

179 Rotshtein A., Shtovba S. Managing a dynamic system by means of a fuzzy knowledge base. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2001. №2. P. 16 – 22.

180 Nikola K. Kasabov. Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering. London, England, Cambridge, Massachusetts: A Bradford Book, The MIT Press, 1998. 538 p.

181 Франчук Ю.Й., Ободянська О.І., Предун К.М. Оцінка якості природного газу як енергоносія на основі лінгвістичної інформації. *Управління розвитком складних систем*, 2019. №38. С. 143 – 150.

182 Франчук Ю.Й. Створення експертно-моделювальної системи для аналізу факторів, які впливають на якість природного газу. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*, 2019. Вип. 31. С.33 – 41.

183 Predun K., Shevchuk O., Franchuk. Y. Modernization of organizational and technological solutions in design and use of modern heating systems. *Scientific journal innovative solutions in modern science*, 2019. № 2(29). p.62 – 77.

184 ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи управління якістю. Вимоги» Чинний із 01. 06. 2016 року

185 Розробка і впровадження системи менеджменту якості (СМЯ) на основі стандарту ISO 9001:2008 [Електрон. ресурс] – режим доступу: http://auditagency.com.ua/?r=development_qms&lang=ua

186 Володарский Е., Кошечая Л., Добролюбова М. Оценивание качества многопараметрического технологического процесса при корреляции его показателей. *Метрологія та прилади*, 2017. № 5. С. 20 – 24.

187 ДСТУ ISO 7870-2:2016 (ISO 7870-2:2013, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта - введено в дію 01.09.2016. <https://bitly su/kfgI>

188 Muhametshina A.M., Shigabiev T.N., Primak E.V. Summary use of the Shukharts control cards for determination of stability of food productions/ <https://bitly su/Ij2eAl>

189 Ефимов В.В . Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. М.: КноРус, 2013. 240 с.

190 Гавриленко О.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Управління якістю в будівництві». Макіївка, 2011. 200с.

191 Тугай О. А., Чуприна Ю. А., Сліпенчук О. В. Формування сучасних моделей організаційних структур для адаптації будівельного виробництва до євро стандартів. Управління розвитком складних систем, 2011. Вип. 6. С. 77-83.

192 Кирнос В. М., Залуин В. Ф., Дадиверина Л. Н. Организация строительства Д. : Пороги, 2005. 309 с.

193 Зельцер Р. Я., Погорельцев В. М., Зельцер Є. Р., Тугай О. А. Організація будівельної діяльності; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. Київ : КНУБА, 2014. 231 с.