

Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПРИХОДЬКО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 69.059.7: 624.05

ДИСЕРТАЦІЯ
**КОМБІНОВАНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОРГАНІЗАЦІЙНО-
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЦИФРОВОГО АДМІНІСТРУВАННЯ
ПРОЄКТАМИ БУДІВНИЦТВА**

19 - «Архітектура та будівництво»

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

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.О. Приходько

Науковий керівник: Горбач Максим Володимирович
кандидат технічних наук, доцент

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Приходько О. О. **«Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва».** - *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.* - Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». - Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2024.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-прикладного завдання обґрунтування компонент методико-прикладного підходу та інструментарію організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва.

Нагальність проведення дослідження обумовлена наступними передумовами: цифрове управління (англ. digital management) та сучасні управлінські технології (Building Information Modeling, smart-управління та ін.) сумісно виступають домінантами трансформації підходів як до управління девелоперськими проєктами в будівництві, так і до формування середовища учасників впровадження зазначених проєктів. Зазначені домінанти спрямовані на те, щоб запобігти невизначеності впровадження циклу проєктів через принципове оновлення системи організаційно-технологічного моделювання.

Робота присвячена створення інструментарію комбінованого організаційно-технологічного, цифрового та управлінського моделювання будівельним проєктом, що підлягає коригуванню, підготовці та адмініструванню у форматі єдиного девелоперського циклу - від ініціювання до створення готової будівельної продукції, для подолання переважної частки ризиків замовника на передінвестиційній та будівельній фазах проєкту. Сполучення цифрового аналітичного базису та нової конструктивно-технологічної основи моделі забезпечує належні наукові підстави як для оцінки організаційно-технологічних та вартісних параметрів кожної з робіт проєкту, так і готовності організацій-виконавців до динамічного освоєння коштів інвестора, із додержанням вимог девелопера, бюджету проєкту та графіку інвестування.

В *першому розділі* дисертаційної роботи здійснено огляд джерел літератури, подано структурно-логічну схему проведення дослідження. За підсумком проведеного аналізу джерел встановлено, що важливим чинником у подоланні статичного стану щодо впровадження девелопменту в будівництві, є розробка удосконалених інструментів моделювання будівництва, які б відображали виклики цифровізації та нові підходи в організації будівництва за схемою девелоперського управління. Результатами розділу є: систематизація загально-теоретичних та практичних передумов оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій; аналіз базових дефініцій дослідження, серед них «адміністрування проєктами будівництва», «цифрові технології в будівництві». На підставі досліджень даного розділу доведено, що нагальним є вирішення проблеми пошуку інтегрованого діджитал-адаптованого типу мережевої моделі організації будівництва. Її розрахункову базу необхідно спрямувати на реальне відображення та своєчасне коригування руху будівельного проєкту – від ініціації до завершення будівництва та подальшої експлуатації об'єкту будівництва.

Другий розділ дисертації присвячено формуванню методичного підґрунтя цифрового оновлення моделей організації будівництвом та структур адміністрування девелоперськими проєктами. За результатами досліджень даного розділу виокремлено загально-методичні вимоги щодо побудови комбінованого інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом. На підставі сумісного застосування цифрових та управлінських технологій виявлено фактори та масштаби відмов проєкту в середовищі вітчизняного девелопменту. Доведено переваги застосування комбінованого підходу в організації будівництва для структуризації та обґрунтування циклу складних інфраструктурних проєктів.

В *третьому розділі* роботи викладено провідні науково-методичні результати дослідження: інноваційний аналітико-прикладний апарат моделювання організації будівництва та девелоперського супроводу проєктів - «Діджитал-адаптована (цифрова) модель адміністрування девелоперським

будівельним проектом (БДП)». Зазначена модель складає основу інструментарію цифрового організаційно-технологічного моделювання, який забезпечує на альтернативній основі вибір прийняттого для замовника та девелопера, варіанту ресурсно-календарної моделі будівництва та формування на її основі бюджету будівельного проекту. Достовірність вибору альтернатив цифрової моделі девелоперського проекту забезпечується через формування «цифрового профілю проекту» та значення підсумкового рейтингу, який одержує кожна з альтернатив цифрової моделі проекту. Це системно знижує для девелопера, як керуючого проектом, рівень ризику щодо реалізації будівництва об'єктів та якісно поліпшує рівень маневрування ресурсами замовника.

Основу конструктиву моделі складає удосконалений тип мережевої моделі організації будівництва. Елемент «робота-цифри» у вигляді сфери візуалізує цифровий простір виконання окремого комплексу робіт, який організація-субпідрядник виконує у складі девелоперського проекту. Діаметр сфери в порівняльних одиницях відображає семантичну міру впевненості девелопера в тому, що його вимоги будуть дотриманими цим виконавцем. Реалізація факторів організаційно-технологічних параметрів в елементі сітьової моделі за типом «робота-цифри» забезпечує автономність формування варіантів моделі циклу БДП, а зручність їх подальшого упорядкування в сукупній моделі проекту організації будівництва та проекту виконання робіт. Спеціальне упорядкування («оцифрування») параметрів забезпечує через початкову та кінцеву «події» належну прив'язку до узгоджених між замовником та девелопером бюджету проекту та графіку інвестування. Наповненість інтегрованого елементу-роботи (у відносних одиницях індексу довіри), на підставі комплексного зважування конкурентоспроможності виконавців за факторами, формалізовано відображає за окремим комплексом будівельно-монтажних робіт БМР рівень збереження (відхилення) організаційно-технологічних та інших параметрів роботи від запланованого рівня. Це дає девелоперу обґрунтовані підстави залишити (вилучити) таку організацію в складі виконавців.

В цьому ж розділі викладено зміст та структуру модулів створених на базі інструментарію *комплексу прикладних програм*. Результат застосування комплексу програм формує цифровий профіль будівельного девелоперського проєкту та інтегрує функціонально-технологічні вимоги девелопера до кожної з організацій-виконавців. Підсумки застосування комплексу програм у практиці будівництва дає підстави оцінити в сукупності результати дисертації – за новизною параметрично-критеріальної та топологічної основи сітьової моделі; за системністю охоплення всієї тривалості та змісту задач девелоперської угоди; за чіткою спрямованістю на мінімізацію ризиків девелопера та замовника при виконанні робіт і стадій БДП – як відповідний викликам діджиталізації бізнес-процесів у будівництві та зручний у використанні апарат моделювання та обґрунтованого відбору альтернатив проєкт організації будівництва **ПОБ** та **ПВР** (проєкт виконання робіт) згідно з вимогами девелоперського управління.

Інноваційною сутністю представленого дослідження, що вирізняє його *значення для науки*, є переформатування та переналаштування існуючого інструментарію організаційно-технологічного моделювання будівництва на вимоги «цифрового» адміністрування операційною системою девелоперських проєктів в будівництві через організаційно-технологічну модель принципово оновленого типу *Основою оновлення моделювання та коригування системи девелопменту проєкту будівництва в роботі виступає модель «Комбінований організаційно-технологічний&цифровий&адміністративно-управлінський простір будівельного проєкту»*. Такий комбінований віртуальний цифровий простір будівельного проєкту (застосовано аббревіатуру –**КВЦП-БП**) дозволяє провідним (інституційним) учасникам проєктів будівництва змоделювати варіанти проходження циклу проєкту, виявити «вузькі місця» та визначальні «віхи» проєкту, та надалі – зосередити на них максимум адміністративних зусиль та консолідованих ресурсів проєкту.

Наукова новизна роботи в цілому визначається змістом принципово удосконаленої організаційно-технологічної моделі комбінованого типу, що побудована та застосована для цифрового моделювання циклу та системи

адміністрування проєктом будівництва: моделювання БДП та коригування його характеристик здійснюється на гнучі сполучення цифрових, управлінських та функціонально-технологічних підходів, адаптованих до особливостей середовища девелоперського проєкту.

В дисертаційній роботі удосконалено:

– типологічний конструктив та «цифрове» наповнення мережевої моделі адміністрування будівельними проєктами. Запроваджено формат відображення та аналізу елементів циклу БДП у вигляді «робота-цифра», що забезпечує автономне формування та коригування різних укрупнених комплексів робіт, які виконуються субпідрядниками (організаціями-виконавцями) в проєкті девелопменту. «Оцифрування» технологічних, ресурсно-логістичних та управлінських параметрів в складі «роботи-цифри» як елементу циклу забезпечує через початкову та кінцеву «події» реальну прив'язку до узгодженого бюджету проєкту та графіку інвестування між замовником і девелопером. Діаметр сфери в елементі-роботі (у відносних одиницях індексу довіри) одержується на підставі комплексного зважування виконавчо-технологічної конкурентоспроможності виконавців за багатьма факторами;

– науково-методичний підхід до діагностики та реінжинірингу процесів та системи адміністрування циклом девелоперського проєкту як тимчасового підприємства, що функціонує в межах життєвого циклу БДП, реалізовано через залучення в розрахунково-аналітичному базисі комбінованої моделі БДП цифрового, організаційно-технологічного, функціонально-параметричного та динамічного підходів і забезпечує спроможність інституційному рівню проєкту здійснювати успішний моніторинг та коригування циклу проєкту, вчасно відслідковувати стан конкурентоспроможності проєкту, рівень досягнення директивних значень характеристик за стадіями та роботами проєкту.

– спосіб зручно-формалізованого «оцифрованого» відображення очікувань замовника та девелопера щодо організаційно-технологічної, виконавчої та вартісної надійності виконання робіт певним учасником проєкту. Індикатор «оцифрованих» уявлень щодо надійності виконавця дає підстави

економетричним шляхом прогнозувати можливий рівень відхилень показників виконання роботи від директивних (планових) значень. Неприпустимі відхилення індикатору надає девелоперу обґрунтовання: залишити чи змінити цю організацію у складі виконавців;

В дисертаційній роботі набули подальшого розвитку:

– система відбору варіантів моделей організації циклу проєктів будівництва. Обґрунтованість порівняльного вибору варіантів циклу забезпечується формуванням «цифрового профілю БДП» та значенням підсумкового індикатору, напідставі якого визначаються сукупні переваги кожного з варіантів циклу БДП щодо іншого;

- уявлення щодо цільової спрямованості девелопменту в будівництві. Цифрове управління циклом БДП розглядається на ґрунті єдності процесу (змісту циклу) та продукту (результату) БДП, що має у форматі «індустрія 4.0» як фази цифровізації, розглядатись з позицій переходу: від лінійної до мережевої моделі створення цінності (результату) проєкту; передбачає перехід від використання власних ресурсів до координації залучених; від акценту на якість внутрішніх бізнес-процесів до вдосконалення зовнішніх комунікацій між користувачами платформи; від максимізації виключно цінності для споживачів до загальної цінності всієї цифрової продуктової, споживацької еко-системи проєкту;

– змістовно-термінологічний базис організації будівництва як підсистеми наукової системи «Будівництво та цивільна інженерія» стосовно базових дефініцій «цифровізації у моделюванні та адмініструванні проєктами будівництва». Цифровізацію БДП обґрунтовано як складову системи адміністрування циклом та середовищем БДП та як інтеграцію цифрових технологій у всі сфери бізнес-процесів та життєдіяльності проєкту як тимчасового підприємства, що дозволяє на кожному з етапів та «віх» життєвого циклу проєкту успішно координувати ресурсно-іміджевий потенціал проєкту, зусилля його управлінського персоналу інформаційно-комунікативний простір – для належного виконання загальних (планування, організації, мотивації,

контролю) та спеціальних функцій менеджменту проєкту та досягнення раціонального узгодження між інтересами всіх стейкхолдерів проєкту.

– *теорія і методика проєктування мережесих моделей в будівництві* за рахунок надання конструктиву та розрахунковому базису моделей БДП адаптогенних можливостей у відповідності з вимогами цифровізації будівельного виробництва та суспільним вектором цифрових трансформацій;

– *напрями та джерела оновлення, формат, склад параметрів та порядок розрахунку цифрового&ресурсно-календарного моделювання будівельних проєктів*, що підлягають девелоперському управлінню.

Практична цінність результатів дослідження полягає у спрямуванні змісту та конструктиву сітьової моделі на вирішення задач цифровізації змісту девелоперського управління будівельними проєктами. Сумісне застосування результатів дослідження забезпечить інноваційну та успішну прикладну базу застосування цифровізації для завдань моделювання, коригування та дієвого оновлення операційної системи девелоперського проєкту – через адаптацію до сучасних викликів цифровізації економіки, інтелектуалізацію процесів девелоперського управління будівництвом. Реалізований у моделях і програмних додатках поетапний та багатокритеріальний підхід у формуванні та виборі альтернатив ресурсно-календарних моделей підрядного будівництва, завдяки принципово оновленій розрахунковій базі, поліпшує можливості врахування девелопером невизначеності впливу факторів зовнішніх та внутрішніх чинників будівельного проєкту і, як наслідок, сприяє зростанню достовірності при прийнятті організаційно-технологічних рішень щодо будівельного виробництва в середовищі девелоперських проєктів.

Результати наукового дослідження знайшли своє застосування в діяльності: будівельних, девелоперських та інвестиційних компаній: ТОВ «Партнер Констракшн Буд», ТОВ Будівельна компанія «Альфа Сервіс» та Холдингової компанії «Фомальгаут Полімін», які впроваджують будівельні проєкти на ґрунті девелопменту та цифровізації. Представлені в роботі результати одержані під час виконання науково-дослідних робіт, що

виконувались в Київському національному університеті будівництва і архітектури та Академії будівництва України за темами: «Розбудова сучасного аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ 0115U000860, КНУБА), де автором розроблено методичне забезпечення цифрового оновлення моделей організації будівництва та структур адміністрування девелоперськими проєктами; «Розвиток управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проєктів» (№0121U111793, КНУБА), де автором розроблено процедурний регламент та шкала формалізованого оцінювання організацій-виконавців девелоперського проєкту; «Вдосконалення аналітичного апарату обґрунтування формату девелопменту для проєктів будівництва» (тема № W4-14-b, Академія будівництва України), де автором сформований «цифровий профіль проєкту» та параметричні значення підсумкового рейтингу, який одержує кожна з альтернатив цифрової моделі проєкту.

Окремі результати використано в навчальному процесі кафедри менеджменту в будівництві та кафедри організації та управління будівництвом в КНУБА – при викладанні дисциплін «Спецкурс випускової кафедри» «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання ВІМ інструментарію при плануванні та організації будівництва».

Ключові слова: будівництво та цивільна інженерія, організація будівництва, будівельний девелоперський проєкт (БДП), «оцифрована» мережева модель девелоперського проєкту, цифровий простір БДП, цифрова модель адміністрування циклом БДП, цифровий профіль БДП, організація-девелопер, організації-субпідрядники.

ABSTRACT

Prykhodko O.O. “**Combined tools of organizational, technological and digital administration of construction projects**”- *Qualifying scientific work on the rights of the manuscript*. - Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 19 "Architecture and Construction" in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering". - Kyiv National University of Construction and Architecture. - Kyiv, 2024.

The dissertation is devoted to the solution of the scientific and applied problem of substantiation of the components of the methodical - applied approach and tools of organizational - technological and digital administration of construction projects.

The urgency of the study is due to the following prerequisites - digital management (digital management) and modern management technologies (Building Information Modeling, smart-management, etc.) are jointly dominant in the transformation of approaches to management of development projects in construction and the formation of participants implementation of these projects. These dominants are aimed at preventing uncertainty in the implementation of the project cycle through a fundamental update of the system of organizational and technological modeling.

The work is devoted to the creation of a tool of combined organizational-technological, digital and managerial modeling of a construction project, subject to adjustment, preparation and administration in a single development cycle - from initiation to creation of finished construction products. The combination of digital analytical basis and the new constructive-technological basis of the model provides proper scientific basis for assessing the organizational-technological and cost parameters of each project, and the readiness of executing organizations to dynamically develop investor funds, complying with developer requirements, project budget and schedule investment.

The first section of the dissertation reviews the sources of literature, presents the structural and logical scheme of the study. Based on the analysis of sources, it is established that an important factor in overcoming the static state of implementation of development in construction is the development of advanced tools for modeling construction, which would reflect the challenges of digitalization and new approaches to construction under the development management scheme. The results of the section are: systematization of general theoretical and practical prerequisites for updating models of construction in the context of their adaptogenicity to modern management and digital technologies, analysis of basic definitions of research, including "administration of construction projects", It has been proved that the solution to the

problem of finding an integrated digital-adapted type of network model is urgent. Its calculation base should be aimed at the actual reflection and timely adjustment of the movement of the construction project - from initiation to completion of construction and subsequent operation.

The second section of the dissertation is devoted to the formation of the methodological basis for digital updating of models of construction organization and administration structures of development projects. in the environment of domestic development. The advantages of using a combined approach in the organization of construction to structure and justify the cycle of complex infrastructure projects are proved.

The third, final, section of the paper presents the leading scientific and methodological results of the study - an innovative analytical and applied apparatus for modeling the organization of construction and development support of projects - "Digital-adapted (digital) model of administration of DCP". technological modeling, which provides on an alternative basis the choice of acceptable for the customer and developer version of the resource-calendar model of construction and formation on its basis of the construction project budget each of the alternatives to the digital project model. This systematically reduces the level of risk for the developer, as a project manager, in the implementation of the construction of facilities and qualitatively improves the level of maneuverability of the customer's resources.

The basis of the model design is an improved type of network model of construction. The element "work-figures" in the form of a sphere visualizes the digital space of a separate set of works, which the subcontractor performs as part of a development project. The diameter of the sphere in comparative units reflects the semantic degree of confidence of the developer that his requirements will be met by this performer. The implementation of factors of organizational and technological parameters in the element of the network model on the type of "robot-figures" provides autonomy of formation of variants of the DCP cycle model and the convenience of their further arrangement in the overall model of construction organization and project. The special ordering ("digitization") of the parameters ensures, through the initial and

final "events", the proper reference to the project budget and investment schedule agreed between the customer and the developer. The fullness of the integrated element-work (in relative units of the confidence index), based on a comprehensive weighing of the competitiveness of performers by factors, formally reflects the level of preservation (deviation) of organizational and technological and other parameters of work from the planned level. This gives the developer reasonable grounds to leave (remove) such an organization from the performers.

In the same section the content and structures of modules the complex of application programs created on the basis of toolkit is stated. As a result of the application of the complex of programs forms a digital profile of the construction development project and integrates the functional and technological requirements of the developer to each of the implementing organizations. The results of the application of a set of programs in the practice of construction gives grounds to evaluate the results of the dissertation - the novelty of the parametric-criterion and topological basis of the network model; on the systematic coverage of the entire duration and content of the objectives of the development agreement; with a clear focus on minimizing the risks of the developer and the customer when performing works and stages of DCP - as appropriate to the challenges of digitalization of business processes in construction and easy to use apparatus for modeling and reasonable selection of alternatives EPC - project for execution of works, CMP - project for the organisation of constructionn accordance with developer requirements.

The innovative essence of the presented research, which distinguishes its significance for science, is the reformatting and readjustment of existing tools of organizational and technological modeling of construction to the requirements of "digital" administrative operation of development projects in construction through organizational and technological model. development of the construction project in the work is the model "Combined organizational-technological & digital & administrative-managerial space of the construction project". This combined virtual digital space of the construction project allows leading (institutional) participants of construction projects to model options for the project cycle, identify "bottlenecks" and defining

"milestones" of the project, and further - focus on them and maximum administrative and consolidated project resources.

The scientific novelty of the work in general is determined by the content of fundamentally improved organizational and technological model of the combined type, which is built and applied to digital modeling of the cycle and system of administration of the construction project. to the peculiarities of the development project environment

In the dissertation work received further development:

- system of selection of variants of models of the organization of a cycle of construction projects. The validity of the comparative choice of cycle options is ensured by the formation of the "digital DCP profile" and the value of the final indicator, half of which determines the overall advantages of the code of the DCP cycle options over another;

- idea of the target orientation of development in construction - in the work of digital control of the DCP cycle is considered based on the unity of the process (content of the cycle) and product (result) of DCP, which has in the format "industry 4.0" as a phase of digitalization. models of value creation (result) of the project; provides for the transition; from the use of own resources to the coordination of others; from the emphasis on the quality of internal business processes to the improvement of external communications between users of the platform; from maximizing consumer value alone to the total value of the entire digital product, hope, project ecosystem

- content-terminological basis of the organization of construction as a subsystem of the scientific system "Construction and Civil Engineering" in relation to the basic definitions of "digitalization in modeling and administration of construction projects." DCP digitalization is substantiated as a component of the DCP cycle and environment management system and as integration of digital technologies in all spheres of business processes and life of the project as a temporary enterprise, which allows for successful success of the project life cycle the efforts of its management information and communication space - for the proper implementation of general (planning, organization, motivation, control) and special functions of project management and

achieving rational coordination between the interests of all stakeholders of the project.

- theory and methods of designing network models in construction by providing the design and calculation base of DCP models of adaptogenic modes. In accordance with the requirements of digitalization of building production and the social vector of digital transformations;

- directions and sources of updates, format, composition of parameters and procedure for calculating digital & resource-calendar modeling of construction projects subject to development management. The practical value of the results of the study lies in the direction of the content and design of the network model to solve problems of digitization of the content of development management of construction projects. The joint application of research results will provide an innovative and successful applied basis for the use of digitalization for modeling, adjusting and updating the operational system of the development project - through adaptation to modern challenges of digitalization of the economy, intellectualization of development management processes. Implemented in models and software applications step-by-step and multi-criteria approach in the formation and selection of alternatives to resource-calendar models of contract construction, thanks to a fundamentally updated calculation base, improves the ability of the developer to take into account organizational and technological solutions for construction production in the environment of development projects.

The results of the research have been applied in the activities of construction, development and investment companies: Partner Construction Bud LLC, Alfa Service Construction Company LLC, and Fomalgaut Polimin Holding Company, which implement construction projects based on development and digitalisation. The results presented in this paper were obtained in the course of research work carried out at the Kyiv National University of Construction and Architecture and the Academy of Construction of Ukraine on the following topics: 'Development of modern analytical tools for development management of contract construction' (No. 0115U000860, KNUCA), where the author developed methodological support for digital updating of construction organisation models and development project administration structures;

‘Development of managerial interaction of institutional participants in development projects’ (No. 0121U111793, KNUCA), where the author developed procedural regulations and a scale for formalised assessment of organisations implementing a development project; ‘Improving the analytical apparatus for justifying the development format for construction projects’ (topic No. W4-14-b, Academy of Construction of Ukraine), where the author formed a ‘digital project profile’ and parametric values of the final rating received by each of the alternatives to the digital project model.

Some of the results were used in the educational process of the Department of Management in Construction and the Department of Construction Management at KNUCA - in teaching the disciplines ‘Special course of the graduate department’ ‘Information modelling of processes of organisation and management of construction’, ‘Use of BIM tools in planning and organisation of construction’.

Key words: construction and civil engineering, construction organization, developer construction project (DCP), “digitized” network model of development project, digital space of DCP, digital model of DCP cycle administration, digital profile of DCP, developer organization, subcontractors.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, які індексуються в міжнародних наукометричних базах (Index Copernicus, Google Scholar)

1. Приходько О.О. Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проектами будівництва. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2024. – Вип. 85. – С. 514-525. DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.514-525. Режим доступу: <https://library.KNUCA.edu.ua/books/zbirniki/02/2024/202485.pdf>

2. Приходько О.О. Визначальні компоненти методичної платформи організації будівництва в умовах цифрової трансформації операційних систем виконавців проектів. *Просторовий розвиток*. Науковий збірник. Київ: КНУБА, 2024. Вип.7. С.273-285. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.273-285. Режим доступу: <https://library.KNUCA.edu.ua/books/zbirniki/29/2024/SD2407.pdf>

3. Приходько О.О. Адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проектів на ґрунті комбінованого підходу *Нові технології в будівництві*: Наук.-техн. збірник. – К., НДІБВ, 2023, № 43. С.86-94. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.11> Режим доступу: <http://ntinbuilding.ndibv.org.ua/v43-2023>

4. **Prykhodko O.**, Nikolaev G. Application of the combined approach in the organization of construction for structuring and substantiation of a cycle of difficult infrastructure projects. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2022. – Вип. 79. – С. 355-364. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.79.355-365. Особистий внесок: розроблено систему індикаторів зовнішнього впливу, що впливають на інноваційний суб'єкт господарювання будівельної галузі. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2022_79_34

5. **Приходько О. О.**, Трач Р. В., Фесун А. С., Гергі Д. С. Організаційно-технологічні предиктори будівельного девелопменту в контексті інформаційного моделювання середовища впровадження проектів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 56. С. 155 – 164, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.155-164](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.155-164). Особистий внесок: запропоновано прогностичний показник ефективності від запровадження інтегрованої системи управління проектом (IPD) та інформаційного моделювання в будівництві (ВІМ). Режим доступу: <https://urss.KNUCA.edu.ua/files/zbirnyk-56/155-164.pdf>

6. Хоменко О. М., **Приходько О. О.**, Дружинін М. А., Жалдак Р. Ю. Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та девелоперського супроводу проектів будівництва. *Просторовий розвиток*: Науковий збірник. – К., КНУБА, 2023. – Вип. 3. – С. 162-172. DOI: 10.32347/2786-7269.2023.3.162-172. Особистий внесок: запропоновано використання матриці інтеграційних ризиків

для визначення ступінь впливу учасників на стійкість інтеграційних зв'язків між ними. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2023_3_16.

7. Ніколаєв Г. В., **Приходько О.О.**, Кричевський О. М. Зміна конфігурації та технології адміністрування підприємством–девелопером в контексті науково-прикладних засад організації будівництва. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 2. - С. 193-203. DOI: 10.32347/2786-7269.2022.2.193-203. Особистий внесок: обґрунтовано та сформульовано рекомендації з формування ефективної інформаційно-аналітичної підсистеми системи моніторингу й контролю фінансово-економічних результатів діяльності будівельних підприємств, яка поєднує в собі всі види інформації. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2022_2_17<https://library.KNUCA.edu.ua/books/zbirniki/29/2022/SD202202.pdf>

8. **Prykhodko O.**, Nikolaev G., Akselrod R. Update models of construction organization in the context of their adaptogenicity to modern management and digital technologies. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2022. – Вип. 80. – С. 324-333. DOI: 10.32347/2076-815X.2022.80.324-333 Особистий внесок: запропоновано новий підхід до моделювання бізнес-процесів підприємства. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2022_80_31

9. Орленко І. М., Жалдак Р. Ю., **Приходько О. О.**, Шпаков А. В. Модифікація методично-прикладного інструментарію діагностики фінансового стану будівельного підприємства в контексті санаційного менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 46. С. 100 – 107, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.46.100-107. Особистий внесок: узагальнено алгоритм та розроблено критеріально-розрахункову основу, зміст аналітичних модулів та спеціальне налаштування інструментарію упереджувальної санації на функціонально-економічні особливості операційної діяльності підприємства-забудовника житла. Режим доступу: <https://urss.KNUCA.edu.ua/files/zbirnyk-46/16.pdf>

10. Чернишев Д. О., **Приходько О. О.**, Аксельрод Р. Б. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 47. С. 138 – 150, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.138-150. Особистий внесок: проведено оцінку та ідентифікації організаційно-технологічної надійності в проектах екобудівництва. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_47_19

11. Chernyshev D., **Prykhodko O.**, Zhaldak R. Functional-technological subsystems of digital transformations of business processes and organizational structures of construction enterprises. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2021. – Вип. 78. – С. 508-519. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.508-519. Особистий внесок: розроблено критеріальні показники оцінки конкурентоспроможності будівельних підприємств. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2021_78_46.

12. Шпаков А. В., **Приходько О. О.**, Кушнір І. І. Структурно-когнітивна та економіко-аналітична основа цифрової трансформації процесів адміністрування

будівельними підприємствами. Управління розвитком складних систем. Київ. 2021. № 48. С. 135 – 144, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.135-144](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.135-144). Особистий внесок: розроблено концептуальні засади оновлення бізнес-процесів будівельного підприємства на ґрунті цифрового адміністрування. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_48_18

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

(Журнали включено до наукометричних баз: *Index Copernicus, Scientific Indexing Services, Citefactor, Open Academic Journals Index Ulrichsweb, BASE*)

13. **Pryhodko O.**, Kushnir I., Hrynenko I., Khomenko O. (2021) Innovative analytical and applied apparatus for modeling the organization of construction and development support of projects. *International independent scientific journal*, №34 (2), p.6-11. ISSN 3547-2340 (Kraków, Rzeczpospolita Polska).<https://doi.org/10.5281/zenodo.7061509> Особистий внесок: обґрунтовано доцільність використання процесно-орієнтованого підходу до управління будівельними компаніями. Режим доступу: https://www.iis-journal.com/wp-content/uploads/2024/03/IISJ_34_2.pdf

14. Nikolaiev G., **Prykhodko O.** (2022) Organizational-regulation and analytical-information-support of the operational activities for the stakeholder of construction projects. *Středoevropský věstník pro vědu a výzkum* № 9. ISSN: 2336-3630 (*online*), Praha, Чеська Республіка. Особистий внесок: обґрунтовано необхідність оперативного коригувати календарні графіки виконання робіт відповідно до мети будівельно-інвестиційного проєкту. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323161&journalId=20855>

15. Khomenko O., Druzhynin M., **Prykhodko O.**, Zhaldak R. (2022) Organization and management of digital transformation of business structures in construction development. *News of Science and Education*, № 1(9). ISSN:2312-2773 (*online*). UK: Sheffield. Особистий внесок: надано рекомендації щодо розробки інтегрованої інноваційної структури холдингового типу, що підтримує цифрову трансформацію операційної системи управління підприємствами будівельної галузі. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323990&journalId=3231>

Матеріали конференцій, де здійснено апробацію роботи:

16. Prykhodko O. Systematization of general theoretical and design prerequisites for updating construction organization models in the context of their adaptability to modern management and digital technologies Materials of the XII International scientific and practical Conference «Perspective developments in science and technology», Volume 2. Sheffield: Science and education LTD, 2020.- С. 27-30.

17. Приходько О. О. Діагностика рівня управлінсько-технологічної зрілості

будівельних підприємств: детермінанти моделі та пріоритети стратегії в умовах структурних перетворень. Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України : зб. матер. IV Всеукр. круглого столу з міжнар. участю, 17 листопада 2021 р. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КОМПРИНТ, 2022. – С. 233 – 238. – (До 75-річчя з дня створення ООН з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО)).

18. Приходько О. О. Трансформація операційної діяльності підприємств девелоперів у будівництві: функціонально-технологічна та цифрова оцінка. Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології»: програма та тези доповідей. Київ, ДП НДІБВ, 2021. С.87

19. Приходько О. О. Інноваційний інструментарій організаційно-технологічного девелопменту проєктів будівництва: інтеграція BIM-технологій, Project management та Agile-методології. Матеріали V міжнар. конф. «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України», Київ, КНУБА, 2022. С.22.

20. Prykhodko O. The urgency of implementing the European experience of digital administration and digital transformation of project management in the practice of construction in Ukraine. Materiály XVII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy -2023», Volume 3: Praha. Publishing House «Education and Science», p.19-23.

21. Приходько О.О. Advantages of using a combined approach in the organization of construction to structure and justify the cycle of complex infrastructure projects (Переваги застосування комбінованого підходу в організації будівництва для структуризації та обґрунтування циклу складних інфраструктурних проєктів).Програма круглого столу "Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України". Київ: КНУБА, 2024. С. 21.

22. Zhaldak R., Prykhodko O. Innovative scientific-analytical and practical developments to improve the functional and technological reliability of construction project executors. The 9th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations”. Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. P. 109-114. Особистий внесок: визначені компоненти методичної платформи організації будівництва в умовах цифрової трансформації операційних систем виконавців проєктів.

23. Приходько О.О. Узгодження формату організації будівництва та управління господарським портфелем будівельних проєктів підприємства-девелопера в умовах цифрової трансформації. Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку : Матеріали V Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.: тези доповідей. Київ: 2024. С.210-213.

24. Приходько О.О. Інтелектуально-цифрові компоненти розвитку операційних систем та організаційних структур будівельних підприємств. Програма та тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоощадні машини і технології». Київ: КНУБА, 2024. С. 33.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ТА АКТУАЛІЗАЦІЯ ОНОВЛЕНИХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА НА ҐРУНТІ СПОЛУЧЕННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ, УПРАВЛІНСЬКИХ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	35
1.1. Систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов удосконалення моделей організації будівництва на основі використання передових управлінських технологій та інструментів цифровізації.....	35
1.2. Аналіз онтологічного підґрунтя щодо змісту категорій «будівельний проєкт», «адміністрування проєктами будівництва», «цифрові технології в будівництві».....	56
1.3. Нагальність впровадження європейського досвіду цифрового адміністрування та цифрових трансформацій управління проєктами в практику вітчизняного будівництва.....	80
Висновки до розділу 1.....	102
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ ЦИФРОВОГО ОНОВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА СТРУКТУР АДМІНІСТРУВАННЯ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИМИ ПРОЄКТАМИ.....	105
2.1. Формування загально-методичних вимог щодо побудови комбінованого інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом.....	105
2.2. Застосування сучасних цифрових та управлінських технологій для вияву факторів впливу та достовірного виміру масштабу відмов проєкту в середовищі вітчизняного девелопменту.....	127
2.3. Аналіз підходів до організації будівництва складних інфраструктурних проєктів.....	162
Висновки до розділу 2.....	177

РОЗДІЛ 3. ІННОВАЦІЙНИЙ АНАЛІТИКО-ПРИКЛАДНИЙ АПАРАТ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ДЕВЕЛОПЕРСЬКОГО СУПРОВОДУ ПРОЄКТІВ.....	181
3.1. Трансаналітичний та цифровий простір об'єктно-локалізованих моделей управління девелоперськими будівельними проєктами	181
3.2. Процедури та шкала формалізованого оцінювання організацій-виконавців з боку керівного рівня девелоперського проєкту.....	203
3.3. Розробка та адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проєктів на ґрунті комбінованого підходу	213
3.4. Fuzzy -модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами	221
Висновки до розділу 3	244
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	248
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	254
ДОДАТКИ	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний будівельний сектор характеризується динамічним розвитком та зростанням складності проєктів. Цей процес супроводжується жорсткими термінами, обмеженими бюджетами та високими вимогами до якості. На теперішній час ефективне управління проєктами на засадах інтеграції традиційних та цифрових підходів для більш ефективного управління проєктами стає критичним фактором успіху. Використання традиційних переваг функціонально-технологічної та операційної деталізації виконуваних робіт сприяє кращому розумінню та управлінню процесами на кожному етапі проєкту. Це дозволяє більш точно визначати обсяги робіт, ресурси та терміни виконання, що є критичним для успішного завершення проєктів. Впровадження цифрових технологій дозволяє забезпечити прозорість, точність та оперативність в управлінні проєктами. Цифрові засоби автоматизації, збору та аналізу даних сприяють ефективному моніторингу та контролю за виконанням робіт, що значно підвищує ефективність управління проєктами та забезпечує врахування потреб та вимог багатьох зацікавлених сторін. Оновлений формат моделі організації будівництва дозволяє об'єднати ці підходи, забезпечуючи більш детальне та точне планування і контроль виконуваних робіт. Моделювання проєктного циклу дозволяє більш детально планувати та прогнозувати розвиток проєкту, виявляти потенційні ризики та проблеми на ранніх стадіях, що сприяє їх своєчасному вирішенню, що, в свою чергу, підвищує ймовірність успішного завершення проєкту в задані строки та з урахуванням бюджету. Застосування сучасних діджитал-інструментів дає можливість відстеження суттєвих змін та трансформацій у проєкті дозволяє більш гнучко та оперативно реагувати на зміни в умовах проєкту, що забезпечує більш ефективне управління ресурсами та термінами. У військовий час будівництво в Україні як організаційно-технічна система стикається з рядом серйозних проблем, зокрема необхідністю забезпечення безпеки робітників та об'єктів, дефіцитом ресурсів, перерозподілом

функцій на військові потреби, складнощами в координації та комунікації, екологічними викликами, потребою в мобільності та гнучкості, а також обмеженням бюджетного фінансування.

В таких умовах впровадження комбінованого інструментарію, що поєднує організаційно-технологічні та цифрові методи адміністрування, виступає актуальним та науково обґрунтованим рішенням для оптимізації будівельних проєктів. Водночас це вимагає реалізації низки заходів для вирішення проблем, обумовлених глобалізацією, зокрема, досягнення гармонізації цифрових інструментів, платформ, запровадження протоколів безпеки для захисту програм та конфіденційності даних, що використовуються в міжнародній практиці; усунення розриву у рівні розвитку та доступу до цифрових технологій для усіх стейкхолдерів будівництва незалежно від статусу у проєкті та від країни; розробка надійних цифрових технологій на потужних серверах та міжнародних платформах, розрахованих на значну кількість користувачів системи, що забезпечить економію витрат за рахунок масштабу та дозволить вести облік доступу до різних цифрових послуг та коригувати умови їх надання та сервіси підтримки

Виявляється доцільним для розв'язання вищезазначеної низки наукових та прикладних завдань організації будівництва забезпечити суттєву модернізацію моделей організації будівництва з акцентом на суттєве вдосконалення організаційно-технологічних моделей будівництва на рівні проєктів будівництва, що мають бути трансформовані до синергійних моделей нового типу, які будуть забезпечувати властивості:

- моделювання організаційно-технологічного змісту виконуваних робіт та процесів (за комплексами робіт);
- функціонального розподілу комплексів робіт за виконавцями;
- вияву особливостей адміністрування окремими роботами проєкту, з відображенням основних цифрових характеристик виконання роботи певною організацією;
- вияву синергії від циклу проєкту та девелоперського середовища

провідних учасників та виконавців проєкту.

Систематизація праць фахівців з організації будівництва Арутюнян І.С., Білика С.І., Гончаренко Т. А., Єсипенко А.Д., Кравчуновської Т.С., Менеїлюка О.І., Молодіда О.С., Осипова О.Ф., Поколенка В.О., Пшінько О.М., Приходька Д.О., Радкевича А.В., Тонкачєєва Г.М., Тугая О.А., Тяна Р.Б., Чернишева Д.О., Черненко В.К., Черткова О.Ю., Шпакова А.В. та ін. дозволила *прийняти гіпотезу роботи* в такий спосіб: що для розв'язання вищезазначених та супутніх проблем в організації будівництва слід побудувати комбіновану модель організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва. Цифрова адаптація та узагальнений, оновлений гібридний формат організації будівництва гарантує захист системи від можливих руйнувань та системних криз щодо процесів та оточуючого середовища будівельного проєкту.

Отже, переналаштування організаційно-технологічних моделей організації будівництва до моделі комбінованого, оцифрованого, типу є важливою науково-прикладною проблемою, яка потребує вирішення. Це визначає *актуальність обрання теми* дисертаційної роботи.

Зв'язок змісту дослідження з науковими програмами, планами і темами. У роботі над дисертацією були представлені науково-методичні та прикладні розробки, які були успішно впроваджені під час виконання науково-прикладних та науково-пошукових тем, що стали частиною внеску дисертанта у їх обробку. Розробку дисертанта «*4D-візуалізація змісту робіт циклу девелоперського будівельного проєкту за стадіями, роботами, організаціями-виконавцями та цифровими індикаторами*» було використано при підготовці змісту та звіту НДР за темою «Розбудова сучасного аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ 0115U000860, КНУБА)», «Розвиток управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проєктів» (№0121U111793, КНУБА), де автором розроблена Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами будівництва; а в складі опрацювання теми «Вдосконалення аналітичного апарату обґрунтування

формату девелопменту для проєктів будівництва» (тема №W4-14-b, Академія будівництва України, відділення «Менеджмент та організація інновацій в будівництві») було залучено належну здобувачеві розробку «Аналітичний апарат складання розрахункового базису «Індексу довіри девелопера» на ґрунті зважування інтегральних показників конкурентоспроможності організацій-виконавців».

Зміст результатів дослідження за цільовим спрямуванням відповідає змісту завдань, що були накреслені та далі втілювались, у відповідності із:

Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо реформування сфери містобудівної діяльності» від 12 травня 2022 року № 2254-IX;

✓ Законом України «Про стимулювання розвитку цифрової економіки в Україні» (№1667-IX, із змінами в поточній редакції від 01.01.2023 р.);

✓ Постановами Кабінету Міністрів України «Про утворення міжгалузевої ради з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації» (№595 від 08.07.2020 р) та «Деякі питання цифрового розвитку» (№ 56 від 30.01.2019 р.);

✓ «Дорожньою картою впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) при створенні об'єктів будівництва, об'єктів архітектури» (схвалені сумісно Мінрегіоном, Конфедерацією будівельників України та Міждержавною гільдією інженерів-консультантів 29.11.2019 р.);

Мета роботи полягає у створенні інструментарію для організаційно-технологічного та цифрового адміністрування будівельними проєктами. Інструментарій базується на оновленому форматі моделі організації будівництва. Він використовує традиційні переваги функціонально-технологічної та операційної деталізації виконуваних робіт у проєкті, а також забезпечує цифрові засади для успішного управління проєктами з урахуванням вимог замовника та інших ключових учасників у процесі розробки будівельного проєкту, а також дозволить здійснювати цілісне формалізоване моделювання проєктного циклу та відстежувати суттєві трансформації в організаційно-технологічних

характеристиках проєкту як по стадіям проєкту так і за «цифровими компонентами» в адмініструванні проєктом.

Мета роботи забезпечена постановкою та успішним вирішенням **завдань дослідження:**

✓ опрацювання провідних онтологічних категорій дослідження, таких як «цифрове адміністрування проєктами будівництва», «цифрові технології в будівництві», «цифрове підгрунття в організації будівництва»;

✓ систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов оновлення моделей організації будівництва та забезпечення їх адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій;

✓ оцінка та вибір універсальних та спеціалізованих компонент методичного підгрунття для побудови комбінованого інструментарію формалізованого опису організації будівництвом та адміністрування проєктом будівельного девелопменту;

✓ пошук напрямів та аналітичних засад інтегрованого використання цифрових та управлінських технологій для вияву факторів впливу та достовірного виміру масштабу відмов проєкту в середовищі вітчизняного будівельного девелопменту;

✓ обґрунтування аналітико-прикладних компонент комбінованого інструментарію моделювання та адміністрування девелоперськими будівельними проєктами;

✓ обґрунтування показників та порядку оцінювання конкурентоспроможності підприємств-виконавців, який був би адаптованим до вимог цифрової структури комбінованої моделі опису циклу БДП

✓ розробка та адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проєктів на ґрунті комбінованого підходу.

Об'єктом дослідження є процеси формалізованого опису процесів організації будівництва та адміністрування будівельними девелоперськими проєктами (БДП) із застосуванням цифрових, організаційно-технологічних моделей оновленого типу.

Предметом дослідження визначено теоретико-методичні та аналітико-прикладні підходи цифрового опису та організаційно-технологічного моделювання БДП з використанням спеціального інструментарію.

Методи досліджень. Для забезпечення науково-обґрунтованого та достовірного вирішення завдань дослідження було розроблено методичний базис, спрямований на модернізацію та оптимізацію існуючих моделей організації будівництва. До цього базису було залучено:

- ✓ методологію формування та трансформації організаційно-технологічних мережових моделей різного типу, таких як "роботи-вершини", "роботи-матриці" та "триангуляційні моделі формалізації циклу будівельного проєкту".
- ✓ засади цифровізації та методи використання BIM-технологій та PLM-систем для опису процесів організації будівництва та управління проєктами будівництва.
- ✓ концептуально-теоретичні основи будівельного девелопменту як сучасного базису для підготовки, моделювання та реалізації будівельних проєктів.

Додатково до цього, в дослідженні використовувалися такі методи як аналіз-синтез, системний та процесно-структурний аналіз, організаційно-структурний інжиніринг, теорія зацікавлених сторін, класифікація та опис проєктних ризиків, а також адаптація Agile-методології для покращення проєктів будівництва. Ці компоненти були інтегровані в оновлені версії моделі організації будівництва з метою реального відображення процесів всередині будівельних проєктів як операційних систем тимчасового типу.

У роботі також використовувалися прикладні програмні засоби, зокрема «Інпроєкт-Випуск-Кошторис (ІВК)», «Project Expert-5», «BAS-підприємство» та Excel, для побудови пакетів прикладних програм.

Наукова новизна роботи відзначається інноваційним змістом створеного інструментарію, який забезпечує функціонально-операційне та організаційно-технологічне моделювання процесів організації будівництва та адміністрування проєктного циклу. Цей інструментарій базується на гібридній моделі, яка поєднує переваги традиційно-структурованих мережових моделей організації

будівництва з можливостями цифрових візуалізацій і трансформацій, BIM-технологій та методології SADT-проектування.

Провідні результатами, які є складовими інновацій даного дослідження та виносяться на захист, визначено в такий спосіб:

Удосконалено:

- тип, формат та аналітичний базис сіткової (мережевої) організаційно-технологічної моделі будівництва. Дану модель від мережевої моделі «робота-матриця» було трансформовано до оцифрованої моделі гібридного типу. Було розроблено зовсім новий тип моделі для організації та управління будівництвом, який є ключовою інноваційною складовою теоретичної бази, що відображає процеси підготовки інвестиційно-будівельного циклу та управління будівництвом в рамках системи організаційно-технологічного девелопменту для відповідності потребам та особливостям будівельних девелоперських проєктів. Основною інновацією цієї моделі є відтворення змісту робіт та етапів у графо-аналітичному форматі BIM-технологій організаційно-технологічного та ресурсно-логістичного характеру проєкту. На відміну від стандартного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення, аналізу технічної та архітектурної документації проєкту, ця робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проєкту. В рамках цього підходу структуризація етапів та робіт не базується на технічному змісті або розділах проєктно-кошторисної документації (ПКД), а складається з укрупнених комплексів робіт БДП, що відведені певному виконавцю та регламентовані у відповідних тристоронніх «угодах про субпідряд» між замовником, девелопером та виконавцем;

- методичні та аналітико-прикладні засади зростання функціонально-технічної та організаційно-управлінської надійності як окремих організацій-виконавців, так і циклу організації будівельного проєкту. Оскільки за сучасних ринкових умов практично неможливо створити значні резерви фронту робіт (що спричинює зростання обсягів незавершеного будівництва). За цих умов

забезпечення заданого рівня надійності будівельного виробництва може бути досягнуте не тільки і не стільки резервуванням ресурсів (матеріальних, трудових, фінансових, часових), скільки заміною організаційно-технологічних рішень, яку можливо назвати методом варіантності. У цьому контексті *варіантність* виступає як засіб підвищення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельного проєкту, шляхом порівняння можливих варіантів технології та організації будівельного виробництва, а саме, шляхом використання низки можливих за даних умов методів виконання будівельно-монтажних робіт, зміни послідовності здійснення процесів будівництва, ступеня їх суміщення, тривалості та інтенсивності. Така варіативність в складі комбінованої моделі організації будівництва досягається на ґрунті теорії відмов з врахуванням таких характеристик виконання по окремим роботам та організаціям-виконавцям, як: ймовірність безвідмовної роботи техніки, ймовірність відмови, частота та інтенсивність відмов, середнє напруження до першої відмови;

Набуло подальшого розвитку:

- концептуально-онтологічний зміст дефініції «цифровізація технологій будівництва», яка в даному дослідженні вирізнена як «компонента системи управління життєвим циклом та середовищем девелоперського будівельного проєкту включає інтеграцію цифрових технологій у всі аспекти бізнес-процесів та функціонування проєкту як тимчасового підприємства. Це дозволяє ефективно координувати ресурсний та іміджевий потенціал проєкту, зусилля управлінського персоналу та інформаційно-комунікативний простір на кожному етапі та "віхи" життєвого циклу проєкту. Такий підхід сприяє належному виконанню загальних (планування, організація, мотивація, контроль) та спеціальних функцій управління проєктом, а також досягненню раціонального злагодження між інтересами всіх зацікавлених сторін проєкту»;

- використання підходу забезпечення внутрішніх стандартів організації-виконавця за окремими роботами та комплексами При формуванні комбінованої цифрової&організаційно-технологічної моделі будівництва для БДП

вирішальними компонентами є деталізація циклу на відведені окремим виконавцям локалізовані фрагменти. Такі локалізовані фрагменти циклу БДП і виступатимуть як цифровий та функціональний базис оновлюваної моделі. Не залежно від змісту виконуваних робіт, кожна з локалізованих моделей матиме єдиний перелік та вимір факторів. В складі переліку факторів поряд з традиційними директивними характеристиками тривалості, кошторисної вартості (бюджету), термінами прив'язки до загального циклу БДП використано ті характеристики, які відображають успішність (результативність) діяльності даної організації при виконанні робіт певного типу – апробований практикою даного виконавця склад бригад, трудомісткість та собівартість виконання. До складу параметрів цифрової локальної моделі залучено іміджеві та економічні характеристики виконавця в регіоні та цільовому сегменті робіт (рейтинг, стан рентабельності, характеристики технологічного та вартісного зростання). Порівняння функціонально-технологічних та організаційно-управлінських можливостей виконавця з відповідними позиціями конкурентів дає підстави встановити ще такий важливий параметр локальної цифрової моделі як «цифровий індикатор ймовірності здобуття організацією-виконавцем директивних вимог замовника і девелопера» в даному проєкті (частка одиниць). На підставі даного індикатора з використанням спеціальних цифрових аналітичних шаблонів визначаються реалістичні (розрахункові, фактично очікувані) значення тривалості та вартості виконання роботи організацією-виконавцем в даному циклі БДП. Міра наближення до 1 одиниці цифрового індикатора ймовірності в складі локалізованої цифрової моделі виступатиме інструментом швидкої та дієвої ідентифікації можливостей впровадження проєктного циклу із додержанням директивних термінів, бюджету та ритмічності, а також слугуватиме в подальшому для вияву функціональної та організаційно-технічної надійності всього складу виконавців даного БДП;

- застосування засад цифровізації до переналаштування спеціальних функцій адміністрування проєктом будівництва. Виділено пріоритетні напрямки структуризації змісту організації будівництва, відповідно до

спеціальних функцій адміністрування в циклі БДП. Щодо навичок використання цифрових технологій серед учасників БДП реалізуються в ланцюжку «базові навички та цифрова грамотність топ-менеджменту» → «підготовка до професійної кар'єри персоналу» → «сприяння навчанню персоналу та розвитку цифрових навичок для всіх управлінців в оргструктурі адміністрування БДП». Щодо напрямів політик цифровізації в оргструктурі БДП ці пріоритети впроваджуватимуться за напрямками : посилення моніторингу постачальників послуг і вдосконалення системи оплати; розширення масштабів надання послуг засобами цифрових новацій; налагодження постійного зворотного зв'язку між інституційним, середнім та оперативним рівнем БДП та зовнішнім середовищем проєкту;

- науково-прикладні підходи до виявлення та ідентифікації ризиків, що виникають у будівельних проєктах та у процесі організації будівництва, застосовуються у контексті циклі девелоперського проєкту, оргструктури та операційної системи тимчасового типу. У цьому контексті ризики мають бути заздалегідь виявлені та усунуті за допомогою стратегічної протидії ризикам між учасниками, щоб забезпечити безпеку проєктного циклу, який охоплює етапи від ініціації до впровадження. Це допомагає запобігти деструктивному впливу ризикових факторів на проєктний цикл та уникнути непередбачених втрат ресурсів для учасників;

- методико-прикладний підхід у розвитку продуктивності траєкторії та забезпеченні адаптогенних якостей структури адміністрування будівництвом.

Такий розвиток спирається наналежно візуалізовані та цифровізовані індикатори взаємозв'язку ключових параметрів будь-якого будівельного проєкту (місії, цілі, сценарії та стратегії розвитку проєктного комплексу) та дозволяє забезпечити формування чіткого адміністративного апарату, що ґрунтується на різномірній системі прийняття управлінських проєктних рішень на кожній стадії проєкту (ініціація, планування, виконання, завершення). Передумовою зазначеного є необхідність розгляду організації будівництва як невід'ємної частини будівельної фази інвестиційно-будівельного

циклу проєкту, яка взаємодіє з передінвестиційною (підготовчою) та експлуатаційною фазами. Також велика увага приділяється формуванню спеціальної організаційної структури (тимчасового підприємства), що займається адмініструванням девелоперського проєкту, із залученням цифрових компонент в управління бізнес-процесами всередині ОСУ БДП: «цифровий персонал» (англ. digital employees), «цифрова робота» (англ. digital work) та «цифрове управління» (англ. digital management).

Практична цінність результатів дослідження полягає у спрямуванні змісту та конструктиву сітьової моделі на вирішення задач цифровізації змісту девелоперського управління будівельними проєктами. Сумісне застосування результатів дослідження забезпечить інноваційну та успішну прикладну базу застосування цифровізації для завдань моделювання, коригування та дієвого оновлення операційної системи девелоперського проєкту – через адаптацію до сучасних викликів цифровізації економіки, інтелектуалізацію процесів девелоперського управління будівництвом. Реалізований у моделях і програмних додатках поетапний та багатокритеріальний підхід у формуванні та виборі альтернатив ресурсно-календарних моделей підрядного будівництва, завдяки принципово оновленій розрахунковій базі, поліпшує можливості врахування девелопером невизначеності впливу факторів зовнішніх та внутрішніх чинників будівельного проєкту і, як наслідок, сприяє зростанню достовірності при прийнятті організаційно-технологічних рішень щодо будівельного виробництва в середовищі девелоперських проєктів.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною та завершеною науковою роботою. Основні науково-практичні результати досліджень та рекомендації, наведені в дисертації і виносяться на захист, отримані автором особисто. В опублікованих у співавторстві наукових працях автору належать:

[4] – розроблено систему індикаторів зовнішнього впливу, що впливають на інноваційний суб'єкт господарювання будівельної галузі; [5] – запропоновано прогностичний показник ефективності від запровадження інтегрованої системи управління проєктом (IPD) та інформаційного моделювання в будівництві (BIM);

[6] – запропоновано використання матриці інтеграційних ризиків для визначення ступінь впливу учасників на стійкість інтеграційних зв'язків між ними; [7] – обґрунтовано та сформульовано рекомендації з формування ефективної інформаційно-аналітичної підсистеми системи моніторингу й контролю фінансово-економічних результатів діяльності будівельних підприємств, яка поєднує в собі всі види інформації; [8] – запропоновано новий підхід до моделювання бізнес-процесів підприємства; [9] – узагальнено алгоритм та розроблено критеріально-розрахункову основу, зміст аналітичних модулів та спеціальне налаштування інструментарію упереджувальної санації на функціонально-економічні особливості операційної діяльності підприємства-забудовника житла; [10] – проведено оцінку та ідентифікації організаційно-технологічної надійності в проєктах екобудівництва; [11] – розроблено критеріальні показники оцінки конкурентоспроможності будівельних підприємств; [12] – розроблено концептуальні засади оновлення бізнес-процесів будівельного підприємства на ґрунті цифрового адміністрування; [13] – обґрунтовано доцільність використання процесно-орієнтованого підходу до управління будівельними компаніями; [14] – обґрунтовано необхідність оперативно коригувати календарні графіки виконання робіт відповідно до мети будівельно-інвестиційного проєкту; [15] – надано рекомендації щодо розробки інтегрованої інноваційної структури холдингового типу, що підтримує цифрову трансформацію операційної системи управління підприємствами будівельної галузі, [22] – визначені компоненти методичної платформи організації будівництва в умовах цифрової трансформації операційних систем виконавців проєктів

Апробація результатів наукових досліджень. Отримані результати досліджень були представлені на 9 конференціях, з яких 6 міжнародних: XII Міжнародній науково-практичній конференції та конгресі «Perspective developments in science and technology» (Sheffield, 2020 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України» (Київ, 2022 р.); XVII міжнародній

науково-практичній конференції «Aktuální vymoženosti vědy -2023» (Praha, 2023 p.); 9 міжнародній науково-практичній конференції «Global science: prospects and innovations» (Liverpool, 2024 p.); V Міжнародній науково-практичній конференції «Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку» (Київ, 2024 p.); V Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоощадні машини і технології» (Київ, 2024 p.).

Також отримані результати досліджень висвітлювалися та обговорювалися на 3 всеукраїнських науково-практичних конференціях та круглих столах: IV Всеукраїнському круглому столі з міжнародною участю «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України» (Київ, 2021 p.); Міжнародному науково-технічному форумі «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології» (Київ, 2021 p.); круглому столі «Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України» (Київ, 2024 p.).

Публікації наукових досліджень. Основні положення та результати проведених досліджень за темою дисертації опубліковано у 24 наукових працях, серед яких 12 публікацій у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 3 у періодичних наукових іноземних виданнях країн ЄС; 9 тез наукових доповідей в збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг основного тексту роботи становить 223 сторінки комп'ютерного тексту, містить 13 таблиць, 69 рисунків

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ ТА АКТУАЛІЗАЦІЯ ОБНОВЛЕНИХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА НА ҐРУНТІ СПОЛУЧЕННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ, УПРАВЛІНСЬКИХ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Систематизація загально-теоретичних та проєктних передумов удосконалення моделей організації будівництва на основі використання передових управлінських технологій та інструментів цифровізації

Кожна економіка, відповідно до наявних ресурсів, розвиває ті чи інші галузі, від яких залежить функціонування всієї системи господарювання країни. Одне з центральних місць серед галузей реального сектору економіки належить будівництву, яке відіграє надзвичайно важливу роль у розвитку усіх інших економіки, формуючи матеріальну частину виробничих фондів. Продуктом будівельної галузі є сучасні інфраструктурні об'єкти, такі як дороги, мости, аеропорти, метро, лінії зв'язку та енергетичні системи, які створюють не лише умови для зручності пересування та зв'язку, але й сприяють розвитку бізнесу, туризму та інших сфер економіки. Водночас важливість будівництва полягає не лише у створенні нових об'єктів та інфраструктури, а й у сприянні соціальному та економічному розвитку суспільства в цілому, зокрема через те, що для будівельного виробництва потрібні матеріали, машини та механізми, сучасні технології. Так, будівельний комплекс складається з таких елементів, як: видобуток сировини, виробництво матеріалів, машин та устаткування для будівельного процесу, розробки проєктно-конструкторської документації, проведення експертиз, дослідних робіт, ну і звичайно підготовкою трудових ресурсів для галузі, від яких залежить ефективність функціонування всієї системи будівельного комплексу країни. Будівельна галузь має зв'язки і тісно співпрацює з машинобудівною, хімічною, металургійною, ліською, сільськогосподарською та іншими галузями господарювання. Її ефективність функціонування впливає на зайнятість та безробіття, споживчий попит, доходи

населення, стан навколишнього середовища, енергетичну незалежність, інфляційні процеси та багато інших економічних показників держави. Будівництво значною мірою сприяє динаміці отримання великого обсягу капітальних інвестицій в промисловій галузі України. Для розвитку різних галузей промисловості будівельна галузь створює матеріально-технічну базу, розвиває логістичну інфраструктуру та впроваджує науково-технічні і інноваційні розробки для підвищення продуктивності праці, збільшення зайнятості, ефективного використання ресурсів з найменшими втратами під час виробничого процесу тощо.

У сучасному світі зростання конкуренції та постійні зміни у технологічній сфері вимагають від підприємств будівельної галузі постійного вдосконалення своїх методів та стратегій управління. Цифрова трансформація стає ключовим чинником у цьому процесі, вносячи істотні зміни у моделі організації будівництва та використання сучасних управлінських технологій.

Цифрова трансформація - це цифрова держава, що забезпечує зручність для суспільства, надання нових послуг, сервіс без черг, бюрократії та корупції, також зміни, спрощення, перетворення і часто ліквідація певних галузей та напрямків [1].

З метою зростання ефективності будівництва, все більше підприємств цієї галузі розпочинають використовувати цифрові інструменти, технології. Поширення цифровізації в будівництві є новим етапом його розвитку, що полягає у використанні цифрових інструментів, методів, технологій для оптимізації процесів проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Це передбачає використання програмного забезпечення для моделювання будівель (BIM), датчиків, пристроїв Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), автоматизації процесів та інших технологій» [2].

Удосконалення організації будівництва у контексті цифрової трансформації дозволяє підприємствам бути конкурентоспроможними, ефективно управляти проектами та досягати успіху в умовах постійних змін і викликів сучасного світу. Цифрова трансформація України актуалізується необхідністю підвищення

конкурентоспроможності, зокрема через подолання цифрового розриву між нашою державою та країнами ЄС. Українська держава порівняно молода, її економіка за останні десятки років модернізувалась під впливом ринкових відносин, однак ще й досі має дуже багато проблем, особливо це відчувається зараз під час повномасштабної війни росії проти України.

Будівельна галузь, як і інші стратегічно важливі галузі, також потребує постійного оновлення за різними напрямками: техніко-технологічним, фінансово-інвестиційним, соціально-економічним, адміністративно-управлінським та ін.

Визначення перспектив оновлення вимагає окреслення проблем, з якими стикаються представники будівельної галузі України на сучасному етапі, серед яких можна виділити такі:

1. Використання ресурсів часто відбувається неефективно, з використанням застарілих технологій і обладнанням, що відповідно знижує продуктивність праці та підвищує витрати під час виробничого процесу.

2. Прогресуючий кадровий дефіцит, як спеціалістів, так і робітничих професій, який розпочався ще у 2017 році, коли Україна набула безвізового режиму з країнами ЄС, низький рівень заробітної плати, непопулярність роботи серед молоді. Велика війна росії проти України та викликана нею мобілізація до ЗСУ призвела також до дефіциту робітників на будмайданчиках.

3. Недостатній рівень застосування будівельними компаніями сучасних технологій та інноваційних розробок, таких, як: 3D-моделювання, комп'ютерне проєктування (BIM), мережеві технології (IoT) тощо, що дає змогу прискорити строки та зменшити вартість будівництва, підвищити якість будівельних робіт і продуктивність праці робітників.

4. Недосконалість законодавчо-нормативної бази та відсутність загально-єдиної стратегії розвитку в будівельній галузі, що призводить до корупційних схем, неякісного виконання робіт, зниження продуктивності праці, зменшення інвестицій, як внутрішніх так і зовнішніх, ізольованості будівельних компаній одна від одної[2].

5. Ускладнення для українських проєктних компаній (архітекторів, інженерів) у доступі до міжнародного ринку проєктування промислових, комерційних споруд, інфраструктурних об'єктів (доріг, мостів, тунелів), житлової забудови.

6. Використання підприємствами будівельного сектору енергоємних технологій, невідновлюваних сировинних, матеріальних ресурсів, хімікатів, що спричиняє зростання шкідливих викидів.

7. Великий рівень енергоспоживання будівель через недостатність уваги до питання енергоефективності, зокрема, при проєктуванні, впровадження систем енергозбереження, сучасних технологій теплоізоляції, слабе використання відновлювальних джерел енергії, надмірне її споживання в процесі експлуатації.

8. Велика кількість відходів будівництва, особливо при реконструкції, реновації, ревіталізації (близько 25%-30% від загального обсягу відходів виробництва), які наразі практично не мають вторинного використання, що призводить до забруднення навколишнього середовища.

9. Підвищена небезпека виробничих процесів, які вимагають заходів з контролю справності обладнання, якості матеріалів та техніки безпеки, а також неухильного дотримання будівельних стандартів [3].

Для підвищення конкурентноздатності будівельної галузі України в сучасному світі необхідно впроваджувати цифрові технології, які, в свою чергу, допоможуть оптимізувати процеси виробництва, зменшити витрати, покращити якість виконуваних робіт та їхню безпечність, удосконалити управління проєктами, що дозволить будівництву бути більш екологічним, стійким, підвищити продуктивність праці та ефективність виробництва.

Цифровізація будівництва та процесів проєктування набирає обертів, пропонуючи значні переваги в економії часу, коштів та покращенні якості. Однак, на шляху до впровадження та використання нових інноваційних рішень цифрових технологій у будівельну галузь виникають певні перешкоди, які можуть гальмувати процес.

Аніл С. та Найт Е. провели опитування серед керівників будівельних

підприємств Європи та оцінили фактори, що перешкоджають цифровізації у будівництві, за ступенем їх впливу (від високого до низького):

1. Впровадження сучасних технологій потребує значних інвестицій, що вимагає зміни в усталених процесах діяльності та корпоративній культурі.

2. Обмежена здатність впливу на інформаційну модель будівельного об'єкта внаслідок того, що не всі цифрові інструменти мають можливість безпосередньо впливати на BIM-модель або параметри цифрового двійника.

3. Не достатньо високий попит на цифрові технології серед користувачів та зацікавлених сторін внаслідок того, що використання цифрових інструментів економічно не завжди є виправдане, зокрема підприємствами малого та середнього бізнесу. Так, використання BIM-моделей крупними девелоперами та будівельними корпораціями переважно є фінансово обґрунтованим завдяки масштабам їхніх проєктів та доступу до значних ресурсів. Однак для малих та середніх підприємств інвестиції у цифрові технології здебільшого виявляються надто великими в порівнянні з потенційними вигодами.

4. Нестача чітко визначених стандартів для обміну та управління даними. Відсутність належних стандартів та нормативів ускладнює інтеграцію нових технологій у поточні робочі процеси. Ці стандарти визначають, які конкретні технології, формати даних, протоколи та методи взаємодії повинні використовуватися в різних аспектах проєкту, щоб забезпечити сумісність та спільність між різними системами та учасниками проєкту. Це, зокрема, стандарти для обміну інформацією між різними програмами проєктування, формати файлів для зберігання даних будівельного проєкту, а також протоколи для передачі даних між різними платформами та системами. Існування різних систем стандартизації створює складнощі, оскільки різні учасники проєкту можуть використовувати різні стандарти або версії стандартів, що ускладнює сумісність та обмін інформацією між ними

5. Бар'єри обміну інформацією між робочими групами проєкту будівництва, що належать до різних спеціалізацій (архітектори, інженери різних систем). Команди з різних спеціалістів можуть використовувати різні програмні

інструменти, або їх модулі, мати різні підходи до роботи та форматування даних, що ускладнює координацію та спільне використання цифрових інструментів.

6. Різні підходи та системи, що використовуються партнерами, можуть призвести до проблем з сумісністю та ускладнити обмін даними.

7. Брак кваліфікованих фахівців з досвідом роботи з цифровими технологіями в сфері проектування та будівництва. Навіть недавні випускники університетів не завжди мають необхідні навички та знання для роботи з цифровими інструментами, що потребує додаткового навчання та підготовки. А без достатньої кількості спеціалістів впровадження цифрових технологій може викликати опір з боку співробітників [4, с.3].

Окрім визначених перешкод для галузі будівництва в Україні, доцільно також виділити такі як:

1. Низький рівень інвестицій в інновації через обмежений доступ до фінансових ресурсів, що обмежує можливості для впровадження новітніх цифрових технологій.

2. Відсутність стратегічного планування на державному рівні, яке б сприяло розвитку цифрових технологій у будівельній галузі та створювало стимули для їх впровадження.

3. Слабка інфраструктура для підтримки цифрових технологій, включаючи недостатній розвиток інтернет-мереж та хмарних сервісів, необхідних для ефективного використання цифрових інструментів у будівництві.

4. Нерівномірність індексу цифрової трансформації в розрізі регіонів України, зокрема через нерозвиненість інфраструктури та війну, а також значне відставання нашої держави від країн з високим рівнем економічного розвитку.

Індекс цифрової трансформації дозволяє оцінити загальний рівень цифровізації в регіонах України, виділяючи ключові області, де є необхідність у вдосконаленні. Використовуване в Україні методичне підґрунтя розрахунку цього показника базується на комплексному підході, що складається з восьми блоків: інституційна спроможність, доступ до інтернету, розвиток мережі ЦНАПів, поширення формату «без паперів», цифрової освіти, наявність

візитівки області, ступінь проникнення базових електронних послуг, галузева цифрова трансформація. Даний індекс має найбільше значення 1,0 та відповідає найвищому рівню цифрової спроможності в економіці. Згідно з даними Мінцифри України індекс цифрової трансформації в середньому в нашій країні становить 0.632, водночас в розрізі регіонів помітна значна диференціація: найвище значення зафіксовано в Дніпропетровській (0.908), Львівській (0.891) та Полтавській (0.833) областях, а найнижче в областях, де ведуться активні бойові дії (рис.1.1) [5].

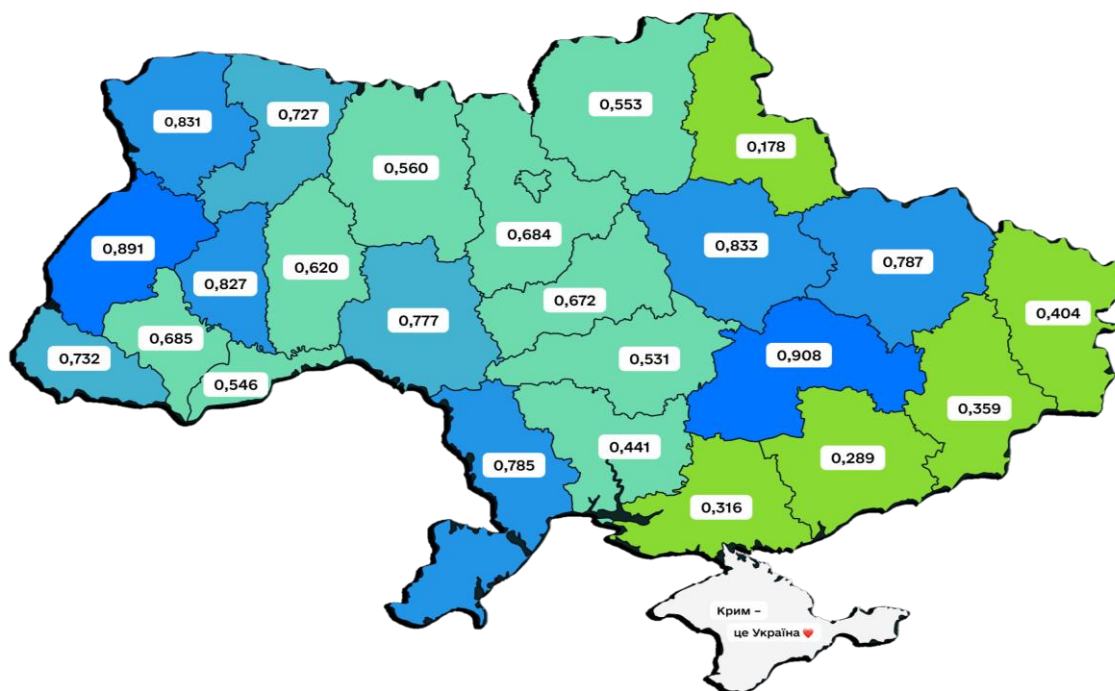


Рис.1.1. Індекс цифрової трансформації України у 2023 р.

Джерело: [5]

В розрізі складових індексу найвищі значення спостерігаються у впровадженні режиму «без паперів» (0.697), наявності CDTO (заступників з цифрової трансформації в державних органах) та цифрових команд ОВА (0.678),

та в проникненні базових електронних послуг (0.666). Впровадження нових технологій та розвиток інтернет-інфраструктури залишаються основними факторами, що впливають на підвищення індексу. Завдяки діяльності CDTO регіони можуть швидше впроваджувати цифрові реформи, проте у Харківській (57.1%), Київській (46.0%) і Миколаївській (44.4%) областях необхідно збільшити команди з цифровізації [5]. Аналіз структури індексу дозволив визначити основні бар'єри на шляху до цифровізації, що включають недостатню інституційну спроможність у деяких регіонах, де бракує цифрових команд та спеціалістів. Це вказує на необхідність посилення кадрового потенціалу та створення сприятливих умов для підвищення кваліфікації працівників. Важливим аспектом є також розвиток цифрової освіти, яка може забезпечити достатню кількість кваліфікованих фахівців для реалізації цифрових проєктів.

5. Недостатнє розуміння та усвідомлення переваг цифровізації серед керівників та працівників будівельних підприємств, що призводить до пасивного ставлення до впровадження цифрових технологій.

6. Бюрократичні перепони та нормативні обмеження, зокрема через існуючі закони та регуляторні акти, що не враховують специфіку цифрових технологій. Нерідко процедури отримання дозволів і погоджень можуть бути розтягненими в часі через адміністративні заборони або нечіткість нормативної бази, що вимагає судових проваджень.

7. Брак державних та приватних ініціатив для підтримки цифровізації. Так, у багатьох країнах існують програми підтримки цифрових трансформацій, що включають гранти, податкові пільги та інші стимули. В Україні ж такі ініціативи лише починають розвиватися і їх вплив поки що недостатній для масового впровадження цифрових технологій у будівельній галузі.

8. Брак комплексних освітніх програм, що забезпечують підготовку фахівців з цифровими навичками та підвищення кваліфікації діючих працівників, а також та можливостей у закладів освіти для їх реалізації. В Україні поки що недостатньо уваги приділяється таким освітнім ініціативам, що обмежує можливості для розвитку галузі.

9. Неадекватна інфраструктура для підтримки науково-дослідних робіт у сфері цифрових технологій в будівництві. Відсутність відповідних науково-дослідних інститутів, лабораторій та дослідницьких центрів ускладнює розвиток нових технологій та їх впровадження у будівельну практику.

10. Брак прикладів успішних кейсів впровадження цифрових технологій у будівельній галузі України, які можуть надихати інші компанії на використання цифрових технологій.

Таким чином, для подолання зазначених перешкод необхідно здійснити комплексні заходи, що включають фінансову підтримку, створення сприятливого регуляторного середовища, розвиток освітніх програм, а також стимулювання інновацій через дослідження та впровадження передових практик. Лише за таких умов можна досягти значного прогресу у цифровізації будівельної галузі України, що сприятиме підвищенню її конкурентоспроможності на міжнародному рівні та ефективнішому вирішенню сучасних викликів.

У будь-якому випадку, цифровізація є необхідним кроком для забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку в сучасному світі. Водночас головною передумовою поширення цифровізації в Україні є формування попиту на «цифрові технології всередині країни та заохочення їх споживання громадянами, підприємствами та державою [6, с.7]. Впровадження цифрових технологій є не лише фактором підвищення ефективності та продуктивності, але й важливим чинником забезпечення довгострокового економічного зростання [7, с.38]. Від успішності цієї інтеграції залежить конкурентоспроможність країни на світовому ринку, її здатність залучати інвестиції та забезпечувати високий рівень життя громадян. Існує і зворотній зв'язок - для економічного зростання будь-якої економічної системи потрібен потенціал для інновацій та адаптації до нових умов. В сучасних умовах цей потенціал все більше залежить від рівня цифровізації та здатності інтегрувати цифрові технології в усі сектори економіки. Розвиток цифрової інфраструктури, доступність високошвидкісного інтернету, підготовка кваліфікованих кадрів та створення сприятливого регуляторного середовища є необхідними передумовами для побудови сильної

цифрової економіки та залежать від потенціалу економічної системи, її волі до трансформації. Для формування потенціалу економічної системи, необхідного для успішної цифрової трансформації, потрібно здійснити комплекс заходів:

1. Держава та приватний сектор повинні інвестувати в розвиток цифрової інфраструктури, забезпечуючи доступність високошвидкісного інтернету для всіх регіонів, включаючи модернізацію існуючих мереж і створення нових.

2. Розширення мереж 5G та оптоволоконних ліній зв'язку дозволить забезпечити стабільний і швидкий інтернет-доступ, що є основою для функціонування цифрової економіки. В виконанні цього пункту визначна роль на лежить державному фінансуванню та інституціям.

3. Реформувати освітню систему, інтегруючи навчальні програми з цифрових технологій у школи та університети, що дозволить виховати нове покоління фахівців, здатних працювати з сучасними цифровими інструментами.

4. Інвестувати в програми перекваліфікації та підвищення кваліфікації для існуючих працівників, щоб вони могли адаптуватися до нових вимог ринку праці.

5. Держава повинна створити сприятливу нормативно-правову базу та регуляторне середовище, щоб спонукати до впровадження цифрових технологій. Сюди відноситься зокрема спрощення регуляторних процедур, захист прав інтелектуальної власності, та забезпечення кібербезпеки.

6. Важливо забезпечити прозорість та підзвітність державних органів, що сприятиме довірі до цифрових ініціатив та зменшить бар'єри для інновацій.

7. Створити умови для розвитку інноваційного середовища, включаючи надання грантів та пільгових кредитів для стартапів, а також розвиток інкубаторів та акселераторів для підтримки нових бізнесів.

8. Підтримувати науково-дослідні проекти, спрямовані на розробку нових цифрових технологій.

9. Залучати іноземні інвестиції для фінансування цифрової трансформації та розвитку цифрової економіки, приймати участь у міжнародних проєктах, грантах, що спрямовані на реалізацію окремих аспектів цифровізації.

10. Інтегруватися у міжнародні програми та ініціативи, обмінюватися досвідом з іншими країнами, що успішно здійснили цифрову трансформацію.

11. Формувати культуру цифрових інновацій на рівні підприємств і державних установ, що включає заохочення експериментів, підтримку нових ідей та швидке впровадження успішних практик.

Сформувавши такий потенціал, можна значно прискорити процес цифрової трансформації, що призведе до підвищення конкурентоспроможності економіки, створення нових робочих місць та покращення якості життя громадян. Це складний, але необхідний шлях для того, щоб країна могла повною мірою скористатися перевагами цифрової епохи.

Цифрова трансформація має значний вплив на всі аспекти промисловості, змінюючи способи виробництва, управління та взаємодії між учасниками ринку, і завдяки цифровим технологіям підприємства можуть досягати нових рівнів ефективності, гнучкості та інноваційності. Іншими словами, цифрова трансформація - це процес перетворення традиційних бізнес-методів та інтеграції цифрових технологій у різні аспекти діяльності організації для зміни способу її функціонування. Використовуючи разом такі технології, як хмарні обчислення, штучний інтелект та аналіз даних, для покращення операційної моделі, вона забезпечує цінність для клієнтів та підвищує задоволеність клієнтів, продуктивність та конкурентоспроможність [8]. Цифрова трансформація включає в себе розвиток цифрової інфраструктури, яка є основою для функціонування цифрової економіки. Це включає високошвидкісний інтернет, дата-центри, хмарні сервіси та інші технології. Завдяки цифровій трансформації створюються нові бізнес-моделі, такі як платформи електронної комерції, фінансові технології (FinTech), які є основними компонентами цифрової економіки. Вона дозволяє бізнесу оптимізувати процеси, знижувати витрати та підвищувати продуктивність, що безпосередньо впливає на зростання цифрової економіки.

Цифрова трансформація та цифрова економіка є взаємозалежними поняттями, які разом формують сучасний економічний ландшафт. Цифрова

трансформація стимулює розвиток цифрової економіки, створюючи необхідну інфраструктуру та бізнес-моделі, тоді як цифрова економіка забезпечує середовище, в якому ці трансформації можуть бути успішно реалізовані.

Цифрова економіка - це економічна система, в якій більшість економічних видів діяльності здійснюються за допомогою цифрових технологій [9, с.12] Вона включає в себе електронну комерцію, фінансові технології, інтернет-послуги, програмне забезпечення та інші галузі, що активно використовують цифрові інструменти. Цифрова економіка характеризується наступними особливостями:

1. Дані та інформація стають ключовими активами, які використовуються для створення вартості та прийняття рішень.
2. Цифрові платформи дозволяють компаніям працювати на глобальному ринку, досягаючи клієнтів у будь-якому куточку світу.
3. Постійний розвиток та впровадження нових технологій стимулюють зростання економіки та створення нових робочих місць.

Цифрова економіка виступає фундаментом Четвертої промислової революції, яка модернізує всі аспекти суспільства та економіки, і ця революція, відома також як Індустрія 4.0, характеризується інтеграцією цифрових технологій у виробничі процеси, що веде до значних змін у способах виробництва, управління та обміну інформацією.

Цифрова економіка – «це економіка, що базується на цифрових комп'ютерних технологіях та інформаційно-комунікативних технологіях, але, на відміну від інформатизації, цифрова трансформація не обмежується впровадженням інформаційних технологій, а докорінно перетворює сфери і бізнес-процеси на базі Інтернету та нових цифрових технологій» [10, с.12].

«Новим драйвером зростання після епохи комп'ютерної революції вважають саме цифровізацію, створення штучного інтелекту», використання автономних роботів, розвиток Індустрії 4.0, розвиток кіберфізичних систем, тобто злитті фізичних об'єктів та цифрових технологій [10, с.12]. Ця фаза промислової революції характеризується об'єднанням технологій, що

розмивають межі між фізичним, цифровим та біологічним. «Індустрія 4.0» дозволить «збирати та аналізувати дані з різних машин, забезпечуючи більш швидкі, ефективні та гнучкі процеси виробництва товарів вищої якості» за рахунок залучення споживачів у процес формування споживчої вартості [11, с.121]. Крім того, вона призвела до скорочення трансакційних витрат, появи нових бізнес-моделей, що опосередковують нові способи взаємодії в ланцюжку створення цінності товарів. Важливим аспектом цієї революції є також вплив на ринок праці. З одного боку, автоматизація та використання роботів «витісняють» працівників з робочих місць у традиційних галузях, з іншого боку, зростає попит на фахівців у галузі інформаційних технологій, кібербезпеки, аналізу даних та обслуговування нових систем. Індустрія 4.0 також стимулює розвиток нових стандартів та нормативних актів, які регулюють використання новітніх технологій захисту даних та забезпечення кібербезпеки, що вимагає активної участі як бізнесу, так і держави для створення відповідної інфраструктури та підтримки інновацій.

Зважаючи на вищевикладене, надамо уточнене поняття «цифровізації технологій будівництва», яка вирізнена як «компонента системи управління життєвим циклом та середовищем девелоперського будівельного проєкту включає інтеграцію цифрових технологій у всі аспекти бізнес-процесів та функціонування проєкту як тимчасового підприємства

Останні 10 років Україна робить активні кроки вперед у напрямку інтеграції з ЄС як перспективного напрямку розвитку міжнародних економічних зв'язків. Водночас низька ефективність вітчизняної економіки, продуктивність праці, зосередження промислового виробництва переважно на сировинних галузях, недостатня увага до стимулювання розвитку промисловості призводять до втрати конкурентоспроможності на міжнародному ринку, що обмежує можливості економічного розвитку, знижує привабливість інвестицій та призводить до міграції людського капіталу. Відсутність ефективної промислової політики через брак інвестицій гальмує технологічний прогрес, обмежує шанси України на стале економічне зростання. Розуміючи це керівництво держави

взяло курс на подолання технологічного відставання. Наразі Україна здійснює певний прогрес у розвитку

цифрової інфраструктури та доступності цифрових технологій, однак загальний рівень впровадження Індустрії 4.0 в Україні все ще низький, що пов'язано з низкою факторів, таких як низький рівень інвестицій, війна в Україні, нестача кваліфікованих кадрів, відсутність стратегічного бачення розвитку економіки. Так, впродовж останнього десятиліття в Україні спостерігався низький ріст та зниження. Світовий ВВП також зазнав негативної динаміки у 2020 р. внаслідок впливу COVID-19. Якщо порівнювати ВВП України на душу населення відносно до ВВП світу, можна констатувати його низьку ефективність, що, зокрема, обумовлено технологічною відсталістю вітчизняної промисловості (табл.1.1).

Таблиця 1.1

Ефективність світової економіки та економіки України у 2018-2023 рр.

Рік	ВВП України на душу населення (долар США відповідно до курсу у певний період)	Річні темпи зростання ВВП України (%)	ВВП світу на душу населення (USD)	Темпи зростання ВВП світу (%)
2018	3096,6	3,5	11297,5	2,1
2019	3661,5	3,2	11338,2	1,5
2020	3751,7	-3,8	10904,1	-4,0
2021	4827,8	3,4	12316,1	5,3
2022	4534,0	-29,1	12687,7	2,3
2023 (попередня оцінка)	4747,1	4,7	13213	2,9

Джерело: побудовано автором за даними [12, 13]

А це, в свою чергу, є причиною низьких доходів працівників, та, відповідно, визначає подальшу негативну динаміку попиту на продукцію, робочу силу, недосягнення повного використання економічного потенціалу, зниження конкурентоспроможності та обмеження можливостей для економічного зростання. У таких умовах виникає потреба в інноваціях - впровадженні нових технологій, методів виробництва, організаційних змін тощо, які можуть стимулювати розвиток та підвищення продуктивності у промисловому секторі і

будівництві.

В усьому світі цифрова економіка стрімко розвивається, що призводить до появи нових типів активів, які існують у цифровій формі та не мають фізичного аналога (криптовалюти, токени, цифрові цінні папери, програми, внутрішньоігрові активи, цифрові колекційні предмети), а також нових способів ведення бізнесу. Зростає також роль цифрових побічних ефектів - це вплив цифрової економіки на традиційну економіку, до яких належать створення нових робочих місць, темпи зростання продуктивності, інші нові можливості для ведення бізнесу. Темпи впровадження цифрової економіки щорічно нарощуються. Згідно з оцінками Світового Банку до 2025 року її частка у світовому ВВП може сягнути 24,3% (рис.1.1) [10, с.34].



Рис.1.1. Порівняльна характеристика цифрової економіки у країнах світу
Джерело: сформовано за даними [10, с.34; 14]

Близько 40% валової доданої вартості у глобальному вимірі формується сектором інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) найбільших економік світу - США та Китаю [15]. Як видно, у розвинених країнах цифрові активи та вплив цифрових технологій складають більшу частку сукупного ВВП порівняно з країнами, що розвиваються. Це зумовлено кращим розвитком телекомунікаційної та цифрової інфраструктури, а також досвідом роботи з цифровими технологіями. Крім того, більш розвинена економіка цих країн є більш сприйнятливою до впливу цифрових технологій. В Україні для підтримки розвитку цифрової економіки необхідно інвестувати в розвиток

телекомунікаційної інфраструктури, підвищення рівня цифрової грамотності та спрощення регулювання ведення бізнесу в цифровій економіці [10, с.34].

Отже, цифрова трансформація виступає одним із ключових чинників сучасного економічного розвитку, сприяючи підвищенню ефективності, прозорості та інноваційності в різних галузях. Не менш значущим є її вплив на будівельну галузь, де впровадження цифрових технологій сприяє зміні традиційних моделей організації будівництва, забезпечуючи нові підходи до управління проектами, планування та контролю виробничих процесів.

Моделювання будівельного виробництва є важливим інструментом для планування, організації та контролю будівельних робіт. Воно дозволяє інженерам-будівельникам та менеджерам проектів визначати оптимальні шляхи виконання робіт, виявляти та усувати потенційні проблеми, а також ефективно розподіляти ресурси, що має вирішальне значення для забезпечення успішної реалізації будівельних проектів [16].

Процес будівництва відрізняється високою спеціалізацією праці, складністю будівельних об'єктів, різноманітністю варіантів технології та організації робіт, необхідністю співпраці з іншими підприємствами [17, с.259]. Спеціалізація праці, складність будівельних об'єктів, різноманітність технологій та організаційних підходів, а також необхідність співпраці з іншими підприємствами роблять моделювання будівельного виробництва складним, але надзвичайно важливим завданням.

Моделювання - це процес створення моделі - спеціального представлення реального об'єкта або системи, яке дозволяє аналізувати їхню поведінку, властивості або функціонування без необхідності використання самого об'єкта [18, с.31]. Це може включати в себе використання математичних моделей, комп'ютерних симуляцій, аналогій з іншими системами тощо. Моделювання дозволяє досліджувати різні аспекти об'єкта або системи, а також робити передбачення щодо їхньої поведінки або результатів при різних умовах.

Ефективні моделі повинні бути гнучкими, детальними та інтегрованими, щоб враховувати всі ці фактори та забезпечувати успішну реалізацію

будівельних проєктів. Моделювання повинно враховувати інтеграцію різних систем і процесів, що використовуються різними підприємствами, включати оцінку різних варіантів технологій та організації робіт для визначення найефективніших рішень.

В менеджменті будівництва прийнято розрізняти основні моделі організації будівництва, кожна з яких має свої особливості та переваги.

1. Традиційна модель будівництва (Design-Bid-Build) є найпоширенішою та історично першою структурою реалізації будівельних проєктів. Вона базується на послідовному виконанні етапів проєктування, погодження, тендеру(або конкурсного відбору підрядників) та будівництва. Ця модель передбачає окрему роботу різних підрядників на кожному етапі, що вимагає узгодження та координації виконання робіт між учасниками проєкту. Проєктування передбачає розробку повного пакету проєктної документації, який включає архітектурні, інженерні та конструктивні рішення. При цьому замовник співпрацює з проєктувальниками та архітекторами для створення детальних креслень, специфікацій та інших документів, необхідних для будівництва. Після завершення проєктування замовник проводить тендер або конкурс для відбору будівельних підрядників. Підрядники подають свої пропозиції на основі проєктної документації, а замовник обирає найбільш підходящу пропозицію з огляду на вартість, терміни виконання та досвід компанії. Після вибору підрядника розпочинається будівництво відповідно до затвердженого проєкту. Підрядник несе відповідальність за виконання будівельних робіт, дотримуючись графіку та кошторису, визначеного контрактом. А замовник контролює хід виконання робіт, забезпечуючи відповідність будівництва проєктній документації та нормативним вимогам. Також можливою є передача функцій контролю генеральному підряднику, який здійснює нагляд за виконанням будівельних робіт, координує діяльність субпідрядників та постачальників, а також забезпечує дотримання графіку та кошторису проєкту [19, с.36].

2. Інтегрована проєктно-будівельна модель (Design-Build) передбачає

одночасне виконання проєктних та будівельних робіт однією командою, що дозволяє забезпечити кращу координацію, скоротити терміни реалізації проєкту та знизити ризики помилок.

3. Модель управління будівництвом (Construction Management) передбачає призначення спеціального менеджера проєкту, який координує всі етапи будівництва, взаємодіючи з різними підрядниками та постачальниками. Це забезпечує більш ефективне управління ресурсами, контроль за якістю виконання робіт та дотриманням термінів.

4. Модульна модель будівництва передбачає виготовлення будівельних елементів на заводі з подальшим їх транспортуванням та монтажем на будівельному майданчику. Це дозволяє значно скоротити час будівництва, знизити витрати та забезпечити високу якість виконання робіт завдяки контролю умов виготовлення на заводі [20, с.276].

Модель організації будівельного виробництва включає основні компоненти, кожен з яких має свої підсистеми та взаємозв'язки. Так, зокрема, модель організації будівельного виробництва визначає черговість виконання робіт, їх послідовність та терміни, що повинні бути дотримані для забезпечення безперебійного процесу будівництва, враховуючи ретельний аналіз проєктної документації та ресурсів, які будуть використані. Ресурсне забезпечення моделі стосується постачання матеріалів, обладнання та трудових ресурсів, що є необхідними для успішного виконання будівельних робіт. Ресурсні обмеження вимагають координації між постачальниками та виконавцями будівельних робіт, розподілу ресурсів між окремими ділянками, будівельними майданчиками для уникнення затримок і простоїв. Модель організації будівництва може містити логістичну компоненту, яка визначає оптимізацію ланцюга поставок для своєчасної доставки матеріалів, сировини, конструкцій, будівельних машин, тощо. Модель організації будівельних робіт може набувати графічного вигляду у формі графіків виконання робіт (органіграм, циклограм, графіків Ганта та ін.), які відображають дотримання запланованих термінів та кількості робіт, виконавців, змінність тощо, та використовуються для моніторингу прогресу

будівництва та оперативного внесення коректив у разі відхилень. Складніший виробничий процес зображують у вигляді математичних моделей, систем рівнянь, матриць, тощо.

В умовах поширення цифрових технологій моделі організації будівельного виробництва включають використання сучасних інформаційних, цифрових технологій для збору, обробки та аналізу даних, що забезпечує безперервний обмін інформацією між усіма учасниками проєкту, дозволяючи інтегрувати різні системи управління та автоматизувати процеси прийняття рішень [21, с.59].

Переваги моделювання будівельного виробництва є:

1. Моделювання дозволяє виявити оптимальні шляхи виконання робіт, мінімізувати простой та затримки, що в результаті підвищує загальну продуктивність.

2. Детальна модель надає керівництву проєкту чіткий огляд ходу будівельних робіт, що дозволяє своєчасно вносити корективи.

3. Моделювання допомагає ефективно розподіляти людські, матеріальні та фінансові ресурси, запобігаючи їх марному використанню.

Таким чином, моделі організації будівельного виробництва дозволяють ефективно управляти всіма аспектами будівельного процесу, забезпечуючи його цілісність, узгодженість і ефективність, що є ключовим для успішного завершення проєктів у встановлені терміни та з дотриманням необхідних стандартів якості [21, с.60].

Організаційно-технологічна система будівельного виробництва являє собою складну форму і порядок об'єднання окремих співвиконавців із матеріальними елементами будівельного виробництва та відокремлення «будівельно-монтажних і спеціалізованих процесів між собою у просторі і часі з метою забезпечення найповнішого використання існуючої і нової техніки, трудових, матеріальних і фінансових ресурсів та підвищення на цій основі рентабельності і ефективності будівельного виробництва» [22, с.16].

Будівельне виробництво використовує різні організаційно-технологічні моделі для спорудження об'єктів, кожна з яких має свої найбільш раціональні

сфери застосування. Кожна модель повинна відповідати специфіці об'єкта, бути зручною для аналізу, економічно ефективною на етапах будівництва та експлуатації, відображати повний обсяг робіт, їх послідовність, характер взаємозв'язків та забезпечувати безперервність однотипних робіт [23, с.42]. Потокове будівництво повинно уникати одночасного виконання робіт у часі і просторі, що заборонено умовами охорони праці, а також враховувати різноманітність технологій будівельного виробництва.

Для максимізації обсягів будівельно-монтажних робіт використовується виробнича модель, яка опирається на інформаційну базу, аналіз фінансового стану, кадровий потенціал та маркетингову діяльність підприємства. Цю модель застосовують будівельні підприємства, які виконують державні замовлення, де головним показником ефективності є підвищення продуктивності праці [24, с.10]. Основою виробничої моделі є нормалізовані технології та організація будівництва. На сучасному етапі розвитку будівельного виробництва важливо забезпечити ефективне управління проектами та формування організаційної моделі будівництва [25, с.28], оскільки від якості менеджменту та адміністрування залежить успішна реалізація будівельного проєкту.

Впровадження цифрових технологій для реалізації інноваційних програм оновлення моделей організації будівельного комплексу матиме значний вплив на інтереси суб'єктів господарювання, органів виконавчої влади та місцевого самоврядування [26, с.339]. Серед основних груп можна виділити такі:

1. Підприємства, що займаються архітектурною та інжиніринговою діяльністю у сфері будівництва, а також саморегульовані організації, зацікавлені в покращенні якості проєктування та оптимізації операційної діяльності. Це стане можливим завдяки впровадженню нових методів виконання робіт, технологій, відмові від застарілих процесів, які потенційно можуть уповільнювати виробництво, призводять до нераціонального виконання робіт, дублювання робіт [27, с.154].

2. Місцеві органи самоврядування зможуть ефективніше та економніше використовувати надані кошти для реалізації будівельних проєктів, що призведе

до збільшення кількості побудованих і реконструйованих об'єктів. Завдяки цифровим технологіям стане можливою прозора система відстеження даних про будівельні об'єкти на всіх етапах їх життєвого циклу. Це допоможе мінімізувати використання корупційних схем у прийнятті управлінських рішень державними та місцевими органами влади, завдяки інтеграції даних про будівництво з різних інформаційних систем [28].

3. Освітні заклади, установи та підприємства, що надають послуги, незалежно від підпорядкування та форм власності, мають орієнтуватись на впровадження нових освітніх програм або курсів з підготовки BIM-менеджерів, BIM-координаторів, BIM-авторів (розробників моделей) [28; 29, с.250].

4. Громадяни, підприємства, їх асоціації, спілки, громадські, благодійні та релігійні організації, на основі колективної власності, які займаються інвестиційною діяльністю, отримують сприятливі умови на ринку інвестицій. Це створить можливості для більш активного залучення інвестицій та розвитку різних галузей економіки [28].

5. Продавці програмного забезпечення зможуть легально продавати свою ліцензійну продукцію, вийшовши з тіньового ринку, що призведе до зростання прибутків компаній, що стимулюватиме подальший розвиток індустрії програмного забезпечення та інновацій.

6. Державні, комунальні та приватні власники будівельних об'єктів зможуть знизити витрати як під час будівництва, так і в процесі експлуатації завдяки підвищенню енергоефективності та екологічності будівель. Це не лише сприятиме економії коштів, але й матиме позитивний вплив на навколишнє середовище.

1.2. Аналіз онтологічного підґрунтя щодо змісту категорій «будівельний проєкт», «адміністрування проєктами будівництва», «цифрові технології в будівництві»

Проєкт (від лат. *projectus* – кинутий уперед) – «це обмежена в часі, ресурсах та вимогах якості унікальна сукупність процесів, направлена на створення нової

цінності» [30].

Існує багато визначень поняття «проект». Різноманітність тлумачень цього поняття свідчить про нерівнозначність підходів авторів до його визначення, наведемо деякі з них.

У книзі Ерлінга С. Андерсена «Переосмислення управління проектами: Організаційна перспектива» проект описується як тимчасова організація, створена основною організацією для виконання конкретного завдання від її імені. З цієї точки зору, управління проектами зосереджується на взаємодії між постійною та тимчасовою організаціями. Важливим аспектом цього підходу є розуміння того, що головна мета проекту полягає у сприянні розвитку іншої організації. Таке визначення підкреслює тимчасовий характер проекту та його роль у досягненні ширших цілей організації, яка його ініціювала [31].

У підручнику з управління проектами Дж. Родні Тернера (2014) проект описується як тимчасове підприємство, спрямоване на створення унікального продукту, послуги або результату. Проект відрізняється своєю унікальністю та конкретними цілями, що різнять його від повсякденної діяльності організації. Він має обмеження в часі та ресурсах, успіх управління проектом залежить від ефективного досягнення запланованих стратегічних цілей в рамках визначених обмежень [32, с.21]. Подібне трактування наведено в Британському стандарті BS 6079-1:2000 «Проект – це унікальна сукупність скоординованих дій (робіт) з певними початком та закінченням, що здійснюється певною особою або організацією для досягнення певної мети у заздалегідь визначені термін, витрати та параметри виконання» [33, с.130].

Відповідно Великого тлумачного словника української мови поняття проект розглядається як: «сукупність документів (розрахунків, креслень, макетів тощо), необхідних для зведення споруд, виготовлення машин, приладів тощо; задуманий план дій; задум, намір» [34, с.1540].

Аджаман І.А., Смелянець Т.В. визначають проект як комплекс зусиль для отримання певних результатів в межах встановлених часу та бюджету [35, с.41].

Зотов О.В. характеризує проект як унікальне завдання, що треба виконати

впевних лімітах фінансових, кадрових, матеріальних та ін. ресурсів [36].

Москвін С.О., Бевз С.М., Дідик В.Г., Верба В.А. вважають, що: «проєкт є якимось завданням з певними даними і бажаними результатами (цілями), які обумовлюють спосіб його вирішення» [37, с.10].

Федоренко В.Г. характеризує проєкт як «комплекс науково-дослідних, проєктно-конструкторських, та інших заходів, пов'язаних ресурсами, виконавцями та термінами, відповідно оформлених і спрямованих на зміну об'єкта управління, що забезпечує ефективність вирішення основних бізнесових проблем та досягнення відповідних цілей за певний період» [38, с.23].

На думку фахівців австралійського інституту з управління проєктам «проєкт – це унікальна сукупність взаємопов'язаних дій (робіт) з визначеними датами початку та закінчення, необхідними для успішного досягнення загальної мети»[39]. Тлумачення американського інституту з управління проєктами визначає його як «тимчасове підприємство, створене для створення унікального продукту або послуги» [40].

Керцнер Х. дає визначення проєкту як: «будь-якої сукупності активностей та завдань, що спрямовані на досягнення певної мети, зосередженої на створенні бізнес-цінності; які повинні бути виконані відповідно до визначених специфікацій; мають визначені терміни початку та завершення; обмежені у фінансуванні; використовують людські та інші ресурси» [41].

Багюлі Ф. визначає проєкт як: «взаємозалежних заходів, що здійснюються протягом визначеного і обмеженого часу, спрямованих на досягнення унікального, але чітко визначеного результату» [42]. Подібне визначення наведено в посібнику з управління знаннями проєктного менеджменту [43].

На нашу думку, найбільш точно визначено поняття «проєкт» авторами Брінь П.В., Абуд Ахмад Халіль Абуд як «документально оформлений, обмежений у часі комплекс дій, спрямований на досягнення цілей та/або унікального результату шляхом використання обмежених ресурсів; реалізація проєкту завжди пов'язана з високим рівнем невизначеності; управління проєктом здійснюється керуючим проєкту, який формує команду проєкту, яка

припиняє своє існування після завершення проєкту» [44, с.24].

Отже, існує багато різних способів визначення складного поняття «проєкт», і кожне з них може підкреслювати різні аспекти або риси, але жодне з них не є абсолютно вичерпним чи єдино правильним. Водночас аналіз трактування поняття «проєкт» багатьма авторами дає можливість узагальнити основні ознаки цього поняття. Проєкт – це комплекс заходів, узгоджених для досягнення визначеного результату, взаємопов'язаних дій, зусиль, скерованих на створення унікального продукту (товару, послуги чи іншого результату) визначеної якості, планових документів (фінансових, технологічних, організаційних тощо), що містять комплексну системну модель дій, спрямованих на досягнення оригінальної інноваційної мети протягом обмеженого часу за наявності обмежених грошових та інших ресурсів та обов'язкова наявність професійної команди та її керівника, які після завершення проєкту, як правило, припиняють свою діяльність.

Проєкти, які реалізують учасники інвестиційно-будівельних процесів, мають цілу низку назв: інвестиційні проєкти, будівельні проєкти, інвестиційно-будівельні проєкти, проєкти девелопменту або девелоперські проєкти. У зв'язку з постійним розвитком ринку нерухомості існуючий перелік термінів та визначень у сфері будівництва не можна визнати вичерпним. В Україні діюче законодавство та державні будівельні норми в сфері будівельної діяльності, на жаль, не містять визначення ні інвестиційно-будівельного проєкту, ні проєкту девелопменту.

Учасники проєктів інвестиційно-будівельних процесів в науковій літературі ототожнюються з цілою низкою назв: інвестиційно-будівельні проєкти, інвестиційні проєкти, будівельні проєкти, девелоперські проєкти. Стабільний розвиток ринку нерухомості вказує на те, що перелік термінів та визначень у сфері будівництва не можна вважати повним і вичерпним.

Чинне українське законодавство та державні будівельні норми в будівництві не дають тлумачення понять «інвестиційно-будівельний проєкт», «девелоперський проєкт». Проте, багато науковців детально вивчають впровадження практичних рішень у сфері інвестиційно-будівельного

інжинірингу по всіх фазах реалізації проєктів та використання аспектів правового забезпечення будівельно-інвестиційної діяльності, але не надають визначення цих понять і не вказують, чим вони відрізняються один від одного.

Проблема відсутності систематизації нормативного законодавства в будівництві на практиці означає, що немає єдиного трактування його норм учасниками ринку. Тому, співпраця учасників інвестиційно-будівельного процесу немає основи загальноприйнятої та однозначної бази сприйняття одних і тих самих термінів та і загального системного сприйняття усіх процесів.

Щодо сфери будівництва, можна застосувати поняття проєкту як «комплекту документів з усією необхідною інформацією для проведення всіх стадій будівельно-монтажних робіт, від загально-будівельних до введення в експлуатацію»[45].

Кожний архітектурний об'єкт являє собою складну архітектурно-технічну споруду, яка крім архітектурних рішень повинна бути функціональною та виправданою з економічної точки зору, і звичайно безпечною та має відповідати аспектам поняття «будівельного проєкту», наприклад таким як [44]:

1. Архітектурні рішення – будинок має бути зручним, функціональним, комфортним, гарним, привабливим.

2. Архітектурні інтер'єри – внутрішній простір будинку має враховувати сучасні модні тенденції та, звичайно, естетичні смаки власника.

3. Конструктивні рішення – всі вузли та конструкції будинку мають бути стійкими та безпечними.

4. Генеральний план – будинок потрібно розташувати на даній ділянці та облаштувати благоустрій прилеглої території.

5. Всі будинки повинні бути забезпечені: водопостачанням та каналізацією (ВК); опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря (ОВ); електрофікацією (ЕО) та інші додаткові техніко-економічні показники та якісні характеристики, визначені в проєкті.

На законодавчому рівні у спеціальних будівельних документах (нормах) визначається перелік розділів робочого проєкту та основні вимоги щодо виконання будівельних робіт. Над проєктом працює команда з багатьох

спеціалістів та фахівців, яку координує головний архітектор проєкту, а на промислових об'єктах головний інженер.

Впровадження етапів у розробку проєктної документації допомагає уникнути накладок та плутанини в роботі бригад, оскільки кожен етап погоджується та ретельно аналізується. Таким чином, робота над проєктом проводиться поетапно, від загальних питань до деталей [45].

На якість та терміни проведення проєктних робіт об'єкту будівництва впливають як зовнішні так і внутрішні фактори, тому робота над проєктом вимагає детального підходу до врахування всіх нюансів при веденні проєктних робіт.

Перша стадія базується на загальній концепції проєкту, яка є передпроєктною пропозицією отримання первинної дозвільної документації для попереднього архітектурно-композиційного планування рішення будівлі, яку планується збудувати.

Друга стадія – це ескізний проєкт. Він призначений для більш детальнішого розгляду та оцінки «архітектурно-планувальних і конструктивних рішень, питань інженерного обладнання, організації будівництва, кошторисної вартості, основних техніко-економічних показників» [46].

Третя стадія включає всю робочу документацію, яка повністю надає інформацію щодо запланованого будівництва будівлі, наповнена даними для проведення будівельно-монтажних та оздоблювальних робіт, а за бажанням замовника і наповнення внутрішнім обладнанням, меблями, аксесуарами [46].

Замовлення індивідуального проєкту будівництва споруди, як правило має свої особливості в залежності від замовника, тобто не існує стандартних рішень і в кожному окремому випадку архітектор повинен запропонувати такі рішення, які б були прийнятні і затвердженні замовником даного будівельного проєкту.

Структура будівельного проєкту наведено на рис.1.2.

Кожне проєктне рішення повинно відповідати чинному нормативно-правовому законодавству та нормам будівництва. Тому кожний проєкт вимагає детальну розробку всіх стадій будівельного процесу, щоб в кінцевому результаті

вартість та строки проведення будівельних робіт відповідали запланованим в проєктній документації і не було непорозумінь між виконавцем та замовником. Проєкт необхідний для передбачуваного та якісного втілення задумів інвестора або архітектора у споруду в натурі. В рамках виконання будівельно-монтажних робіт виконавець будівельних робіт на будівельному майданчику може переглядати проєктну документацію за умови нестачі певних матеріалів або непередбачуваних обставин. Водночас, це має бути швидше виключення, адже роль будівельника - це реалізовувати креслення, а не проєктувати на місці.



Рис. 1.2. Структура будівельного проєкту [43].

До того ж внесення змін під час будівництва значно збільшує вартість і терміни робіт, що може негативно відбитись на якості. Необхідно враховувати, що повний комплект проєктної документації складає 3-7% від вартості будівництва, тоді як помилки в організації будівельного процесу та перевитрати матеріалів можуть значно збільшити кошторис [47]. У Держаних будівельних

нормах України (ДБН А.2.2-3-2014) дано визначення проєктних робіт, як роботи пов'язані зі створенням проєктної документації на будівництво.

Отже, проєктні роботи – це підготовка документів, які містять «матеріали в текстовій формі у вигляді карт (схем), архітектурні, функціонально-технологічні, конструктивні та інженерно-технічні рішення для забезпечення будівництва, реконструкції об'єктів капітального будівництва, їх частин, капітального ремонту та для здачі об'єктів в експлуатацію» [46].

Роботи з розробки проєктної документації, які позначаються на безпеці споруд капітального будівництва, «повинні виконуватися лише індивідуальними підприємцями або юридичними особами, які мають відповідні свідоцтва про допуск до таких видів робіт» [46]. Це гарантує, що тільки кваліфіковані та уповноважені особи беруть участь у виконанні цих важливих завдань, забезпечуючи таким чином безпеку будівельних об'єктів. Це дозволяє залучити ширше коло виконавців для менш критичних завдань, що сприяє гнучкості та ефективності у підготовці проєктної документації.

Проєктні роботи виконуються в декілька етапів [46]:

1. Передпроєктні пропозиції – це етап, який передує розробці проєктної документації та є важливим, так як дає можливість замовнику оцінити кінцевий результат реалізації проєктних рішень, вартість і терміни виконання робіт, дозволяє не робити помилки на подальших етапах проєктування, зменшити непередбачувані витрати, змодельовати проблеми які можуть виникнути при виконанні проєкту і продумати шляхи їх вирішення.

2. Проєктна документація – це документація, що розробляється архітекторами, інженерами-конструкторами, вихідних даних на проєктування, що формуються на основі побажань інвестора (замовника) та з урахуванням вимог до містобудівної діяльності – будівельних норм, нормативно-правових актів (технічного нагляду, охорони праці), державних стандартів (ДСТУ, ISO) і правил; містить карти місцевості, схеми і визначає архітектурні, функціонально-технологічні, конструктивні та інженерно-технічні рішення для проходження експертизи та отримання дозволу на будівництво в рамках дотримання вимог

законодавства.

3. Робоча документація – призначена для виконання будівельно-монтажних робіт і розробляється в текстовій формі, паспорт опоряджувальних робіт, карти, схеми, робочі креслення, специфікації обладнання, виробів та матеріалів, кошторисна документація, опитувальні аркуші та габаритні креслення на відповідні види обладнань та виробів, ескізні креслення загальних видів нетипових виробів, інформаційні моделі (якщо необхідно), проте, склад робочої документації може доповнюватися і уточнюватися.

Для виготовлення архітектурно-проектного проекту необхідна участь таких фахівців: архітектори, конструктори, інженери та інші.

Архітектурно-будівельним проектом називається проект, який узгоджується в державних структурах для майбутнього будівництва. Це комплект документів, які в графічному і текстовому вигляді відображають архітектурні, конструктивні та інженерні рішення майбутнього будівництва [47].

Архітектурно-будівельний проект складається з таких розділів:

I. Архітектурний розділ (АР) має ескізний і робочий проекти.

- Ескізний проект – це комплект креслень, який містить вирішення основних вимог до будівлі (посадка на ділянку, планування, зовнішній вигляд) у формі ескізу і складається з: схеми генерального плану ділянки; плани поверхів; розріз будівлі з відмітками рівнів; фасади; макетна візуалізація [48].

- Робочий проект – заключна стадія архітектурного проектування. На цій стадії спеціалісти вносять останні корективи, дається додаткова інформація у вигляді схем та креслень про: «маркування поверхів та підвального приміщення, плану фундаментів, плани поверхів, проект покрівлі, план конструкції даху, креслення віконних і дверних отворів, відомість обробки приміщень, рішення оформлення фасаду будинку з вузлами та фрагментами, вузол кладки, схема розкладки перемичок та їхньої специфікації, складні перерізи та вузли сполучення основних конструкцій, проект креслення вентиляційних каналів і димоходів, додаткова інформація щодо вирішення складних архітектурних вузлів, пояснювальна записка». Від грамотно виконаного робочого плану

залежить процес будівництва [48].

II. Конструкторський розділ (КР) «відображає конструктивні рішення для забезпечення необхідної міцності, жорсткості і стійкості будівлі. Складається з таких елементів: інформація щодо несучої конструкції будинку, оптимального навантаження, використання технологій; специфіка фундаменту (план та переріз); план усіх перекриттів та вузлів; креслення плану кровляної системи з урахуванням особливості матеріалів; схематична інформація про розташування сходів, складних вузлів, дані про витратні матеріали; проекти ганків, терас та навісів; додаткова інформація про конструкцію».

III. Інженерний розділ (ІР) включає рішення щодо забезпечення будівлі опаленням, вентиляцією, водопостачанням, водовідведенням, каналізацією, електрозабезпеченням. Складається: схема розведення водопостачання; схема розведення каналізації; схема розведення опалення; схема розведення вентиляції; обв'язування котла (за його наявності); розведення освітлення, розведення силових мереж, система заземлення, схема системи вирівнювання потенціалів.

Для забезпечення якісного виконання будівельних робіт важливо розробити архітектурно-будівельний проєкт. В ньому необхідно врахувати всі побажання замовника, ефективно спланувати простір з точки зору ергономіки та майбутнього планування внутрішнього інтер'єру, а також застосування технічних рішень із забезпечення комфорту та функціональності приміщень. Архітектурно-будівельний проєкт дає можливість до виконання будівельних робіт уявити майбутній кінцевий результат [48].

Архітектурно-будівельний проєкт є обов'язковою умовою для ініціювання отримання «декларації про початок виконання будівельних робіт», а в подальшому - «декларації щодо готовності об'єкта до експлуатації» [49].

Управління проєктами спрямоване на організацію злагодженої взаємодії учасників тієї чи іншої діяльності, та складає зміст будь-якого проєкту [50, с.6]. Реалізація будь-якого проєкту, а особливо у будівельній сфері, багато в чому залежить від уміння адмініструвати чи управляти даним проєктом, з позиції

менеджменту виконавця проєкту.

Адміністрування (від лат. *administrare* - управляти) - «управлінська діяльність посадових осіб, що має чітко регламентовані функції; уміння практично організувати виконавчо-розпорядчу та виробничу діяльність; стиль управління, за якого діяльність фокусується на процедурах і контролі правильного виконання розпоряджень» [51].

До практичних функцій адміністрування відносять[52]:

1. Прогнозування - це процес передбачення майбутніх подій, тенденцій та ситуацій, який використовується для прийняття рішень та планування діяльності організації; воно включає в себе аналіз поточного стану об'єкта (проєкту) вивчення ринкових умов, оцінку конкурентоспроможності, а також врахування зовнішніх і внутрішніх факторів, які можуть вплинути на діяльність організації, реалізацію проєкту. Прогнозування спрямоване на формування стратегії розвитку організації та ґрунтується на економічних, організаційних, технологічних нормативах.

2. Організація – це процес розподілу повноважень, обов'язків і відповідальності між посадовими особами підприємства (виконавцями проєкту), структурними підрозділами, що передбачає формування організаційної структури та структури адміністративної служби; розподіл повноважень[53,с.107].

3. Контроль – порівняння планових та звітних параметрів діяльності організації та структурних підрозділів; оцінка стану реалізації обраної стратегії. дотримання трудової і виконавської дисципліни. Контроль ґрунтується на аналізі та аудиті звітності, діагностиці ефективності діяльності працівників, підрозділів, організації в цілому.

4. Комунікація включає в себе створення інформаційно-документаційної бази організації, забезпечення обміну інформацією та ефективної взаємодії між працівниками та підрозділами задля коригування цілей, розробки планів діяльності, графіків виконання завдань.

5. Координація - це процес забезпечення взаємозв'язку та взаємодії різних

елементів, процесів або людей для досягнення спільної мети або результату. Передбачає узгодження дій, ресурсів і розподіл обов'язків для досягнення ефективності та гармонії в роботі організації або команди задля забезпечення оптимального використання ресурсів, уникнення конфліктів та дублювання робіт.

Управління командами - це процес керування та координації діяльності групи для досягнення спільних цілей. Він включає формування команди, визначення ролей та відповідальності, мотивацію, планування завдань, співпрацю, комунікацію, вирішення конфліктів та вдосконалення робочих процесів. Ефективне управління командами підвищує продуктивність, моральний дух та сприяє досягненню успішних результатів[54].

Управління (адміністрування) проектом—«це процес управління командою і ресурсами проекту за допомогою специфічних методів, завдяки яким проєкт завершується успішно і досягає своєї мети. Завдання управління проєктами - досягти встановлених цілей за показниками обсягів, часу, затрат (бюджету), якості»[55, с.31].

Проектний менеджмент включає визначення обсягу робіт, розробку графіків, управління бюджетом, контроль за якістю, оцінку ризиків, координацію команди та підтримку комунікації між усіма зацікавленими сторонами (рис.1.3).

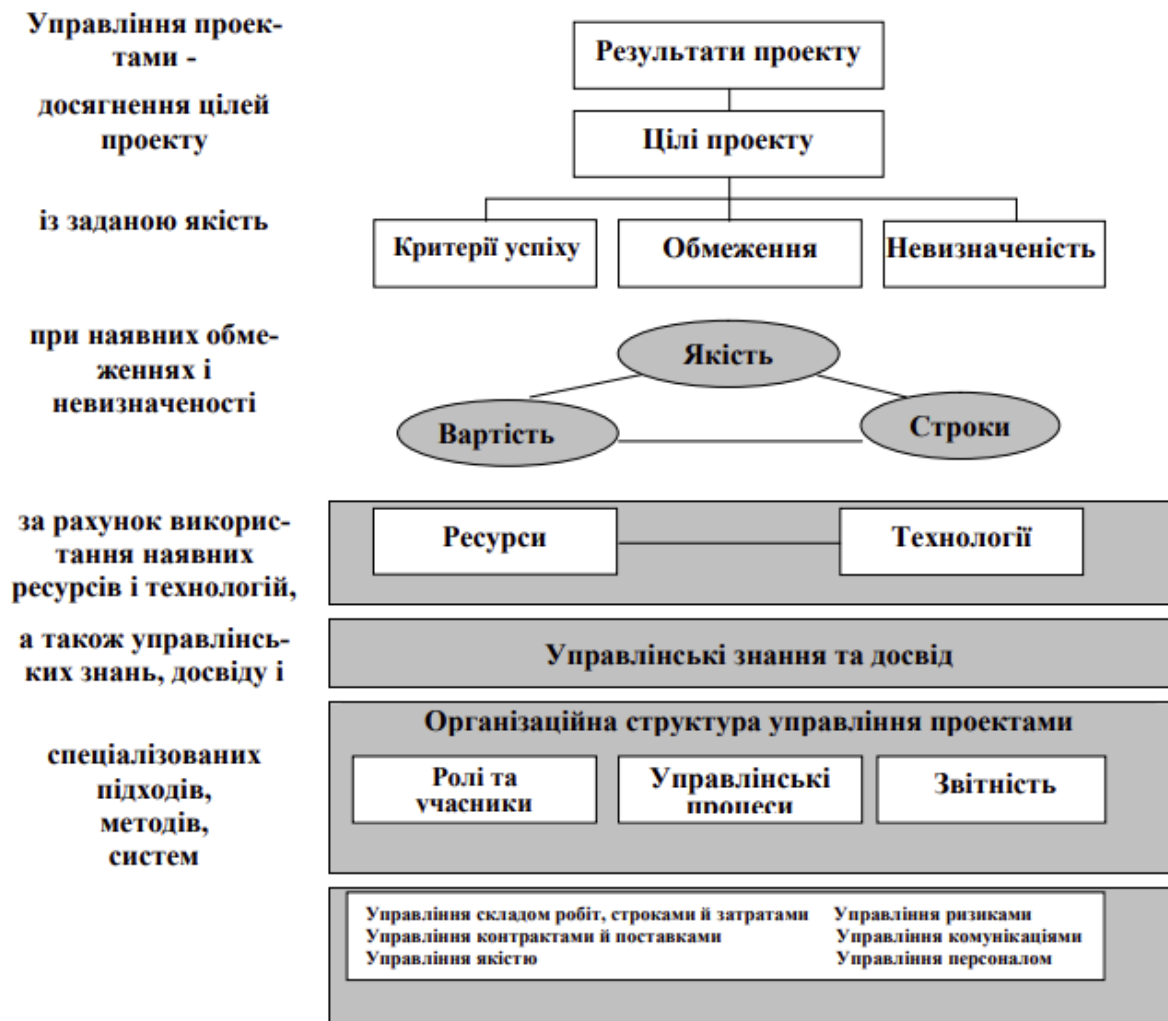


Рис.1.3. Схематичне зображення сутності управління проектами [55, с.24]

Проектний менеджмент спрямований на успішне виконання проектів у встановлені терміни та в межах бюджету, забезпечуючи задоволення вимог замовника та досягнення очікуваних результатів [56]. Основна мета його полягає в ефективному управлінні організацією, спрямованому на досягнення оптимального результату в процесі виконання проекту. Це дозволяє підприємству бути конкурентоспроможним, адаптуватися до зміни внутрішнього та зовнішнього середовища, економно використовувати час та кошти [55, с.21].

Керівник проекту має постійно контролювати так звані «залізні параметри» проекту: час, бюджет і якість робіт[57, с.9].Ці три обмеження, їх ще називають

«проектною тріадою» [55, с.22] є головними параметрами проекту, що підлягають суворому контролю.

Подальше дослідження вимагає також з'ясування сутності та уточнення поняття «Адміністрування проектом». Розглянемо кілька найбільш відомих трактувань:

1. Так, Інститут управління проектами США (Project Management Institute) дає таке визначення: «управління проектами—це мистецтво керування і координації людських і матеріальних ресурсів упродовж життєвого циклу проекту шляхом застосування системи сучасних методів і техніки управління для досягнення визначених у проекті результатів за складом і обсягом робіт, вартістю, якістю і задоволенням потреб учасників проекту»[58].

2. Англійська асоціація проект-менеджерів: «управління проектами- це управлінське завдання із завершення проекту вчасно, у межах встановленого бюджету, відповідно до технічних специфікацій та вимог. Менеджер проекту є відповідальним за досягнення цих результатів»[55, с.22].

3. DIN 69901, Німеччина: «управління проектами «управління проектами - це єдність управлінських завдань, організації, техніки та засобів для реалізації проекту» [55, с.22].

Управління проектом є необхідною складовою для розвитку внутрішнього середовища та цілей проектного комплексу, стратегії досягнення таких цілей, напрямком дій та їх характером, досягаючи успішної мети в кінцевому результаті [59].

Ступінь використання сучасних технологій та інструментів управління проектами залежать від низки факторів, серед яких визначальними є [60, с.42]:

- цілі та завдання проекту;
- характеристики проекту: тип, його складність, масштаб, тривалість та термін окупності;
- наявність фінансових, людських та матеріальних обмежень;
- рівень ризиків та невизначеності;
- кількість та склад стейкхолдерів;

- рівень конкурентної боротьби.

Отже, управління проектами (або проєктний менеджмент) – це наука, яка являє собою систему знань, принципів та методів, закономірностей, щодо оптимізації процесу управління командою і ресурсами на основі успішного досягнення комплексу визначених цілей, що визначають ефективність проєкту, за допомогою специфічних методів та в умовах існуючих обмежень.

Система управління проектами включає в себе серію «послідовних дій: визначення і формування вимог до проєкту; формування максимально чітких і зрозумілих цілей; встановлення і реалізація комунікації між задіяними в проєкті сторонами; врегулювання проєктних обмежень: зокрема бюджету, ресурсів, ризиків, дедлайнів, якості; спілкування з командою, врахування їх потреб, побажань, очікувань і корекція існуючих планів відповідно до отриманих матеріалів» [61, с.53]. Такі дії являють собою окремі етапи проєкту: «ініціація проєкту; планування, виконання та контроль, завершення» [61, с.54].

Ключовим питанням при управлінні проектами є синергетичний ефект від чіткого розуміння місії та мети, розвитку внутрішнього середовища, цілей проєктного комплексу, стратегії досягнення таких цілей, напрямком дій та їх характером (рис.1.4). Наведений на рис. 1.4 взаємозв'язок ключових елементів проєктного комплексу наочно демонструє як від чіткого визначення першої точки проєкту – його місії, залежить стратегія, напрямок дій та результат реалізації такого проєкту, що формується в процесі визначених завдань та безпосередніх виробничих дій [62, с.98].

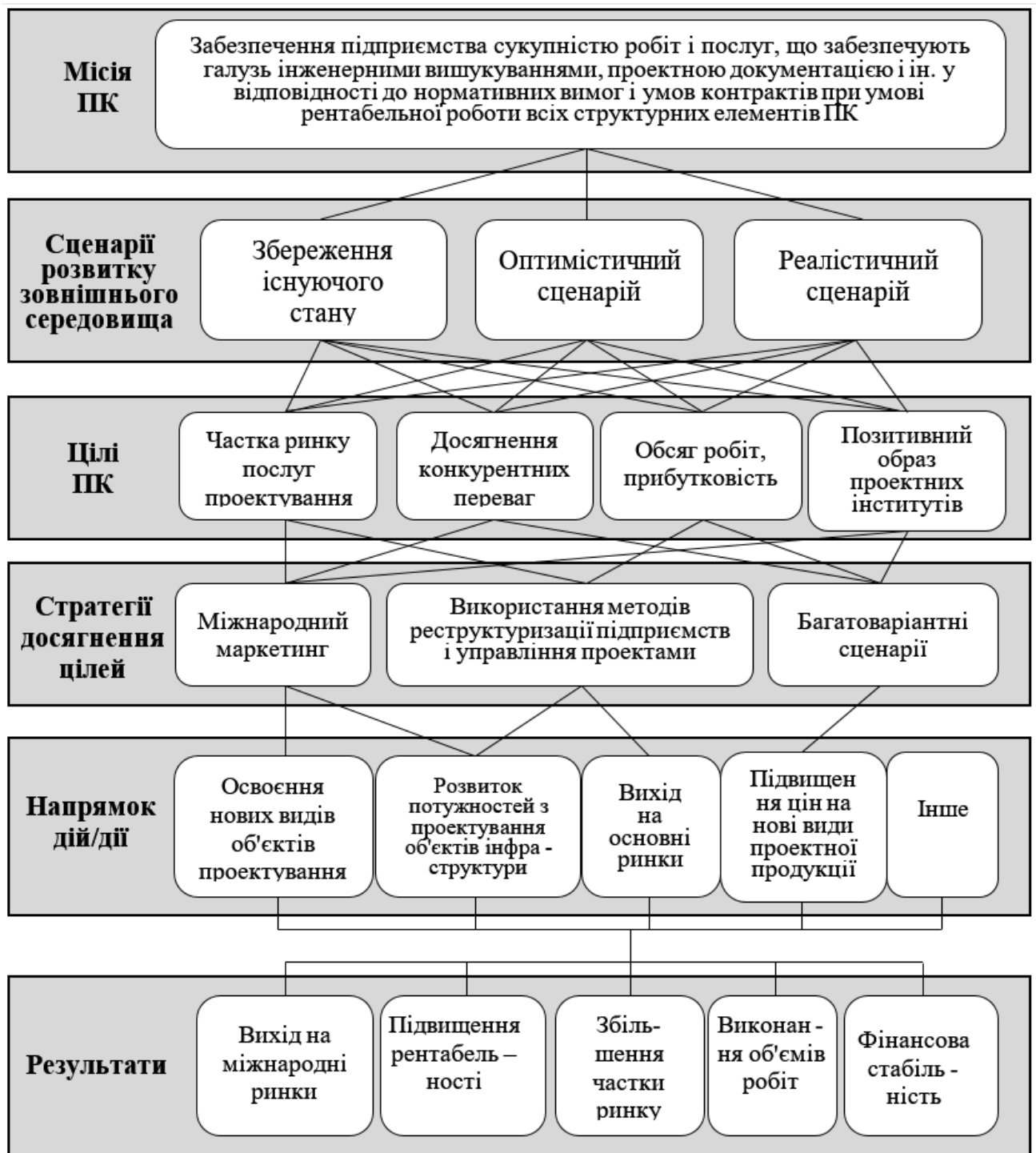


Рис.1.4. Взаємоузгодженість компонентів проектного комплексу[62, с.98]

Отже, розглянута модель взаємозв'язку ключових параметрів будь-якого будівельного проекту підкреслює необхідність формування чіткого адміністративного апарату, що ґрунтується на різнорівневій системі прийняття управлінських проектних рішень на кожній стадії проекту (ініціація, планування, виконання, завершення) (рис. 1.5)[55, с.24].



Рис.1.5. Система адміністрування (управління) проектами на різних рівнях [55, с.24]

У системі проектного менеджменту можуть бути виділені наступні органи: «рада директорів проекту (Project Board); команда управління проектом (Project Management Team); проектний офіс (Project Office); офіс управління проектами (Project Management Office); технічні спеціалісти (Technical Team); органи аудиту проекту (Project Audit team, Project Assurance Team)» [57, с. 35].

Передумовою успішного виконання проекту є чітке встановлення параметрів проекту, які підлягають контролю. Слід дотримуватися принципу «нічого зайвого», тобто в процесі розробки та виконання проекту слід уникати включення непотрібних або зайвих елементів, які не приносять безпосередньої користі або не сприяють досягненню мети проекту та концентруватись на тих аспектах проекту, які дійсно є критичними для його успішного завершення. При дотриманні такого принципу команді проекту важливо постійно переглядати та аналізувати всі його елементи з метою видалення надмірних або непродуктивних складових, що можуть сповільнювати або заважати його виконанню. Тобто всі ресурси (час, гроші, зусилля) мають бути спрямовані на те, щоб максимально ефективно досягти цілей проекту. Такий підхід допомагає зосередити увагу на

основних завданнях та збільшити ймовірність успішного завершення проєкту [59].

До критичних параметрів проєкту відносяться [59, 61]:

- види та проєктні обсяги робіт (земляні роботи, монтаж фундаментів, зведення споруд, укладання комунікацій, внутрішнє оздоблення і т.ін.);

- економічні показники проєкту: кошторисна собівартість окремих видів робіт та проєкту в цілому, операційні, комерційні, інвестиційні витрати та доходи; внутрішня норма рентабельності (IRR), рентабельність інвестицій (ROI), чиста приведена вартість (NPV), період окупності проєкту (PP), підвищення вартості акцій (EVA);

- часові параметри проєкту, до яких відносять зокрема, тривалість виконання робіт, фаз проєкту, його етапів, резерви часу, які зафіксовані у графіках виконання робіт;

- обсяги та вартість ресурсів, які необхідні для здійснення проєкту: трудові; фінансові; матеріально-технічні (будівельні матеріали, машини та обладнання, інструменти, комплектуючі вироби та деталі); ресурсні ліміти;

- якісні параметри виконання робіт, дотримання технічних стандартів, відповідність до специфікацій та задоволення вимог замовника;

- екологічна та енергетична ефективність вимог, збереження природних ресурсів та збалансоване використання природних джерел.

Правильне визначення цих параметрів забезпечує чітке розуміння цілей проєкту та шляхів, ресурсів та методів їх досягнення. Якщо параметри чітко визначені і деталізовані, свобода дій проєктної команди має бути в межах цих параметрів, оскільки будь-яке відхилення може призвести до порушення загального плану проєкту. Роль менеджера проєкту включає контроль за виконанням визначених параметрів та забезпечення відповідності загальним цілям проєкту. І він не має права самостійно змінювати ці параметри, навіть якщо це здається доцільним. Це обмеження зумовлене необхідністю підтримання цілісності та узгодженості проєкту. Будь-які зміни в ключових параметрах повинні бути схвалені на відповідному рівні, що запобігає

необґрунтованим коригуванням і забезпечує стабільність управління проектом. Компетентність у прийнятті рішень щодо зміни ключових параметрів проекту належить виключно замовнику проекту, який має повне право переглядати і коригувати ці параметри, враховуючи загальні цілі та вимоги проекту. Така практика забезпечує належний контроль за проектом і гарантує, що будь-які зміни будуть відповідати стратегічним інтересам і потребам замовника. Водночас проектна група має високу ступінь самостійності у прийнятті рішень щодо інших аспектів проекту, і це дозволяє команді ефективно адаптуватися до змінних умов, швидко реагувати на виклики та оптимізувати процеси для досягнення найкращих результатів. Висока самостійність сприяє творчому підходу до вирішення проблем і підвищує загальну ефективність роботи команди.

Таким чином, управління проектами вимагає чіткого визначення керованих параметрів, забезпечуючи баланс між необхідністю точного виконання завдань та гнучкістю у прийнятті рішень. Незмінність ключових параметрів гарантує стабільність і цілісність проекту, тоді як інші аспекти можуть коригуватися проектною групою з високим рівнем самостійності, що забезпечує ефективне управління проектами та досягнення поставлених цілей.

Проект і його реалізація, здійснення - складна система, у якій сам проект постає як керована підсистема, а управління проектом - управляюча [56]. Будівельні проекти за своєю природою є складними, динамічними та вимагають високого рівня координації між різними спеціалістами і процесами. Проектний менеджмент пропонує більше переваг для будівельних організацій порівняно з функціональним менеджментом. Гнучкість, адаптивність, орієнтація на результат, ефективна комунікація та оптимальний розподіл ресурсів роблять його більш підходящим для управління складними та динамічними будівельними проектами. Це забезпечує кращу координацію, підвищує ефективність і сприяє досягненню успішних результатів у будівельних проектах.

У цьому контексті важливо розглянути відмінності між традиційним (бюрократичним) і проектним менеджментом, щоб краще зрозуміти, як різні

підходи можуть впливати на ефективність управління будівельними проєктами (табл.1.2).

Таблиця 1.2

Порівняльна характеристика традиційного (бюрократичного) і проєктного менеджменту

Критерій	Проєктний менеджмент	Функціональний (бюрократичний) менеджмент
Мета	Досягнення чітко визначених цілей проєкту протягом обмеженого періоду часу.	Забезпечення безперервної роботи та розвитку функціональної сфери діяльності організації.
Фокус	На проєкті, як на унікальному та неповторному комплексі завдань.	На поточних операціях та процесах, що повторюються.
Часовий горизонт	Обмежений (від кількох місяців до кількох років).	Необмежений (протягом існування організації).
Структура	Матрична, де співробітники тимчасово залучаються до роботи над проєктом з різних функціональних підрозділів.	Ієрархічна, де співробітники мають чітко визначені посади та функціональні обов'язки.
Управління	Орієнтоване на досягнення конкретних цілей проєкту, гнучке та адаптивне.	Орієнтоване на дотримання правил та процедур, чітко регламентоване та стандартизоване.
Команда	Формується з урахуванням необхідних для проєкту знань та навичок, може бути міждисциплінарною.	Складається з співробітників, які мають відповідну функціональну кваліфікацію.
Результат	Продукт, послуга або інший результат, що відповідає цілям проєкту.	Безперервне функціонування та розвиток функціональної сфери діяльності.
Процеси	Розробка нового продукту, будівництво будівлі, проведення маркетингової кампанії.	Управління виробництвом, бухгалтерський облік, кадрові служби.

Джерело: складено автором на основі [55; 59]

Проєктний менеджмент передбачає декілька схем участі в управлінні проєктом, кожна з яких відрізняється рівнем деталізації, ступенем залученості та обсягом контрольних функцій менеджерів. Серед них виділяють [55, с.27]:

1. Основну схему, яка передбачає стандартний набір процесів та процедур для управління проєктом. Вона включає всі ключові аспекти проєктного менеджменту: ініціювання, планування, організація, виконання, моніторинг і контроль, завершення проєкту. Основна схема підходить для більшості проєктів середньої складності, де необхідно забезпечити баланс між деталізацією управлінських функцій та ефективністю виконання. У цій схемі менеджер

проекту діє як представник замовника, не маючи фінансової відповідальності за прийняті рішення, але відповідаючи за координацію та управління проектом. Контракт укладається лише між агентом і замовником. Головна перевага такої схеми – об'єктивність управління, тоді як основний недолік – це перенесення всіх ризиків на замовника.

2. Схема розширеного управління передбачає більш детальний підхід до планування та контролю проекту. Вона включає додаткові процеси та методики для забезпечення вищого рівня контролю та управління ризиками. Ця схема підходить для складних і масштабних проектів, де важливий ретельний моніторинг кожного етапу та використання більшого обсягу ресурсів для забезпечення успішного виконання проекту. У цій схемі менеджер проекту несе відповідальність за проект в межах затвердженого бюджету, забезпечуючи управління та координацію всіх етапів проекту згідно з угодою. Менеджером може бути організація, яка не бере безпосередньої участі у проекті, наприклад, підрядна, консалтингова або інжинірингова фірма. У цій схемі всі ризики лягають на підрядника.

3. Схема спрощеного управління (інша назва- «під ключ»). Така схема найчастіше знаходить своє застосування в будівельних проектах. В ролі керівника проекту виступає генпідрядник, або девелопер, проектно-будівельна фірма [55, с.29]. Відповідальність менеджера обмежується визначеною вартістю проекту, і він зобов'язаний забезпечити здачу об'єкта «під ключ» відповідно до контракту. Менеджер здійснює діяльність для забезпечення відповідно до контракту здачі об'єкта, проектування «під ключ», а також контроль процесів та процедур для оцінки стану реалізації проекту. Менеджер фокусується на основних параметрах та функціях проекту, таких як планування, виконання та координація, тощо, з мінімальним обсягом контрольних функцій. Ця схема підходить для невеликих або менш складних проектів, де важлива швидкість і гнучкість у виконанні, а також зменшення адміністративних витрат.

4. Схема адміністрування зосереджується на управлінні адміністративними аспектами проекту. Це включає документування, координацію комунікацій,

управління ресурсами та звітність. Адміністрування може бути частиною основної, розширеної або спрощеної схеми, але також може виступати як окремий елемент для забезпечення належної підтримки проєкту. Основна мета адміністрування полягає в тому, що адміністратор проєкту бере на себе обов'язки оперативного управління, звільняючи час керівника проєкту, при цьому керівник залишається відповідальним за його успішне виконання.

У сфері будівництва поняття адміністрування проєктами набуває надважливого значення, оскільки роль будівництва визначається його участю в удосконаленні економічного розвитку країни, реалізації програм містобудування, створення підґрунтя для підвищення матеріального та культурного життя населення.

Кожна з цих схем може бути адаптована відповідно до специфіки проєкту, вимог замовника та ресурсів, доступних для його виконання. Вибір конкретної схеми залежить від масштабів проєкту, його складності та критичності досягнення поставлених цілей у встановлені терміни[56].

Успішна діяльність будівельної галузі залежить від багатьох факторів, зокрема, поняття адміністрування проєктами набуває надважливого значення, оскільки роль будівництва визначається його участю у відтворенні окремих ланок економіки. У цьому контексті цифровізація в будівництві стає ключовим елементом, що сприяє підвищенню ефективності управління проєктами. Використання сучасних цифрових технологій дозволяє оптимізувати процеси планування, контролю та виконання будівельних робіт, забезпечуючи більш точне прогнозування витрат, ресурсів та термінів. Враховуючи наявну світову тенденцію розвитку передових цифрових технологій очевидним є синергія сфер цифровізації та будівельного адміністрування. Вивчаючи процес «цифровізації» (походить від англ. digitization або digitalization) економіки і суспільства, важливо визначити термінологію. У найширшому сенсі, «цифровізація» розуміється як соціально-економічна трансформація, спричинена масовим впровадженням і освоєнням цифрових технологій. Пропонується віднести «цифровізацію» до основних інструментів цифрової економіки, підкреслюючи,

що цифровізація економіки і суспільства є одним із найважливіших викликів сучасності, який кардинально змінює традиційні бізнес-процеси і розкриває цілий спектр перспектив для оновлення та трансформації бізнесу [63, с.121].

Сучасні цифрові технології стають необхідною складовою бізнесу, а їх широке поширення відчутне у всіх аспектах життя, оскільки вони спрощують процеси, підвищують ефективність та дозволяють швидше реагувати на зміни в навколишньому середовищі. Крім того, цифрові технології сприяють інноваціям, створюють нові можливості для розвитку бізнесу та підвищують конкурентоспроможність на ринку. Також важливо відзначити, що цифрові технології допомагають зменшувати витрати та ризики, сприяють збільшенню доступності послуг та покращують якість життя людей. У сучасному розвитку людської цивілізації цифровізація стала однією з ключових тенденцій, що сприяє створенню більш інклюзивного суспільства та вдосконаленню механізмів управління. Відбувається трансформація структури та масштабів організацій, покращується доступ до охорони здоров'я, освіти та фінансових послуг, збільшується якість та обсяг державних послуг, розширюються можливості для співпраці між людьми, а також з'являється можливість купувати різноманітні товари за нижчими цінами. Найбільшу вигоду від цифровізації отримують ті компанії, які здатні трансформувати свій бізнес, сформувати та підтримувати цифрові платформи [64, с.247]

Сучасні цифрові технології відіграють все більш значущу роль у керуванні підприємством та знаходять застосування у сферах, таких як «цифровий персонал», «цифрова робота» і «цифрове управління»), створюючи великі перспективи для досягнення сталого економічного розвитку [65, с.9]. В теперішній час цифрова трансформація будівельних фірм переважно відбувається завдяки передовим технологіям, таким як BIM (інформаційне моделювання будівель), Big Data (великі дані) і штучний інтелект (AI) [66, с.249]. Ці технології спрямовані на обробку інформаційних потоків, що допомагає зменшувати невизначеність у виконанні інвестиційних проєктів, підвищує їх безпеку, моделювання і прогнозування можливих впливів різних

чинників на всіх етапах будівництва, підвищення якості виконання робіт, контролю і вартісного інжинірингу[67, с.158-159].

Однак варто зазначити, що цифровий проєкт у сфері капітального будівництва не обмежується лише використанням сучасних технологій. У таких проєктах застосовуються зовсім інші підходи до проєктування, будівництва, експлуатації та виведення об'єктів з експлуатації. Цифрова трансформація дозволяє підвищити безпеку, ефективність роботи та знизити витрати (приблизно до 10% на будівництво та до 20% на експлуатацію)[68, с.44]. Основні труднощі при реалізації цифрових переваг пов'язані з фінансуванням цифрових інструментів, програмних продуктів та мереж, організацією людських ресурсів, забезпеченням співпраці між зацікавленими сторонами, швидким ухваленням рішень та впровадженням необхідних змін. Для подолання цих труднощів необхідно використовувати підхід на основі аналізу даних, впроваджувати гнучкі процеси розвитку інновацій та формувати культуру цифрового мислення як на рівні проєктної команди, так і організації загалом.

Отже, на основі проведеного дослідження онтологічного підґрунтя категорій цифровізації та будівництва, запропоновано визначити «цифровізацію технологій будівництва» як складову системи адміністрування циклом та середовищем девелоперського будівельного проєкту та як інтеграцію цифрових технологій у всі сфери бізнес-процесів та життєдіяльності проєкту як тимчасового підприємства, що дозволяє на кожному з етапів та «віх» життєвого циклу проєкту успішно координувати ресурсно-іміджевий потенціал проєкту[69, с.22], зусилля його управлінського персоналу, інформаційно-комунікативний простір - для належного виконання загальних (планування, організації, мотивації, контролю) та спеціальних функцій менеджменту проєкту та досягнення раціонального узгодження між інтересами всіх стейкхолдерів проєкту.

1.3. Нагальність впровадження європейського досвіду цифрового адміністрування та цифрових трансформацій управління проєктами в практику вітчизняного будівництва.

Наприкінці ХХ - початку ХХІ століття інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) активізували свій стрімкий розвиток та поширення на міжнародній арені, що суттєво вплинуло на всі сфери життя. ІКТ включають сукупність технологій, що забезпечують фіксацію, обробку, передачу, розповсюдження та розкриття інформації, а також методи та засоби отримання, перетворення, зберігання та використання інформації. Інформаційні технології мають величезне стратегічне значення у політичній, оборонній, економічній, соціальній та культурній сферах. ІКТ охоплюють не лише високотехнологічні процеси та біотехніку, але й лінгвістику, економіку, освіту, впливаючи на всі аспекти нашого життя.

Розвинуті країни сучасного світу вважають впровадження ІКТ одним із пріоритетних загальнонаціональних і стратегічних завдань. Цифрові технології та пов'язана з ними активність громадян та людей формують сферу діяльності, відому як цифрове суспільство. Ця сфера впливає на економічний та інноваційний розвиток країни, сприяє соціальному прогресу, поліпшує ефективність управління та підтримує демократичні процеси. Використання інформаційних технологій дозволяє розширювати комунікаційні можливості, змінювати структуру та роль учасників, засади просторової взаємодії через мережеві засоби спілкування, а також сприяє децентралізації у прийнятті управлінських рішень як у державному, так і у приватному секторах [70, с.209].

Прагнення урядів всіх країн активізувати потенціалі цифрових змін виявляється у спонуканні суб'єктів господарювання до системної цифрової трансформації, поширення політики цифровізації задля формування цифрової економіки. Це передбачає поліпшення відповідних секторів національного законодавства, розробку та впровадження масштабних державних стратегій, проєктів і програм, спрямованих на переведення сфери публічного управління на цифрові технології [71, с.104].

Натепер можна констатувати, що цифрові технології стали невід'ємною частиною сучасного життя, впливаючи на всі аспекти суспільства. Вони включають в себе інтернет, мобільні пристрої, хмарні обчислення, великі дані, штучний інтелект та інші технології, які кардинально змінюють спосіб, яким люди спілкуються, працюють, навчаються і проводять дозвілля. Цифрові технології полегшують доступ до інформації та ресурсів, сприяють глобалізації та інтеграції, створюють нові можливості для бізнесу і підприємництва. Стимулювання розвитку відкритого інформаційного суспільства сприяє прозорості, підзвітності та участі громадян у демократичних процесах. Інтернет та соціальні медіа дозволяють громадянам легше спілкуватися з владою, висловлювати свою думку та впливати на прийняття рішень. Це також сприяє розвитку електронного урядування, яке підвищує ефективність державних послуг і зменшує корупцію[72]. Автоматизація процесів, використання великих даних для прийняття рішень, розвиток електронної комерції та фінансових технологій знижують витрати і підвищують ефективність бізнесу. Доступ до глобальних ринків через інтернет дозволяє підприємствам розширювати свою діяльність і збільшувати прибутки. Інновації у виробництві та логістиці, такі як Інтернет речей (IoT) та блокчейн, також сприяють підвищенню продуктивності. Впровадження цифрових технологій у державному секторі (e-government) підвищує ефективність і прозорість державних послуг, знижує бюрократію та корупцію. Цифровізація державного управління включає створення онлайн-платформ для надання послуг громадянам, використання великих даних для прийняття рішень, автоматизацію адміністративних процесів та впровадження електронного документообігу. Це дозволяє державі краще відповідати на потреби громадян і підвищувати рівень їх задоволеності. Використання цифрових технологій також несе потенційні ризики, зокрема пов'язані з кібербезпекою та конфіденційністю даних. Захист конфіденційної інформації є важливим завданням, що вимагає впровадження сучасних технологій захисту даних, навчання користувачів основам кібербезпеки та створення відповідних законодавчих норм.

Про використання цифрових технологій свідчать програми розвитку багатьох країн. Так, метою програми розвитку Європейський зелений курс (European Green Deal) Європейського Союзу є зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року[73]. Відповідно завдання зосереджені на таких основних напрямках, як розвиток відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, перехід на екологічно чистий транспорт, стимулювання циркулярної економіки та захист біорізноманіття, причому цифрові технології використовуються для енергоефективного управління ресурсами за допомогою Інтернету речей (IoT) та підтримки сталого виробництва і споживання через цифрові платформи.

Стратегія цифрової трансформації США спрямована на підвищення ефективності державних послуг і забезпечення глобального лідерства у цифрових технологіях, включає такі основні напрями, як розвиток високошвидкісного інтернету, підтримку інновацій у сфері цифрових технологій та підвищення кібербезпеки, причому цифрові технології використовуються для хмарних обчислень, розвитку 5G технологій та підтримки стартапів у сфері високих технологій[74].

Метою Національної стратегії штучного інтелекту КНР є прагнення Китаю стати світовим лідером у цій галузі до 2030 року. Стратегія зосереджується на таких основних напрямках, як інвестиції в дослідження та розробки, розвиток інфраструктури для штучного інтелекту та освіта і навчання фахівців, причому цифрові технології використовуються для впровадження штучного інтелекту у виробництво, охорону здоров'я, транспорт і міське управління[75, с.5].

Програма Цифрова Індія (Digital India) має трансформувати Індію у цифрово спроможне суспільство та економіку знань, спрямована на розвиток інфраструктури цифрової роздрібної торгівлі, хмарних послуг та універсального доступу до мобільного інтернету, цифрове урядування, цифрових фінансових послуг та цифрових сервісів громадянам[76].

Ці програми демонструють, як країни інтегрують цифрові технології у свої національні стратегії розвитку, щоб підвищити ефективність економіки,

покращити якість життя громадян і забезпечити стійке майбутнє, виконання якої ґрунтується на принципі «цифровий за замовчуванням». Розглянемо також інституційні особливості цифрової трансформації економічно розвинених держав.

1. У Сполучених Штатах Америки відповідальним органом влади за формування політики у сфері цифровізації є Державна цифрова служба (United States Digital Service, USDS). Її заснував президент США у 2014 р. як стартап у Білому домі, щоб об'єднати найкращі технології та методи цифрового врядування для покращення державних послуг. На сьогодні USDS працює над удосконаленням ключових державних послуг, таких як медичне обслуговування, соціальне забезпечення та освіта, роблячи їх більш ефективними та доступними для громадян. USDS аналізує та впроваджує нові підходи до тендерів та контракування, щоб зробити процес закупівель більш прозорим та ефективним. Державна цифрова служба сприяє розробці та впровадженню єдиних платформ і інструментів, які можуть використовуватися різними державними установами. Фахівці USDS приймали участь у модернізації системи Medicare та покращенні доступу до соціальних послуг через цифрові платформи, у розробці єдиної системи автентифікації для громадян або централізовані системи управління даними [74].

2. У Англії за формування політики у сфері цифровізації відповідальна Державна цифрова служба Секретаріату Кабінету Міністрів (створена у 2011 р.). Основними напрямки її діяльності – це визначення напрямків розвитку цифрових технологій, а також переведення державних послуг в електронний формат. Це в першу чергу онлайн-сервіси для сплати податків, отримання соціальних виплат, подання заяв на отримання документів та ліцензій. Серед успішних проєктів можна назвати цифрові інструменти [77]:

- Gov.UK: Єдина урядова платформа, яка об'єднує всі державні послуги в один зручний для користування портал;

- Universal Credit – це онлайн-система соціальної допомоги, яка спрощує процес подання заявок та отримання виплат;

- Digital Marketplace – це платформа для державних закупівель, яка спрощує процес тендерів та контрахтування, підвищуючи прозорість та ефективність.

3. Єдиний цифровий ринок (ЄЦР) Європейського Союзу став потужним катализатором, що веде до спрощення та усунення бар'єрів у сфері цифрової торгівлі та послуг. Європейська Комісія в цьому процесі виступає головним архітектором цифрової стратегії ЄС, визначаючи базові програми та пріоритети, такі як Європейська стратегія цифрового одинарного ринку. Тісна співпраця між державами-членами ЄС, їх урядами та приватним сектором відіграє вирішальну роль у втіленні цифрових стратегій та ініціатив на практиці. Це гарантує, що потреби та особливості різних учасників ринку будуть враховані. ЄС надає значну фінансову допомогу та інвестиції через такі програми, як Horizon 2020 та Connecting Europe Facility. Ці ресурси спрямовуються на пріоритетні напрямки розвитку, стимулюючи створення сучасної цифрової інфраструктури. Існування спільних правил та норм, таких як Генеральний регламент про захист персональних даних (GDPR), гарантує захист та обробку цифрової інформації. Усунення бар'єрів та гармонізація правил полегшують ведення бізнесу для компаній, що діють в ЄС, стимулюючи трансграничну цифрову торгівлю. Запровадження спільних стандартів захисту даних та прав споживачів гарантує високий рівень довіри та безпеки для громадян ЄС в цифровому середовищі. Створення сприятливого середовища для інновацій та досліджень стимулює розробку нових цифрових технологій та продуктів, що робить ЄС лідером у світовій цифровій економіці. В цілому інституційні механізми ЄЦР ЄС відіграють фундаментальну роль у формуванні динамічного та процвітаючого цифрового ринку завдяки чітко визначеним стратегіям, скоординованим діям та спільним інвестиціям ЄС створює сприятливе середовище для цифрових інновацій, росту та добробуту громадян [78, с.110].

4. Відмінністю Цифрового уряду Канади від інших подібних органів у світі є те, що він не виділений в окреме міністерство, але має чітко визначений мандат від Прем'єр-міністра на співпрацю з іншими департаментами, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до цифровізації уряду. Такий підхід дозволяє

ефективно інтегрувати цифрові технології у всі аспекти державного управління, що сприяє покращенню якості державних послуг і підвищенню задоволеності громадян. Майбутні напрямки розвитку Цифрового уряду Канади включають підвищення рівня безпеки цифрових систем для захисту даних громадян, забезпечення доступності цифрових послуг для всіх верств населення, включаючи людей з обмеженими можливостями. Прикладами успішних проєктів Канади є створення онлайн-порталів для запису на прийом до лікаря, подання податкових декларацій та отримання соціальної допомоги, що значно спрощує доступ громадян до державних послуг. Перехід на безпаперовий документообіг, який дозволяє зменшити витрати та підвищити швидкість обробки документів, також є важливим досягненням Цифрового уряду Канади [79].

5. У Японії Міністерство внутрішніх справ та зв'язку відповідає за контроль та регулювання цифрової сфери. У 2017 році воно розробило базову стратегію «Всеосяжна стратегія IoT» з метою забезпечення точних рішень для вирішення соціальних викликів, аналізуючи великі дані, зібрані пристроями IoT, за допомогою штучного інтелекту [80, с.97-98].

6. У Південній Кореї Міністерство науки та ІКТ відповідає за галузеву політику. З початку 1980-х років країна впроваджує політику, спрямовану на розвиток ІКТ як стратегічного інструменту національного прогресу, через програми з обмеженими термінами і цілями. Ці програми передбачають координацію між урядом, бізнесом та науково-дослідницькими групами. Наприкінці 2017 р. уряд спільно з іншими відомствами оприлюднив «План реагування на IV промислову революцію», який визначає шляхи подолання соціальних проблем, пов'язаних з цифровізацією [81, с.265].

7. В Китаї є декілька спеціалізованих органів влади, які опікуються питаннями цифровізації та впровадження цифрових технологій. Основними з них є: Міністерство промисловості та інформаційних технологій Китаю (МІІТ), Державна адміністрація кіберпростору Китаю (САС), Центральна комісія з кібербезпеки та інформатизації, Національний комітет з розвитку і реформ (NDRC). Міністерство промисловості та інформаційних технологій (МІІТ) є

центральним органом виконавчої влади, відповідальним за розвиток і впровадження політики у сфері промисловості та інформаційних технологій. Воно відповідає за розвиток цифрової економіки, стимулювання інновацій у сфері інформаційних технологій та впровадження стратегій, таких як «Made in China 2025» [75, с.6].

Державна адміністрація кіберпростору Китаю є основним регуляторним органом у сфері кіберпростору. Вона займається питаннями регулювання інтернету, кібербезпеки, захисту даних і забезпечення інформаційної безпеки. САС розробляє нормативно-правову базу для регулювання цифрових технологій та інтернет-сервісів у Китаї.

Центральна комісія з кібербезпеки та інформатизації, яка працює під керівництвом ЦК КПК, є ключовим органом, що формулює і реалізує політику в галузі кібербезпеки та інформатизації. Вона забезпечує координацію між різними державними органами і приватним сектором для впровадження комплексних заходів з кібербезпеки та цифровізації. Національний комітет з розвитку і реформ відіграє важливу роль у плануванні та координації цифрових трансформаційних проєктів. Він розробляє та впроваджує стратегічні плани і політики, спрямовані на розвиток цифрової економіки, а також відповідає за розподіл фінансових ресурсів для реалізації цих планів.

Як видно, Інституційна структура цифрової трансформації Китаю включає кілька ключових органів, які займаються різними аспектами цифровізації, від промислових інновацій до кібербезпеки та інформатизації. Ця структура забезпечує комплексний і скоординований підхід до впровадження цифрових технологій, що сприяє швидкому розвитку цифрової економіки та зміцненню позицій Китаю як глобального лідера у сфері цифрових інновацій [81, с.267].

8. В Бразилії також існує кілька ключових органів, відповідальних за цифровізацію країни. Міністерство науки, технологій та інновацій Бразилії відповідає за формування та реалізацію національної політики в сфері науки, технологій та інновацій, включаючи цифрову трансформацію. Бразильська агенція з розвитку промисловості (ABDI) займається просуванням інновацій та

технологічного розвитку в бразильській промисловості, підтримує цифровізацію промислових процесів та впровадження інноваційних технологій. Стратегічний комітет з цифрової трансформації під егідою Міністерства науки, технологій та інновацій, займається розробкою та моніторингом стратегічних ініціатив з цифрової трансформації в різних секторах економіки та суспільства. Національна агенція з телекомунікацій (ANATEL) регулює та контролює телекомунікаційний сектор Бразилії, забезпечуючи розвиток інфраструктури широкопasmового інтернету та впровадження нових телекомунікаційних технологій, таких як 5G.

Модель цифровізації Бразилії характеризується інклюзивним підходом, що забезпечує доступ до цифрових технологій для широких верств населення, розвитком цифрової інфраструктури та високошвидкісного інтернету, активним впровадженням електронного урядування, підтримкою технологічних стартапів та інновацій, заходами з кібербезпеки та акцентом на сталий розвиток. Цей комплексний підхід сприяє створенню сучасної та ефективної цифрової економіки, яка здатна забезпечити економічне зростання та підвищення якості життя громадян [82, с.51].

Підсумовуючи огляд моделей цифрової трансформації країн світу, можна умовно виділити їх особливості та ключові характеристики (табл.1.3).

Таблиця 1.3

Класифікація моделей цифрової трансформації країн світу

Країна	Модель цифрової трансформації	Ключові характеристики моделі	Відповідальні органи
Країни Європейського Союзу	Інтеграційно-стійка модель	Інтеграція цифрових технологій, сталий розвиток, соціальна справедливість	Європейська комісія
США	Інноваційно-лідерська модель	Розвиток інновацій, високошвидкісний інтернет, підтримка стартапів, кібербезпека	Цифрова служба США, Федеральні агенції
Канада	Співпраця між департаментами	Цифровий уряд, співпраця між департаментами, модернізація державних послуг	Цифровий уряд Канади
Індія	Інклюзивно-	Інфраструктура цифрової	Міністерство

	інфраструктурна модель	роздрібною торгівлі, послуги на основі хмари, універсальний інтернет доступ	електроніки та інформаційних технологій
Китай	Централізовано-планова модель	Центральне керівництво, великі інвестиції в R&D, розвиток AI, строгі регулювання	Міністерство промисловості та інформаційних технологій, Центральна комісія з кібербезпеки та інформатизації, Національний комітет з розвитку і реформ, Державна адміністрація кіберпростору Китаю

Продовження табл.1.3

Бразилія	Інклюзивно-інноваційна модель	Доступність цифрових технологій, розвиток інфраструктури, електронне урядування, стартапи, кібербезпека	Міністерство науки, технологій та інновацій, Бразильська агенцію з розвитку промисловості, Стратегічний комітет з цифрової трансформації та Національна агенція з телекомунікацій
----------	-------------------------------	---	---

Джерело: сформовано автором на основі [71-82]

Глобалізація світового господарства спонукає національні економіки еволюціонувати на шляху стрімкого впровадження та поширення застосування інформаційно-комунікаційних і комп'ютерних технологій (ІКТ). Питома вага експорту цифрових послуг у світовому експорті послуг у 2018 році становила 2,9 трлн. дол. США, а світовий експорт послуг ІКТ – 568 млрд дол. США [83, с.62]. Зв'язок відіграє вирішальну роль під час криз. В умовах надзвичайної ситуації у сфері охорони здоров'я, спричиненої COVID-19, 4,6 млрд. громадян країн G20 зіткнулися з необхідністю підтримувати продуктивність, одночасно практикуючи соціальне дистанціювання. Попит на послуги широкопasmового зв'язку різко зріс через карантинні заходи та дистанційну роботу. Нові рекордно високі показники пропускної здатності були зафіксовані в точках інтернет-обміну (IXP) в країнах G20 - за період з грудня по березень 2020 р. приріст загальної пропускної здатності склав до 47%. Якщо порівнювати темпів

зростання виробництва пропускної здатності до і після кризи COVID-19, то в Європейському Союзі (27) зростання виробництва ІХР подвоїлося з грудня 2019 по березень 2020 р. В інших регіонах статистика також демонструє схожі тенденції. Наприклад, в Японії та Індонезії зростання пропускної здатності в точках інтернет-обміну становило 26%, в Китаї - 35%.

У 2022 році експорт ІТ-послуг з України склав 7,3 млрд. дол. США, що є найбільшим показником за всю історію існування галузі в країні. Частка ІТ в експорті товарів і послуг зросла з 8% у 2021 році до 13% у 2022 році. Це є практично половина (45%) всього експорту послуг. Загалом, Україна експортувала послуги на суму 9,2 млрд. дол. США у 2022 році, що на 28,3% менше, ніж у 2021 р. [84, с.81]. Найбільш експортованими видами послуг у 2022 році були послуги у сфері телекомунікацій, комп'ютерні та інформаційні, які становили 40,5% від усіх експортованих послуг, або 3,7 млрд долСША. [84, с.82]Незалежно від розвитку суспільства, державного устрою, панівної ідеології, масштабів країни, тощо, темпи цифрової трансформації відрізняються, однак цифрові перетворення прискорились в усіх країнах.

Для інтегрованої оцінки рівня цифрових трансформацій в економіці країн, бізнесі, розвитку цифрової економіки і цифрового суспільства (або його структурних елементів) у міжнародній практиці застосовуються інтегральні індекси ІКТ (е-індекси), що включають певний набір ІКТ-індикаторів, які використовуються для вимірювання рівня використання і розвитку ІКТ в певній країні та глобальному масштабі[81, с.262]. Ці показники включати в себе доступ до Інтернету, Індекс мережевої готовності, Рейтинг світової цифрової конкурентоспроможності, Глобальний індекс підключення швидкість, Глобальний індекс кібербезпеки, ІКТ як складова Глобального індексу інновацій та як складова Глобального індексу знань, пропускна здатність мереж в точках інтернет-обміну, кількість мобільних абонентів, розповсюдження комп'ютерів та інші характеристики інформаційно-комунікаційних технологій [85, с.55].

Для оцінки стану розвитку цифрової економіки та інформаційно-

комунікативних технологій у світі наявні десятки міжнародних е-індексів, що розроблені різними національними та міжнародними організаціями (табл.1.4). Як видно з табл.1.4, загалом Україна продемонструвала значний прогрес у розвитку цифрової економіки за останні три роки. За Індексом цифрової конкурентоспроможності Україна піднялася з 51 місця у 2020 до 44 місця у 2023 р., тобто країна стала більш сприятливою для ведення бізнесу в цифровій сфері. Індекс цифрового розвитку свідчить про те, що доступ до ІКТ в країні став кращим – Україна підвищилась з 82 місця у 2020 р. до 73 - у 2023 р. E-Government Development Index (EGDI): Україна покращила свої позиції з 68 місця у 2020 році до 67 місця у 2022 році, отже, електронні урядові послуги в країні стали більш доступними та зручними для користувачів.

Таблиця 1.4

Аналіз показників розвитку цифрової економіки України у 2020-2023

рр.

Показники розвитку цифрової економіки	Рейтинг у 2020 р.	Рейтинг у 2023 р.	Динаміка
Індекс цифрової конкурентоспроможності (Digital Competitiveness Index)	51	44	покращення
Індекс цифрового розвитку (Digital Development Index)	82	73	покращення
Індекс інновацій в глобальному зв'язку (Global Innovation Index)	66	64	покращення
E-Government Development Index (EGDI)	68	67 (2022р)	покращення

Джерело: сформовано автором на основі [86-89].

Будівельна галузь відзначається тим, що займає нижнє місце у впровадженні інформаційних технологій (рис.1.7).



Рис.1.7. Індекс діджиталізації галузей за період 2020-2022 рр. [90]

Згідно з рис.1.7 загалом, всі галузі демонструють зростання індексу діджиталізації з 2020 по 2022 рік, що вказує на позитивну тенденцію в напрямку цифровізації. Найбільше зростання спостерігається в галузях «Інформація та зв'язок (ІКТ)» і «Розміщення та харчування», тоді як найменше зростання - в будівництві (37,9 індексних пункти). Хоча в будівництві спостерігалось покращення з ІДІ у 2020-2022 рр. все ж воно має найнижчий бал з усіх галузей виробничої сфери. Сектор нерухомості має середнє значення індексу, що також свідчить про нестачу цифрових впроваджень у будівельну галузь, за оцінками експертів на світовому рівні.

Результати Індексу цифровізації промисловості (Industry Digitalisation Index, IDI) 2022 показують значну мінливість між чотирма компонентами індексу.

Цифрова інфраструктура, безумовно, найбільше оцифрована функція, яка отримала 78 балів із 100, тоді як ланцюжок поставок на нижньому етапі має найнижчий бал 22 [90]. Частка компаній із веб-сайтом або домашньою сторінкою

в інформаційно-комунікаційній, професійній, науковій та технічній діяльності дуже подібна для ЄС та поза ЄС країн, які надали свої дані для аналізу.

Так, у будівельній сфері різниця між підприємствами, що мають веб-сайт та входять до ЄС становить 74% у порівнянні з тими, що працюють поза ЄС - 62% підприємств будівельного сектору (рис 1.8)[91].

При цьому, за тими ж даними, в ЄС та за межами ЄС, будівельні підприємства найменш схильні приймати замовлення через комп'ютерні мережі, хоча це набагато частіше відбувається в країнах, що не входять до ЄС - 15% порівняно з 7% країн ЄС. Порівняно з іншими галузями, зокрема промисловістю, будівництво має свою специфіку, яка визначається особливостями організації будівельного виробництва, що відбивається на можливості її цифрової трансформації. Переважною причиною повільного впровадження сучасних цифрових практик є нормативна база будівництва. Регуляторні обмеження, що існують у цій сфері, часто застарілі і не враховують можливості сучасних технологій. Це гальмує інновації та перешкоджає впровадженню нових цифрових рішень. Крім того, будівництво за своєю природою є дуже складним і багатоетапним процесом, що включає участь багатьох зацікавлених сторін, від архітекторів і інженерів до постачальників матеріалів і робітників.

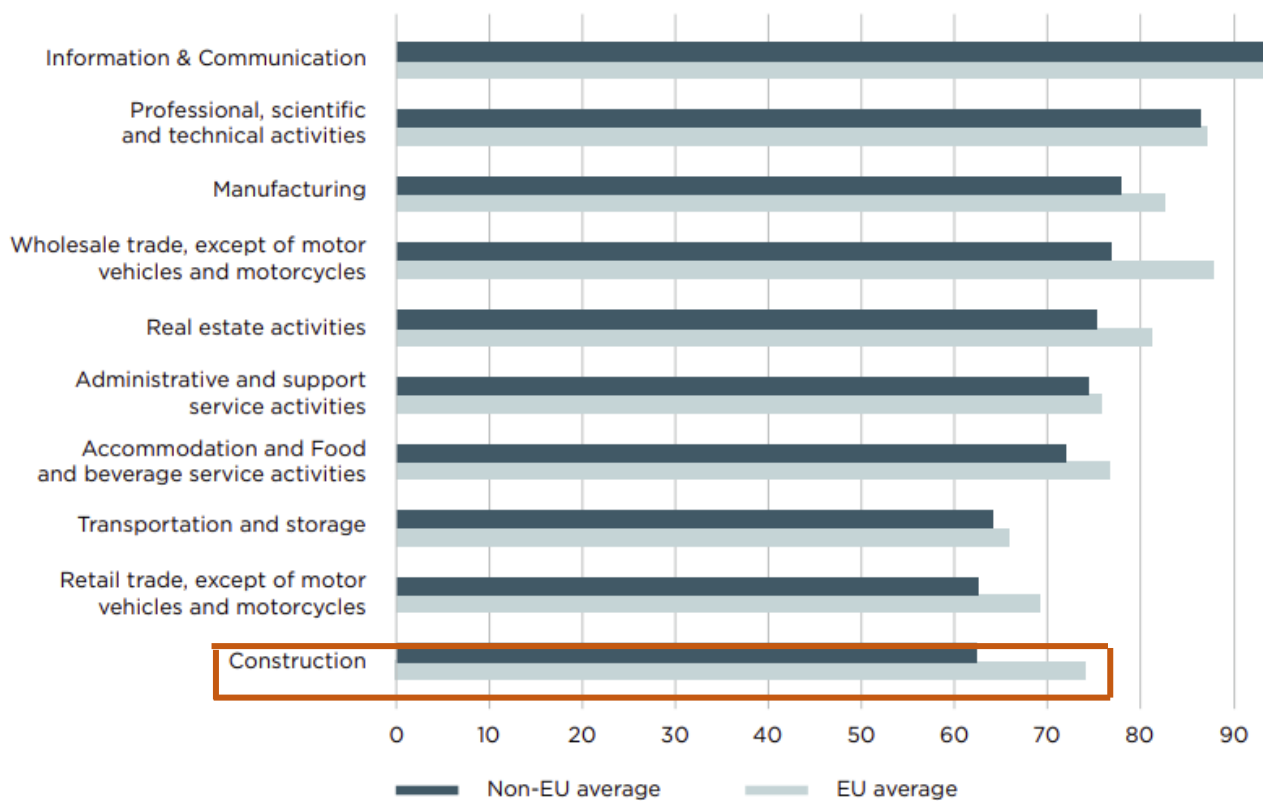


Рис.1.8. Бізнес галузі, що мають власний веб-сайт у ЄС та поза межами ЄС [91]

Координація між цими групами ускладнюється, що ще більше утруднює інтеграцію цифрових технологій. Також, будівельні проєкти зазвичай мають тривалі строки реалізації, що означає, що будь-які нововведення можуть бути впроваджені лише поступово, в міру завершення існуючих проєктів і запуску нових. Крім нормативних бар'єрів, також важливу роль відіграють фінансові аспекти. Впровадження нових технологій часто вимагає значних інвестицій, які не завжди є виправданими для компаній у короткостроковій перспективі. Багато будівельних компаній можуть бути не готові до таких витрат без чітких доказів того, що ці інвестиції приведуть до суттєвих покращень у ефективності та якості виконання робіт.

За даними Бюро статистики праці США, за останні 40 років продуктивність у будівельній галузі знизилася, тоді як не сільськогосподарська продуктивність збільшила свою продуктивність більш ніж на 200%. На додаток до цього, зростає попит на підвищення ефективності, вартості інфраструктури, якості та стійкості. Водночас галузь надзвичайно прагне зменшити витрати життєвого циклу, що суттєво впливає на чистий операційний прибуток будівель (рис. 1.9).

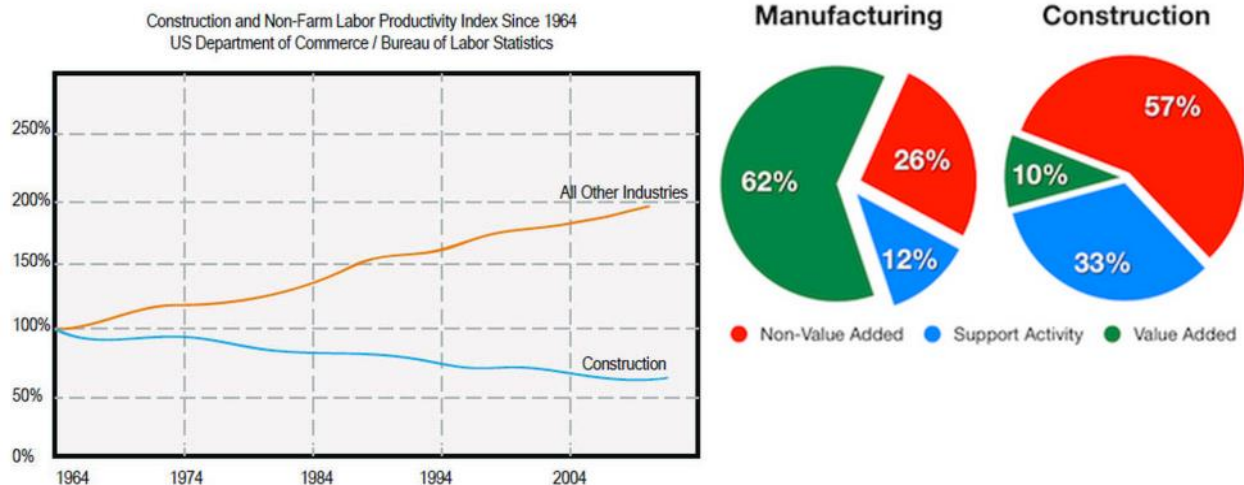


Рис.1.9. Індекси продуктивності галузей за період 1964 – 2020 рр. [92]

За результатами 20-го щорічного глобального опитування CEO PwC Генеральних директорів з питань інжинірингу та будівництва, до ключових причин занепокоєння щодо розвитку будівельного бізнесу належать надмірне регулювання та дефіцит кваліфікованих кадрів, а також низька швидкість технічного прогресу (рис.1.10)[93].

Подолання проблем з продуктивністю, ефективністю та витратами життєвого циклу у сфері будівництва більшість респондентів асоціює з:

- інформаційним моделюванням будівництва (BIM), що ще не розкрило весь свій потенціал;
- впровадженням концепції Smart House та Smart Cities на базі технологій Internet of Everything (IoT);
- поширення методів автоматизованого виробництва - робототехніка та 3D-друк;
- революцію в системах ERP, SCM, CRM, використання великих даних та хмарних обчислень.

На сьогодні існує значний потенціал для підвищення цифрової інтенсивності в будівельній галузі. Для подолання викликів у сфері цифровізації та посилення сильних сторін на міжнародному та національному рівнях доцільно: сприяти формуванню цифрової сумісності між країнами світу; нівелювати цифровий «розрив» у спосіб посилення цифрового розвитку для всіх, створювати надійні цифрові платформи, підвищувати рівень статистичних систем [94].

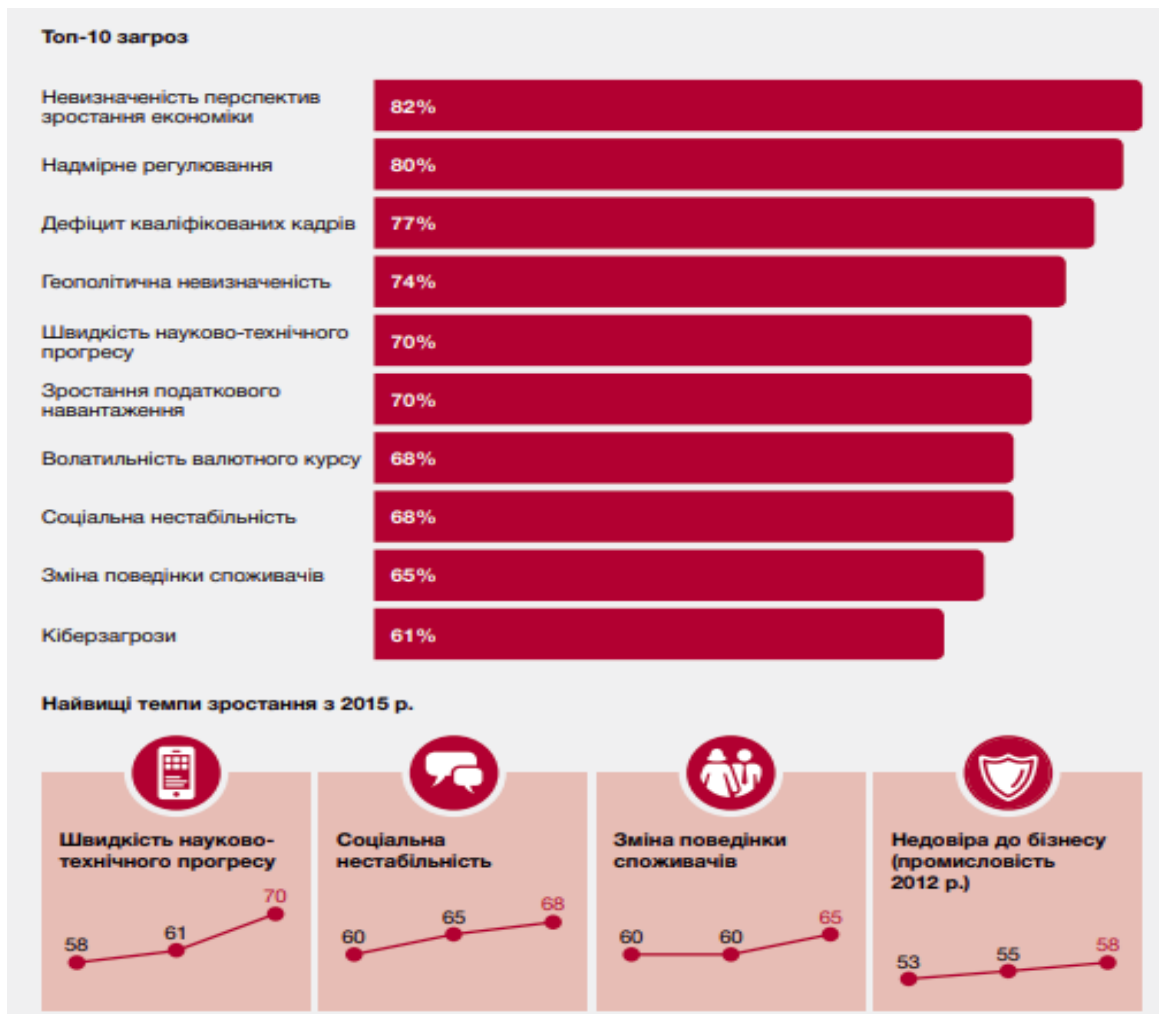


Рис.1.10. Головні загрози щодо розвитку будівельного бізнесу [93]

У сучасну епоху цифрової трансформації багато будівельних компаній вкладають кошти в цифрові технології без належного планування. Для досягнення успіху в цифровій трансформації будівельна галузь потребує комплексного підходу, який включає: розробку чіткої стратегії цифрової трансформації; визначення ключових показників ефективності цифрової трансформації; впровадження інноваційних технологій; зміна корпоративної культури сприяння інноваціям; навчання та розвиток персоналу нових технологіям[95, с.8].

Для активізації процесів цифрової трансформацію в будівельній галузі, уряд Великої Британії у 2015 році оголосив програму повного впровадження BIM (інформаційного моделювання будівель) під назвою Digital-Built-Britain[96]. Ця програма систематизує розвиток BIM у чотири етапи і передбачає перехід Великої Британії на третій рівень BIM [97, с.94](табл.1.5).

Характеристика рівнів цифрового проектування в будівництві

Рі-вень	Назва	Опис	Основні характеристики	Особливості
0	Некерований CAD	Робота ведеться у режимі 2D. Передача інформації між учасниками проекту відбувається переважно через паперові носії або в електронному вигляді. Взаємодія між членами команди відсутня.	Робота у 2D, без взаємодії	Традиційні методи проектування, найменша інтеграція та співпраця між учасниками, обмежена співпраця.
1	Керований CAD	Робота проводиться як у 2D, так і у 3D графіці. Інформація передається електронно через спеціальне середовище загальних даних (Common Data Environment), специфіковане британським стандартом BS 1192:2007. Взаємодія між учасниками ще не організована.	Робота у 2D та 3D, електронна передача	Підвищена точність, удосконалене середовище обміну інформацією, але обмежена співпраця між учасниками.
2	Автономний BIM	Кожен учасник працює у власній 3D-моделі. Інформація передається електронно через спільне середовище загальних даних BS 1192:2007. Колізії автоматично виявляються та усуваються.	Робота у 3D, автоматичне виявлення невідповідностей, використання Autodesk Navisworks, Solibri Model Checker, Bentley Navigator.	Інтеграція моделей, покращена співпраця виявлення та усунення несумісності даних. Візуальне планування та управління будівництвом (4D), управління вартістю проекту (5D)
3	Інтегрований BIM	Усі учасники працюють у єдиній 3D-моделі, отримуючи одночасний доступ до єдиної моделі. Всі аспекти проектування координуються та вирішуються спільно.	Робота у єдиній 3D-моделі, повна співпраця	Усі учасники працюють у єдиному середовищі. Спільне вирішення завдань та уникнення конфліктів.

Джерело: удосконалено автором на основі [96, с.94; 97, с.12]

Передбачено, що всі державні закупівлі в галузі будівництва повинні бути здійснені лише для проектів, які використовують технологію BIM на рівні 2 для забезпечення прозорості та контролю за використанням бюджетних коштів [97, с.12]. В окресленому ракурсі BIM є технологією, яка символізує прихід «цифрового будівництва». Одним із ключових кроків на шляху до сталого

розвитку галузі стало створення спеціальної робочої групи, відомої як BIM Task Group. Цій групі було доручено розробити необхідні стандарти та протоколи для використання технології безкоштовного доступу, адже значну частину ринку складають компанії малого та середнього бізнесу [93]. Передбачено, що на усі країни ЄС з 2017 р. стандарт BIM рівня 2 буде розповсюджений для державних замовлень з встановленими лімітами. Згідно з цими прогнозами до 2025 року очікується зростання BIM на 70% до \$15 трлн. Цей стрімкий ріст, який перевищуватиме глобальний ВВП, буде зосереджений у трьох країнах: Китаї, США та Індії, які разом забезпечать майже 60% від усього глобального [97, с.13].

Не зважаючи на те, що повна інтеграція рівня 2 BIM не була повною мірою впроваджена, у Британії розпочалася розробка третього рівня BIM під назвою Digital-Built-Britain. Ця ініціатива реалізується паралельно з іншими стратегіями, такими як «Розумні цифрові міста», які передбачають впровадження інтелектуальних систем для інфраструктури, водопостачання, переробки відходів, енергетики, охорони здоров'я, а також розвиток «Інформаційної економіки», що зосереджена на використанні високопродуктивних обчислень та Інтернету речей для автоматизації будівництва [98, с.95]. Стратегія Digital Built Britain, по суті, описує модель майбутньої кібернетичної держави, яка служитиме своїм громадянам ефективно, збалансовано та прозоро. Можливість оцінювати функціонування об'єкта після його будівництва та порівнювати отримані дані з вимогами технічного завдання та початковими експлуатаційними характеристиками суттєво покращує умови його використання [98, с. 97].

В контексті удосконалення нормування у будівництві України, було прийнято Закон про будівельні норми №156-IX та розпочато оновлення Державних Будівельних Норм (ДБН), що є запорукою їх осучаснення та приведення у відповідність до реальних потреб бізнесу. Результатом цього стане оновлення 23 ДБН та прийняття близько 130 стандартів у сфері будівництва.

Серед інших пріоритетних напрямків у сфері будівництва представники Парламенту та Уряду України називають впровадження сучасних європейських

правил до будівельних матеріалів, які мають бути безпечними для споживачів та енергоефективними [99, с.20]. В цьому напрямі, наразі важливо прийняти ряд підзаконних актів і створити інфраструктуру для здійснення якісних процедур оцінки відповідності та контролю державою за якістю будівельних матеріалів.

Пріоритетом органів державної влади є також цифровізація галузі, що дозволить зменшити рівень корупції, зробити процедури отримання дозволу на будівництво максимально швидкими та прозорими. Також, для бізнесу надзвичайно важливим є питання, щодо важливості подальшого реформування системи архітектурно-будівельного контролю. Запорукою, цього має стати руйнування монополії ДАБІ через інститут незалежних аудиторів, оновлення системи нагляду за учасниками будівництва та подальша цифровізація сфери.

Важливою передумовою подальшого реформування сфери містобудування є прийняття Проекту Закону 5655 щодо реформування сфери містобудівної діяльності, який наразі перебуває у процесі розгляд та затвердження. Даний документ має на меті реформувати державне регулювання у сфері містобудування, зокрема, знизити корупційні ризики при видачі дозвільних документів, побудувати прозору та ефективну систему державного контролю за містобудуванням, тощо. [100]

Ефективне адміністрування у сфері містобудівної діяльності передбачає[101]:

- розроблення та впровадження чітких та прозорих правил, нормативів та стандартів, які регулюють будівельну діяльність;
- забезпечення ефективного контролю та нагляду за додержанням будівельних норм і вимог;
- встановлення ефективних механізмів відповідальності за порушення будівельного законодавства, включаючи вжиття відповідних заходів щодо правопорушників;
- створення умов для залучення інвестицій у будівництво, сприяння розвитку інфраструктури та створенню нових об'єктів;
- розвиток механізмів співпраці між державними органами, місцевими

управліннями та громадськістю з метою вирішення проблем і покращення умов містобудівної діяльності.

З метою формування прозорих правил гри на ринку для всіх учасників та справедливої конкуренції, підвищення інвестиційної привабливості галузі і розвиток громад і міст Урядом України запропоновано впровадити цифровізацію послуг будівництва, посилення відповідальності за самочинне будівництво, оновлення законодавства. Інструментами реалізації таких цілей обрано єдину електронну систему у сфері будівництва та законопроекти №5655, №5656, №5877.

Законопроект №5655 передбачає впровадження єдиної електронної системи у сфері будівництва, яка має стати централізованою платформою, де будуть зібрані дані про всі будівельні об'єкти, включаючи інформацію про будівельні дозволи, проекти, зміни в проектній документації, терміни виконання робіт та іншу важливу інформацію. На порталі системи буде створено електронні кабінети для всіх учасників процесу містобудування, включаючи органи містобудування, учасників ринку (замовників, підрядників, архітекторів і т. д.), регуляторів та органи реєстрації. Учасники матимуть можливість моніторити онлайн хід виконання проекту та ознайомлюватися з електронною документацією проекту, включаючи ключові документи, такі як проектна документація на будівництво, які будуть доступні виключно у формі електронних документів. Законопроектом №5655 також вдосконалені механізми притягнення до відповідальності за затягування термінів надання відповіді на запит заявника або спробу обійти містобудівне законодавство, також посилено контроль за самочинним будівництвом з боку виконавчих органів сільських, селищних і міських рад [100].

Проект закону №5656 спрямований на посилення відповідальності за самочинне будівництво. Він передбачає збільшення штрафів та інших санкцій за порушення будівельних норм і правил, встановлення механізмів контролю за виконанням будівельних робіт та швидке реагування на порушення [102].

Законопроект №5877 передбачає значне збільшення штрафів за порушення у містобудівній сфері, регулює питання самочинного будівництва через тимчасовий арешт незаконних об'єктів. Ці заходи мають на меті покращити ситуацію у будівельній галузі та зберегти культурну спадщину країни [103].

Для подолання корупційних схем у будівельній галузі України набуває актуальності реалізація програми Уряду щодо створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕСБ) [104], яка має на меті впровадити цифровізацію адміністративних та інших послуг у сфері будівництва, спрощення отримання послуг, впорядкування процесу будівництва в Україні. Механізмом реалізації даної програми є створення окремої онлайн-платформи з переведенням надання послуг в онлайн-формат [105]. ЄДЕСБ сприяє підвищенню прозорості та відкритості в будівельній галузі; інформація про всі будівельні об'єкти, дозволи, проекти та інші важливі дані зберігаються централізовано та стають доступними для контролю та моніторингу. Це забезпечує швидку реакцію на будь-які порушення та дозволяє уникнути недоліків та затримок у будівельних проектах. Така система є важливим кроком у напрямку модернізації та цифровізації будівельної галузі. Система передбачає впровадження е-кабінетів для фізичних та юридичних осіб з державними органами. Електронні кабінети доступні для органів містобудування (регуляторів та органів реєстрації), учасників ринку (замовників, підрядників, архітекторів тощо), які можуть подавати заявки, отримувати необхідні документи, сплачувати відповідні податки та збори, а також отримувати відповіді на свої запити, все це онлайн через електронну систему (без потреби фізичного візиту до офісів чи установ державних органів)[89].

Новий Реєстр ЄДЕСБ гарантує безпеку та конфіденційність даних, має захисту від несанкціонованого доступу та змін. Кожен об'єкт будівництва отримує унікальний ідентифікатор, що дозволяє прив'язати до нього всі дозвільні документи, містобудівну та проектну документацію, а також інформацію про учасників. У новому реєстрі надаються координати, які дозволяють точно визначити місцезнаходження об'єкта будівництва. Система дозволяє учасникам

процесу здійснювати моніторинг руху документації між етапами в режимі онлайн, бачити в режимі реального часу стан своїх проєктів у режимі реального часу через електронні кабінети. Реєстрація в системі фіксує час завантаження документів, що здійснюється через автентифікацію користувача. Відповідно в системі неможливо підмінити документи або поставити дату попереднім числом. За 2020- 2023 рр новий Реєстр будівельної галузі поповнився на понад 535 тисяч декларативних та дозвільних документів [107]. Експерти Офісу ефективного регулювання (BRDO) [108] у межах проєкту USAID/UK aid «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах/TAPAS»[109] та за сприяння Міністерства цифрової трансформації України дослідили вплив застосування відкритих даних ДАБІ на вирішення суспільних проблем в Україні. Так, потенційна економія завдяки цифровізації сфери будівництва за даними Мінцифри дорівнює 734 млн. грн на рік. За перший місяць діяльності Державної інспекції архітектури та містобудування (ДІАМ) оптимізовано обробку звернень - 99% опрацьовуються інспекторами протягом 24 годин [110].

Наразі Єдиною державною електронною системою у сфері будівництва користуються більш ніж 20 тисяч архітекторів, конструкторів, інженерів-проектувальників, підрядників [110]. В системі вже згенеровано більше 200 тис. дозвільних документів [111]. що свідчить про її високу активність та популярність серед фахівців галузі. Це підтверджує, що перехід до електронного формату сприяє прискоренню та оптимізації процесів [112], зменшенню бюрократичних перешкод і поліпшенню якості наданих послуг у сфері будівництва.

Станом на кінець 2023 р. на порталі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва доступно 14 послуг, дві з яких було введено в 2023 р. (повідомлення про початок будівельних робіт СС1 та подання заяви щодо надання містобудівних умов/обмежень забудови земельної ділянки та внесення змін до них) [113]. Розширення спектру послуг відіграє вагомую роль у розвитку та відновленні постраждалих населених пунктів, зокрема категорія СС1 охоплює більшість невеликих будівельних проєктів, які реалізуються малим бізнесом,

будинки для розміщення внутрішньо переміщених осіб, громадян, які втратили житло через військові дії. Містобудівні умови та обмеження забудови земельної ділянки є важливим інструментом для контролю мешканцями громад будівництва житлових комплексів, промислових об'єктів, які визначають планувальні та архітектурні вимоги до забудови, благоустрою будівельних об'єктів. Оновлена послуга реєстрації початку будівельних робіт дає можливість вносити зміни в зареєстровану раніше інформацію, що раніше можливо було зробити тільки у Центрах надання адміністративних послуг. Запроваджене збільшення автоматизованих перевірок в системі має на меті зменшення ручного введення інформації замовниками і зниження кількості відмов, наданих відповідальними органами. Ці модернізовані послуги були розроблені спільно Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури та Міністерством цифрової трансформації за підтримки проєкту «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах/TAPAS» від USAID та UK aid [109]. Н на тепер близько 80% державних послуг реалізуються через додаток «Дія».

Висновки до розділу 1

1. Виявляється доцільним для розв'язання вищезазначеної низки наукових та прикладних завдань організації будівництва забезпечити суттєву модернізацію моделей організації будівництва: передбачаються реалізувати суттєве вдосконалення організаційно-технологічних моделей будівництва на рівні проєктів будівництва. Зазначені моделі організації будівництва на рівні окремих проєктів мають бути трансформовані до синергійних моделей нового типу, які будуть забезпечувати властивості:

- моделювання організаційно-технологічного змісту виконуваних робіт та процесів (за комплексами робіт);
- функціонального розподілу комплексів робіт за виконавцями;
- вияву особливостей адміністрування окремими роботами проєкту, з відображенням основних цифрових характеристик виконання роботи певною організацією;

- вияву синергії від циклу проєкту та девелоперського середовища провідних учасників та виконавців проєкту.

2. Роботу присвячено створенню інструментарію для організаційно-технологічного та цифрового адміністрування будівельними проєктами. Інструментарій базується на оновленому форматі моделі організації будівництва. Він використовує традиційні переваги функціонально-технологічної та операційної деталізації виконуваних робіт у проєкті, а також забезпечує цифрові засади для успішного управління проєктами з урахуванням вимог замовника та інших ключових учасників у процесі розробки будівельного проєкту, а також дозволить здійснювати цілісне формалізоване моделювання проєктного циклу та відстежувати суттєві трансформації в організаційно-технологічних характеристиках проєкту як по стадіям проєкту так і за «цифровими компонентами» в адмініструванні проєктом.

3. На підставі досліджень першого розділу було доведено, що адаптація організаційно-технологічних моделей забезпечить вирішення складної ситуації в будівництві на час воєнного стану в Україні, а також дозволити скористатись наступними вигодами від цифровізації будівництва, які обумовлені:

– *використанням цифрових технологій*, такі як будівельне моделювання інформації (BIM), хмарні технології, інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та аналітика даних для оптимізації процесів будівництва, зменшення витрат і підвищення ефективності;

– *поліпшення рівня колаборації та комунікацій в системі адміністрування проєктом будівництва*: цифрові інструменти сприяють покращенню співпраці між учасниками будівельного процесу, забезпечуючи швидку та ефективну комунікацію, обмін даними та спільний доступ до інформації;

– *модернізація організаційних структур та оптимізація управління проєктами*: цифрові технології дозволяють покращити планування, виконання та контроль за будівельними проєктами, зменшуючи ризики затримок та перевищення бюджету;

– *поліпшення бізнес-процесів стосовно проходження організації*

будівництва та автоматизація процесів адміністрування девелоперським середовищем : використання роботів, автоматизованих систем будівельства та 3D-друку може значно збільшити швидкість та точність будівництва, а також знизити ризики травматизму на робочому місці.

– *зростання стандартизованості, інтероперабельності та адекватності* відображення реалій будівельного проєкту та будмайданчика в компонентах цифрового адміністрування проєктом будівництва. цифровими інструментами та системами.

– *забезпечення кібербезпеки*: з огляду на збільшену кількість цифрових систем, даних та зв'язків, оновлена модель сприятиме створенню передумов надійного захист інформації та мереж від кібератак.

4. Запропоновано визначити «цифровізацію технологій будівництва» як складову системи адміністрування циклом та середовищем девелоперського будівельного проєкту та як інтеграцію цифрових технологій у всі сфери бізнес-процесів та життєдіяльності проєкту як тимчасового підприємства, що дозволяє на кожному з етапів та «віх» життєвого циклу проєкту успішно координувати ресурсно-іміджевий потенціал проєкту, зусилля його управлінського персоналу, інформаційно-комунікативний простір – для належного виконання загальних (планування, організації, мотивації, контролю) та спеціальних функцій менеджменту проєкту та досягнення раціонального узгодження між інтересами всіх стейкхолдерів проєкту.

5. Окреслено, що для подолання викликів у сфері цифровізації та посилення сильних сторін на міжнародному та національному рівнях доцільно: сприяти формуванню цифрової сумісності між країнами світу; нівелювати цифровий «розрив» у спосіб посилення цифрового розвитку для всіх, створювати надійні технології для всіх таміжнародні платформи, підвищувати рівень статистичних систем, створювати фонди підтримки.

Наукові результати, висвітлені в розділі 1, опубліковано в працях автора [24, 25, 67, 69, 94, 99, 101]

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ ЦИФРОВОГО ОНОВЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА СТРУКТУР АДМІНІСТРУВАННЯ ДЕВЕЛОПЕРСЬКИМИ ПРОЄКТАМИ

2.1. Формування загально-методичних вимог щодо побудови комбінованого інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом

Розглядаючи питання визначення структури інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом, потрібно зупинитись на його сутності. «Інструментарій» походить від лат. «instrumentarium», що означає «знаряддя», «інструмент». Перша частина слова, «in-», вказує на «в», а друга частина, «struere», має значення «класти одне на одне» [114]. Іншими словами інструментарій – це «набір інструментів, який застосовується в якій-небудь спеціальності», або складний інструмент, знаряддя. У контексті управління, інструментарій представляє собою комплекс підходів і технік, які допомагають ефективно організувати, координувати і контролювати процеси для досягнення бажаних результатів [115, с.35]. Інструменти адміністрування мають чітко визначену мету та виконують певні функції в рамках адміністративного процесу. Вони можуть бути спрямовані на: збір та обробку інформації, прийняття управлінських рішень, реалізацію управлінських рішень, контроль за їх виконанням, забезпечення законності та доцільності адміністративних дій [116, с.36]. Інструменти адміністрування є засобами, за допомогою яких органи влади здійснюють свій вплив на суб'єкти та об'єкти адміністративних правовідносин. Відзначимо також, що інструменти адміністрування не існують ізольовано один від одного. Вони взаємопов'язані та доповнюють один одного, формуючи єдину систему адміністрування.

Інструменти адміністрування можна класифікувати залежно від їх природи:

- нормативно-правові – це накази, розпорядження, закони, постанови, загальногалузеві накази та підзаконні акти, нормативно-інструктивні документи;

- організаційні – представляють собою певну структуру органів влади, положення, посадові інструкції, регламенти, графіки;
- інформаційні включають в себе інформаційні системи, веб-сайти, гарячі лінії;
- економічні – це використовуються для управління економічними процесами через фінансові важелі - бюджети, кошториси, податки, субсидії;
- техніко-технологічні – використовуються для виробництва продукції;
- соціально-психологічні використовуються для впливу на соціальну поведінку, створення сприятливого соціально-психологічного клімату, стимулювання продуктивної взаємодії та забезпечення ефективної комунікації, мотивації людей у процесі управління; це культура організації, моральне стимулювання, соціальні норми та цінності, лідерство, ін.

Усі елементи механізму адміністрування мають відповідне нормативно-правове та інформаційне забезпечення, тобто їх використання ґрунтується на відповідних нормативно-правових актах, які визначають їхні функції, порядок застосування та відповідальність за їхнє використання. Інформаційне забезпечення інструментів адміністрування гарантує їх доступність для суб'єктів адміністративних правовідносин [117, с.160].

Формалізоване адміністрування будівництвом означає впровадження системного і структурованого підходу до управління будівельними проєктами, що базується на чітко визначених правилах, процедурах та стандартах [118, с.149]. Такий підхід включає використання офіційних методологій, документованих процесів і інструментів для планування, виконання, контролю та завершення будівельних проєктів [119, с.55]. Основні аспекти формалізованого адміністрування будівництвом включають: розробку та дотримання будівельних стандартів, регламентів, норм, законодавчих вимог та ін. виробничих процедур, регламентів, які регулюють процеси будівництва; використання загально визнаних методологій управління проєктами, таких як PMBOK, PRINCE2, чи Lean Construction, які забезпечують структуровані процеси управління проєктами; документовані процедури, що передбачають впровадження офіційних процедур і політик, що регулюють всі етапи

будівельного проєкту, включаючи планування, закупівлі, управління ризиками, контроль якості, зміни і завершення проєкту; інформаційні системи, що включають засоби програмного забезпечення для управління будівельними проєктами, такого як BIM (Building Information Modeling), ERP-системи (Enterprise Resource Planning), системи управління документообігом і проєктним менеджментом; засоби планування і контролю, що дозволяють здійснити чітке визначення завдань, термінів і бюджетів, а також постійний моніторинг і контроль виконання планів, що дозволяє своєчасно виявляти і вирішувати проблеми; засоби розподілу відповідальності та завдань всіх учасників проєкту, створення ефективної організаційної структури, яка сприяє координації та комунікації між всіма залученими сторонами; регулярне формування звітів про хід виконання проєкту на основі аналізу результатів і виявлення відхилень від плану для прийняття обґрунтованих управлінських рішень [120, с. 112].

Формалізоване адміністрування будівництвом забезпечує передбачуваність, підвищення ефективності будівельних проєктів, забезпечуючи досягнення запланованих результатів в рамках визначених термінів і бюджетів.

Побудова комбінованого інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом вимагає визначення загально-методичні вимог, що стосуються етапів та напрямів оцінки системи управління, а також визначення критеріїв ефективності адміністрування, які відображають стан системи управління з точки зору оптимальності використання ресурсів, а також з позиції ефективності діяльності підприємства, або реалізації проєктів. З позиції оптимальності використання ресурсів, при оцінці ефективності доцільно визначати такі показники як середня вартість проєктів, їх рентабельність, фондо- та матеріаломісткість, стан забезпеченості персоналом, тощо. З точки зору ефективності реалізації проєктів, діяльності підприємства, доцільно визначити види ефективності : економічну, організаційну, соціальну [52, с. 298], а також екологічну, конкретизувавши в подальшому окремі критерії досягнення кожного виду ефекту.

Загально-методичні вимоги до комбінованого інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом стосуються: визначення етапів, напрямів оцінки системи управління та критеріїв ефективності адміністрування. В аспекті поширення використання цифрових технологій у будівництві доцільно визначати ефективність їх впровадження як з точки зору визначення прямого економічного ефекту, так і організаційного (скорочення тривалості часу на узгодження проєкту, зниження трудомісткості робіт, зменшення витрат на управління проєктом, збільшення рівня якості робіт). Загально-методичні вимоги, по-перше, повинні враховувати специфіку будівництва та його основні етапи, відповідно, інструментарій повинен забезпечувати можливість ефективного управління наявними ресурсами, узгодженого планування, організації та контролю за бізнес-процесами будівництва при підготовці та реалізації проєктів, включаючи як виконання будівельних, так і допоміжних робіт, а також управління командою проєкту. По-друге, вимоги повинні враховувати потреби управління інформацією, а інструментарій повинен забезпечити можливість збору, збереження, обробки та аналізу різноманітної інформації, пов'язаної з проєктом будівництва, що включає дані про виконання робіт, витрати, графіки, технічні характеристики та ін. параметри. По-третє, вимоги до інструментарію формалізованої оцінки повинні стосуватись забезпечення високого рівня автоматизації та інтеграції різних компонентів системи управління будівництвом, що дозволить інтегрувати окремі процеси для оцінки окремих бізнес-процесів та їх вплив на ефективність системи управління будівництвом [121, с.8].

Так, наприклад, для управління фінансовими ресурсами, розробляється бюджет проєкту, який використовується для планування витрат та оцінки стану освоєння коштів відповідно до етапів виконання проєкту. Надмірне витрачання бюджету - одна з ключових проблем, яку стикаються багато будівельних проєктів і з якою поки що неефективно борються як девелопери, так і підрядники. Витрачання більше коштів, ніж планувалося, є наслідком невірних розрахунків (за винятком випадків, коли фінансові дані умисно подаються

невірно для задоволення очікувань інвесторів) на початку проєкту та відсутності ефективного контролю [122, с. 146]. Для забезпечення прогресу в напрямку визначеної мети та відповідності запланованому шляху, рекомендується регулярно проводити щомісячний перегляд бюджету та щотижневу перевірку збігу фактичних показників з планованими. Зазвичай бюджет складається лише один раз – на етапі початку проєкту, а потім аналізується наприкінці.

Для досягнення високих економічних результатів будівельне підприємство повинно: правильно розрахувати фінансові показники скласти адекватний план фінансування регулярно моніторити та коригувати бюджет проєкту. Під час визначення фінансових цілей рекомендується використовувати такі показники як коефіцієнт чистого прибутку (NPM), рентабельність інвестицій (ROI), дохід на вкладений капітал (ROCE), внутрішню норму прибутковості (IRR), чисту приведену вартість капіталу (NPV), термін окупності інвестицій (PBP). Важливо також враховувати наявні обмеження ресурсів та реалії ринку, що дозволить будівельному підприємству встановити реальні та досяжні фінансові цілі. Після визначення фінансових цілей та розрахунку фінансових показників необхідно розробити детальний план фінансування проєкту, який повинен включати розрахунок потреб у капіталі, джерел фінансування та графік погашення заборгованості. Доцільно також регулярно моніторити та коригувати бюджет проєкту, що дозволить відстежувати хід виконання проєкту та вносити необхідні зміни до плану фінансування [123, 124].

Експерти відзначають, що ключовими аспектами економії у будівельному проєкті є налагодження бізнес-процесів та комунікацій, скорочення термінів виконання робіт, якісне планування, сильна експертна команда та поєднання ефективних технічних рішень та матеріалів. Ці фактори допомагають знизити витрати та забезпечують швидку окупність проєкту [125].

Інші експерти вважають, що краще розглядати не напрями (точки) економії, а джерела додаткового грошового потоку. Ці джерела можуть включати детально прописані контракти для підрядників, тендерні процедури, професійний технічний нагляд, використання нових матеріалів, якісні проєктні

рішення, використання кращого досвіду та додатковий грошовий потік від продажу конструкцій та здачі в оренду рекламних площ [126, с.381].

Науковий підхід до організації управлінської діяльності вимагає характеристики сутності формалізованого адміністрування будівництвом, яке включає в себе сукупність структурованих підходів і методів, інструментарію, що забезпечують ефективне управління будівельними проєктами від їх початку до завершення. Комбінований інструментарій у цьому контексті означає інтеграцію різних інструментів, методів і практик для досягнення оптимального результату. Визначення, характеристика та оцінка кожного етапу формалізованого адміністрування будівництвом дозволяє виявити ризики та проблеми, коригувати процес та досягати запланованих результатів проєкту [127, с.95-96]. Розглянемо основні напрями оцінки та показники інструментарію для кожного етапу цього (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Характеристика та оцінка етапів формалізованого адміністрування будівництвом на передпроєктній стадії будівельного проєкту

Етап будівельного проєкту	Напрями оцінки	Показники оцінки
Розроблення ідеї (інвестиційного задуму)	Актуальність, доцільність проєкту в аспекті потреб інвестора та територіальної громади	Відповідність ринковим тенденціям, рівень попиту, соціальна значимість
Інвестиційний аналіз ринку нерухомості	Стан ринку нерухомості	Поточний попит і пропозиція, цінові тренди
	Перспективи розвитку ринку	Перспективи розвитку ринку
	Цільова аудиторія	Платоспроможність споживачів
	Фінансове обґрунтування	Аналіз структури коштів з різних джерел фінансування термінів будівництва за різними варіантами проєкту
Розроблення та вибір альтернативних концепцій	Порівняння альтернатив	Оцінка складу учасників проєкту
	Техніко-економічне обґрунтування	Оцінка технічної та економічної доцільності проєкту, визначення його вартості, ефективності використання ресурсів та оцінка рентабельності. Визначення доцільності і прибутковості проєкту
	Оцінка придатності місця розташування	Аналіз техногенного, природного та інфраструктурного середовища обраної ділянки для будівництва

	Інвестиційна привабливість	Прогноз доходів і витрат, терміну окупності, очікуваної рентабельності від інвестицій у проєкт, оцінка ризику втрати інвестицій або неочікуваних витрат під час реалізації проєкту.
	Ризик-аналіз	Ідентифікація та аналіз ризиків, факторний аналіз їх мінімізації
	Маркетингові переваги	Конкурентні переваги, відповідність ринку
	Оцінка впливу на навколишнє середовище	Аналіз екологічних аспектів будівництва та його можливого впливу на природу
Відбір та попередні переговори з інституційними суб'єктами	Ідентифікація партнерів	Фінансова стабільність, досвід, репутація
	Оцінка партнерських можливостей	Можливості фінансування, досвід реалізації проєктів
	Попередні домовленості	Умови співпраці, юридичні та фінансові аспекти
Формування середовища та змісту взаємодії генпідрядникв / девелопера із замовником	Визначення умов співпраці, права і обов'язки сторін, строки реалізації	Наявність детально прописаних обов'язків для кожної сторони; визначення прав сторін щодо прийняття рішень (контроль якості, термінів, ін.); реалістичність і відповідність строків реалізації етапам проєкту; можливість їх коригування у випадку непередбачених обставин..
	Забезпеченість ресурсами	Наявність необхідних фінансових, матеріальних та людських ресурсів; планування резервів на випадок надзвичайних ситуацій
	Юридичні аспекти	Юридична коректність угоди, надійність умов, прописані механізми захисту прав сторін у разі порушення умов угоди, визначення штрафних санкцій та компенсацій у разі невиконання зобов'язань
	Ефективність комунікації, механізми взаємодії:	Швидкість та ефективність відповіді на зворотний зв'язок, доступ до спільних автоматизованих платформ Впровадження коригувальних заходів на основі отриманого зворотного зв'язку Використання сучасних засобів комунікації на базі спільних інтернет-платформ

Джерело: розроблено автором на основі [128]

Таким чином, для передпроектної стадії будівельного проєкту показники оцінки для формування формалізованого інструментарію можна умовно розділити за такими основними напрямками: аналіз інвестиційного задуму, інвестиційний аналіз ринку нерухомості, розроблення та вибір альтернативних концепцій, відбір та попередні переговори з інституційними суб'єктами,

формування середовища та змісту взаємодії генпідрядників / девелопера із замовником. Моніторинг відповідності встановленим цілям і термінам, своєчасне виявлення проблемних зон та потенційних ризиків дозволяє мінімізувати негативний вплив на проєкт та запобігти виникненню серйозних проблем на подальших стадіях реалізації проєкту. При цьому ефективна комунікація є важливою для забезпечення спільного розуміння між учасниками проєкту щодо його цілей, завдань, критеріїв успішності та ключових показників, знижуючи непорозуміння та підвищуючи надійність реалізації. Регулярна звітність про хід виконання проєкту та конструктивний зворотний зв'язок від усіх учасників є необхідними для прийняття обґрунтованих рішень та внесення необхідних коригувань у план проєкту.

На стадії розробки будівельного проєкту доцільно враховувати низку критеріїв, пов'язаних з отримання первинної дозвільної документації, розробкою ескізного проєкту, робочої документації (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Характеристика та оцінка етапів формалізованого адміністрування будівництвом на стадії розробки будівельного проєкту

Етап розробки будівельного проєкту	Напрями оцінки	Показники оцінки
1. Отримання первинної дозвільної документації	1.1. Аналіз вихідних даних	Наявність та повнота вихідних даних (топографічні зйомки, геологічні дослідження, технічні умови) Відповідність вихідних даних нормативним вимогам Наявність дозвільних документів на будівництво
	1.2. Розробка та подання заявки на отримання дозволів	Правильне оформлення заявки Своєчасне подання заявки Наявність необхідних документів
	1.3. Отримання дозволів	Терміни отримання дозволів Відповідність дозволів вимогам законодавства Наявність обмежень або зауважень у дозволах
2. Розробка ескізного проєкту	2.1. Розробка архітектурно-планувальних рішень	Відповідність архітектурно-планувальних рішень вимогам замовника Відповідність архітектурно-планувальних рішень містобудівним нормам Функціональність та естетичність архітектурно-планувальних рішень

	2.2. Розробка конструктивних рішень	Відповідність конструктивних рішень вимогам будівельних норм Забезпечення міцності та стійкості конструкцій Економічність та раціональність конструктивних рішень
	2.3. Розробка рішень з інженерного обладнання	Відповідність рішень з інженерного обладнання вимогам нормативних документів Забезпечення необхідного рівня комфорту та безпеки Економічність та раціональність рішень з інженерного обладнання
	2.4. Розробка кошторисної документації	Точність та обґрунтованість кошторисних розрахунків Відповідність кошторисної документації нормативним вимогам Забезпечення економічності будівництва
3. Розробка робочої документації	3.1. Розробка креслень робочої документації	Повнота та деталізація креслень Відповідність креслень будівельним нормам Якість та чіткість креслень
	3.2. Розробка специфікацій та кошторисів	Повнота та точність специфікацій Відповідність специфікацій нормативним вимогам Обґрунтованість кошторисів
	3.3. Розробка інших розділів робочої документації	Наявність та повнота інших розділів робочої документації (пояснювальна записка, технологічні карти, плани робіт, плани конструктивних елементів) Відповідність розділів робочої документації нормативним вимогам та їх взаємовідповідність Якість та чіткість інших розділів робочої документації
	3.4. Оцінка енергоефективності проєкту	Показники енергоефективності проєкту Порівняння енергоефективності проєкту з нормативними вимогами та кращими практиками Потенційна економія енергії та коштів та потенційних джерел енергозбереження Відсоток використання енергоефективних будівельних матеріалів та конструкцій Наявність енергоефективних систем опалення, вентиляції та кондиціонування, систем альтернативного енергопостачання (сонячні панелі, вітрові турбіни)
	3.5. Оцінка стану дотримання природоохоронних норм	Використання сертифікованих екологічно чистих будівельних матеріалів Частка матеріалів, вироблених з відновлюваних ресурсів Застосування матеріалів з низьким вмістом шкідливих речовин Наявність плану рециклінгу та утилізації відходів відповідно до екологічних норм Рівень забруднення довкілля під час реалізації проєкта, можливі екологічні наслідки

Джерело: розроблено автором на основі [128]

Сучасне будівництво відіграє ключову роль у розвитку суспільства, але одночасно стоїть перед викликом збереження навколишнього середовища та

раціонального використання ресурсів. Принципи сталого розвитку стають все більш важливими в процесі адміністрування будівельними проєктами, особливо на етапах планування, проєктування та виконання будівельних робіт [129, 130].

Відповідно ще на стадії розроблення ідеї (інвестиційного задуму, а в подальшому при розробці проєкту формулюються основні принципи сталого розвитку. Це включає визначення можливостей використання екологічно чистих матеріалів, аналіз енергоефективності майбутньої будівлі та оцінка впливу на навколишнє середовище. Адміністрування на цьому етапі передбачає отримання первинної дозвільної документації, яка гарантує, що проєкт відповідає усім екологічним нормам та стандартам. На стадії обґрунтування територіального розміщення проєкту доцільним є урахування інтеграції будівлі в існуючу міську інфраструктуру та створення сприятливих умов для життя та роботи..

На стадії ескізного проєктування принципів сталого розвитку включає детальне планування використання енергоефективних технологій, систем водозбереження та відновлюваних джерел енергії; важливо також оцінити вартість цих рішень, їхню економічну ефективність та можливість реалізації. Ескізний проєкт також повинен містити рішення щодо організації будівництва, що мінімізують вплив на навколишнє середовище, зокрема шляхом зменшення відходів, парникових газів та використання вторинних матеріалів.

В подальшому ці рішення деталізуються у робочій документації, що є основою для проведення будівельно-монтажних робіт. На цьому етапі адміністрування будується на детальному контролі дотримання всіх принципів сталого розвитку, визначених на попередніх стадіях: включення в проєкт енергоефективних систем опалення, вентиляції та кондиціонування, використання екологічно чистих будівельних матеріалів, а також впровадження систем управління відходами є ключовими аспектами. Одним з важливих аспектів сталого розвитку є забезпечення комфортних умов проживання чи роботи в будівлі. Відповідно розумне використання внутрішнього простору, природного освітлення та вентиляції також сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Врахування принципів сталого розвитку в процесі формалізованого адміністрування будівництвом є надзвичайно важливим для забезпечення сталого майбутнього. На всіх етапах будівельного проєкту, від концептуального планування до завершення будівництва, необхідно інтегрувати екологічні, економічні та соціальні аспекти сталого розвитку (рис.2.1) [130].

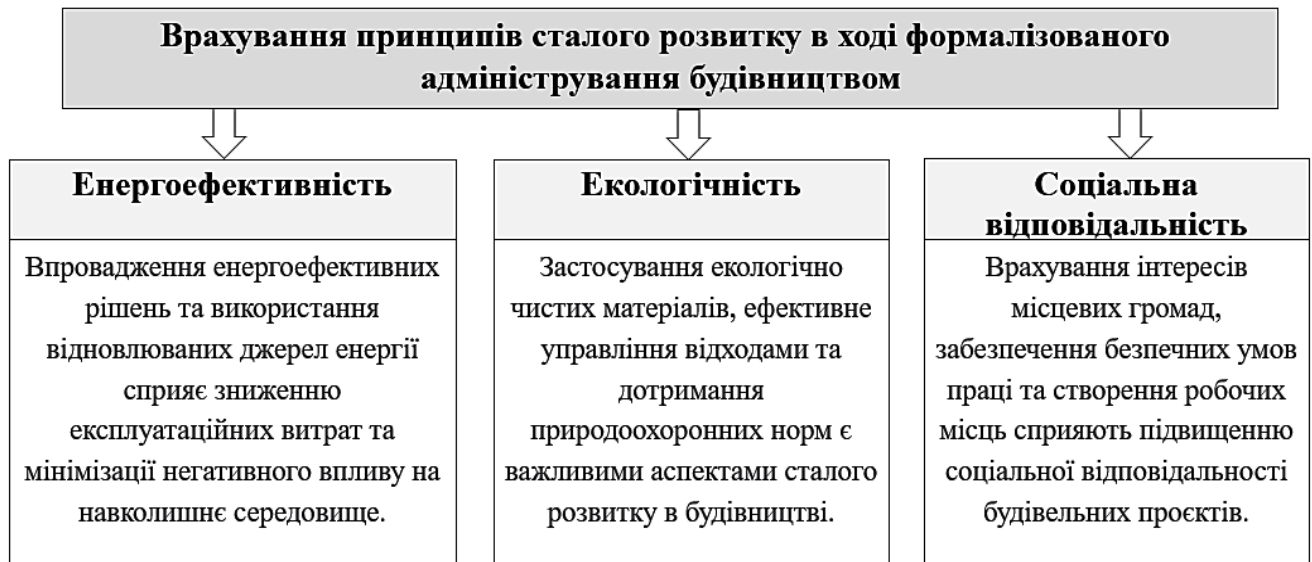


Рис.2.1. Врахування принципів сталого розвитку в ході формалізованого адміністрування будівництвом [130].

Це дозволяє створювати будівлі, які не лише відповідають сучасним вимогам, але й сприяють збереженню природних ресурсів та покращенню якості життя.

Процес формалізованого управління будівництвом на стадії реалізації будівельного проєкту має бути ретельно організованим і регламентованим. Це включає наявність детальних планів, процедур, інструкцій та контрольних етапів, що забезпечують послідовність та координацію дій всіх учасників.

Інструменти формалізованого адміністрування будівництвом (табл.2.3) повинні спиратись на [131]: використання спеціалізованого програмного забезпечення для управління проєктами, планування, контролю та моніторингу ходу будівництва; створення чітких систем звітності, які передбачають регулярне надання інформації про прогрес робіт, витрати, ризики.

Звітність має базуватись на чіткому веденні документації, у якій усі рішення, дії та результати мають бути належним чином задокументовані, що забезпечує прозорість, підзвітність і можливість аналізу; формуванні комплексних баз даних, що включають інформацію про матеріали, обладнання, підрядників, субпідрядників та інших учасників будівництва; ефективній системі обміну інформацією між усіма стейхолдерами проєкту.

Таблиця 2.3

Характеристика та оцінка етапів формалізованого адміністрування будівництвом на стадії реалізації будівельного проєкту

Етап реалізації будівельного проєкту	Напрями оцінки	Показники оцінки
1. Підготовка до реалізації проєкту в натурі	1.1. Створення тимчасової структури адміністрування проєктом	Своєчасне проведення тендерів та укладення договорів підряду та контрактів Стан забезпечення персоналом потрібної якості та кількості Чіткість розподілу функцій та відповідальності
	1.2. Організаційно-технічна, геодезична та технологічна підготовка будівництва	Час узгодження необхідної документації Відповідність проєктної документації нормативним вимогам та стандартам
	1.3. Ресурсно-логістична підготовка проєкту	Рівень забезпеченості проєкту необхідними ресурсами (матеріали, обладнання, кадри) Ефективність логістичних процесів Якість та своєчасність поставок матеріалів та обладнання
	1.4. Узгодження графіків та бюджетів впровадження проєкту	Відповідність КТП та кошторису проєкту очікуванням замовника та інвесторів Рівень узгодження графіків та бюджетів між учасниками проєкту Чіткість та прозорість системи бюджетного контролю
2. Будівництво, його бюджетний та технічний контроль	2.1. Спорудження об'єкта згідно з планом-графіком та бюджетом будівництва	Відсоток виконаних робіт відповідно до КТП Рівень дотримання технологічних норм та правил Якість виконаних робіт, кількість виявлених дефектів
	2.2. Контроль функціональної якості будівництва	Відсоток матеріалів, що пройшли вхідний контроль якості Кількість та результати лабораторних випробувань Відповідність виконаних робіт проєктній документації та нормативним вимогам

	2.3. Бюджетний контроль	Рівень дотримання бюджету проекту Відсоток фактичних витрат, що не перевищують планових Своєчасність виявлення та коригування бюджетних відхилень
3. Введення в експлуатацію	3.1. Підготовка до введення в експлуатацію	Час отримання необхідних дозволів та узгоджень Своєчасність проведення пусканалагоджувальних робіт Кількість та характер виявлених недоліків під час пусканалагоджувальних робіт
	3.2. Оперативне усунення недоліків, визначених генпідрядником / девелопером	Час усунення виявлених недоліків Якість усунення недоліків Відсутність повторного виявлення недоліків
	3.3. Введення в експлуатацію	Час оформлення актів введення в експлуатацію Відповідність об'єкта введеного в експлуатацію проектній документації та нормативним вимогам Наявність гарантій на виконані роботи

Джерело: розроблено автором на основі [130, 132]

Натепер формалізоване адміністрування будівництвом здійснюється усіма учасниками будівельного проекту. Зауважимо, що роль керівників будівельних компаній у проведенні інвестиційних будівельних проектів зростає щороку. Якщо близько п'яти років тому українські проекти переважно керувалися власною структурою замовника чи головного підрядника, то зараз понад половина іноземних інвесторів залучають зовнішні компанії з відповідною експертизою для цієї ролі. Не можна стверджувати, що будь-який із цих методів є кращим або гіршим за замовчуванням. Кожен з них має свої переваги та недоліки, які залежать від конкретних умов ведення бізнесу.

У девелоперських компаніях або у підприємств з розширеною мережею об'єктів, що постійно розвиваються, використання власної структури з чітко визначеними системними бізнес-процесами управління проектами є цілком обґрунтованим [133, с.96]. Це дозволяє їм мати повний контроль над всіма етапами проекту, забезпечувати його ефективність та відповідальність.

Наприклад, коли компанія тільки виходить на ринок України або реалізує

інвестиційно-будівельні проєкти з довгими інтервалами, або коли проєкт вимагає складної інженерної технології або сертифікації за стандартами екологічної дружності (BREEAM, LEED тощо), може бути економічно доцільніше залучити команду експертів у будівництві та управлінні проєктами. Це дозволить їй отримати доступ до необхідних знань, досвіду та ресурсів для успішного виконання проєкту [133, с.97].

Однак українські генеральні підрядники, які фактично поєднують у собі ролі керівника та виконавця, часто приймають на себе функції управління проєктами. Це може призвести до того, що генеральний підрядник буде перевантажений і не зможе ефективно приймати рішення щодо термінів, бюджету та якості проєкту.

Український ринок нерухомості традиційно характеризується тим, що функції управління проєктом зазвичай виконуються представником інвестора або власника, або співробітником генерального підрядника (наприклад, директором з будівництва, начальником відділу з будівництва тощо). Створення власної системи управління проєктами, незважаючи на зростаючу роль аутсорсингових компаній, є цілком виправданим для великих підприємств з обширним портфелем проєктів. Внутрішню структуру управління проєктами слід створювати для системних забудовників, для яких будівництво є основною діяльністю, або для підрядних організацій.

У той же час, внутрішня структура управління проєктами має свої недоліки, наприклад, відсутність чіткої відповідальності, оскільки відповідальність за трудовим контрактом може відрізнитися від договірних зобов'язань між компаніями. Тому за кордоном вважають за краще залучати спеціалізовані організації, які мають більший досвід. Зазвичай використання послуг аутсорсингових управляючих компаній рекомендується у випадку відсутності необхідних компетенцій, при реалізації нових проєктів для підприємства або якщо будівельний бізнес не є основною діяльністю.

Один із варіантів - делегувати лише певні управлінські обов'язки на аутсорсинг. Непрофільні для компанії функції, які передані на аутсорсинг,

зазвичай виконуються ефективніше. У сфері розробки нерухомості зовнішній управлінець часто виконує роль замовника або залучається для реалізації складних або специфічних етапів проєкту. Цікаво, що під час оцінки та вибору зовнішньої керуючої компанії експерти відзначають, що першим важливим критерієм є кваліфікація персоналу. Другим – досвід та портфель реалізованих проєктів, а третім ключовим пунктом є гарантії та відповідальність. Таким чином, партнер повинен працювати в межах жорсткого контракту та може нести значні фінансові зобов'язання за успішність кінцевого результату [134, с.59].

Кожен окремий проєкт нерухомості сам по собі не гарантує успіху девелопера у майбутньому. Кожен новий проєкт несе в собі ризики не лише для конкретної інвестиції, а й для всього підприємства в цілому. Тому при формуванні портфеля проєктів головним завданням компанії є вибір такого набору проєктів, який принесе максимальний прибуток при оптимальному співвідношенні ресурсів та ризиків. При цьому важливо враховувати деякі аспекти. По-перше, підприємство повинно чітко визначити свою стратегію, визначити мету через 3-5 років, розробити довгостроковий план з фінансовими цілями та показниками ефективності, визначити зацікавлених сторін, встановити поточні стратегії управління портфелем та його складовими, такими як проєкти та програми

В другу чергу, потрібно визначити склад проєктів, які ввійдуть до портфеля, встановити їх ефективність, виявити ризики та можливі події, які можуть стати перешкодою для досягнення стратегічних цілей. Якщо проєкт не відповідає стратегії підприємства, його потрібно відхилити. На третьому етапі, важливо прогнозувати зміни, оскільки зростання числа проєктів може вимагати розширення кадрового складу, впровадження нових методів та технологій тощо. Важливо правильно вибудовувати бізнес-процеси. Якщо цілі компанії досягаються за мінімальної участі керівника – це говорить про те, що система бізнес-процесів з управління вибудована грамотно [135, с.120].

Управління будівельними проєктами в Україні переходить на новий рівень, враховуючи різноманітні фактори: людські ресурси, розширення знань,

використання нових методик, технологій та норм. Швидкість реалізації, ефективність та функціональність рішень стають дедалі важливішими для роботи управлінських, проєктних чи будівельних організацій. Досягнення цих цілей без запровадження автоматизованої системи управління окремими проєктами або портфелями проєктів на сьогодні неможливе. Крім того, до вдосконалення системи управління компанії будуть стимулювати інші чинники, наприклад, створення складніших об'єктів нерухомості. Багато методик виникли як відповідь на конкретні завдання, що означає, що зі збільшенням складності об'єктів будуть застосовуватися більш комплексні та інноваційні методи й системи. Це стосується як методології, так і комп'ютерних та інженерних технологій.

Можна виділити три основні зміни в підходах до управління проєктами. По-перше, необхідність бути гнучким і впроваджувати нові елементи (наприклад, 3D-візуалізацію та BIM-технології), у тому числі з інших галузей. Відомі діаграми Ганта не завжди ефективні, особливо коли умови проєкту змінюються швидше, ніж встигає створюватися діаграма. По-друге, зростає значення юридичної складової в управлінні будівельними проєктами. Це означає залучення спеціалістів із дозвільної документації для пошуку компромісу між будівельними нормами та бажанням створити якісний об'єкт. Будівельні компанії повинні стати мостом між найкращими міжнародними практиками та їх адаптацією в Україні.

І по-третє, формування проєктної команди, здатність знайти мотивованих людей, професіоналів у галузі нерухомості. Компанія, яка зможе створити таку команду, буде успішно конкурувати як на локальному, так і на міжнародному ринку [136, с.29].

Ролі управління проєктами будівництва в основному покладаються на керівників проєктів – проєктних менеджерів (ПМ), які відповідають за планування, організацію та нагляд за різними завданнями, пов'язаними з будівельним проєктом. Менеджер проєкту відіграє центральну роль у забезпеченні успішного завершення проєкту, координуючи дії всіх учасників і

контролюючи різні аспекти будівництва та частіше за все представлений в ролі девелопера, будівельника - генпідрядника.

Можна виділити такі ключові ролі та обов'язки менеджера проєкту при управлінні будівельними проєктами (табл.2.4) [137, с.90].

Таблиця 2.4

Розподіл функцій та дій проєктного менеджера при реалізації будівельного проєкту

Ключові функції проєктного менеджера / керівника БП	Деталізація дій проєктного менеджера при виконанні відповідної функції
Планування	<ul style="list-style-type: none"> - забезпечити виконання робіт у встановлений термін. - спланувати завдання проєкту в межах прогнозованого бюджету. - переконатися, що проєкт будівництва відповідає всім будівельним нормам, та іншим юридичним вимогам. - чітко сформулювати та прописати план дій по реалізації БП. - повна відповідальність за те, щоб кожен етап проєкту був спланований заздалегідь, що є ключовою необхідністю успішного завершення проєкту.
Розподіл ресурсів	першочерговою необхідністю у проєктах будівельної сфери серед ресурсів є матеріальна. Керівник повинен зрозуміти, які матеріали потрібні, і переконатися, що їх вистачить для завершення роботи. Основним обов'язком керівника є забезпечення правильного розподілу ресурсів та відсутність дефіциту будь-якого з них.
Управлінський персонал	<p>управлінський персонал є ключовою відповідальністю керівника будівельних проєктів. Усі завдання не можна виконати самостійно - потрібно делегувати працівникам БП відповідно до їх робочих ролей та набору навичок.</p> <p>Під час прийняття на роботу важливо підбирати працівників, які відрізняються за рівнем кваліфікації, щоб забезпечити підвищення ефективності кожного співробітника БП.</p>
Створення контрольних показників	<p>бенчмаркінг - ефективна і поширена практика, що використовується в більшості компаній будівництва, що ґрунтується на порівнянні різних бізнес-процесів та показників ефективності з найкращими практиками в галузі. Одне з головних обов'язків менеджера проєкту - створити чіткий орієнтир для проєкту.</p> <p>Стрес-тести виконують функції контрольних точок, і менеджер використовує їх для оцінки проєкту, щоб побачити, як працюють співробітники для досягнення бажаного прогресу. Важливим є встановлення стенда КРІ для забезпечення дотримання найкращих стандартів у галузі. Без орієнтирів, керівнику будівельних проєктів буде складно контролювати проєктні ситуації та гарантувати результати</p>
Управління бюджетом	Одним із головних обов'язків керівника будівельних проєктів є управління бюджетом та фінансовим планом проєкту. Керівник проєкту повинен відслідковувати витрати, а також сформулювати резервну частину бюджету, виділену на незаплановані витрати. Важливо постійно інформувати команду про прогнози, поточні показники та тренди, бути готовим до незапланованих бюджетом ситуацій при реалізації БП.
Комунікація	Комунікація дуже важлива для будь-якої роботи, а особливо для керівника

проєкту. Важливо та необхідно визначати чіткі задачі щодо забезпечення продуктивності реалізації будівельного проєкту. Керівнику потрібно бути відкритим до ідей працівників, оскільки вони можуть мати ефективні ідеї з покращення роботи БП. Комунікація між працівниками необхідна, а також взаємодія між зацікавленими сторонами також є важливою. Відсутність спілкування з ними може призвести до непорозумінь та проблем у виконанні проєкту.

Джерело: сформовано автором за даними [135-138]

Таким чином, командна робота, планування, управління бюджетом та ресурсами, двостороннє спілкування – запорука успіху у досягненні кінцевої мети реалізації будівельного проєкту.

Будівельний проєкт є складним процесом, який потребує співпраці багатьох різних учасників (рис.2.2).



Рис 2.2. Мікро та макросередовища будівельного проєкту

Вони належать до мікросередовища проєкту. Кожен учасник проєкту має свою чітко визначену роль та відповідальність:

1. Генпідрядник несе головну відповідальність за виконання проєкту в

цілому, укладає договори з субпідрядниками для виконання окремих видів робіт, забезпечує загальне керівництво та координацію проєкту, контролює бюджет та графік проєкту.

2. Субпідрядники виконують окремі види робіт за договором підряду, спеціалізуються на виконанні своїх робіт, у яких є кваліфіковані та досвідчені.

3. Проєктний менеджер будівництва координує роботу всіх учасників проєкту, розробляє та реалізує план виконання проєкту, забезпечує дотримання бюджету, графіку та якості проєкту, вирішує проблеми, що виникають під час проєкту, звітує про хід виконання проєкту зацікавленим сторонам.

4. Фінансові аналітики проводять фінансовий аналіз проєкту, розробляють бюджет проєкту, моніторять витрати та роблять прогнози щодо майбутніх витрат, ідентифікують та оцінюють фінансові ризики проєкту, надають рекомендації щодо оптимізації витрат⁵. Зацікавлені сторони (стейкхолдери) - це особи або групи, які мають інтерес до успішного завершення проєкту (інвестори, замовники, користувачі, державні органи, місцеві громади) залучаються до проєкту на певних етапах життєвого циклу проєкту.

6. Головний інженер несе відповідальність за технічну сторону проєкту, керує розробкою проєктної документації, наглядає за виконанням будівельних робіт, забезпечує відповідність проєкту всім технічним вимогам, вирішує технічні проблеми, що виникають під час проєкту.

7. Інспектори і аудиторі проводять перевірки та інспекції для забезпечення дотримання норм та правил, перевіряють якість виконаних робіт, виявляють порушення та дають рекомендації щодо їх усунення, складають звіти про результати перевірок.

8. Архітектори і дизайнери розробляють концепцію проєкту, створюють креслення та макети, підбирають матеріали та обладнання, забезпечують естетичну привабливість проєкту.

9. Фахівці з інжинірингу проводять інженерні розрахунки, розробляють технічні рішення, наглядають за монтажем обладнання, забезпечують безпечну та надійну експлуатацію об'єкта[137].

Важливо, щоб всі учасники проєкту ефективно взаємодіяли один з одним, щоб проєкт був успішним.

До макросередовища проєкту, що здійснюють найбільший вплив на проєкт можна віднести :

- органи державного нагляду, які видають дозволи на будівництво, проводять контроль за дотриманням будівельних норм та правил, приймають об'єкт в експлуатацію.

- ноосфера - це сфера взаємодії суспільства та природи, яка акцентує увагу на ролі інтелекту та свідомості в еволюції Землі, підкреслюючи необхідність відповідального підходу до природних ресурсів та навколишнього середовища. Ноосфера складається з розумів, що взаємодіють, і включає антропосферу, техносферу та соціосферу [139, с.433];

- міжнародні інституції глобального сталого розвитку сприяють впровадженню принципів сталого розвитку в будівельні проєкти через використання екологічно чистих матеріалів, застосування енергоефективних технологій, зведення до мінімуму впливу проєкту на навколишнє середовище;

- цифрова трансформація, що передбачає використання цифрових технологій для покращення ефективності проєкту.

Цифровізація сьогодні є ключовим елементом розвитку суспільства, економіки та культури. Вона охоплює впровадження цифрових технологій у всі аспекти життя, перетворюючи традиційні процеси на більш ефективні та інноваційні. При виборі темпів цифровізації необхідно обрати найбільш прийнятний підхід: еволюційний чи революційний.

Еволюційний підхід до цифровізації притаманний економічно розвиненим країнам, характеризується поступовим впровадженням нових технологій і методів. Цей процес є тривалим і передбачає поетапне оновлення існуючих систем та інфраструктури. Еволюційна цифровізація супроводжується послідовними етапами інформатизації, автоматизації, цифрової інтеграції, інноваційними технологіями.

Інформатизація є початковим етапом, на якому організації використовують комп'ютери, бази даних, впроваджують базові інформаційні технології для автоматизації основних процесів, програмне забезпечення для управління бізнес-процесами.

На етапі автоматизації основний акцент робиться на підвищенні ефективності за рахунок автоматизації рутинних операцій, зокрема, впровадженні систем автоматичного контролю, управлінні ресурсами та оптимізації процесів. Цифрова інтеграція передбачає об'єднання різних цифрових систем і технологій для забезпечення більшої взаємодії та узгодженості. Організації впроваджують комплексні рішення, такі як ERP-системи, CRM-системи та інші інтеграційні платформи.

Найвищий рівень еволюційної цифровізації включає впровадження передових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання, Інтернет речей (IoT) та блокчейн [6, с.14]. Ці технології дозволяють організаціям кардинально змінювати підходи до ведення бізнесу та взаємодії зі споживачами. Еволюційний підхід має свої переваги, зокрема, через плавний перехід до нових технологій суспільство та бізнес-структури поступово адаптуються, надійно освоюючи цифрові технології, однак він є повільним не задовольняє підприємства та економіки, які потребують кардинальної модернізації та підвищення ефективності, щоб не втратити конкурентні переваги та надолужити відставання від більш технологічно розвинених країн, суб'єктів господарювання.

Революційний підхід до цифровізації передбачає кардинальні зміни та швидке впровадження нових технологій. Однією з головних характеристик революційного підходу є швидкість і масштабність змін. Організації, або навіть економіки, що обирають цей шлях, прагнуть якнайшвидше інтегрувати сучасні цифрові технології у всі сфери своєї діяльності. Це дозволяє їм швидко адаптуватися до змінних умов ринку, отримувати конкурентні переваги та значно підвищувати ефективність своєї діяльності. Водночас такий радикальний підхід потребує значних інвестицій для стрімкого впровадження диджиталізації процесів, формування цифрової екосистеми, вимагає зміни корпоративної

культури, глибокої переорієнтації моделей управління та окремих бізнес-процесів нанові цифрові принципи та інструменти, що забезпечують більш гнучке, ефективне та прозоре функціонування організації. Диджиталізація процесів передбачає швидке переведення всіх бізнес-процесів у цифровий формат, що включає відмову від паперових документів і використання цифрових платформ для управління всіма аспектами діяльності. Створення цифрової екосистеми передбачає формування повністю інтегрованої цифрової інфраструктури, яка об'єднує всі аспекти бізнесу, від виробництва до взаємодії з клієнтами. Це може включати створення цифрових двійників підприємств, використання великих даних для прийняття рішень та впровадження хмарних технологій. Інвестиції необхідні не лише для придбання нових технологій, але й для навчання персоналу, модернізації інфраструктури та впровадження нових систем управління. Важливо, щоб організації були готові до ризиків, пов'язаних з такими масштабними змінами, адже вони можуть викликати тимчасові збої у роботі та вимагати додаткових витрат на адаптацію.

Ключовим аспектом революційної цифровізації є зміна корпоративної культури. Традиційні підходи до управління та ведення бізнесу повинні поступитися місцем новим цифровим принципам та інструментам, що вимагає глибокої переорієнтації моделей управління та окремих бізнес-процесів на використання аналітики великих даних для прийняття стратегічних рішень, впровадження автоматизації для підвищення продуктивності та скорочення витрат, а також інтеграцію систем управління, що дозволяють в режимі реального часу відстежувати виконання проєктів та швидко реагувати на зміни в умовах ринку.

Впровадження цифрових технологій також передбачає створення умов для безперервного навчання та розвитку персоналу. Працівники повинні володіти необхідними навичками та знаннями для ефективного використання нових технологій у своїй повсякденній діяльності. Це означає, що організації мають інвестувати у навчальні програми, тренінги та розвиток своїх співробітників. Однак, варто зазначити, що революційний підхід не є універсальним рішенням

для всіх організацій. Він підходить тим, хто готовий до ризиків, має достатні фінансові ресурси та прагне швидко досягти значних результатів. Для інших організацій може бути доцільнішим еволюційний підхід, що передбачає поступове впровадження цифрових технологій.

Загалом революційний підхід до цифровізації відкриває перед організаціями нові можливості для розвитку та зростання. Він дозволяє швидко адаптуватися до змінних умов ринку, отримувати конкурентні переваги та підвищувати ефективність своєї діяльності. Проте, для успішної реалізації такого підходу необхідні значні інвестиції, адаптивність, безперервне навчання та розвиток персоналу відповідно до розвитку технологій [6, с.8].

Обидва підходи до цифровізації мають свої переваги та недоліки. Еволюційний шлях дозволяє організаціям поступово адаптуватися до нових умов, мінімізуючи ризики та витрати. Він підходить для організацій, які хочуть поступово впроваджувати інновації без значних потрясінь. З іншого боку, революційний підхід дозволяє швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі та отримати значні конкурентні переваги. Вибір між еволюційним та революційним шляхом до цифровізації залежить від багатьох факторів, включаючи розмір організації, доступні ресурси, корпоративну культуру та рівень готовності до змін.

2.2. Застосування сучасних цифрових та управлінських технологій для вияву факторів впливу та достовірного виміру масштабу відмов проєкту в середовищі вітчизняного девелопменту

Відповідно до розглянутих тут вимог до управління проєктами будівельного сектора та враховуючи дослідження у попередньому розділі пріоритетних напрямів формування і розвитку цифрової економіки запропоновано виділити пріоритетні напрями політики, які доцільно реалізовувати за стадіями цифровізації економіки (Додаток Б) [140].

Важливо підкреслити, що запровадження будь якої політики у сфері будівництва з елементами цифровізації має базуватися на єдності та системності,

де система - це група впорядкованих елементів (що включають як людей (працівників) у їх безпосередній взаємодії між собою та з технічними складовими, спрямована на досягнення певної мети або виконання певних завдань.

В сучасному будівництві для цифровізації є можливість застосування таких технологій, спрямованих на оптимізацію виробничих та бізнес-процесів, підвищення продуктивності та якості робіт, зниження витрат. Це, зокрема[141, с.112-113]:

- BIM (з англ. - Building Information Modeling) – є методом представлення будівель та інфраструктури проєктів у цифровій формі, включаючи всі їх елементи, роботи, параметри, відповідні норми та стандарти. Ця технологія покликана оптимізувати та узгодити процес проєктування між замовниками, ген-підрядниками та субпідрядниками в ході управління проєктами будівництва;

- IoT (з англ. - Internet of Things) являють собою автоматизовані мережеві технології, що дозволяють підключати різні пристрої та обладнання, які потрібні для автоматизації процесів управління будівельним проєктом та забезпечують можливість доступу до інформації про стан та хід виконання проєкту в режимі реального часу. На будівельному майданчику цими пристроями переважно є датчики, системи автоматизованого керування процесами, відеокамери, які поєднані у єдину систему та можуть, за певного налагодження, працювати автономно;

- AI, або штучний інтелект (з англ. - Artificial Intelligence) – використання комп'ютерних систем та алгоритмів, які, на основі машинного навчання, можуть аналізувати дані, виконувати складні обчислення та приймати рішення з метою оптимізації процесів. У будівництві така технологія може бути застосована для автоматизації проєктування, зокрема при виконанні рутинних, повторюваних завдань, наприклад, генерування графічних об'єктів за заданими параметрами, планування, управління ресурсами та контролю якості, обґрунтуванні вибору оптимального проєктного рішення;

-ERC (з англ. - Enterprise Resource Planning) - це інтегрована система програмного забезпечення, яка допомагає координувати і управляти різними аспектами бізнесу, такими як фінанси, виробництво, логістика, ресурси людських потреб, інвентаризація та інші. Ця система забезпечує обмін інформації між усіма підрозділами організації, що дозволяє підприємствам оптимізувати процеси, підвищувати продуктивність та приймати ефективні рішення на основі цілісної картини стану бізнес-процесів підприємства. ERC включає управління всіма ресурсами підприємства, а не лише будівельною діяльністю;

- програмне забезпечення для автоматизації будівельних підприємств (з англ. - Building Company Automation Tools) - це набір програмних інструментів, розроблених спеціально для потреб будівельної галузі, які допомагають здійснювати автоматичне виконання різних завдань та операцій, пов'язаних з управлінням будівельними процесами та проектами. Це програми для калькуляції кошторисної собівартості, бюджетування, планування ресурсів, обліку, контролю матеріалів та обладнання, автоматизовані системи документообігу та інші інструменти, які допомагають оптимізувати роботу будівельних підприємств, управління проектами, збільшити продуктивність та підвищити якість виконання проектів[2];

- AR і VR (з англ. - Augmented Reality/Virtual Reality) - це технології, що дозволяють візуалізувати перспективні потенційні результати будівництва на усіх його стадіях. AR дозволяє користувачам спростерігати віртуальну модель у вигляді, дво-, тривимірного зображення на екрані або у віртуальному просторі, та представити як буде виглядати майбутній будівельний проект в натурі, на місцевості на різних його етапах. VR (віртуальна реальність) надає можливість побачити майбутній вигляд мікрорайону, житлового комплексу, будівельного об'єкту через VR-окуляри, що дозволяє не тільки візуалізувати, але й виявити певні проблеми майбутнього проекту іще на підготовчій стадії, виконати перепланування, внести корективи та доповнення;

- Robotics - використання автоматизованих автономних машин, які створені для того, щоб виконувати програмовані, заздалегідь налаштовані функції; вони потрібні для виконання різних завдань на будівництві з обмеженим доступом працівників, або при роботі з небезпечними речовинами, при виконанні робіт високої точності, таких як різання, зварювання, що дозволяє прискорити процес будівництва, знизити ймовірність втрат від браку та підвищити безпеку робіт. Останнім часом на будівельному майданчику використовуються дрони, які доставляють матеріали на будівельний майданчик, контролюють безпеку, спостерігаючи за подіями по периметру об'єкта, забезпечують охорону території будівництва. Водночас, не дивлячись на прогрес у розвитку автоматизації, наразі ця технологія ще не досягла рівня, коли може повністю замінити працю людини на будівельному майданчику. Людський фактор залишається невід'ємною складовою будівельних процесів, оскільки будівництво поєднує в собі десятки процесів, а в деяких випадках потрібен творчий підхід, гнучкість та прийняття рішень в реальному часі, що поки що перевершує можливості автоматизації;

- хмарні технології (з англ. - Cloud Computing) - використовуються для зберігання даних і виконання обчислень, забезпечення доступу до спільних файлів на віддалених серверах. Їх використання дозволяє підприємствам зменшити витрати на ІТ-інфраструктуру, підвищити масштабованість, забезпечити більшу доступність даних та покращити координацію між проектними групами чи окремими виконавцями для ефективної спільної роботи. У будівництві це дозволяє різним учасникам проекту, таким як архітектори, інженери та замовники, спільно працювати над проектом, ділитися даними та спілкуватися в реальному часі, що покращує комунікацію та співпрацю;

- Blockchain – технологія, яка дає змогу створювати надійні та захищені бази даних, які не можуть бути змінені або видалені. У будівельній галузі Blockchain - технологія може бути використана для «створення ланцюжка поставок, обліку виробництва і контролю якості матеріалів» [2];

- програми 3D проєктування, наприклад Autodesk Revit, засновані на технології інформаційного моделювання будівель (BIM), що дозволяє поєднати при проєктуванні архітектурні, інженерні, технологічні, дизайнерські рішення з кошторисними розрахунками, специфікацією будівельних конструкцій, виконати моделювання будівництва. Призначається для проєктування, будівництва та управління експлуатацією високоякісних, енергозберігаючих будівель. На відміну від звичайних програм 2D, програма 3D проєктування моделей на основі BIM-технології в будівництві зберігає не просто графічні об'єкти, а інформацію, що дозволяє автоматично генерувати креслення та звіти, здійснювати аналіз стану реалізації проєкту, створювати графіки Ганта, циклограми, мережеві графіки виконання робіт, управляти експлуатацію об'єктів, тощо. Також програма 3D проєктування на основі технології інформаційного моделювання дозволяє підтримувати розподілені групи, завдяки чому кілька користувачів можуть працювати з єдиною моделлю на протязі всього життєвого циклу об'єкта, що дозволяє виключити дублювання введення даних, знизити можливість помилок, підвищити рівень координації при використанні масиву пов'язаних даних різними учасниками проєкту [2];

- Високо деталізовані геоприв'язані 3D-моделі як елемент цифрового адміністрування проєктами - це унікальний інформаційний продукт, який відкриває величезні можливості для містобудівників, архітекторів, проєктувальників, інвесторів, спеціалістів енергоаудиту тощо. Тривимірні моделі дозволяють визначати висоту, площу і об'єм будівель, оцінювати їх стан, фіксувати дефекти та відстежувати прогрес будівництва. Їх широке застосування відіграє важливу роль у збереженні культурної спадщини під час військових дій, оскільки тривимірні моделі дозволяють точно документувати та зберігати інформацію про вигляд історичних споруд. Це може допомогти відтворити з високою точністю пам'ятки архітектури, зруйновані війною, а також допомогти при веденні реставраційних робіт. Також геоприв'язані 3D-моделі можуть використовуватися для просторового аналізу в міському проєктуванні,

великомасштабного картографування, планування й межування, реклами, контролю землевикористання та вирішення екологічних задач [2];

- технологія 3D-друку, що дозволяє швидко створити конструктивний елемент на основі використання цифрової моделі, що відкриває безліч можливостей для створення різноманітних форм з високою точністю та відповідністю розмірів кожного елемента проєктним параметрам, з використанням різних матеріалів (полімерів, гіпсу, бетону, відходів виробництва) що дозволяє втілювати найрізноманітніші дизайнерські рішення, як безпосередньо на об'єкті, і в допоміжних підрозділах.

У сфері цифрової інфраструктури це означає об'єднання різноманітних технологічних рішень та платформ для забезпечення неперервної та ефективної роботи цифрових сервісів, що передбачає сприяння співпраці між різними учасниками, такими як розробники, аналітики, керівники проєктів та кінцеві користувачі, з метою забезпечення відповідності системи бізнес-потребам та задоволення потреб користувачів. Цей підхід дозволяє створювати гнучкі та масштабовані системи, які можуть адаптуватися до змін у вимогах та інтегрувати новітні технології[141, с.114].

Такі мережеві структуриможуть виконувати комплексні будівельні проєкти, що включають в себе компанії з різних сфер, таких як проєктування, будівництво, постачання обладнання, монтажні роботи, технічна підтримка та інженерний супровід інвестиційних проєктів. Основною перевагою такої організаційної структури є можливість використання інформаційного моделювання для поєднання різних етапів будівельних проєктів, введення об'єктів по частинах, контроль за їх виконанням, внесення значних змін та скорочення строків вкладень. Темпи і масштаби технологічного прогресу у будівельній галузі будуть залежати від швидкості впровадження автоматизованих методів будівництва та розповсюдження робототехніки та технологій з мінімальним втручанням людей.

Протягом останніх півтора десятиліття у будівельній індустрії можна визначити дві основні тенденції: «зелене будівництво» і застосування технології

інформаційного моделювання будівель. Незважаючи на те, що ці напрями здаються різними, насправді вони взаємозалежні. Досягнення цілей "зеленого будівництва" можливе лише за умови тісної співпраці всіх учасників не лише проєктно-будівельного процесу, а й експлуатації будівлі, яка закріплена в концепції інтегрованого проєктного процесу. Втілення цієї концепції на практиці стає можливим завдяки застосуванню технології інформаційного моделювання будівель.

Швидке впровадження комп'ютерних методів інформаційного моделювання на всіх основних етапах будівельного циклу, а також інших сучасних ІТ-технологій, значно змінює будівельну галузь. Інноваційне технологічне оновлення будівельної сфери є необхідним для створення конкурентної переваги в стратегічній перспективі, оскільки глобальна конкуренція на ринку будівельних послуг зростає, а інноваційно-технологічний розвиток прискорюється.

Інформаційне моделювання будівель і споруд –це «процес колективного створення та використання інформації про спорудження, що формує надійну основу для всіх рішень на протязі життєвого циклу об'єкта» [142].

ВІМ розшифровується як building information model або modeling і являє собою модель або моделювання будівельних об'єктів і взагалі будь-яких інженерних споруд» [143].

Концепцію інформаційного моделювання будівлі як засобу її параметризації вперше запропонував у 1975 році професор Технологічного інституту (Джорджія) Чак Істман (Chuck Eastman), назвавши її Building Description System (Система опису будівлі) [142, 143].

У 1986 р. англієць Robert Aish вперше використав термін Building Modeling у сучасному значенні під час проєктування Терміналу 3 в аеропорту Хітроу. Він також сформулював основні принципи інформаційного підходу до проєктування: тривимірне моделювання, автоматичне створення креслень, інтелектуальну параметризацію об'єктів, відповідні бази даних для об'єктів і розподіл будівельного процесу на часові етапи [144].

Термін BIM (Building Information Modeling) вперше з'явився у 1992 р. в роботі G.A. van Nederveen і F.P. Tolman, Нідерланди [145]. Незабаром BIM був прийнятий компаніями Bentley Systems, Autodesk, Graphisoft та ін. і ця назва закріпилась в словнику спеціалістів з автоматизованого проєктування всього світу.

Інформаційне моделювання будівель (BIM) є однією з перспективних розробок у галузі архітектури, інженерії та будівництва. Це змінює підхід до ведення бізнесу підрядниками та інженерами, проте програма BIM все ще є відносно новою, і є перспективи її розвитку. Один із способів навчання для нових користувачів перед впровадженням в даному напрямку - спостереження за тим, як інші компанії використовують BIM, а також випробування його на практиці. BIM було введено більше десяти років тому в основному для заміни насиченого інформацією архітектурного 3D моделювання традиційними 2D малюнками. Прихильники BIM називають це порятунком для складних проєктів через його здатність виправляти помилки на ранній стадії проєктування та точно складати графік будівництва.

Хоча в останні роки термін «інформаційне моделювання будівель» або «BIM» набув широкої популярності, він не мав стабільного визначення. За словами Патріка Суерманна, Національного керівника групи стандартів моделювання будівництва (NBIMS): «BIM - це віртуальне представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта від початку до кінця. Таким чином, він служить спільним сховищем інформації для спільної роботи протягом життєвого циклу об'єкта». Національний інститут будівельних наук (NIBS) розглядає його як «цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта... та спільний ресурс знань для інформування про об'єкт та створення надійної основи для прийняття рішень протягом його життєвого циклу, визначеного як існуючий від найранішого концепту до знесення» [146, с.202]. Але загалом, технологія BIM дозволяє побудувати точну віртуальну модель будівлі у цифровому вигляді. Створені комп'ютером моделі містять точну і добре визначену геометрію та відповідні дані, необхідні для полегшення

будівництва, виготовлення та закупівлі матеріалів, а також для реалізації остаточної будівлі.

BIM в основному складається з концепції 3D-моделювання, доповненої інформацією з технології баз даних та сумісного програмного забезпечення, доступного на настільних комп'ютерах, яке архітектори, інженери та підрядники можуть використовувати для проєктування об'єкта та імітації будівництва. Ця технологія дозволяє членам команди проєкту створювати віртуальну модель конструкції та всіх її систем у 3D та обмінюватися цією інформацією один з одним. Креслення, фіксації та деталі конструкції є основними для моделі, включаючи такі атрибути, як геометрія будівлі, просторові відносини, кількісні характеристики будівельних компонентів та географічна інформація. Вони дозволяють проєктній команді швидко виявляти проблеми проєктування та будівництва та їх вирішення у віртуальному середовищі задовго до фази будівництва в реальному світі.

Отже, BIM - це передусім процес, за допомогою якого створюється та керують даними про будівництво протягом життєвого циклу проєкту. Зазвичай він використовує тривимірне програмне забезпечення для динамічного моделювання будівель у режимі реального часу для управління та підвищення продуктивності у проєктуванні та будівництві будівель. Цей процес створює інформаційну модель будівлі, що охоплює всі відповідні дані, що стосуються будівництва, включаючи геометрію, просторові дані, географічну інформацію та властивості будівельних компонентів. Технологія будівництва для BIM продовжує вдосконалюватися з часом, оскільки підрядники, архітектори, інженери та інші продовжують знаходити нові способи покращення процесу BIM.

BIM дозволяє зменшити ризик завдяки збільшеній доступності та якості інформації протягом усього процесу. Переглядаючи проєкт, ви не лише підвищуєте ефективність через виявлення конфліктів, координацію, планування та інші аспекти, але також зменшуєте ризик власника стати жертвою непередбачених подій та перевитрат бюджету через претензії тощо. У сучасній

економіці власники, які вкладають великі кошти у реалізацію проєкту, стають більш обережними. Отже потрібно довести, що існує значно кращий сценарій ризику, а це те, що забезпечує BIM.

Швидке впровадження BIM корінно змінює підхід до проєктування для команд розробників, дозволяючи їм спілкуватися, вирішувати проблеми та збільшувати ефективність у розробці проєктів швидше та з меншими витратами. У сучасному конкурентному будівельному ринку вже недостатньо просто виконати проєкт у реальному світі з бетону, балок, металу, труб та стійок. У багатьох випадках запити на пропозиції для більшості великих проєктів тепер вимагають, щоб підрядники та субпідрядники спочатку реалізували проєкт у віртуальному світі за допомогою BIM, і це має сенс (рис.2.3).

Ефективне використання BIM може значно позитивно вплинути на проєкт, сприяючи вдосконаленню дизайну, покращенню конструкції та швидшому завершенню проєкту, що приносить економію часу і грошей як для власника, так і для команди проєкту. BIM також виступає як рішення для зменшення відходів і неефективності під час проєктування та будівництва будівель, хоча деякі організації використовують очікувальний підхід, щоб знайти чіткі докази повернення інвестицій у BIM.

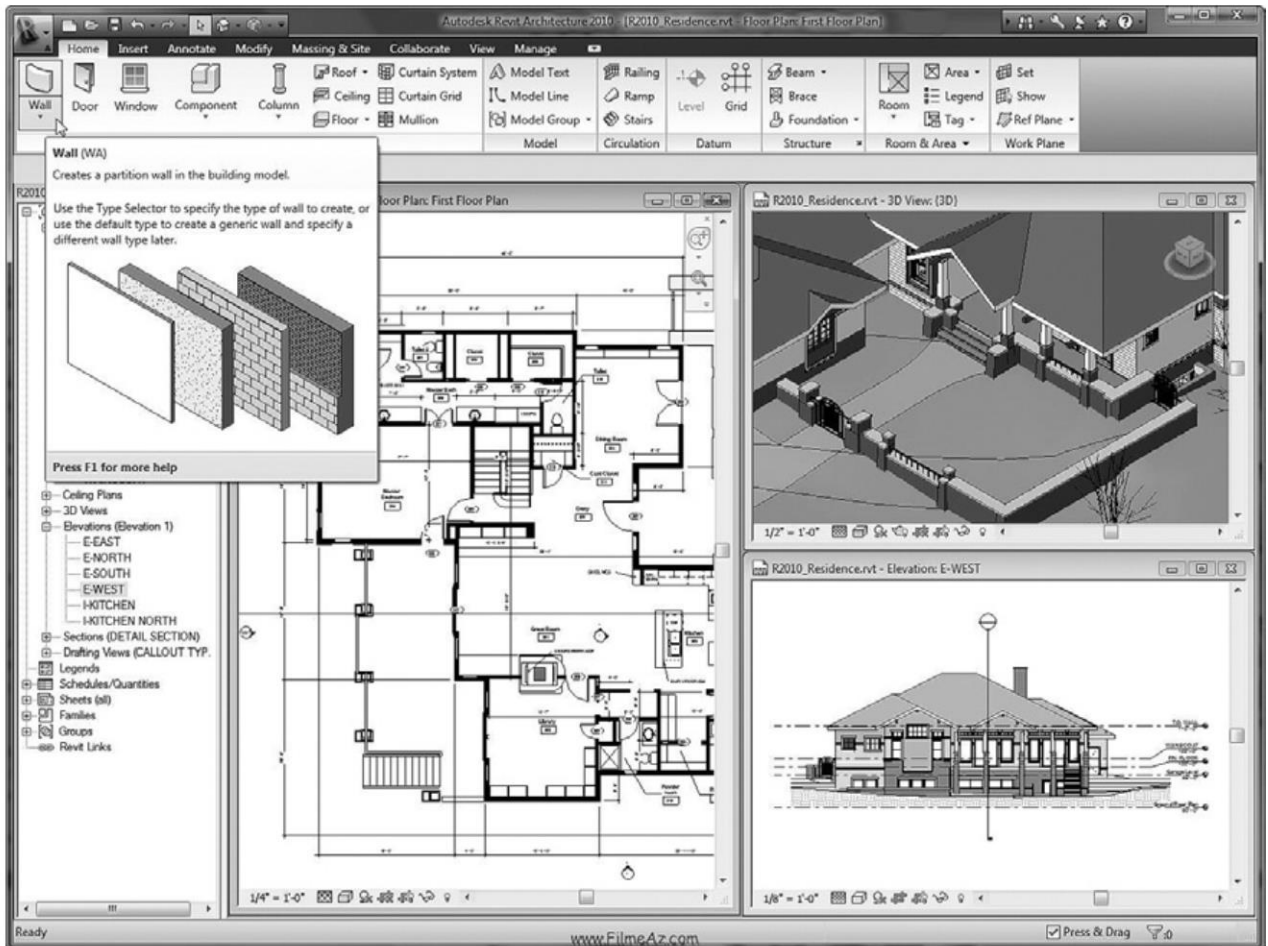


Рис. 2.3 Використання рішень Autodesk BIM для досягнення кращих результатів проектування [146].

Найзначучі переваги BIM включають:

- зменшення чистих витрат і ризиків для власників, дизайнерів та інженерів;
- розробка схематичної моделі перед створенням детальної моделі будівлі, що дозволяє проектувальнику зробити більш точну оцінку запропонованої схеми та визначити, чи відповідає вона функціональним та стійким вимогам, встановленим власником; це сприяє збільшенню продуктивності проекту та загальної якості;
- підвищення продуктивності завдяки легкому доступу до інформації.
- покращене узгодження будівельної документації;
- координація будівництва, що скорочує час будівництва та невдалих змін.
- зниження витрат і ризиків підрядників та субпідрядників;

- точні та узгоджені двовимірні креслення, створені на будь-якому етапі проектування, що скорочує час виготовлення будівельних креслень для різних дисциплін дизайну та мінімізує кількість потенційних помилок в процесі їх складання;
- підвищення швидкості реалізації проекту.

Як було зазначено раніше, очікується, що впровадження технології BIM суттєво змінить будівельну галузь та принесе покращення у загальні системи проектування будівельних проєктів. BIM швидко стає домінуючою системою для розробки проєктів, оскільки переваги його використання виявляються значною перевагою над його недоліками та мають потенціал для зменшення ризиків. Однак необхідно повністю розуміти його вплив на проблеми та ризики в проєкті [147].

Крім того, виявлено, що BIM починає розмивати розподіл відповідальності, що розвивався протягом поколінь, до такої міри, що він стає необхідним для всіх членів команди проєкту (архітекторів, інженерів, підрядників, власників та забудовників) приймати правові гарантії. Це може зайняти роки, щоб повністю зрозуміти обсяг юридичних наслідків BIM та джерела потенційного ризику, який створюється його використанням у будівельних проєктах.

Важливо обговорити тип спілкування між різними сторонами, що беруть участь у проєкті, а також те, як повинен відбуватися обмін даними. Використання тривимірної інформації, яке забезпечується інформаційним моделюванням будівництва, є великою перевагою, оскільки це дозволяє всім членам будівельної команди візуалізувати багато компонентів проєкту та визначити, як вони працюватимуть разом. BIM та інші 3D інструменти передають цю ідею та задум дизайнера для всієї будівельної команди, створюючи основу для інтегрованої реалізації проєкту [148].

Інтегрована реалізація проєкту (ІРП) - це нещодавно прийнятий інноваційний підхід до проектування та будівництва будівель. В основі ІРП лежить збереження всіх даних, що впливають на проєкт, в одній єдиній базі

даних. ІРП проєкти можна охарактеризувати наступними загальними темами: правові відносини, керівний комітет, стимулюючий пул, робоче середовище без звинувачень, допомога в дизайні, програмне забезпечення для співпраці, бережливе будівництво та інтегроване лідерство.

Впровадження BIM вносить численні нові завдання та відповідальності управління та координації цифрових моделей будівель. Це означає, що з'являються не лише нові ролі в команді проєкту, але й нові професії. Найважливішими серед них є BIM-менеджер, BIM-координатор і BIM-модельєр. На сьогоднішній день не існує узгоджених описів цих ролей.

Більшість інструкцій приписують BIM-менеджеру стратегічну роль у компанії, яка передбачає керівництво переходом до цифрових практик і розробку керівництва щодо робочих процесів, вмісту моделі та найкращих практик. Натомість, BIM-координатор — це роль, призначена на основі кожного проєкту, і вона відповідає за координацію визначення спеціалізованих дисциплін, об'єднання підмоделей, перевірку вмісту моделі та застосування контролю якості для задоволення вимог клієнта. Модельєр BIM є інженером або архітектором, відповідальним за розробку моделі.

Рівень впровадження та рівень розвитку BIM відрізняються в різних країнах світу. Деякі з них уже досягли значного прогресу у впровадженні методів BIM. Серед піонерів можна відзначити Сінгапур, Фінляндію, Корею, США, Великобританію та Австралію. У всіх цих країнах уряд та його допоміжні органи відіграють ключову роль у встановленні вимог щодо використання BIM та сприянні його впровадженню.

Отже можна підсумувати викладений матеріал. Типові випадки використання BIM включають візуалізацію, узгодження дизайну, створення креслень, кількісний зліт, моніторинг прогресу та об'єкт управління. Застосування методів BIM забезпечує значні переваги порівняно зі звичайними процесами на основі креслення, включаючи більш ефективні процеси, зменшення помилок у проєктуванні та будівництві, а також покращену

прозорість процесу будівництва, що в кінцевому підсумку допомагає зменшити витрати та ризики щодо перевитрати часу та бюджету.

Кожен варіант використання BIM передбачає різні вимоги щодо рівня геометричної деталізації та рівня наданої моделлю інформації. Термін «Рівень розвитку» став важливою концепцією при визначенні вимог BIM [149].

Фактичне створення BIM-контенту та його обробка для реалізації варіантів використання досягається за допомогою різних програмних додатків. BIM є методом управління інформацією, а не одним програмним продуктом, тому обмін даними між зацікавленими сторонами відбувається за допомогою різних систем BIM.

Використання BIM потребує суттєвих змін у робочих процесах і процедурах будівельної індустрії. Оскільки ця галузь є дуже фрагментованою, поштовх для застосування BIM повинен надходити від клієнтів, які мають передбачати та сприяти використанню цих методів. Державний сектор відіграє особливу роль у цьому відношенні. З одного боку, він має достатньо повноважень, щоб змінити практику роботи в будівельному секторі. З іншого боку, він зобов'язаний дотримуватись точних правил щодо закупівлі послуг з проектування та будівництва. Досвід країн з найпередовішим впровадженням BIM показує, що для стимулювання цифровізації будівельного сектору необхідна сильна політична воля [150]. Формування інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом лежить у площині аналізу функціональних ролей учасників будівельно-інвестиційних проєктів. Серед ключових стейкхолдерів проєктів будівництва можна виділити замовників, архітекторів, будівельні підрядні організації, проєктувальники інфраструктури, інженерних мереж та будівельних конструкцій [101].

На рис. 2.4 наведено групи спеціалістів, які працюють з майбутнім об'єктом будівництва, починаючи від його задуму, проектування і закінчуючи подальшою експлуатацією. Згідно з загальноприйнятою практикою, архітектори розробляють концепцію будівлі та створюють основний архітектурний проєкт, тобто ту первинну частину моделі, яку потім беруть за основу інші учасники

проєкту, для яких архітектурна частина служить своєрідним «лекалом», за яким створюються інші, більш спеціалізовані креслення та здійснюється деталізація загальної моделі споруди в розрізі окремих спеціалізованих видів робіт [151, с.42].



Рис.2.4. Основні користувачі інформаційної моделі будівлі [151, с.43]

Інженери-конструктори відтворюють основну структуру будинку, на основі них проєктують плани зведення та монтажу конструктивних елементів, його інженерне устаткування. Технологи розробляють схему будівництва, архітектори проєктують, а дизайнери оформлюють стилістично як сам будинок, так і оточуючий ландшафт. Аналітики та економісти працюють над бюджетом і економічною ефективністю проєкту.

У цьому процесі всі фахівці тісно співпрацюють, кожен з них робить свій внесок на певному етапі. Спочатку інженери визначають конструктивні характеристики та несучі елементи, технологи розробляють план будівництва, архітектори ґрунтуються на цій основі, проєктуючи естетичну складову та вписуючи будинок в ландшафт, а аналітики та економісти на завершальному етапі коригують проєкт з урахуванням бюджету та економічної доцільності.

Однак можливі й інші сценарії: іноді проєкт починається з ідеї конструктора чи технічної необхідності (наприклад, у випадку промислової споруди). У таких випадках архітектори долучаються до роботи на пізніших етапах, адаптуючи дизайн до вже визначених конструктивних та функціональних вимог.

Важливо зазначити, що інформаційна модель проєкту завжди залишається всебічною та «працює на всіх» фахівців. Конкретна послідовність їх участі у моделюванні може відрізнятися, адже вона визначається конкретною потребою та логікою створення об'єкта.

За допомогою BIM можна здійснювати виготовлення необхідної опалубки, створення несучих конструкцій (таких як колони, балки, плити перекриття тощо), закупівлю будівельних матеріалів, устаткування для обладнання будівлі (таких як ліфти, насоси, електричні мережі, системи опалення, кондиціонування), складання кошторисів, формування замовлень як за загальним обсягом, так і за календарним графіком, визначення загального обсягу необхідних фінансових ресурсів та складання графіку платежів для замовлення матеріалів і устаткування. Крім того, BIM служить «основою для організації будівництва, взаємодії девелопера, генерального та субпідрядників, технології складання графіків, схем і календарних планів, управління потоком поставок і послідовністю монтажу, фінансового обслуговування процесу будівництва» та інше[151, с.43]. Використання BIM-моделювання дозволяє оперативного синхронно для усіх користувачів вносити зміни в конструктивні чи інші частини проєкту та сам процес будівництва у випадку необхідності.

Ретельна робота з потенційним інвестором на етапі проєктування передбачає виконання принаймні трьох основних умов[152]:

1. Замовник (інвестор) має повністю зрозуміти всі аспекти будівництва, включаючи компоненти будівлі, її обладнання та організацію робіт.
2. Необхідно мати можливість оперативного реагувати на зміни в проєкті, враховуючи нові вимоги замовника, при цьому не порушуючи графік виконання.
3. При кожній зміні проєкту має бути можливість отримати швидко економічні оцінки та іншу технічну інформацію.

Ці умови успішно втілюються завдяки концепції створення інформаційних моделей будівель.

Як приклад успішного застосування BIM можна згадати його використання у процесі будівництва нового корпусу Музею мистецтв (Денвер, США), який мав складну конструкційну форму, відповідно, використовувалася спеціально розроблена для цього об'єкта інформаційна модель. Завдяки використанню BIM у 2006 р. для організації взаємодії з субпідрядниками та оптимізації графіка робіт, термін будівництва скоротився на 14 місяців, що призвело до економії приблизно 400 тисяч дол., що складає близько 6% від кошторисної вартості проєкту (рис.2.5).



Рис.2.5. Видгляд фасаду та BIM модель каркасу Музею мистецтв (Денвер, США) [96, с.92]

В теперішній час трансформація будівельної галузі асоціюється з спільною тенденцією впровадження диджитал-технологій на етапі розробки архітектурних та конструкторських креслень. BIM-моделі дозволяють з високою точністю втілити архітектурні форми та врахувати технологічні конструктивні вимоги (рис.2.6) [97, с.11].

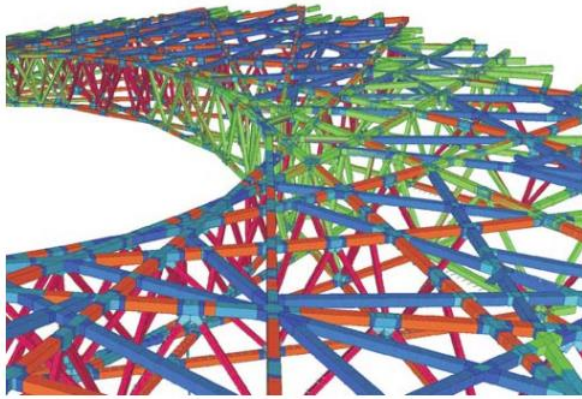


Рис.2.7. Вигляд BIM-моделі каркасу та вже побудований у 2008 р. стадіон Bird's Nest, Пекін (КНР) [97, с.11]

В Україні також було застосовано та виявилось ефективним BIM моделювання. За допомогою BIM було збудовано великі торговельно-розважальні центри - Ocean Plaza, Республіка у Києві, також його було використано для укріття над ЧАЕС зі складним конструктивним рішенням.

Дослідивши сучасні тренди цифровізації сфери будівельних проєктів можна виділити такі додаткові цифрові елементи та їх переваги [153]:

- «віртуальна будівельна відеогра» - інтерактивний тривимірний робочий простір в програмі, що дозволяє як проєктувальникам, так і споживачам переміщуватися у тривимірному просторі, як наче бродити своїми розробками, як у відеогрі, розглядаючи як буде виглядати майбутній сконструйований вузол, спроектований об'єкт, це технологія віртуальної реальності позначаючи конструкційні особливості чи проблеми;

- здатність BIM до створення повних тривимірних моделей будівель, які не лише відображають їхню архітектурну красу, але й враховують всі технічні, структурні та функціональні аспекти;

- зменшення кількості помилок при будівництві - за допомогою вбудованого трекера, члени проєктної команди можуть співпрацювати в режимі реального часу, спільно опрацьовуючи та розподіляючи завдання. Це значно прискорює процес роботи та економить до 40% оплачуваного часу замовників. Завдяки цьому, помилки, такі як, наприклад, порушення пожежної безпеки, санітарних

норм, вимог до доступності для людей з обмеженими можливостями, можна виявити та виправити ще на стадії проєктування, до початку будівництва;

- вірний облік робочого часу бригад та виконавців - масштабні будівельні проєкти переважно є доволі складні і дороговартісні, відтак досить важко охопити та якісно врахувати усі деталізовані види робіт, чисельність та час робітників, обсяги та вартість конструкцій та матеріалівна весь процес будівництва. Мобільний додаток дозволяє робітникам облікувати свої години на смартфоні, автоматично передаючи ці звіти на затвердження виконробам. За GPS-даними виконроби можуть відстежувати, де саме перебували працівники у той чи інший час. Це також дозволяє вчасно помічати протермінування робіт;

- налагоджені комунікації - у сучасному світі, де швидкість, ефективність та точність є ключовими компонентами успішного будівництва, технологія Building Information Modeling (BIM) як інноваційна платформа не лише відкриває нові можливості для інженерів та архітекторів, але й перетворює підхід до спільної роботи в галузі будівництва. Справжня сила BIM полягає в його можливості координувати роботу всіх учасників будівництва та забезпечувати їх взаємодію на кожному етапі проєкту. Завдяки цій платформі, всі зміни та оновлення вносяться в єдину модель, що гарантує їхню точність та узгодженість. Це допомагає уникнути непорозумінь та помилок, які раніше могли виникати через недостатню комунікацію між різними групами фахівців, шляхом оптимізації проєктів та планування робіт, команди можуть досягати більшої продуктивності та ефективності, що в свою чергу призводить до скорочення термінів виконання проєктів та зниження витрат.

У світі, де будівництво стає все більш складним та вимагає відповідати високим стандартам якості та ефективності, BIM виходить на передові позиції як необхідний інструмент для досягнення цих цілей. Його можливості в спільній роботі відкривають нові горизонти для будівельної галузі, дозволяючи творити більш інноваційні, ефективні та стійкі будівлі.

Забезпечення надійності будівельного процесу, зокрема, своєчасне введення в експлуатацію об'єктів у визначені терміни та з чітко визначеними витратами, є

складним завданням у будівництві порівняно з іншими галузями української економіки. Це зумовлено низкою факторів, зокрема:

- складністю та масштабністю проєктів будівництва, а також складною будівельною системою, яка має численні взаємозв'язки не лише всередині будівельних організацій, але й з іншими галузями економіки;

- впливом великої кількості факторів, яким будівельна галузь піддається та які можуть спричинити дестабілізацію будь-якої стадії будівельного процесу або його компонентів на будь-якому етапі виконання робіт;

- каскадний характер відмов, коли відмова однієї з компонентів будівельного процесу може призвести до відмов в інших компонентах.

Тому важливою проблемою в сучасних умовах є здатність розробників організаційно-технологічних рішень у будівництві передбачати та мінімізувати ймовірність виникнення таких відмов.

Класифікація відмов та причин їх появи досить добре відома. Більшість дослідників, що аналізують проблеми організаційно-технологічної надійності в будівництві, виділяють наступні фактори:

- технічні відмови у роботі машин та механізмів, проблеми з інженерними мережами, комунікаціями, низька якість матеріалів та зміни у проєкті під час будівництва;

- технологічні порушення, недотримання технологічних норм у виконанні робіт, виправлення дефектів, неочікувані роботи, зміна складу працівників або їх кваліфікації, порушення правил безпеки;

- організаційні порушення у графіку робіт, несвоєчасне надання документації, порушення термінів підрядних організацій, зміни у послідовності виконання робіт, перерви у постачанні ресурсів, нестача кваліфікованих працівників;

- управлінські порушення комунікації та передачі інформації, несвоєчасне прийняття рішень, помилки у плануванні, недосвідчене керівництво;

- соціальні проблеми, що обумовлюють невиконання робочого графіку, неспроможність виконавців виконати завдання, низька кваліфікація працівників, невідповідність інтересів технічного нагляду;

- кліматичні та погодні умови, такі як снігопад, ожеледь, сильний вітер, дощ, морози та стихійні лиха;

- екологічні фактори, зокрема необхідність реагування на зміни стандартів захисту навколишнього середовища, екологічні катастрофи, зміни в природних умовах внаслідок зміни клімату;

- безпекові фактори - необхідність врахування нових вимог до проєктування об'єктів через військові дії.

Усі учасники інвестиційного процесу зацікавлені в розумінні та оцінці впливу кожного з наведених факторів. Це дозволить їм своєчасно реагувати на негативні події, а в кращому випадку - передбачити їх виникнення ще на етапі розробки організаційно-технологічних рішень та вжити заходів для їх усунення.

Однак виконання цього завдання потребує постійних витрат ресурсів. Тому важливо не лише забезпечити будівельників необхідними ресурсами, але й мінімізувати негативний вплив факторів ризику, враховуючи ймовірність їх виникнення.

Характер будівельного процесу характеризується великою кількістю факторів, які негативно впливають на ефективність будівництва, і більшість з них пов'язані з недоліками в організаційно-технологічних рішеннях. Основні серед них [154]:

- нераціональне використання робітників та машин;
- неправильна комплектація бригад;
- погана організація робочого місця, непередбаченість фронту робіт;
- незручне складування і збереження конструкцій на будівельному майданчику;
- відсутність необхідних інструментів, засобів; виправлення заводських дефектів у готових конструкціях і виробках;
- виправлення браку в роботі, порушення трудової дисципліни;
- хвороба виконавців; поломки машин і механізмів;
- перебої в постачанні енергоресурсів;
- відсутність необхідних матеріалів конструкцій;

-непередбачувані погодні умови тощо.

Наявність цих факторів свідчить про те, що досягнення кінцевого результату в будівництві, а саме введення об'єктів в експлуатацію до визначеного терміну (вказаного в договорі), є стохастичним процесом з певною ймовірністю успіху. Дослідження теорії та практики капітального будівництва показує, що організаційно-технологічна надійність значною мірою формується та визначається на етапі проєктування будівельних об'єктів і методів їх виконання. Сьогодні проєктувальники стикаються з новими викликами, що виникають через значне збільшення кількості елементів, функціональних зв'язків та параметрів проєктованих об'єктів.

На рис. 2.8 відображено загальний життєвий цикл управління інформацією для виробничих активів і реалізації проєктів, підкреслюючи взаємозв'язок між цими складовими життєвого циклу активів відповідно до стандартів ISO 9001 (система управління якістю) і ISO 19650 (управління інформацією). [155, 156].



А - Початок етапу реалізації – передача відповідної інформації з АІМ (інформаційної моделі активу (Asset Information Model)) до РІМ (інформаційної моделі проекту (Project Information Model)).

В - Поступове розроблення вихідних даних моделі у віртуальну будівельну модель.

С - Завершення етапу реалізації – передача відповідної інформації від РІМ (інформаційної моделі проекту) до АІМ (інформаційної моделі активу).

Рис.2.8. Життєвий цикл управління інформацією відповідно до стандартів ISO згідно з ISO 19650[155, 156]

З рис.2.8 видно, що на початку етапу реалізації проекту - пункт «А» життєвого циклу активу встановлюються вимоги до інформаційної моделі щодо проектування, будівництва і введення в експлуатацію цього активу. Пункт «В» вказує на етап поступового перетворення вихідних даних моделі у віртуальну модель конструкції, яка є частиною «цифрового двійника» – цифрової копії фізичної системи. «С» означає, що передача в експлуатацію є сполучною ланкою між будівельним процесом і стадією експлуатації об'єкта.

Єдине інформаційне середовище (англ. common data environment - CDE) - це середовище, яке використовується для збору, поширення та управління інформації для будь-якого проекту або активу. використовується. CDE забезпечує спільне середовище для обміну та координації роботи, оскільки інформація може передаватися та управлятися через нього. Строгі алгоритми

роботи гарантують послідовний підхід усіх залучених організацій (рис. 2.9) [157].



Рис.2.9. Структура загального інформаційного середовища відповідно ISO 19650 [155]

CDE повинно бути впроваджене для забезпечення обміну інформацією між усіма зацікавленими сторонами протягом усього життєвого циклу активів під час їх реалізації та експлуатації. Це підвищує продуктивність завдяки обміну цифровою інформацією, що покращує співпрацю між учасниками. Впровадження CDE зменшує потребу в паперових копіях звітів, дозволяє повторно використовувати інформацію та запобігає використанню ненадійних або застарілих даних, що зменшує фінансові втрати. Вся інформація, дані та метадані можуть бути перевірені в режимі реального часу. Важливо забезпечити безпеку і якість даних, інтегруючи відповідні протоколи в CDE.

Різні типи інформаційних вимог показані на рис. 2.10. [155]].

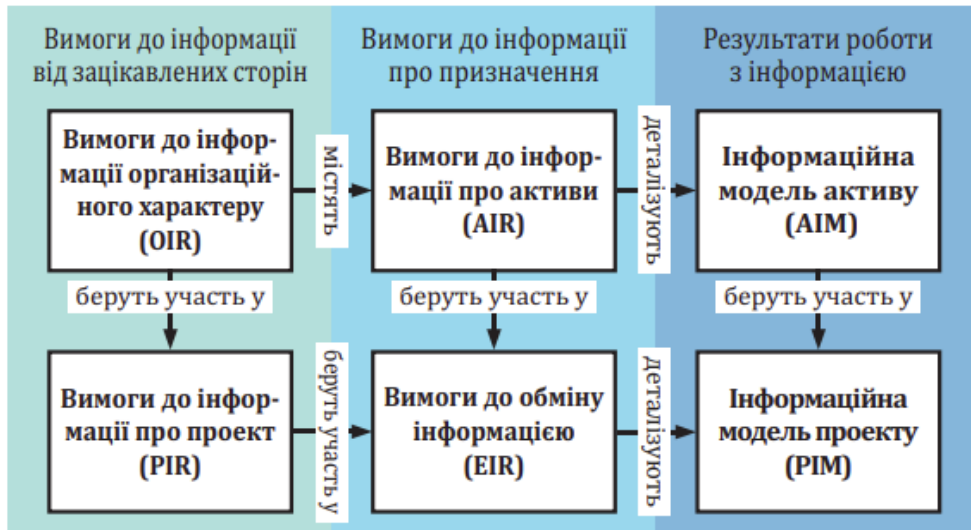


Рис.2.10. Сукупність інформаційних вимог відповідно до інформаційних моделей згідно з ISO 19650 [155]

Управління інформаційними вимогами є центральною концепцією стандарту ISO 19650: BIM, що передбачає надання інформації відповідно до встановлених управлінських вимог, із застосуванням принципів системного інжинірингу, розроблених для інших секторів.

Результати використання BIM повинні бути придатними для багаторазового використання на всіх етапах життєвого циклу проекту, запобігаючи необхідності повторного введення інформації. Це дозволяє уникнути втрат часу і ресурсів, що витрачаються на повторне введення даних, яке може бути технічно або юридично обмеженим.

Кожен кінцевий результат має бути структурований відповідно до існуючих процесів управління проектами, включати інформацію про чіткі процедури контролю та забезпечення якості, а також вказівки щодо робочих процесів, де цей результат буде використовуватися в подальшому життєвому циклі. Крім того, повинні бути визначені процедура передачі інформації та вимоги до неї. У всіх проектах, особливо масштабних, що охоплюють кілька дисциплін і залучають велику кількість зацікавлених сторін, дуже важливо забезпечити сумісність кінцевих результатів. Це гарантує, що результати роботи, корисна інформація можуть бути відкриті, прочитані, переглянуті і використані будь-яким учасником проекту. Схема інформаційної бази даних протягом усього життєвого циклу проекту показана на рис. 2.11.

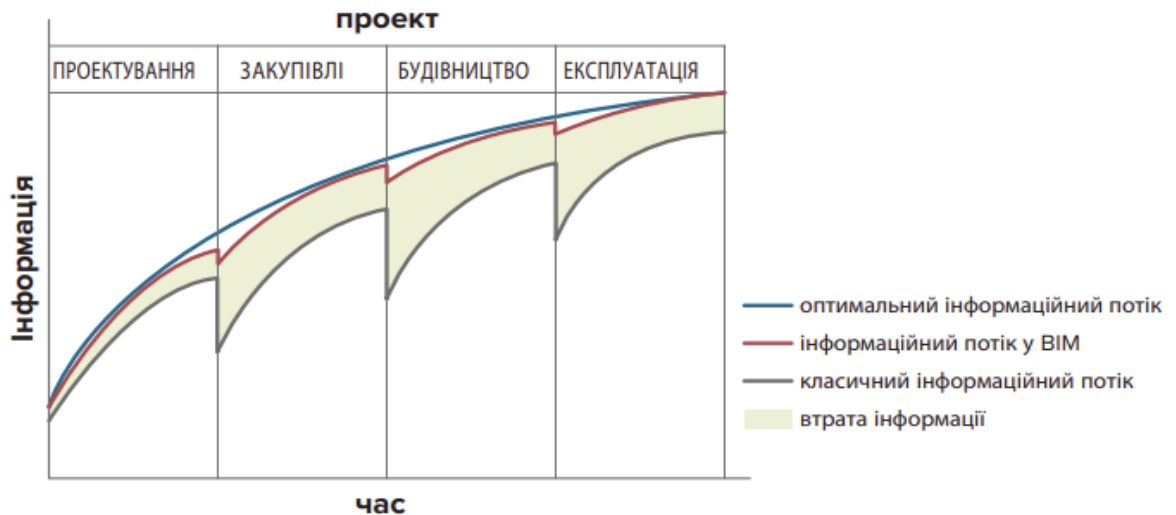


Рис.2.11. Інформаційна база даних протягом усього життєвого циклу проекту [96]

Програмне забезпечення постійно отримує нові особливості та можливості.

На рис.2.12 проілюстровано життєвий цикл проекту та показано аспекти та етапи проекту, включає план виконання BIM (ВЕР), а також як конкретні методи застосування BIM взаємодіють протягом усього проекту (рис. 2.12). Також вона відображає очікувані кінцеві результати BIM та їх вплив на різних етапах проекту. За допомогою цієї схеми необхідно проаналізувати та оптимізувати способи використання BIM з метою покращення їх впливу та значення.

Суттєву роль при дослідженні факторів відмов проекту в середовищі вітчизняного девелопменту відіграє технологічність продукції.

Технологічність – це сукупність технічних властивостей об’ємно-конструктивних рішень будівельних об’єктів, що характеризують їх відповідність вимогам будівельного виробництва та експлуатації, а також визначають величину знову створених вартостей у процесах виготовлення конструкцій, їх транспортування та зведення будівель; є основною комплексною характеристикою технічного рівня та досконалості проекту, що передбачає на стадії проектування об’єкта забезпечення високого рівня організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва [159, с.100].

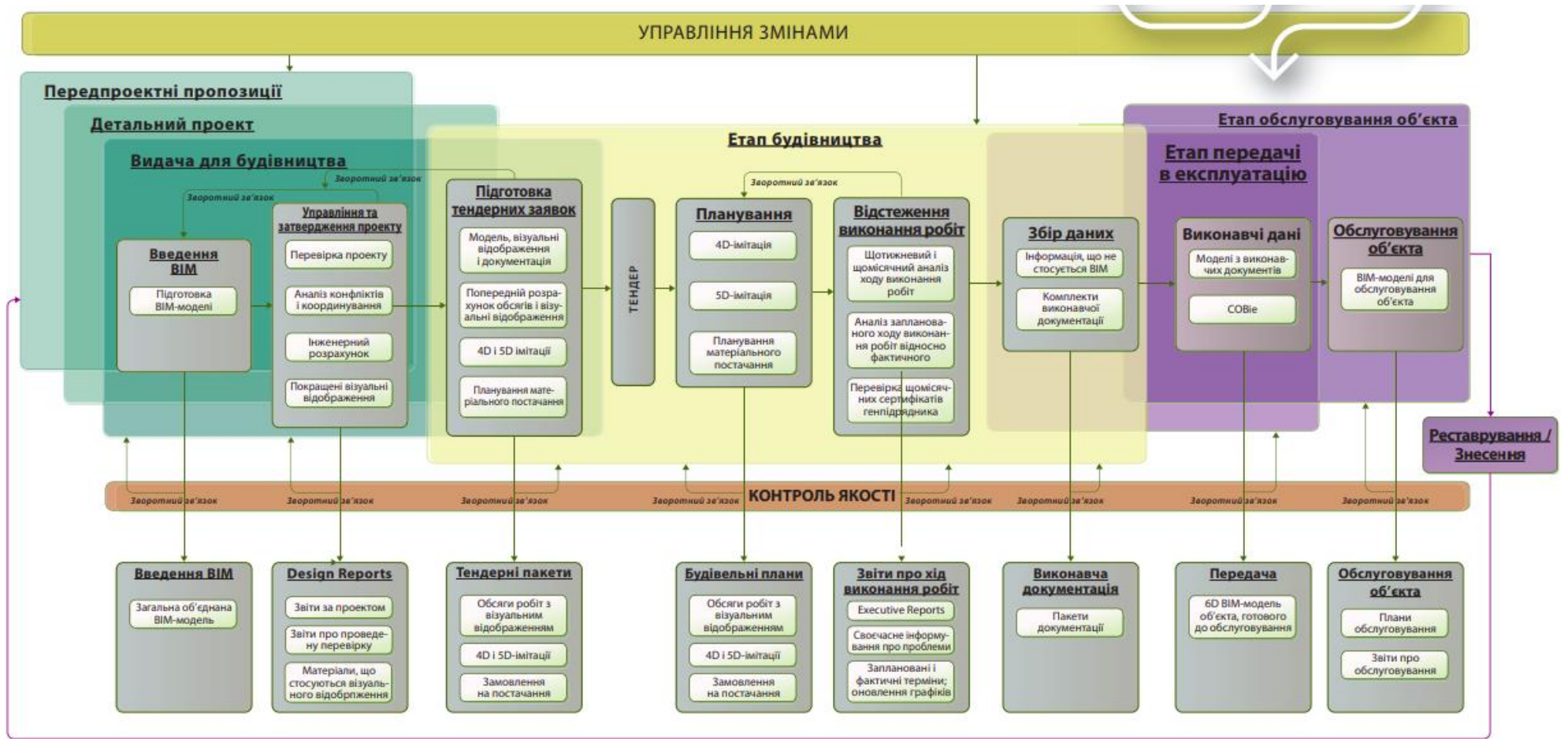


Рис.2.12. Життєвий цикл проекту і охоплення плану виконання BIM
 Джерело: сформовано за даними [158]

Будівельна технологічність – комплексна характеристика технологічності трьох підсистем - виготовлення, транспортування та зведення конструкцій будівельного об'єкта за певних обмежень з боку підсистеми експлуатації будівлі[159, с.100].

Монтажна технологічність - характеристика технологічності підсистеми монтажу конструкцій за певних обмежень з боку інших підсистем.

При цьому дослідження будівельної технологічності аналізують взаємні зв'язки чотирьох підсистем:

- ✓ ОПР - об'ємно-планувальних рішень,
- ✓ КР - конструктивних рішень,
- ✓ ОВ - організації виробництва,
- ✓ ТВ - технології виробництва.

Кожна підсистема описується значною кількістю відносних показників технологічності, які об'єднуються в чотири цільові функції:

ОПР – максимальна концентрація загального обсягу будівлі за умови найбільш рівномірного розташування різноманітних конструкцій з найменшим обсягом та числом їх видів;

ОВ – повне використання засобів виробництва за найбільш тривалого, безперервного виконання процесів у фіксований термін будівництва;

КР – максимальна однорідність та готовність конструкцій за мінімальної ваги та рівноваги;

ТВ – максимальне використання інтенсивності процесу за мінімальної вартості виробництва[159, с.107].

Практика будівництва свідчить, що резервні ресурси в будівельних організаціях, як правило, відсутні та обсяг їх у край невеликий. За сучасних умов у першу чергу обмежені фінансові ресурси, а їх резервування також пов'язане з виплатою банківських відсотків, що відбивається на фінансовій діяльності будівельної організації, особливо в умовах ринку.

Також за сучасних ринкових умов практично неможливо створити значні резерви фронту робіт (що спричинює зростання обсягів незавершеного

будівництва). За цих умов забезпечення заданого рівня надійності будівельного виробництва може бути досягнуте не тільки і не стільки резервуванням ресурсів (матеріальних, трудових, фінансових, часових), скільки заміною організаційно-технологічних рішень, яку можливо назвати методом варіантності.

У цьому контексті **варіантність** виступає як засіб підвищення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельного проєкту, шляхом порівняння можливих варіантів технології та організації будівельного виробництва, а саме, шляхом використання низки можливих за даних умов методів виконання будівельно-монтажних робіт, зміни послідовності здійснення процесів будівництва, ступеня їх суміщення, тривалості та інтенсивності.

Із розвитком та ускладненням усіх видів техніки проблема надійності набуває загального значення. Сучасна теорія надійності розвивається, головним чином, у зв'язку з потребами технічних систем. Як відомо, базове поняття теорії надійності становить поняття відмови, тобто повного або часткового виходу системи з ладу (втрати основної якості)[161, с.336].

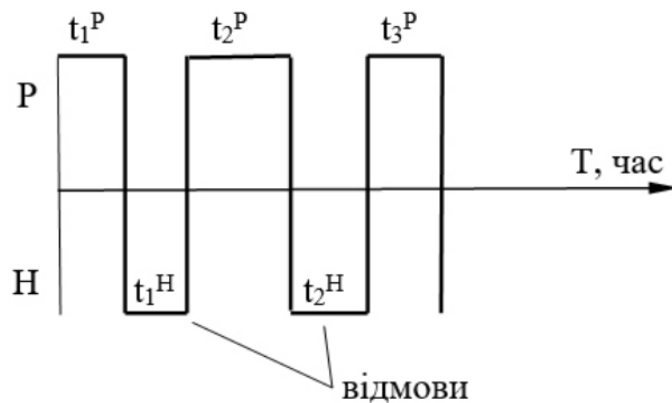
При цьому часто не проводиться важлива в економічному та технічному сенсі диференціація видів відмов в ході управління проєктом, хоча вони й відрізняються один від одного, мають різні наслідки та потребують різних підходів до вирішення. Ці два типи відмов:

1. Відхилення параметрів системи – це коли характеристики проєкту (наприклад, час, бюджет, якість) відхиляються від запланованих значень, але сама система продовжує працювати. Такі відхилення, або «збої» можуть призвести до зниження продуктивності, погіршення якості або збільшення витрат [161, с.336].

2. Порушення роботи системи – це коли система припиняє працювати або функціонує некоректно, в нашому випадку проєкт зупиняється або не досягає своїх цілей. Це може призвести до повної зупинки будівництва, фінансових втрат та небезпечних ситуацій, повній зупинці проєкту[161, с.336].

Важливо розрізняти ці два типи, адже це дозволяє швидко визначити причину проблему, обрати правильне рішення для її усунення, оцінити економічні та технічні наслідки відмови, запобігти повторенню подібних проблем у майбутньому.

Відмова може бути миттєвою(рис.2.13) або параметричною (рис.2.14).



Н – непрацездатний стан системи; t^P – час роботи системи; t^H – час відновлення системи (система перебуває в непрацездатному стані). [162, с.31]
 Рис.2.13. Схема миттєвої відмови, де P – робочий (працездатний) стан системи;

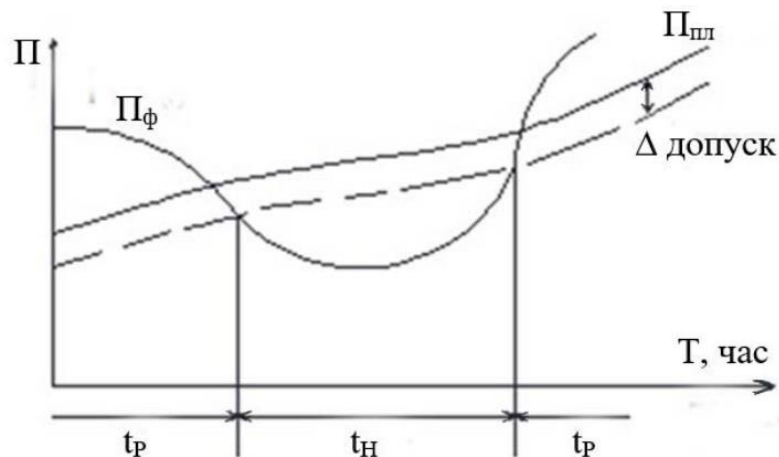


Рис.2.14. Етапи параметричної відмови: П – контрольований параметр; ППЛ – запланований графік роботи системи; ПФ – фактичний стан роботи системи.

Основними нормованими показниками надійності реалізації будівельних проєктів можуть бути такі показники[163, с.8]:

- ймовірність безвідмовної роботи техніки, $P(t)$;
- ймовірність відмови, $Q(t)$;
- частота відмов, $a(t)$;
- інтенсивність відмов, $\lambda(t)$;

– середнє напрацювання до першої відмови, $T_{ср.}$.

Оскільки час настання відмови T є величина випадкова, то $Q(t)$ – це ймовірність того, що випадкова величина T набуде значення, менше або рівне t (інтегральна функція (integral function) розподілу відмов), де t – час, за який визначається показник надійності (dependability index)[162, с.8].

Для забезпечення безперебійного виконання проєкту необхідним розрахунок ризиків, або ймовірності відмови (англ. - probability failure) в системі виконання проєкту, яка характеризує можливість того, що у певних експлуатаційних умовах за конкретний час, або на певному етапі виконання проєкту роботи буде зупинено. З точки зору теорії надійності йдеться про фіксацію хоча б однієї відмови системи у певний проміжок часу.

$$Q(t) = 1 - P(T \leq t). \quad (2.1)$$

Відповідно ймовірність безвідмовної роботи (англ. - probability reliability work) $P(t)$ називається ймовірність того, що за певних умов експлуатації в заданому проміжку часу t (або під час реалізації проєкту) не відбудеться жодної відмови[163, с.8]. Тобто:

$$P(t) = P(T > t) \quad (2.2)$$

Оскільки безвідмовна робота і відмова є елементарними та взаємовиключними подіями, ймовірність їх настання еквівалентна одиниці[162, с.9].

$$P(t) + Q(t) = 1 \quad (2.3)$$

Щільність ймовірності (англ. - density probability) $f(t)$ дає нам ймовірність того, що час відмови дорівнюватиме певному значенню, тобто наскільки ймовірно, що відмова відбудеться в конкретний момент часу. Функція розподілу ймовірностей відмови $Q(t)$ дає нам ймовірність того, що час відмови не перевищить певне значення, в нашому випадку T – тривалість проєкту.

Для отримання щільності ймовірності з функції розподілу ймовірностей використовується похідна.

Вважаючи, що в момент початку проєкту його реалізація є максимально вірогідною, тобто $P(0) = 1$, функція $P(t)$ монотонно спадає від 1 до 0 (див.рис.

2.15). Відповідно зрозумілим є те, що $P(\infty) = 0$, тобто будь-які технічний засіб (ТЗ), що використовуються в процесі виконання будівельного проєкту, при $t \rightarrow \infty$ з часом відмовить [163, с.9].

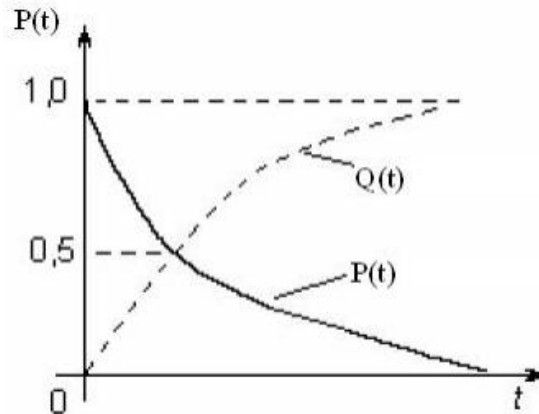


Рис.2.15. Характеристики зміни ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмови [163, с.9]

На практиці використовують статичні імовірнісні характеристики, які визначають за експериментальними даними. При цьому допускається, що в досліді використовуються однакові події і випробування проводяться в однакових умовах.

Частота відмов (failure rate), $a(t)$ є щільністю ймовірності часу роботи певного технічного блоку БП до першої відмови

$$a(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt} \quad (2.4)$$

Наступною важливою характеристикою є **інтенсивність відмов (intensity failure) $\lambda(t)$** , під якою розуміють ймовірність відмови в одиницю часу за умови, що до цього моменту відмови не виникало [162, с.10].

Інтенсивність відмов є показником безвідмовності неремонтованих і невідновлюваних об'єктів БП. Визначається відношенням частоти відмов $a(t)$ до ймовірності безвідмовної роботи на даний момент часу t

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)} = \frac{a(t)}{1 - \int_0^t a(t) dt} = -\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt} \quad (2.5)$$

Звідки $dP(t)/P(t) = -\lambda(t)dt$ (1.6)

Виходячи з попередніх формул маємо:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \quad (2.6)$$

Ця формула зв'язку основних показників надійності ТЗ, що не відновлюються.

Якщо $\lambda = \text{const}$, то $P(t) = e^{-\lambda t}$.

При $t = 0$ значення $\lambda(t) = a(0)$.

Формула зв'язку показує, що всі показники надійності $P(t)$, $Q(t)$, $a(t)$ і $\lambda(t)$ рівноправні в тому сенсі, що, знаючи один із них, можна визначити інші.

Середня інтенсивність відмов (mean intensity failure) – середнє значення інтенсивності відмов у заданому інтервалі часу [162, с.10].

$$\bar{\lambda}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t)dt \quad (2.7)$$

Середнім напрацюванням до першої відмови (mean operating time to first failure), T_{cp} називається математичне сподівання (момент першого порядку) $M[t]$ часу роботи ТЗ до відмови. Математичне сподівання, тобто T_{cp} , обчислюється за частотою відмов (щільність розподілу часу безвідмовної роботи) у такий спосіб:

$$M[t] = T_{cp} = \int_{-\infty}^{+\infty} t a(t) dt, \quad (2.8)$$

оскільки $t > 0$ і $P(0) = 1$, а $P(\infty) = 0$, то

$$T_{cp} = \int_0^{+\infty} P(t) dt \quad (2.9)$$

Величина T_{cp} – параметр функції $P(t)$, який в багатьох випадках дозволяє відновити всю функцію. Інколи середній час безвідмовної роботи T_{cp} є прийнятною характеристикою для порівняння ТЗ за показниками безвідмовності.

Момент другого порядку розраховується за формулою

$$M_2[t] = \int_0^{+\infty} t^2 a(t) dt = - \int_0^{+\infty} t^2 dP(t) \quad (2.10)$$

З врахуванням того, що $P(t) = 1$ при $t = 0$, а $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0$, остаточно отримаємо

$$M_2[t] = \int_0^{+\infty} P(t) dt^2 = 2 \int_0^{+\infty} tP(t) dt \quad (2.11)$$

З виразу (1.11) із врахуванням (1.9) можна знайти дисперсію часу $2 \sigma_T^2$ безвідмовної роботи ТЗ за формулою :

$$\sigma_T^2 = M_2[t] - T_{cp}^2 = 2 \int_0^{+\infty} tP(t) dt - \left[\int_0^{+\infty} P(t) dt \right]^2 \quad (2.12)$$

Усі відмови мають випадковий характер, оскільки викликаються впливом тимчасових факторів. Тому надійність системи визначається ймовірністю відмови у продовж гарантованого проектом терміну безперебійної роботи системи.

Тоді надійність системи можна описати формулою:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^p}{\sum_{i=1}^n t_i^p + \sum_{i=1}^n t_j^H} \quad (2.13)$$

Отже, формула ризику можливого відхилення функціонування системи від заданих параметрів матиме вигляд:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m t_j^H}{T_3} \quad (2.14)$$

де T_3 – загальний час функціонування системи [162, с.11].

Для систем будівельного виробництва характерні не повні відмови, а часткові (збої), які самоусуваються в процесі безперервного функціонування системи.

Складність будівельного виробництва обумовлює складність проектів та управління ними, що відбивається на зростанні кількості взаємопов'язаних елементів, таких як бригади, механізми, транспортні засоби та постачальники. Згідно з основним принципом теорії надійності, це призводить до зниження

загальної надійності системи управління проектом у геометричній прогресії пропорційно кількості елементів.

Виходячи з цього принципу, навіть якщо кожен елемент має високу надійність, системи управління проектом в цілому матиме значно нижчу надійність. В будівельному проекті, навіть невеликому, сотні елементів – видів робіт, учасників, назв номенклатури будівельних конструкцій та матеріалів. Відповідно, якщо кожний елемент системи не стабільний, ймовірність відмови може сягати 50 та більше відсотків[163, с.48]. Проте на практиці надійність будівельних систем виявляється вищою, ніж можна було б очікувати, зважаючи на значну кількість елементів та відносно невелику надійність кожного з них.

Розгляд надійності як стійкості різних важливих характеристик системи управління проектом до будь-яких можливих відхилень у їх функціонуванні потребує системного підходу до всіх етапів життєвого циклу цієї системи, починаючи від задуму, проектування, виробництва та транспортування, до монтажу та експлуатації.

Рівень врахування цих особливостей системою управління проектом має значний вплив на її ефективність. Зважаючи на ймовірнісний характер більшості факторів, що викликають дестабілізацію, складно встановити точні аналітичні залежності, які повністю описують їх вплив на кінцеві результати ефективності. Це зумовлює необхідність сукупного обліку цих факторів за допомогою використання імовірнісних оцінок[164, с.372].

Важливо акцентувати увагу не лише на загальному, а й на системному обліку факторів, що впливають на надійність досягнення кінцевого результату у діяльності будівельної організації. Системність у цьому випадку полягає в тому, що висновок про надійність не слід робити за рахунок окремих показників, а з урахуванням їх системного (причинно-наслідкового) зв'язку.

Логічність такого підходу ґрунтується на відомому законі ймовірності, який стверджує, що надійність окремого елемента та системи, що складається з таких елементів, визначається різними способами. Ця концепція має свої нюанси у техніці, а в економічних розрахунках (з урахуванням організаційно-технологічних рішень) вона проявляється трохи інакше.

Основна ідея полягає в тому, що кожний індикатор ефективності системи складається з різноманітних параметрів, які піддаються впливу зовнішніх чинників і розглядаються як компоненти цієї системи. Взаємозв'язок між цими компонентами визначається шляхом застосування певної математичної функції.

У контексті прийняття організаційно-технологічних рішень, цікаво розглянути надійність як окремий критерій для кожного з величин, що розглядаються, а також як комплексний показник, що формується на основі взаємозв'язку між цими величинами[165, с. 140].

Все це націлено на оцінку стійкості будівельного підприємства, розглянутого як складної системи, шляхом аналізу всіх аспектів його фінансово-виробничої діяльності. Коли до звичайного процесу оцінки організаційно-технологічних виборів додається аспект надійності, це спрощує вибір оптимального рішення, оскільки ступінь надійності кожного показника може визначити його пріоритетність у прийнятті рішення[166, с.87].

2.3. Аналіз підходів до організації будівництва складних інфраструктурних проєктів

Для можливості формування комбінованого підходу в організації будівництва необхідно першочергово визначити ключові типи будівельних проєктів, що можуть бути керовані за такою системою.

Важливо розділити будівельні проєкти за ролями, що виникають в процесі виконання будівельного проєкту – проєкти замовників та виконавців-підрядників.

Зазвичай ініціатори проєкту починають думати про побудову системи управління проєктом лише після ухвалення остаточного рішення про інвестиції, вступаючи по суті на «стежку» непередбачуваності. Вочевидь, ефективна модель управління будівельним проєктом залежить і від умов реалізації проєкту, характеру умов контрактації, і від місцевих законодавчих актів і політики місцевої влади та від безлічі інших чинників, які нами найчастіше сприймаються буденно[167, с.212].

З урахуванням нав'язаної багатьма стандартами управління проектами (УП) методології, часто вважається, що всі проекти реалізуються за єдиною управлінською методологією та головне завдання керівників проекту – правильно сформулювати вихідні вимоги та умови реалізації. Тобто і замовники, і підрядники, апріорі, реалізують якийсь віртуальний проект. Звичайно, це не так і розуміння того, який саме проект реалізується – основа ефективної системи управління такими проектами [168, с.33].

Правильне розуміння специфіки проекту може підштовхнути до вибору правильної методології його реалізації. І, швидше за все, вона багато в чому не співпадатиме, а іноді навіть суперечитиме загальноприйнятим правилам УП. Ключова класифікація по ролі має на увазі, що є проекти інвестиційно-будівельні, інжинірингові, девелоперські (рис.2.16) [169]



Рис.2.16. Класифікація за роллю у будівельному проекті [170, с.105]

1.1 *Інвестиційно-будівельні проекти.* Це проекти інвестора, замовника, забудовника, держави як майбутнього власника та користувача, це проекти тих, кому насамперед потрібен об'єкт нерухомості як інструмент досягнення цілей

проєкту. Нерідко в літературі можна зустріти «будівельні проєкти», які більшою мірою відображають бажання віднести проєкт саме до будівельної галузі, ніж до проєкту. Але всі проєкти, пов'язані зі створенням або зміною об'єктів нерухомості, так чи інакше змінюють цінність нерухомості як активу, а отже, вимагають прямих інвестицій. Тому словосполучення «інвестиційно-будівельні проєкти» є оптимальним для виділення аналітичної групи проєктів, що мають специфічний набір характерних ознак і властивостей [170, с.104].

1.2. Інжинірингові проєкти (проєкти виконавців). Протилежним до інвестиційно-будівельних проєктів є інжинірингові проєкти, тобто проєкти самих підрядників, проєктувальників, консультантів, постачальників тощо. Чому вони інжинірингові? Тому що всі вони пов'язані з наданням інженерних послуг на тій чи іншій договірній основі. При цьому метою таких проєктів є не побудований об'єкт для замовника (це просто умова договору), а отриманий проєктний прибуток за надання будівельно-монтажних послуг під час створення певного унікального об'єкта нерухомості. Якщо для замовника будь-який проєкт – це центр створення витрат або центр інвестицій, то для виконавця такий проєкт – це центр прибутку або виручки. Відповідно, той самий проєкт для різних учасників має різні підходи до управління всередині компанії [170, с.104].

2 Девелоперські проєкти (інтегральні проєкти). Основною відмінністю девелоперських від суто інвестиційно-будівельних (де замовник, найчастіше – компанія процесного бізнесу) та інжинірингових (де підрядник – завжди проєктно-орієнтований бізнес), девелоперські проєкти несуть у собі дворазову двоїстість. З одного боку, це проєкти проєктно-орієнтованого замовника, з іншого боку, сам девелопер завжди виступає як постачальник продукції - готової нерухомості, тобто є одночасно і виконавцем. І що важливіше, найчастіше є процесним виконавцем, що вносить свої корективи до організації збутової функції. Іноді такі проєкти називають інтегральними, оскільки в них девелопер знаходиться в 2-х ролях, але саме такі проєкти є найкращою базою розвитку партнерських проєктів типу BIM-IPD-контрактів [170, с.105].

Після визначення базових типів будівельних проєктів можна ретельніше придивитися до класифікації інвестиційно-будівельних проєктів (далі – ІБП), оскільки саме вони і формують ключову нішу для будівельної галузі.

На відміну від інших будівельних проєктів, інвестиційно-будівельні проєкти передбачають врахування значної кількості зацікавлених сторін (стейкхолдерів), які мають різні очікування щодо проєкту. Ці очікування, на відміну від інших типів проєктів, можуть бути відсутніми, не виявлятися або не з'являтися через специфіку проєкту.

До будівельних проєктів залучено десятки стейкхолдерів: регулюючі органи, платники податків, інвестори, виконавці, мешканці, роботодавці та ділове оточення бізнесу загалом. Будь-який ІБП проєкт може не лише дати поштовх розвитку економіки міста чи регіону, але й створити цілий ланцюжок кластерно-мережових комунікацій, що ведуть до підвищення економічної активності населення та підвищення рівня його задоволеності.

Очевидно, що роль ІБП у макроекономіці будь-якої країни неможливо переоцінити. Якщо, як було зазначено, кількісна частка ІБП у глобальному портфелі поступається частці інших проєктів, то вартісне наповнення значно перевищує їх за всіма параметрами. При цьому питання ефективності таких проєктів стає наріжним каменем в економіці в цілому, бо їхня неефективність легко перекриває ефективність сукупності інших проєктів. Тому перший тип класифікації ІБП - це класифікація за типом інвестиційної моделі, або за типом джерела виручки у проєкті (див. рис.2.17):

3.1 Проєкти розширення. Дуже часто саме ці проєкти називають проєктами розвитку, хоч це серйозна семантична помилка. Усі проєкти, створені задля збільшення обсягу продажів – це проєкти розширення. Це може бути *екстенсивне розширення*, коли будуються нові виробництва, освоюються нові родовища, і все, що даватиме додаткову продукцію на ринок – це все розширення. Це може бути *інтенсивне розширення*, коли виконуються проєкти щодо збільшення продуктивності. Проєкти розширення – це проєкти, в яких

інвестують, наприклад, 1 млрд., щоб заробити 2 млрд. за термін реалізації проєкти та прибуток вищий за середньо-ринковий.



Рис.2.17. Класифікація за видом інвестиційної моделі[170, с.107]

3.2 *Проекти розвитку.* На відміну від проєктів розширення, проєкт розвитку припускає боротьбу із втратами, боротьбу за економію, зменшення витрат та збитків від ризикових подій. Іншими словами, якщо лінія може виробляти 100 тисяч одиниць продукції, але через постійні зупинки виробляє 80%, то проєкт підвищення ефективності, наприклад, встановлення нової системи контролю якості – це проєкт розвитку. Виручка тотально не збільшується, а ефективність значно зростає. Умовно, це проєкти, коли ми витрачаємо 1 млрд., щоб не втратити постійно по 2 млрд. на рік чи місяць. Тому і виручка такого проєкту рахується від додаткового прибутку, додаткового виторгу, від економії на ремонтах та інших непрямих показниках, що показують однозначну ефективність такого нововведення. Саме тому це називається проєктами розвитку.

3.3 *Комбіновані чи гібридні проєкти.* Рідко так буває, щоб проєкт розглядався лише з одного боку або розвитку, або розширення. Так чи інакше, при розширенні варто враховувати інновації та нові технології заощадження ресурсів, а за реалізації проєктів розвитку завжди можна враховувати можливості вивільнення потужностей або площ під розширення. Крім того, існують проєкти розвитку, у межах яких може бути реалізовано завдання виробництва тієї чи іншої продукції або збільшення обсягу виробництва основного споживача результатів такого проєкту.

Поглиблення класифікації саме інвестиційно-будівельних проєктів розширення можна вести у напрямі деталізації цілей інвестицій, оскільки саме вони формують ключову нішу для розвитку економіки країни в цілому. Така класифікація, передусім, дозволяє як структурувати інвестиційну й інновацію діяльність економічних інститутів такі оцінити перспективи доцільності інвестиційної політики у різні галузі (див. рис.2.18):

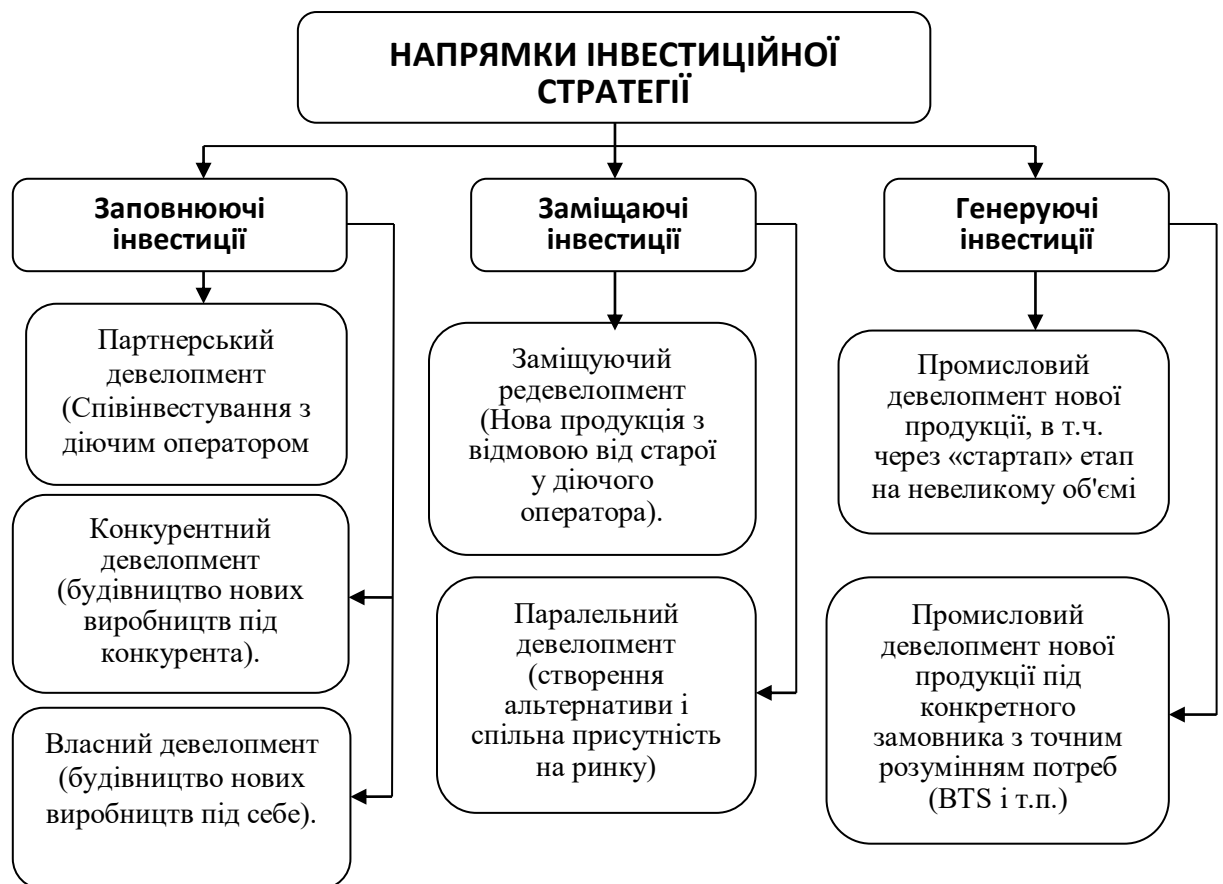


Рис.2.18. Класифікація проєктів розширення за типами інвестиційних стратегій.

4.1 ІБП «заповнючі» інвестицій. Заповнюючі ІБП – це проєкти, спрямовані на покриття позитивного розриву між попитом та пропозицією. Основним фактором ефективності такого проєкту є оцінка ступеня наближення до точки ринкового насичення (рівності попиту та пропозиції): чим ближче до цієї точки, тим сильніша конкуренція, а значить менше маржа і більше ризиків, а значить і вимоги до надійності та точності різко зростають. Боротьба за споживача посилюється і потрібні додаткові вкладення у маркетинг, просування і збут, істотні інновації у виробництві.

4.2 ІБП «заміщуючих» інвестицій. Цей вид ІБП розширення частково виникає саме у точці ринкового насичення, коли динаміка і волатильність над ринком не дозволяє приймати стратегічні інвестиційні рішення, вони виникають у міру вибуття із галузі тих чи інших активів. Причин вибуття може бути багато, але будь-яке вибуття це вікно для входу на ринок нових гравців або розширення частки присутності на ринку у поточних операторів.

Основна відмінність заміщуючих ІСП – це опора на закритий усталений тариф ринку та облік обсягу заміщення. Іншими словами, не кожен обсяг заміщення може бути достатнім для обґрунтування інвестицій, але якщо його не зайняти – це стане проєктом розширення у конкурента. Іноді доводиться заходити на ринок з невеликим обсягом виробництва та низькою рентабельністю, але робити його стартап проєктом інвестиційного напрямку для майбутнього розширення.

4.3 ІБП генеруючих (інноваційних) інвестицій. Це найцікавіший вид ІБП розширення, оскільки саме такі проєкти вперше створюють потік нової пропозиції та, відповідно, генерують попит. По суті, такий проєкт на ринку певної продукції завжди перший, будь-який другий проєкт – це вже ІБП розширення, проєкт, що йде протоптаною стежкою. Саме інноваційні проєкти найскладніші з погляду гарантії повернення інвестицій та їх часто називають венчурними проєктами.

Є великий набір інструментів зниження ризиків венчурних проєктів, але практично завжди інвестори знаходяться перед колізією вибору: ризикнути і

першим стати на ринку генератором тарифу або дочекатися інших «піонерів» ринку та йти шляхом заповнення ІБП? Рішенням такої колізії може стати своєрідний ітераційний підхід до інвестицій в інноваційні продукти, а відповідно, й у будівництво інноваційних виробництв, яку можна умовно назвати «технологією інвестиційного віяння». Ця технологія якраз передбачає поступове зростання інвестицій у CAPEX (капітальні інвестиції) на кожному наступному етапі маркетингового аналізу. Ця ж технологія характеризується своєрідним самофінансуванням наступного етапу, десь повним, десь частковим, але що дозволяє створити для інвесторів більш зрозумілу картину майбутніх продажів [171, с.21].

Інфраструктурний проєкт відрізняється від інших видів будівництва.

Головними аспектами інфраструктурного проєкту є наступні.

Інфраструктурний проєкт є стратегічним, орієнтованим на довгостроковий розвиток та конкурентоспроможність території. Він передбачає будівництво, реконструкцію або модернізацію інфраструктурних об'єктів, спрямованих на задоволення потреб промисловості та підвищення якості послуг для споживачів, а також поліпшення соціально-економічної ситуації на відповідній території [172].

Інфраструктурний проєкт представляє собою значний інвестиційно-будівельний проєкт, що складається з декількох сотень або навіть тисяч робіт. В ньому беруть участь органи державної влади та управління, десятки компаній, включаючи іноземні. Існує багатоканальна система постачання і збуту продукції, що вимагає урахування зовнішнього середовища проєкту. Основні характеристики інфраструктурного проєкту включають такі аспекти:

1. «Інфраструктурний проєкт визначає стратегічний розвиток території на довгострокову перспективу, сприяючи конкурентоспроможності та стійкому збалансованому розвитку. Він передбачає будівництво, реконструкцію або модернізацію інфраструктурних об'єктів відповідно до потреб промисловості та

для покращення якості послуг для споживачів та соціально-економічної ситуації на території»[173].

2. «Інфраструктурний проєкт є великим інвестиційно-будівельним проєктом, що включає сотні або навіть тисячі робіт. У ньому беруть участь органи державної влади та управління, кілька десятків компаній, включаючи іноземні, і функціонує багатоканальна система постачання та збуту продукції, що вимагає врахування зовнішнього середовища проєкту» [174].

Реалізація інфраструктурних проєктів, як і будь-яких інших масштабних проєктів, має суттєвий вплив на економічну, соціальну та/або екологічну ситуацію. Це зумовлює необхідність активної участі держави у визначенні умов впровадження проєкту. Незважаючи на наявність галузевої специфіки проєктів, наукові дослідження підтверджують значну подібність між великими проєктами у різних сферах [175, с.241].

При управлінні великим проєктом необхідно враховувати ряд особливостей, серед яких технологічна складність, масштабність, унікальність, інноваційність, організаційна складність, тривалість і підвищений ризик.

Інфраструктурний проєкт може включати інноваційні проєкти, які передбачають створення нових об'єктів інфраструктури, що втілюють інновації та використовують їх в управлінні. Управління такими проєктами потребує врахування наступних факторів:

1. Високі ризики через довгостроковий горизонт економічного планування та складну систему взаємодії інноваційні інфраструктурні проєкти пов'язані з високими ризиками. Це ускладнює прогнозування результатів та може призвести до значних втрат у разі невдачі.

2. Масштаб, інвестиційна привабливість та цілі інноваційного інфраструктурного проєкту можуть суттєво змінюватися протягом його розробки та реалізації. Це робить отримання достовірної техніко-економічної інформації складним завданням і потребує адаптивного підходу до управління.

3. Фаза проектування інноваційного інфраструктурного проекту, яка може частково перекриватися з фазою будівництва, що потребує чіткої координації дій та гнучкого управління ресурсами.

4. Унікальні ресурси для реалізації інноваційного інфраструктурного проекту необхідні унікальні ресурси, такі як висококваліфіковані фахівці, спеціалізовані матеріали та обладнання, що може суттєво ускладнити процес реалізації [176, с.36].- масштабний, технічно (технологічно) складний проєкт з особливостями реалізації може отримувати фінансування з різних джерел.

Інфраструктурний проєкт відзначається складністю організаційно-правових та фінансових відносин між численними учасниками, які взаємодіють між собою. Ці учасники формують єдиний механізм, який реалізує проєкт за єдиним планом дій (бюджетом). Тому успішна реалізація інфраструктурного проєкту передбачає розробку організаційної структури, яка враховує особливості даної галузі інфраструктури, та ефективного механізму взаємодії сторін у рамках спільного інформаційного середовища[177, с.360].

Повернення інвестицій у інфраструктурний проєкт для інвесторів і кредиторів є довготривалим процесом. Тому на певних етапах використовується стратегія заміщення одних зобов'язань, що виникають зі специфіки фінансування проєкту, іншими (які несуть кредитний ризик або інші);

Зазвичай для реалізації проєкту створюється спеціальна компанія з обмеженою відповідальністю (SPV) з нульовим балансом. Це робиться для чіткого розділення зобов'язань та інвестицій за цим проєктом від інших зобов'язань (інвестицій) третіх осіб [178, с.102-103].

Очікуваними ефектами інфраструктурних змін повинні стати[179, с.54]:

- підвищення ефективності використання енергії в економіці за рахунок модернізації енергетичної інфраструктури, впровадження енергозберігаючих технологій та стимулювання використання відновлюваних джерел енергії;

- активізація транспортного потенціалу країни за рахунок будівництва нових доріг, мостів, залізниць, аеропортів та портів, а також модернізації існуючої транспортної інфраструктури;

- повернення приватних інвестицій у проекти інфраструктури, включаючи моделі партнерства з приватним сектором за рахунок створення сприятливого інвестиційного клімату, надання податкових пільг та інших стимулів для приватних інвесторів;

- створення нових робочих місць у різних галузях економіки;

- забезпечення доступності для населення сучасних медичних послуг за рахунок будівництва нових лікарень, амбулаторій та інших медичних закладів, а також модернізації існуючої медичної інфраструктури.

Управління інфраструктурним проектом – це стратегія організації, планування, керівництва та координації людських і матеріальних ресурсів протягом усього життєвого циклу проекту (або проектного циклу). Його метою є ефективне досягнення поставлених цілей шляхом використання сучасних методів, технік та технологій управління для отримання заздалегідь визначених результатів щодо обсягу робіт, вартості, часу і якості, які передбачені в проекті.

Управління інфраструктурними проектами включає в себе такі можливості[180, с.30]:

1. Визначення та чітке формулювання цілей проекту, його очікуваних результатів та обґрунтування його важливості для розвитку інфраструктури.

2. Встановлення структури проекту, включаючи підцілі та основні етапи робіт, що передбачає розбиття проекту на логічні та керовані етапи, визначення підцілей для кожного етапу та розробку детального плану робіт.

3. Ідентифікація потрібних обсягів та джерел фінансування на основі визначення загальної вартості проекту, розрахунок потреб у фінансуванні на кожному етапі та пошук джерел фінансування (бюджетні кошти, кредити, гранти, інвестиції).

4. Відбір компетентних виконавців робіт, проведення конкурентних процедур закупівлі, укладання чітких та юридично грамотних контрактів.

5. Визначення термінів реалізації проєкту, складання графіку виконання та розрахунок необхідних ресурсів на основі чіткого визначення термінів виконання кожного етапу проєкту, розробку детального графіку робіт та розрахунок необхідних людських, матеріально-технічних та фінансових ресурсів.

6. Розрахунок детального бюджету проєкту та управління ризиками через ідентифікацію та оцінку ризиків, які можуть вплинути на його реалізацію, та розробку плану управління проєктом.

7. Здійснення контролю за ходом виконання проєкту через моніторинг виконання робіт, відстеження дотримання графіку та бюджету, виявлення проблем та вжиття заходів для їх вирішення

Важливо враховувати також типи проєктних ризиків, що можуть виникати в процесі реалізації будівельного проєкту та використовувати відповідні їм методи оцінки та протидії (рис.2.19)[181, с.580].

Варто зазначити, що якщо раніше головною метою діяльності органів влади в Україні було збирання та обробка даних щодо різних інфраструктурних проєктів, то сьогодні пріоритетом стає розробка гнучких автоматизованих систем управління інформацією. Це зумовлено необхідністю надати всім учасникам будівельних процесів, від етапу планування до експлуатації, можливість аналізувати та прогнозувати перспективи та ризики своєї діяльності. Також важливою є можливість обмінюватися досвідом, інформацією та кращими практиками з колегами з інших регіонів або з аналогічних проєктів.

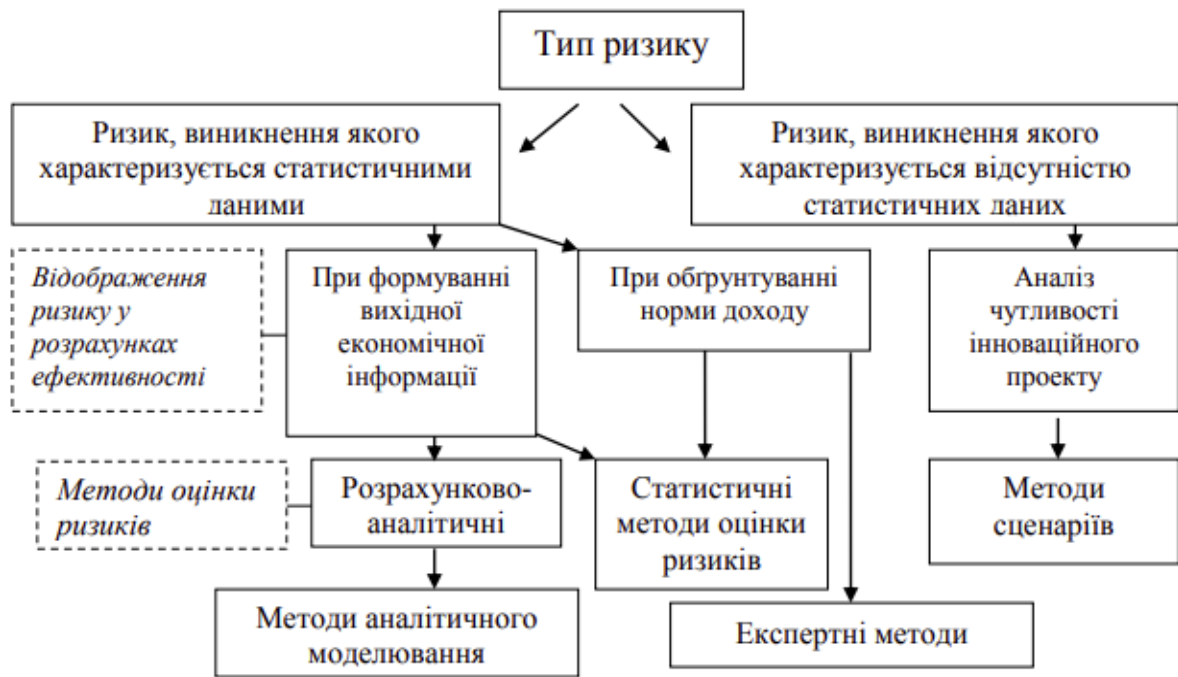


Рис.2.19. Класифікація методів оцінки проектних ризиків [181, с.580]

Згідно з чинними ДСТУ, технологічними регламентами, більшість з яких сформовані ще за радянських часів, до кожного інфраструктурного проекту, незалежно від стадії його реалізації (запланований, у процесі реалізації, завершений), необхідно представити креслення, розрахунки, техніко-економічні обґрунтування та інші документи, які часто зберігаються на паперових носіях. Проте, використання паперових документів стає надзвичайно складним, незручним, а іноді й неможливим у сучасних умовах.

Так, наприклад, створення цифрового двійника дорожньої інфраструктури України сприяє уніфікації підходів до моделювання доріг, а й дозволить вдосконалити існуючу транспортну модель та впровадити інтелектуальні транспортні системи, що сприятиме розвитку транспортного потенціалу України. Першим етапом у цьому напрямку має стати створення єдиної бази даних про кожну автомобільну дорогу в Україні, яка буде містити повні відомості про її будівництво, частоту проведення ремонтних робіт, управління експлуатацією та докладний опис поточного стану [182, с.83].

Переваги використання комбінованого підходу у керуванні будівельними проектами полягають у створенні єдиного Плану Виконання ВІМ (ВЕР), який

має бути розроблений на початковому етапі проєкту. Цей план не лише пояснює, як буде передаватися інформація, але й обґрунтовує, враховуючи аналіз ризиків, причини такого підходу. Методи використання ВІМ повинні вибиратися відповідно до цілей та вимог проєкту і показувати реальні додаткові переваги на етапах проєктування і будівництва. Це безпосередньо впливає на те, як ВІМ може бути застосований на кожному етапі проєкту, а також на очікувані результати від нього. Опис методів використання пов'язаний із рівнем потреби у відповідній інформації для їх ефективного виконання.

Для визначення використання ВІМ та його відповідності конкретним етапам проєкту необхідний План постачання інформації (ППІ). ППІ слугує основою для цього визначення. Кожне окреме використання ВІМ має бути узгоджене з конкретною метою, пов'язаною з проєктом, наприклад, оптимізація вартості, часу, якості або ризиків. Також можливо використовувати ВІМ для інших додаткових цілей.

Для кожного методу застосування ВІМ необхідно чітко визначити: набір важливих вхідних даних, довідкових документів або наборів даних, таких як етапи проєкту, система початкових координат, системи класифікації, технічні рекомендації/ стандарти, місцеві вимоги, пов'язані з проєктом, тощо.

Також потрібно визначити ряд інших аспектів наступним чином [155]:

- вихідні дані проєкту - основна вимога, яка необхідна для кожного конкретного використання ВІМ;
- інтеграція процесів - робочий процес та зацікавлені сторони, які повинні бути включені до нього, одночасно з інтеграцією в інші процеси проєкту;
- кінцеві результати - остаточні результати цього процесу;
- очікувана користь - причина, через яку конкретний ВІМ використовується у проєкті .
- опис навчання та навичок, необхідних для виконання або використання результатів кожного конкретного застосування ВІМ;

- технологічні кінцеві результати – характеристика постачальників програмного забезпечення, типів, файлів, форматів та іншої технічної інформації, що стосується кінцевих результатів та їх використання.

Враховуючи постійний розвиток нових методів використання BIM та удосконалення існуючих, не слід обмежувати їх вичерпним переліком. Вважаємо за необхідне зупинитись на висвітленні найбільш розповсюджених способів застосування BIM і виділення їх ключових переваг.

Виділення інформаційно-цифрового компонента в процесі управління як центрального елемента загального алгоритму формування, ухвалення та реалізації рішень керівництвом будівельних підприємств (з урахуванням їх мультипроектної діяльності) дозволить підвищити ефективність і обґрунтованість прийнятих проектних рішень. Перед керівництвом будівельних підприємств, як реакція на розвиток цифрових технологій, постає нове завдання: зміна існуючих моделей управління, переформатування комунікацій, оновлення технологій та організаційних структур підприємств, удосконалення форм діяльності, технологій, формування нових пріоритетів та напрямів удосконалення, які повинні враховувати вимоги діджиталізації, партнерства, синергії та орієнтації на клієнта.

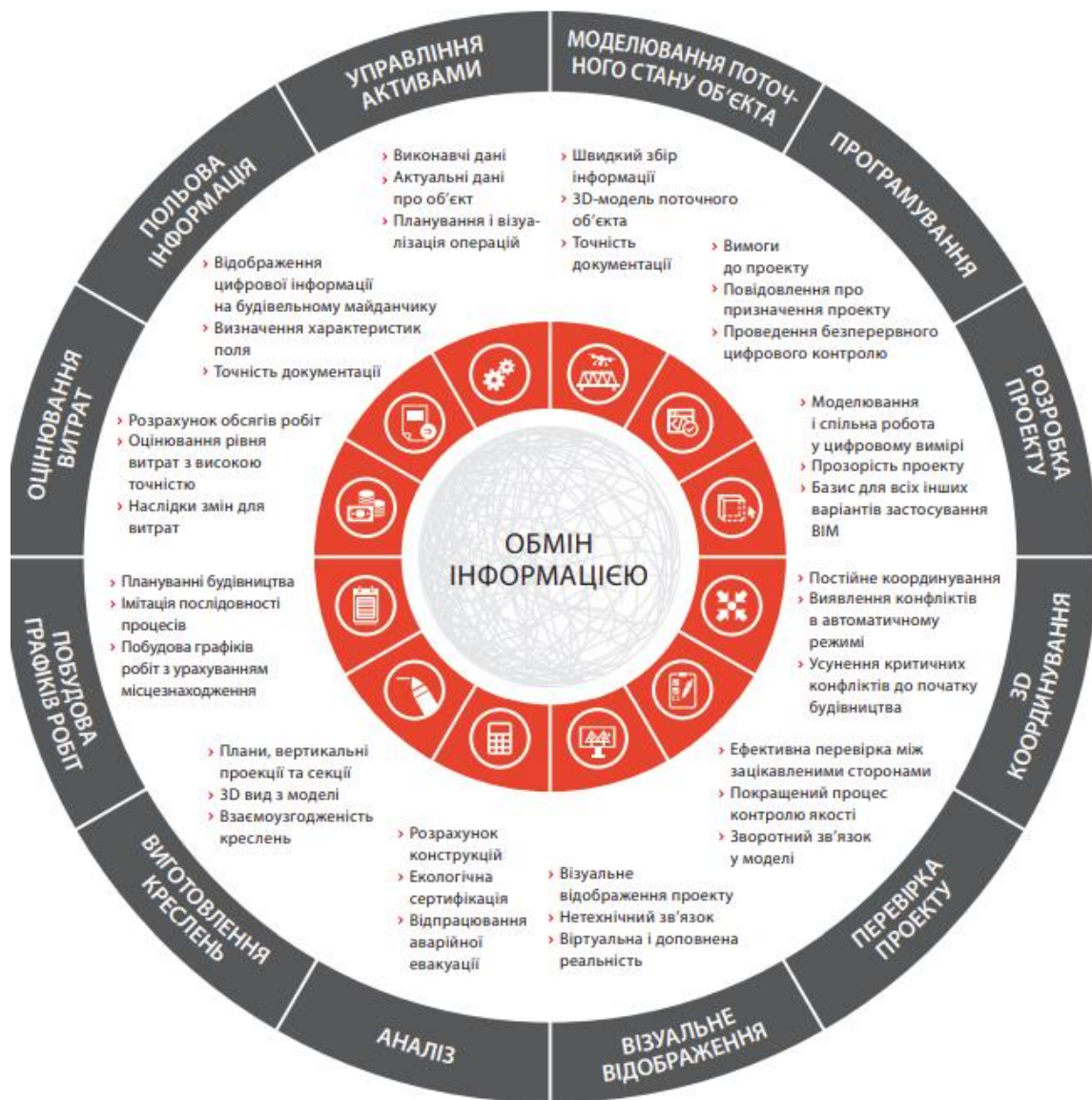


Рис.2.20. Переваги та напрями застосування BIM-технологій при реалізації будівельних проєктів, ядром яких є правильний обмін інформацією [155]

Вектор цифровізації будівельного підприємства визначає оновлений формат організації операційної системи підприємства, який здійснюється шляхом впровадження новітніх інформаційно-управлінських технологій в процес управління підприємством у сфері виробництва, розподілу та споживання[183, с.142].

Висновки до розділу 2

1. Розділ присвячено формуванню загально-методичного базису дослідження, спрямований на модернізацію та оптимізацію існуючих моделей

організації будівництва. До цього базису в якості провідних компонент було залучено:

- методологію формування та трансформації організаційно-технологічних мережових моделей різного типу, таких як "роботи-вершини", "роботи-матриці" та "триангуляційні моделі формалізації циклу будівельного проєкту".

- засади цифровізації та методи використання BIM-технологій та PLM-систем для опису процесів організації будівництва та управління проєктами будівництва.

- концептуально-теоретичні основи будівельного девелопменту як сучасного базису для підготовки, моделювання та реалізації будівельних проєктів.

2. В якості супровідних компонент методичного базису використано такі методи як аналіз-синтез, системний та процесно-структурний аналіз, організаційно-структурний інжиніринг, теорія зацікавлених сторін, класифікація та опис проєктних ризиків, а також адаптація Agile-методології для покращення проєктів будівництва. Ці компоненти були інтегровані в оновлені версії моделі організації будівництва з метою реального відображення процесів всередині будівельних проєктів як операційних систем тимчасового типу.

3. Обґрунтовано, що для сумісного додержання вимог засад цифровізації, організації будівництва, проєктного управління та для зручної діджитала-адаптації життєвого циклу БДП, слід цифрову візуалізацію БДП-циклу реалізувати на ґрунті інтеграції коцепцій АІМ (інформаційної моделі активу - Asset Information Model)) та РІМ (інформаційної моделі проєкту (Project Information Model)). Тому традиційні фази БДП-циклу передінвестиційна (фаза концепції та підготовки), будівельна (вкiонавча) та експлуатаційна трансформуються до наступного цифрового вигляду: початковий етап реалізації починається з передачі відповідної інформації від компоненти А до центру формування вихідних даних щодо цифрового циклу БДП. Далі

здійснюється цифрова візуалізація та прогресуючий розвиток вихідних даних цифрової моделі переходить у віртуальну будівельну модель завдяки В. Завершальний етап циклу візуалізується цифровою компонентою С та полягає у переході цифрових даних від формату цифрової моделі проєкту РІМ до формату АІМ. Цифрові компоненти адміністрування циклом БДП сполучаються, згідно з ISO 19650, до загального інформаційного середовища.

4. На підставі досліджень даного розділу виявлено, що способи застосування ВІМ мають бути вибрані відповідно до цілей і вимог проєкту і показувати реальні додаткові переваги в процесі проєктування і будівництва. Це безпосередньо впливає на те, як ВІМ може бути застосовано на кожному етапі проєкту, а також результати, очікувані від нього. Опис способів застосування тісно пов'язаний з рівнем потреби в інформації для їх належного виконання. З метою визначення застосування ВІМ і його кореляції з конкретними етапами проєкту, План доставки інформації необхідний як основа для визначення етапів проєкту. Кожне індивідуальне застосування ВІМ повинно бути визначене з конкретною метою щодо вартості, часу, якості або ризику, пов'язаних із проєктом або іншим вторинним використанням. Кожен спосіб застосування має містити інформацію щодо набору важливих вхідних даних, довідкових документів або наборів даних, таких як етапи проєкту, система початкових координат, системи класифікації, технічні рекомендації/стандарты, місцеві вимоги, пов'язані з проєктом, тощо.

5. Встановлено, що основним достоїнством мережевої організаційної структури є її функціонування на базі інформаційного моделювання. Це забезпечує інтеграцію окремих етапів реалізації будівельних проєктів, дозволяє вводити об'єкти за допомогою поетапних пускових комплексів, здійснювати ефективний контроль за ходом виконання проєктів, вносити в них значні корективи та скорочувати тривалість інвестиційного циклу.

6. В контексті завдань дослідження виявлено, що формування інструментарію формалізованого адміністрування будівництвом лежить у площині аналізу функціональних ролей учасників будівельно-інвестиційних

проектів, де серед ключових стейкхолдерів проектів будівництва можна виділити замовників, архітекторів, будівельні підрядні організації, проєктувальники інфраструктури, інженерних мереж та будівельних конструкцій. Встановлено, що варіантність виступає як засіб підвищення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельного проєкту, шляхом порівняння можливих варіантів технології та організації будівельного виробництва, а саме, шляхом використання низки можливих за даних умов методів виконання будівельно-монтажних робіт, зміни послідовності здійснення процесів будівництва, ступеня їх суміщення, тривалості та інтенсивності. Запропоновано у розрахунках під час прийняття відповідних організаційно-технологічних рішень визначати надійність як одиничного показника за кожною з величин, що входять до розрахунку, так і комплексного показника надійності, встановленого на базі залежності одиничних показників. Все це зорієнтовано на оцінку надійності будівельного підприємства як складної системи, яка визначається за допомогою діагностування всіх рівнів фінансово-виробничої діяльності організацій.

7. Перевагами застосування комбінованого підходу в організації будівельних проєктів визнано формування єдиного Плану виконання будівельно-інформаційного моделювання, який повинен бути розроблений на ранньому етапі проєкту, де пояснюється, як і чому, відповідно до аналізу ризиків, передбачено реалізовувати девелоперські проєкти.

Наукові результати, висвітлені в розділі 2, опубліковано в працях автора [121, 127, 131, 141, 165, 166, 167, 168, 171, 177, 178, 183]

РОЗДІЛ 3. ІННОВАЦІЙНИЙ АНАЛІТИКО-ПРИКЛАДНИЙ АПАРАТ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ДЕВЕЛОПЕРСЬКОГО СУПРОВОДУ ПРОЄКТІВ

3.1. Трансаналітичний та цифровий простір об'єктно-локалізованих моделей управління девелоперськими будівельними проєктами

У сфері будівництва зазвичай беруть участь численні виконавці різних професій та кваліфікацій, використовуються різноманітні типи машин та обладнання, а також задіяні постачальники організаційних ресурсів. Це значно ускладнює завдання керівника будівництва, який часто не може приймати ефективні рішення лише на підставі власного досвіду та інтуїції. Тому виникає необхідність у розробці та використанні виробничих моделей, які дозволять заздалегідь планувати та контролювати хід виконання робіт. Для створення таких моделей процеси об'єкта дослідження спрощуються, а з множини факторів відбирається лише невелика кількість найбільш суттєвих [184, с.27].

Маючи виробничу модель, можна передбачити можливі варіанти виконання програм, проаналізувати послідовність рішень за різними сценаріями, відкинути неприпустимі варіанти та рекомендувати найбільш доцільні рішення.

Виробничу модель можна представити у вигляді лінійних або мережевих графіків, а також циклограм. Графіки мають відображати всі аспекти об'єкта, які є важливими для календарного планування та регулювання виробничо-господарської діяльності.

Управління та організація будівельного виробництва відрізняються від інших графіків тим, що об'єкт, що аналізується, не має конкретної матеріальної форми чи фізичного втілення; він представлений лише системою взаємозв'язків і стосунків, що можуть бути відображені лише у формі графіків. Організаційні схеми, на відміну від технічних малюнків, описують комплекс уявлень менеджера проєкту про передові методи організації та технології виконання

будівельно-монтажних робіт і відтворюють модель процесу організації робіт [160, с.69].

Лінійні графіки ілюструють чіткий зв'язок і порядок виконання робіт. Вони часто використовуються у випадках, коли застосовується одночасна та стандартна технологія, як, наприклад, у масовому будівництві житлових комплексів або побудові простих споруд. Календарне планування (КП) у формі лінійних графіків застосовуються для визначення конкретних термінів виконання окремих робіт, які можна варіювати залежно від кількості виконавці, бригад та способів виконання робіт(рис.3.1).

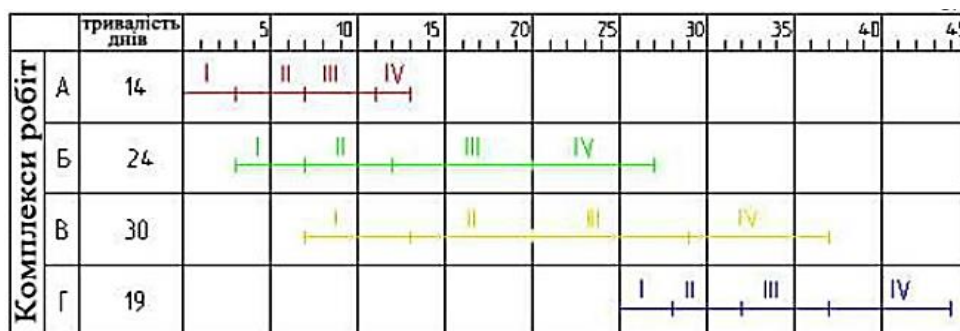


Рис.3.1. Елемент лінійного графіка моделі КП[185]

Переваги лінійних графіків у формі КП включають їхню простоту побудови і зрозумілість, а також можливість побудови під ними додаткових графіків, що показують рух робочих бригад по об'єкту, функціонування будівельної техніки, використання матеріалів і конструкцій на будівельному майданчику. Мінусами можна вважати складність відображення взаємозв'язків між різними роботами та потоками на сусідніх ділянках, а також відсутність маркування місць виконання робіт.

За допомогою найбільш поширених лінійних графіків можна ілюструвати чіткий взаємозв'язок та послідовність робіт, але у разі складних залежностей між ними ці графіки можуть бути менш ефективними. На циклограмі можна чітко побачити розвиток будівельного процесу у часі та просторі, і вона найбільш практична для будівництва однотипних структур. У цьому випадку одиницею продукції часто вважається ділянка або захватка, наприклад, типовий

розділ багатоповерхового житлового будинку на одному поверсі. [186, с. 114].

Циклограми застосовуються у потоковому будівництві, особливо коли зводяться однотипні структури, наприклад, будинки або споруди (див. Рис.3.2). Вони наглядно демонструють розвиток процесу у часі та просторі. Ці циклограми базуються на технологічних стандартах, де кожен стандарт описує конкретну послідовність виконання робіт на певній ділянці або захватці.

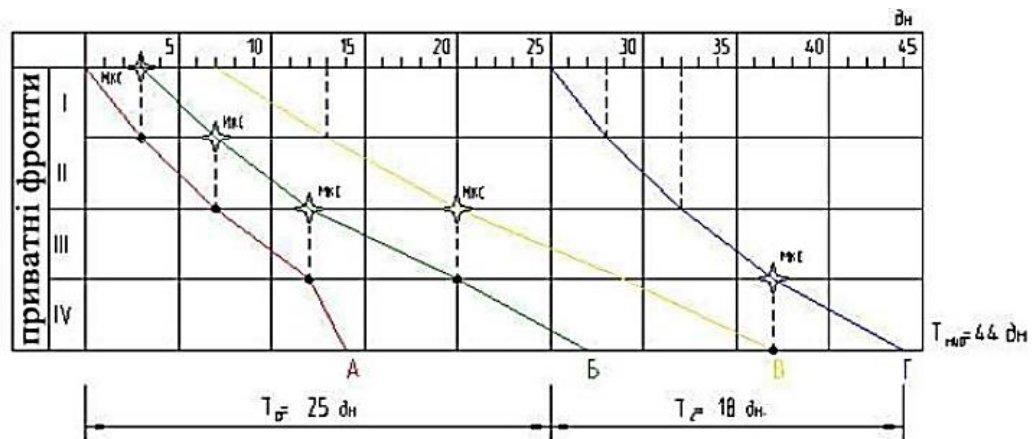


Рис.3.2. Елемент графічної моделі КП у формі циклограм [185].

Графічні моделі у формі циклограм мають перевагу у тому, що вони можуть точно показати час і місце виконання кожної роботи, відстежувати зв'язки між потоками та операціями на різних ділянках, а також дозволяють побудувати графіки руху робочих бригад по об'єкту, роботи будівельних машин і механізмів, а також використання матеріалів і конструкцій на будівельному майданчику. Однак недоліками цих графічних моделей є відсутність позначення назв робіт та потоків, а також потреба в розбитті об'єкту на захватки, виробничі ділянки або фронти робіт [185].

При будівництві великих промислових комплексів, які відрізняються складними взаємозв'язками робіт, використання циклограм стає менш ефективним та незручним. Це пов'язано з тим, що циклограми не дають можливості чітко відобразити всі численні зв'язки та залежності між різними видами робіт. Замість цього, застосування матричних моделей дозволяє з легкістю визначати час, необхідний для виконання кожною бригадою робіт,

загальний термін будівництва, простої бригад на фронтах робіт і рівень координації між різними видами робіт. Мережеві моделі, у свою чергу, краще відображають послідовність зведення складного об'єкта, дозволяють використовувати науково обґрунтовані методи будівництва та вирішувати багато проблем, що виникають під час виконання будівельних робіт.

При будівництві великих промислових комплексів зі складними взаємозв'язками робіт, використання циклограм може бути неефективним і незручним. Замість цього, матричні моделі дозволяють легко визначити час виконання робіт кожною бригадою, загальний термін будівництва, простої бригад на фронтах робіт та рівень поєднання робіт.

Мережеві моделі, у свою чергу, краще відображають порядок зведення складного об'єкта, дозволяють застосовувати науково обґрунтовані методи будівництва та вирішувати багато проблем, що можуть виникнути під час виконання будівельних робіт [189].

Нормалізовані моделі використовують часові нормативи, що ґрунтуються на типових сценаріях, де кожна така сценарій описує конкретну послідовність виконання робіт. Сітковий графік є ефективним інструментом управління будівництвом, дозволяючи оперативно адаптувати ресурси відповідно до реального прогресу робіт. Використання сіткових графіків не виключає можливості використання інших моделей, таких як лінійні графіки, циклограми та матриці. Ці різновиди моделей доповнюють один одного і використовуються там, де це найбільш доцільно [190].

Мережеві графіки найкраще підходять для складних проєктів, таких як будівництво промислових комплексів, де взаємодіють різні організації. Ці графіки дають можливість чітко візуалізувати та планувати всі етапи будівництва, включаючи проєктування, зовнішні поставки матеріалів та обладнання, а також роботи з монтажу та налагодження.

У будівництві мережеві моделі застосовуються для:

- розв'язання завдань майбутнього планування, що включає визначення послідовності виконання робіт, розподіл ресурсів та координацію дій різних учасників проєкту;

- встановлення тривалості та термінів проведення основних етапів створення об'єктів, а також чітко спланувати час, необхідний для виконання проєктування, будівельно-монтажних робіт, постачання технологічного обладнання та інших важливих етапів.

Планування капітальних вкладень на різні періоди будівництва. Сітьові моделі допомагають визначити, коли та скільки коштів буде потрібно на кожному етапі проєкту, що дає можливість оптимізувати бюджет будівництва.

У галузі будівництва сітьові моделі використовуються для розв'язання завдань стратегічного планування, встановлення часу та термінів виконання ключових етапів створення об'єктів (включаючи проєктування, будівельно-монтажні роботи, постачання технологічного обладнання та розвитку виробничих потужностей), а також для планування капітальних витрат на різні періоди будівництва об'єкта.

Мережеві графіки можуть застосовуватися як для простих, так і для складних програм втілення інвестиційних проєктів. Вони можуть використовуватися як для будівництва невеликого одноповерхового будинку, так і для втілення складних проєктів, таких як заводи, фабрики або житлові комплекси. Для кожного завдання, що включається до сіткової моделі, визначаються виконавець, тривалість, складність виконання, вартість і інші характеристики.

В організаційно-технологічних моделях будівництва об'єктів встановлюють взаємозв'язок між виконанням різних видів будівельних робіт, строками і інтенсивністю виконання робіт, а також оптимальним використанням ресурсів.

В основі потокового методу в будівництві лежить ідея максимального використання виробничої потужності будівельної компанії за умови постійного

й рівномірного завантаження нижніх будівельних підрозділів, таких як ділянки, бригади, ланки і т. д.

Завданням проєктування будівельного потоку є встановлення параметрів потоку, які забезпечують будівництво об'єктів протягом нормативного часу, з неперервним завантаженням ресурсів (бригад, машин) і постійним веденням будівельно-монтажних робіт на кожному об'єкті, враховуючи оптимальну технологію та організацію робіт [185].

Послідовність проєктування моделей потокової організації виробництва робіт на об'єкті передбачає [160]:

1. Визначення об'єктів, що підлягають будівництву за потоковим методом, які схожі за конструктивним рішенням, плануванням, поверховістю та іншими характеристиками, що дозволяє використовувати однакові або подібні технології будівництва.

2. Розбиття об'єкта на процеси. Найкраще це робити на рівні або кратні за складністю. Це означає, що кожен процес повинен мати чітко визначені межі, обсяг робіт та очікуваний результат.

3. Визначення послідовності процесів зведення об'єкта включає визначення того, які процеси йдуть один за одним, які можуть виконуватися паралельно, а які залежать один від одного.

4. Об'єднання взаємозалежних процесів в один загальний робиться для того, щоб спростити планування та управління потоком робіт.

5. Визначення послідовності включення окремих об'єктів у потік будівництва включає визначення того, коли й в якій послідовності кожен об'єкт буде включений до потоку.

6. Призначення процесів бригадам робиться на основі кваліфікації бригад, наявності у них необхідних інструментів та обладнання, а також з урахуванням послідовності виконання робіт.

7. Забезпечення механізованих бригад будівельними машинами, інструментами, пристроями.

8. Розрахунок основних параметрів потоку включає визначення тривалості виконання кожного процесу, загальної тривалості будівництва, потреби в ресурсах тощо.

9. Проєктування переміщення з об'єкта на об'єкт у встановленій послідовності включає визначення маршрутів переміщення матеріалів, інструментів, обладнання та людей, а також розробку графіків переміщення.

Алгоритм побудови організаційно-технологічної моделі для послідовності технологічних етапів будівництва споруди включає наступні кроки[185, с. 63]:

1. Аналіз архітектурних і конструктивних особливостей об'єкта будівництва.

2. Визначення просторових параметрів об'єкту (кількість чергбудівництва, захваток, ділянок, ярусів і т.д.).

3. Формування специфікацій збірних залізобетонних і металевих конструкцій, необхідних для будівництва.

4. Складання таблиць-відомостей обсягів різних видів робіт на об'єкті (загально-будівельних, спеціальних робіт по об'єкту, благоустрою території).

5. Розрахунок величини кошторисних витрат праці та експлуатації машин за необхідними обсягами робіт.

6. Вибір методів організації виробництва (паралельного для мінімізації термінів будівництва, потокового - під час створення будівельних потоків) та формування графічної моделі.

7. Підготовка картки-визначника для створення графічної моделі виробництва робіт.

8. Визначення кількості і складу робочих бригад відповідно до передбачуваної моделі графіка виконання робіт.

9. Розробка варіантів організаційно-технологічних моделей будівництва об'єкту і обрахунок техніко-економічних показників.

10. Аналіз та оптимізація побудованих графічних моделей виробництва робіт на будівельному об'єкті.

Водночас, на тлі розвитку українського ринку нерухомості його гравці стикаються з необхідністю створення та реалізації масштабних та складних (у тому числі у технічному плані) об'єктів. Управління такими проєктами повинно відбуватися на якісно іншому, системному рівні, з використанням сучасних технологій та інструментів[189].

Широко використовувані методи оцінки часу завершення проєкту в системі інформаційного моделювання проєктами розраховуються через програми(PERT) та засновані на визначенні критичного шляху. Водночас, на нашу думку, в дані моделі можуть бути введені додаткові параметри, що враховують ймовірнісні величини (надійність виконання робіт вчасно в термін), що відіграють важливу роль у більш реалістичному визначенні часу завершення проєкту. В цьому аспекті визначення довжини критичного шляху набуває вигляду задачі лінійного програмування за критерієм оптимізації «час». Після визначення розподілу ймовірностей для всіх шляхів оптимізована мережева модель може допомогти визначити найбільш ймовірне рішення, що враховує надійність досягнення цілі. Відповідно ймовірність виконати роботу в термін буде різницею між й та ризиком. Організація може враховувати різні ризики, водночас для будівельної галузі найбільшими ризиками є технічний, фінансовий, зменшення обсягів виконання робіт, тривалості [191]. Після того, як ризики визначено, їх аналізують, щоб визначити якісний та кількісний вплив ризику на проєкт, щоб вжити відповідних заходів для їх мінімізації. Для аналізу ризиків пропонуємо використовувати такі рекомендації щодо його оцінки

Таблиця 3.1

Оцінка ризиків, що впливають на надійність виконання робочих операцій

Оцінка ризику	Витрати	Тривалість	Обсяг робіт	Якість
висока ймовірність ($80\% \leq x \leq 100\%$)	> 10% або >100.000€	>2 тижнів	скорочення обсягу неприйнятне для клієнта	зниження якості вимагає змін у проєкті
середньо-висока ймовірність ($60\% \leq x < 80\%$)	5-10% або >50.000€	затримка від 1 до 2 тижнів	велике скорочення обсягу	зниження якості вимагає не впливає на реалізацію проєкта
середньо-низька	зростання <5%	до 1 тижня	Незначне	Незначне

ймовірність ($30\% \leq x < 60\%$)			скорочення обсягу	погіршення
низька ймовірність ($0\% < x < 30\%$)	зростання $< 0\%$	затримка 1 день	Зменшення обсягу незначне	Відповідна

У будівельній галузі важливість правильної організації процесу пов'язана зі зростанням технологічності об'єктів нерухомості та чисельності компаній, залучених до їх реалізації. Також внаслідок впровадження нових технологій склад робіт постійно розширюється, що викликає необхідність розробки оновленого алгоритму, який враховуватиме різноманітні умови та фактори, пов'язані з реалізацією проекту [192]. Наприклад, для комерційних проектів головними цілями є грошовий потік від оренди або продажу, що призводить до включення специфічних завдань з маркетингу та продажу до комплексу робіт.

Більшість учасників будівельної галузі зараз використовують технології управління проектами, оскільки вони є необхідними для успішної діяльності на ринку. Вітчизняні компанії переважно користуються програмними продуктами для створення графіків реалізації проектів, а іноді навіть відстежують їх в процесі виконання. Проте в кожній успішній компанії існує власний унікальний підхід - це суміш різних методів, технологій, посібників та правил. Незважаючи на всі алгоритми, ідеально менеджер повинен розуміти всі аспекти та керувати потоком, відслідковуючи всю систему зверху.

Дослідники стверджують, що найбільш складні етапи проекту пов'язані з взаємодією з державними установами для отримання необхідних дозволів, узгоджень та організації введення об'єкта в експлуатацію. Хоча процес будівництва вже добре вивчено і здійснюється дуже якісно, боротьба з бюрократією залишається складною, за словами експерта.

Найбільші труднощі виникають під час завершення та закриття проекту. Це може бути викликано пропуском або недостатньою увагою до етапів ініціації та планування. Також причиною може бути відсутність актуальної інформації про стан проекту. Тому важливо здійснювати контроль за поточним

виконанням проєкту, розуміти його вплив на терміни та бюджет, а також враховувати будь-які відхилення від плану на будь-якому етапі його реалізації [193].

Згідно моделі (рис. 3.3) поєднання цифрового та проєктного середовища, такі ключові елементи реалізації будівельних програм як процеси, взаємодії, інструменти, виконавці проєкту, команда – перебувають на перетині з цифровим середовищем, що забезпечує можливість «оцифрування» зазначених елементів та забезпечує доцільність застосування комбінованого інструментарію організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами у сфері будівництва.

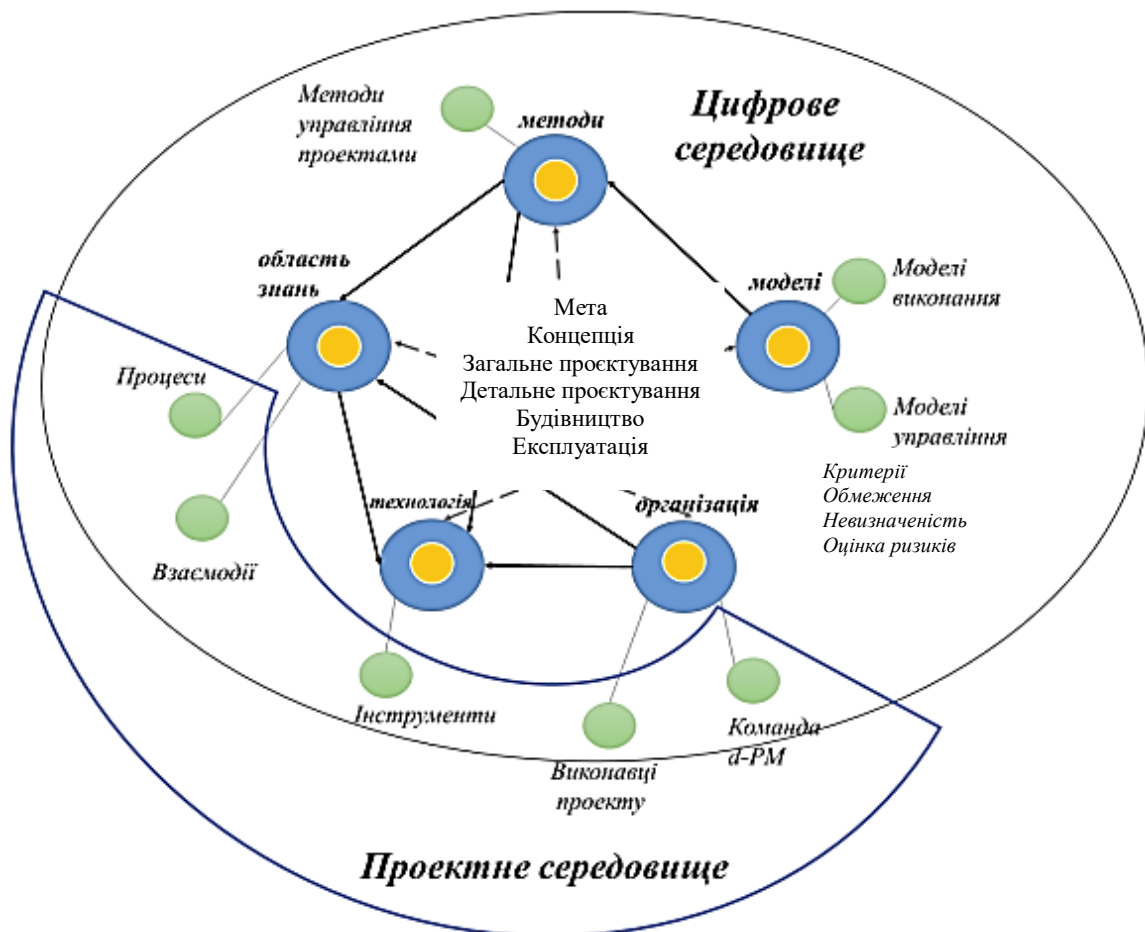


Рис.3.3. Модель поєднання цифрового та проєктного середовища удосконалено на основі [194, с.40].

В подальшому доцільно використати модель управління проєктами в динамічному цифровому середовищі представлена на рис.3.4[195].

Розглядаючи в комплексі питання розвитку будівельного бізнесу у цифровій сфері, слід окрім аналізу зовнішнього середовища, обов'язково враховувати стан внутрішнього середовища, до якого насамперед слід віднести рівень проєктного менеджменту на всіх етапах життєвого циклу інвестиційних проєктів.

Проєктний менеджмент завжди відображав реалії і виклики свого часу. Коронавірус та війна стали значущими подіями, які суттєво вплинули на цю сферу, змушуючи адаптувати методи та підходи до управління проєктами. Вони кардинально змінили не лише спосіб роботи, але й саму природу проєктів, зосереджуючи увагу на гнучкості, стійкості та адаптації до нових умов.



Рис.3.4. Модель управління проєктами в динамічному цифровому середовищі [196]

Пандемія COVID-19 спричинила глобальні зміни у всіх сферах життя, і проєктний менеджмент не став винятком. Одним з головних викликів стала необхідність переходу на віддалену роботу. Проєктні команди, які звикли до фізичної присутності, змушені адаптуватися до нових умов, що потребує

впровадження нових технологій для забезпечення комунікації та координації дій. Віддалена робота також висунула на передній план питання управління часом та продуктивністю. Керівникам проєктів довелося знайти нові способи мотивації та контролю за виконанням завдань, забезпечуючи при цьому баланс між роботою та особистим життям співробітників. Важливим стало впровадження гнучких графіків роботи та адаптивних методик управління, таких як Agile та Scrum.

Крім того, пандемія підкреслила важливість управління ризиками та непередбаченими обставинами. Проєкти, які раніше могли здаватися стабільними, стикнулися з затримками постачань, скороченням фінансування та іншими проблемами. Це змусило проєктних менеджерів приділяти більше уваги плануванню ризиків та розробці сценаріїв на випадок кризових ситуацій.

Водночас війна підвищує важливість стратегічного планування та адаптивного управління. Проєктні менеджери мають швидко змінювати плани, реагувати на непередбачувані обставини та забезпечувати безперервність діяльності. Забезпечення безпеки команди та збереження критично важливих ресурсів стають пріоритетами.

Скорочення фінансування, втрати ключових працівників та проблеми з логістикою призводять до затримок і підвищення витрат, що вимагає більш ретельного контролю за бюджетом та ресурсами.

Останні кризові події, зокрема, коронавірус та війна змушують адаптуватися до нових реалій та викликів, актуалізуючи питання гнучкості, адаптивності та стійкості в управлінні проєктами. Керівники проєктів повинні бути готові до роботи в умовах невизначеності, швидко реагувати на зміни та забезпечувати безперервність діяльності своїх команд. У цих умовах розвиток нових технологій, інноваційних підходів та стратегічного мислення стає ключем до успішного управління проєктами в сучасному світі.

Саме тому, управління девелоперськими проєктами запропоновано ґрунтувати на сітвовій або мережевій моделі будівництва. Сітвові (мережеві) графіки надають можливість ефективно відтворити послідовність будівництва

складного об'єкта, забезпечуючи керівника та виконавців інформацією для ухвалення організаційних та управлінських рішень[185]. Вони дозволяють чітко встановити послідовність робіт в технологічному плані, аналізувати хід будівництва в просторі та часі, інтегрувати всі види робіт, які виконуються усіма учасниками будівництва, та використовувати сучасні комп'ютерні технології для аналізу варіантів досягнення цілей та розрахунку часових параметрів мережі.

Мережеві графіки є специфічною основою методу регулярного забезпечення керівників розробок (будівництв, проектних) інформацією про хід робіт. Ця інформація складається на основі аналізу мережевого графіка і вказує критичні і потенційно критичні моменти в процесі виконання розробок, а також їх можливий вплив на планові терміни.

Розрахунок мережевого (сітьового) графіку (СГ) проводять, виходячи з припущення, що кожна робота забезпечена всіма необхідними ресурсами (див рис.3.5). В реаліях часто мають місце перебої або відсутність тих чи інших ресурсів, що збільшує терміни робіт та приводить до зміни послідовності їх виконання[185].

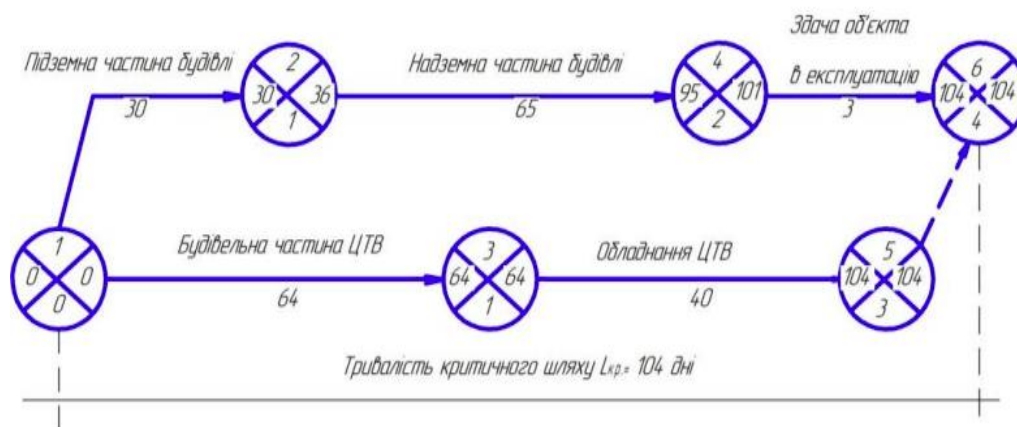


Рис.3.5. Початкова модель сітьового графіку будівництва проекту

Необхідність коригування мережевої моделі проекту виникає, коли вже після складання і розрахунку виявляється, що тривалість робіт, за графіком не відповідає завданню і доводиться скорочувати тривалість робіт критичного шляху [150]:

- для виконання робіт в заплановані строки не вистачає робочої сили, матеріалів і ін. ресурсів;

- або те і інше разом, тобто графік не завжди відповідає заданим термінам і можливостям організації виробництва, тому складений графік підлягає коректуванню (оптимізації) з урахуванням існуючих обмежень [185].

На практиці СГ спочатку коректують за часом, а вже потім за ресурсами. В загальному вигляді оптимізація СГ виконується за часом: перерозподіл трудових ресурсів (рис.3.6); суміщення технологічних процесів (рис.3.7); залучення додаткових ресурсів (рис.3.8). Отже, з наведених вище варіантів корегування мережевих моделей будівництва проєкту шляхом встановлення різних параметрів оптимізації можна зробити висновок про адаптивність та ефективність адміністрування проєктами будівництва на базі запропонованої моделі.

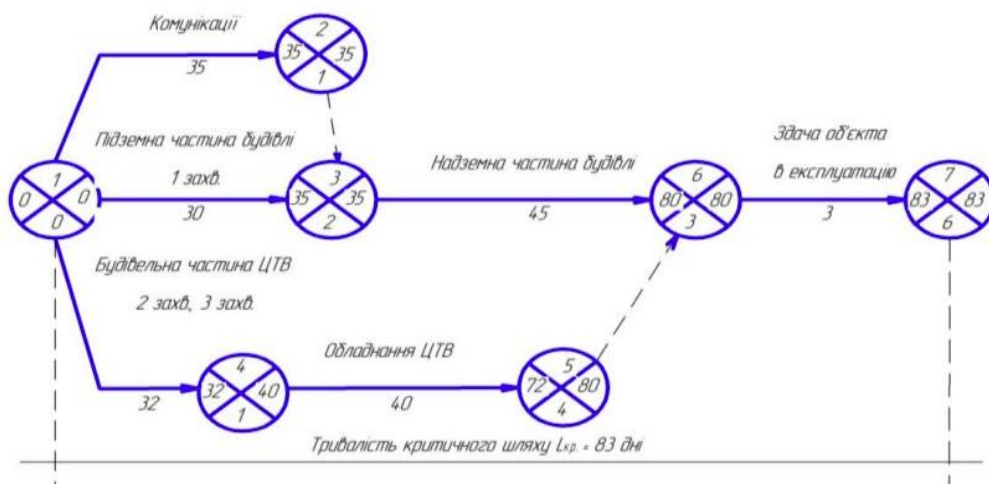


Рис.3.6. Корегована модель сітьового графіку будівництва проєкту шляхом перерозподілу трудових ресурсів

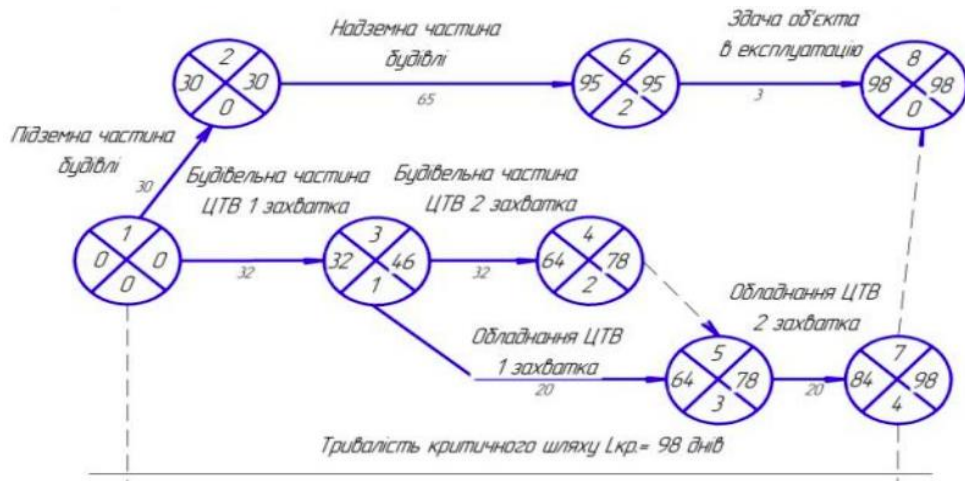


Рис.3.7. Корегована модель сітьового графіку будівництва проекту шляхом суміщення технологічних процесів

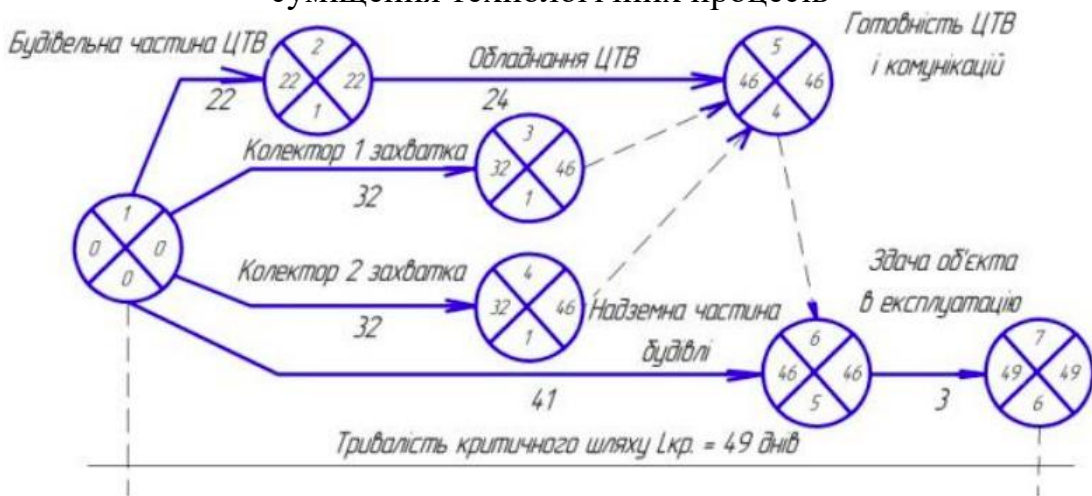


Рис.3.8. Корегована модель сітьового графіку будівництва проекту шляхом паралельного виконання робіт із залученням додаткових ресурсів

В загальному вигляді модель реалізації будівельного проекту за типом «робота-цифри» представлено на рис.3.9.

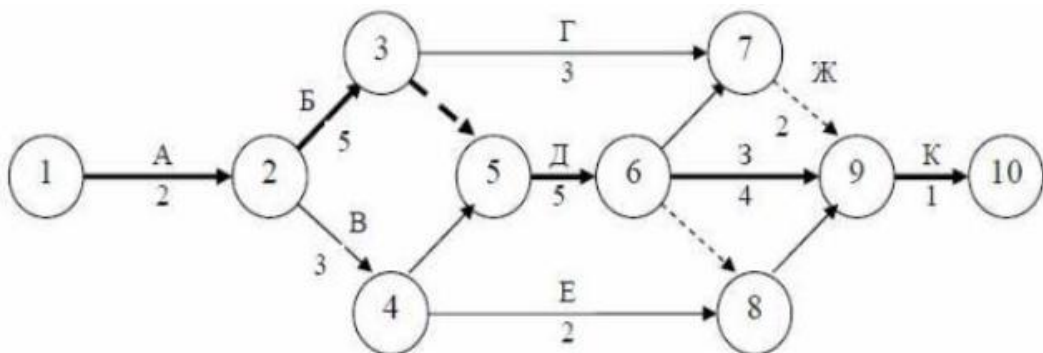


Рис.3.9. Вигляд сіткової моделі технологічної послідовності виробництва робіт:

А. Б. В, К – кодове позначення назви робіт;

2, 5, 3, ... 1 – цифри під стрілками (роботи і фіктивні залежності) вказують на тривалість процесів

З метою удосконалення наведеного ряду моделей будівництва запропоновано визначити елемент «робота-цифри», що у вигляді сфери візуалізує цифровий простір виконання окремого комплексу робіт, який організація-субпідрядник виконує у складі девелоперського проєкту. Діаметр сфери в порівняльних одиницях відображає семантичну міру впевненості девелопера в тому, що його вимоги будуть дотриманими цим виконавцем (рис.3.10).

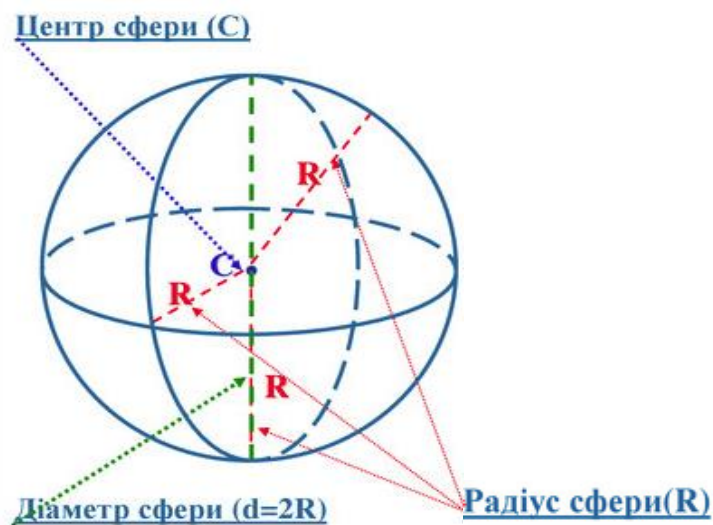


Рис.3.10. Сфера як елемент «робота-цифри» та візуалізація цифрового простору виконання окремого комплексу робіт

Відповідно до наведеного рис.3.10 центр сфери являє собою головну мету (суть) певного комплексу робіт, що виконуються обраним підприємством-виконавцем будівельного проєкту. При цьому, діаметр сфери може варіюватися в залежності від зміни радіусу, що в сукупності умовно відображає на скільки девелопер упевнений в даному конкретному виконавцеві та у дотриманні встановлених нормативів.

Реалізація факторів організаційно-технологічних параметрів в елементі сітьової моделі за типом «робота-цифри» забезпечує автономність формування варіантів моделі циклу девелоперських будівельних проєктів, а зручність їх подальшого упорядкування в сукупній моделі проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт. Спеціальне упорядкування («оцифрування»)

параметрів забезпечує через початкову та кінцеву «події» належну прив'язку до узгоджених між замовником та девелопером бюджету проєкту та графіку інвестування.

Незважаючи на безсумнівні переваги цифрової трансформації, що реалізується в сфері будівництва за останні роки, все ж є певні питання, які потребують вирішення та які зумовлені як внутрішніми проблемами держави, так і поглибленням глобалізації та інтеграції України в європейський простір. Ці питання стосуються :

- доступності цифрових технологій та надійності передачі та інтернет з'єднань для широкого кола користувачів;
- посилення безпеки та захисту даних;
- застосування уніфікованих цифрових платформ, що є сумісними з сучасними програмними та мобільними додатками,
- подальшої розбудови цифрової інфраструктури та розвитку цифрової грамотності;
- використання цифрових технологій для формування статистичних систем в процесі прогнозування доцільності реалізації проєктів будівництва на основі широкого спектру даних;
- залучення коштів міжнародних організацій для розвитку цифрової інфраструктури.

Поширення використання цифрових технологій в сфері будівництва вимагає збільшення їх доступності для користувачів. Водночас цифрові програмні продукти є відносно витратними внаслідок необхідності їх встановлення на високоефективний обчислювальний пристрій, самі спеціалізовані програми вимагають оплати за ліцензію, їх постійне оновлення, навчання користувачів. Відповідно малі та середні підприємства часто не мають значних інвестицій, що звужує їх можливості до користування цифровими рішеннями. Окрім цього, вітчизняна система оподаткування визначає мінімально допустимі терміни амортизації комп'ютерів, машин та автоматизованого обладнання – 5 років, а термін експлуатації може подовжуватись, відповідно багато підприємств

використовують застаріле обладнання, яке не дозволяє встановити певні програми або їх повною мірою використовувати. Залучення більшої кількості учасників проєктів, користувачів дозволить знизити ціну та підвищити доступність цифрових рішень для широкого кола споживачів, однак на початкових етапах потрібні інвестиції, що можуть бути реалізовані як за рахунок державних видатків, так і через механізм публічно-приватного партнерства.

Слід, однак, підкреслити, що подальше зниження вартості цифрових технологічних рішень не може бути значним, оскільки це не повинно впливати на їхню надійність, яка передбачає забезпечення високого рівня безпеки конфіденційних особистих даних, застосування сучасних протоколів захисту від несанкціонованого доступу. Таким чином, потрібно подолати протиріччя між доступністю та рівнем технологічності та безпеки цифрових продуктів і сервісів. В майбутньому використання цифрових продуктів не повинно створювати технологічних бар'єрів для входу на ринок будівельних проєктів, що, в свою чергу, формуватиме вільні конкурентні відносини та сприятиме встановленню обґрунтованих цін на будівельну продукцію.

Також вкрай важливими є питання сумісності цифрових продуктів, розроблених для різних оперативних систем, їх версій, що може призвести до необхідності використання додаткових програм або переходу до інших платформ, щоб забезпечити сумісність та ефективну роботу цифрових продуктів. Також необхідно враховувати можливість взаємодії з різними пристроями та середовищами, такими як мобільні пристрої, хмарні сервіси, або інша інфраструктура, щоб забезпечити повну функціональність та доступність для користувачів. Для вирішення цього питання необхідно впроваджувати уніфіковані цифрові платформи, що сприятиме утворенню єдиного цифрового простору та дозволить учасникам проєкту працювати в одному інформаційному середовищі, отримувати актуальну інформацію в реальному часі та швидко реагувати на зміни. Відповідно така уніфікація цифрових платформ буде спрощувати обмін даними, забезпечувати ефективну інтеграцію та співпрацю

між різними учасниками будівельних проєктів робіт, що дозволить налагодити їх безпосередню взаємодію, синергію та координацію. Також уніфікація платформ сприятиме стандартизації процесів, що дозволить знизити витрати на інтеграцію та підтримку різних систем, а також спростити навчання і підтримку користувачів.

На світовому рівні уніфіковані цифрові платформи сприятимуть створенню єдиного глобального цифрового простору для реалізації будівельних проєктів на основі міждержавної цифрової сумісності. Для цього необхідно створити глобальну концепцію цифровізації та сформулювати пріоритети розвитку цифрових технологій, що ґрунтуються на спільних програмних рішеннях та платформах, що, з однієї сторони, забезпечить доступ до інформації та залучення до проєктів міжнародних стейкхолдерів, а з іншої сторони, запобігатиме поділу глобального цифрового простору на окремі територіальні цифрові зони. Водночас для формування міжнародної платформи необхідно подолати цифровий розрив між окремими країнами, що дозволить застосувати найсучасніші протоколи інформаційної безпеки, підвищити надійність захисту даних, підвищити ефективність їх обробки та систематизації [112, с.45]. В Україні важливо створити сприятливі умови для розвитку індустрії цифрових технологій, що сприятиме появі нових інноваційних рішень, які відповідають вимогам якості, безпеки та доступності.

Подальша розбудова цифрової інфраструктури асоціюється з використанням автоматизованих систем управління будівельними машинами та обладнанням, автоматизацією процесів планування та моніторингу в реальному часі за допомогою датчиків та IoT (Internet of Things), 3D-моделінгом, розширенням використання BIM-технологій, цифрових платформ для спільної роботи, контролю та аналізу процесу будівництва, з використанням обладнання та програмного забезпечення віртуальної реальності для візуалізації проєктів, створення реалістичного та інтерактивного середовища, використанням дронів для моніторингу будівельних об'єктів та ін.

Поширення цифрових технологій вимагатиме поглиблення цифрової

грамотності, розвитку навичок використання спеціалізованого програмного забезпечення для роботи з 3D-моделями, автоматизованими базами даних, активного застосування віртуальної та доповненої реальності, тощо. Відповідно освітні програми повинні бути адаптовані до сучасних реалій цифрового бізнес-середовища. Активні процеси діджиталізації вимагають модернізації не лише освітніх компонент, але й самого підходу до навчання, викладання, формування компетенцій цифрової грамотності, удосконалення навичок роботи з комп'ютером та програмним забезпеченням. А це, в свою чергу, викриває ще низку проблем, пов'язаних з неготовністю системи формальної освіти до роботи в цифровому світі, що, зокрема, обумовлені недостатністю фінансування матеріально-технічної бази, компетентних практиків, що можуть передати свій досвід використання цифрових інструментів у професійній діяльності, практичній роботі. В країнах ЄС ці питання переважно вирішуються активною співпрацею між закладами вищої освіти та підприємствами, які, співпрацюючи з ЗВО, отримують дешеву робочу силу у вигляді студентів-практикантів, формуючи перелік освітніх компонент під свої потреби. Водночас механізм співпраці підприємств з ЗВО перебуває в стадії формування. На відміну від країн ЄС, вітчизняний бізнес провадить політику дешевої робочої сили, великі промислові підприємства, корпорації, не мають дієвого механізму впливу на систему професійної освіти та й не готові витратити кошти на вітчизняні університети, які будуть випускати спеціалістів, як для них самих, так і для конкурентів. А тому віддають перевагу внутрішньо корпоративним освітньо-виробничим підрозділам, які «донавчають» певним навичкам, програмам, технологіям, тощо. Вважаємо, що співпраця підприємств з університетами буде поступово поширюватись з розвитком великих містоутворюючих, галузевих корпорацій, які можуть підвищити свій престиж серед студентів, викладачів та інших учасників освітнього процесу, що може відобразитися на репутації компанії та сприяти рекрутингу та залученню найбільш талановитих випускників. На нашу думку, розвиток цифрової інфраструктури та підвищення рівня цифрової грамотності, в першу чергу,

повинні набути актуальності в ході формування державної політики інноваційного розвитку, коли кваліфікація спеціалістів буде адекватно оплачуватись. Розуміння того, що цифрові навички безперечно покращують якість та підвищують ефективність будівельних проєктів, має спонукати керівників підприємств до перегляду вимог до цифрових компетенцій та, відповідно, до збільшення інвестицій у навчання цифровим навичкам своїх працівників. Такий підхід не лише сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємств на ринку, а й допоможе вирішити проблему нестачі кваліфікованих кадрів у галузі будівництва. Крім того, активне сприяння уряду у формуванні цифрової грамотності серед населення та бізнесу сприятиме загальному економічному зростанню та створенню сприятливого середовища для інноваційного розвитку. Таким чином, інтеграція цифрових технологій у будівництво вимагає комплексного підходу, що включає як розвиток інфраструктури та підвищення рівня грамотності, так і активну підтримку з боку влади та бізнесу.

Наразі можна констатувати, що цифрові технології використовуються більше як інструмент комунікації стейхолдерів будівництва та будівельних процесів. Перспективними напрямками їх розвитку – це пристосування їх функціональності під збір, обробку статистичних даних, що акумулюються як на рівні держави, громад, так і на рівні окремих будівельних та девелоперських підприємств. Йдеться про використання статистичних систем в процесі прогнозування доцільності реалізації проєктів будівництва на основі широкого спектру даних щодо соціально-економічного становища регіону, чисельності, динаміки доходів населення, напрямів розвитку відповідних територій, ціни капіталу, вартості квадратного метру залежно від призначення, типу та місця розміщення споруд в комбінації з кваліметричною оцінкою привабливості будівельного об'єкту з точки зору споживачів. Статистика щодо соціально-економічного становища регіону при оцінці доцільності проєктів будівництва дозволяє оцінити:

- загальний стан ринку житлової та комерційної нерухомості, що

допомагає розуміти потреби ринку та приймати рішення щодо рентабельності будівельного проєкту;

- попит на житло на основі даних про соціодемографічні характеристики населення, які варто враховувати при плануванні та реалізації будівельних проєктів;

- доступність фінансування для будівельних проєктів на основі оцінки процентних ставок надання кредитів на будівництво, умов кредитування, ринкових індексів, можливостей залучення бюджетних коштів, грантів, приватних фінансових інвестицій щодо;

- стан регуляторної політики що стосується податкових пільг, субвенцій, відшкодування частини кредитних коштів чи покриття відсотків за кредитами за програмою «ЄВідновлення», та ін.

Аналіз соціально-економічної статистики є важливим для ефективного управління будівельними проєктами, сприяє прийняттю обґрунтованих рішень та допомагає уникнути ризиків та забезпечити успішну реалізацію проєктів.

Головними перепонами використання цифрових технологій в якості інтеграції та аналізу статистичної інформації – це неповне охоплення даних, недосконала методологія та низька частота їх збору, обмеженість доступу до верифікованої інформації для її співставлення у динамічні ряди та прогнозування. Останнє розкриває можливості для розвитку консалтингових послуг на основі технології «big data» для обробки та аналізу великих обсягів даних, які надходять з різних джерел, таких як соціальні медіа, мобільні додатки, веб-сайти, датчики, транзакції і т.ін., які важко або неможливо обробити традиційними методами. Виконаний аналіз актуальних стратегій розвитку цифрової економіки дозволив прийти до висновку про відсутність налагодженого механізму залучення інвестицій у процес цифровізації на всіх рівнях економічної системи. Інтеграція запропонованих принципів сприятиме досягненню синергетичного ефекту, особливо в контексті активізації його на основі реалізації інформаційно-аналітичної складової розвитку, яка має стати ключовим стратегічним пріоритетом [127, с.94].

3.2. Процедури та шкала формалізованого оцінювання організацій-виконавців з боку керівного рівня девелоперського проєкту

Серед економістів-дослідників, як вітчизняних, так і зарубіжних, існує розбіжність у розумінні концепції конкурентоспроможності підприємства (КПв) та її взаємозв'язку з іншими поняттями, такими як конкуренція, конкурентні переваги, конкурентний статус та позиція підприємства. Однак, з урахуванням наукових підходів, КПв відображає ознаки динаміки в економічних відносинах.

Так, прогрес у економічних дослідженнях щодо конкурентоспроможності підприємств характеризується зміною підходів від періоду меркантилізму до теорії інтелектуального лідерства, і розглядає вплив як зовнішніх, так і внутрішніх факторів на успішність конкурентної боротьби.

Узагальнюючи, конкурентоспроможність підприємства - це механізм, який сприяє ефективному використанню конкурентних переваг з метою досягнення стратегічних цілей у господарській та фінансовій діяльності і задоволення соціально-економічних потреб споживачів. Одночасно критерії оцінки, організаційно-економічні характеристики і фактори динаміки конкурентоспроможності на рівні товару, підприємства, галузі або національного господарства мають свою специфіку.

Основи теоретичного аналізу та класифікації параметрів оцінки конкурентоспроможності підприємства виявляють різноманіття авторських точок зору.

Узагальнено основний процес оцінювання конкурентоспроможності визначено як структурно-логічну схему системи, що забезпечує і розраховує інтегральний показник рівня конкурентоспроможності (рис.3.11).

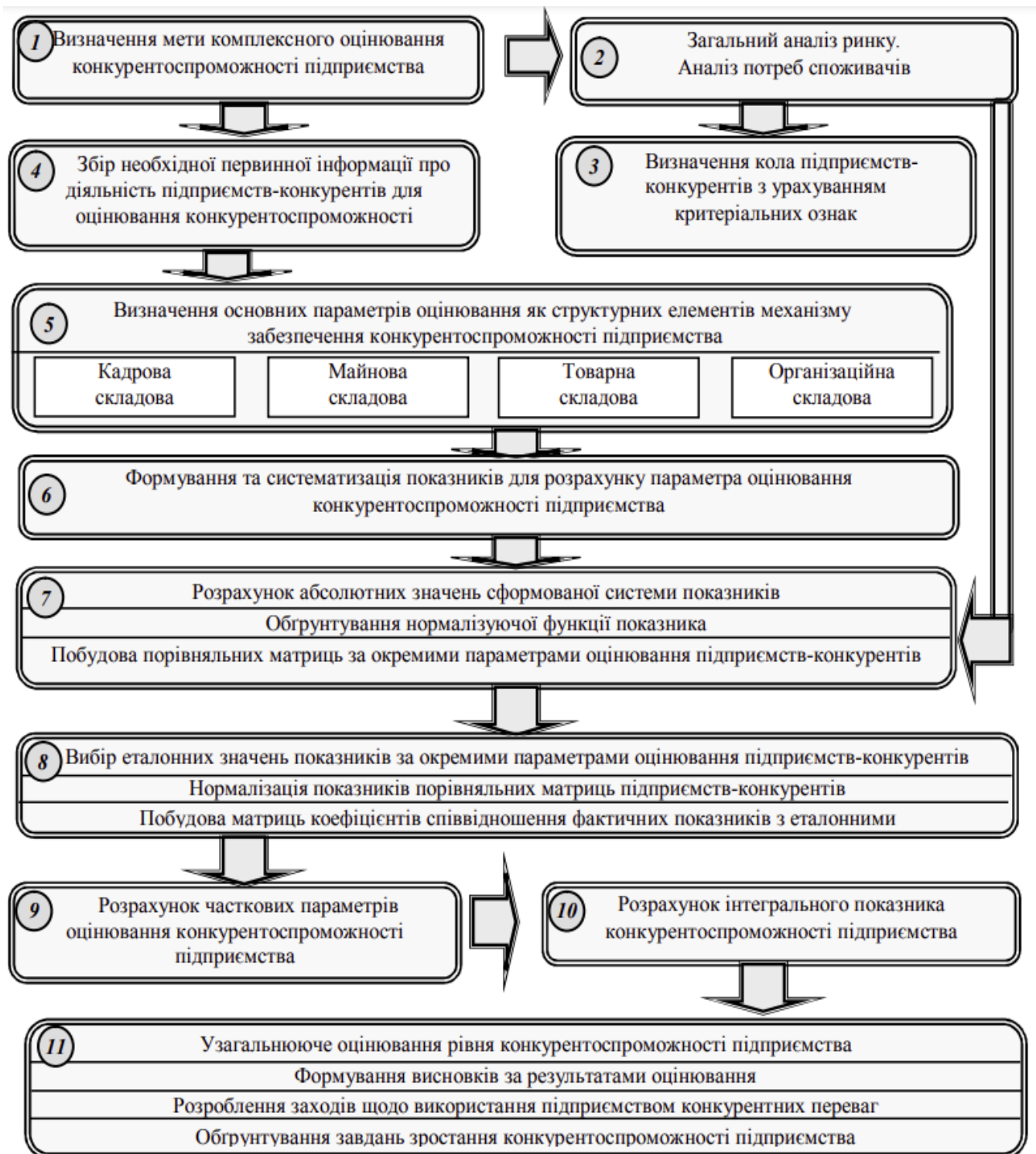


Рис.3.11. Структурно-логічний підхід до комплексного оцінювання конкурентоспроможності підприємства

Для оцінки конкурентоспроможності важливим є визначення групи підприємств-конкурентів, враховуючи ряд критеріїв:

- присутність на одному внутрішньо-регіональному ринку або в певному його сегменті, обмеженому територією району;

- спільний профіль діяльності з урахуванням обсягу, масштабу та сталості асортименту товарів;

- порівняність стадій життєвого циклу підприємств;

- наявність доступу до ресурсів та рівність можливостей у конкурентному середовищі.

Основними критеріями для оцінки слід визначити структурні компоненти механізму забезпечення КПв конкурентоспроможності, включаючи кадрові, матеріальні, товарні та організаційні складові (рис.3.12)

Основними параметрами оцінювання доцільно обрати структурні елементи механізму забезпечення, що можна виразити кількісно, зокрема: кадрову, майнову, товарну, організаційну складові (рис.3.12).

Наприклад, при оцінці конкурентоспроможності враховують такі аспекти:

- якість виробів (товарів, послуг);

- рівень задоволення потреб споживачів та ефективність управління;

- якість відповіді на споживчий попит,

ефективне використання ресурсів;

- фінансову стійкість, підприємницьку активність

- соціальну значущість;

- ефективність діяльності, фінансову стабільність і ліквідність, результативність маркетингу та просування товарів;

- репутацію підприємства, його ринкову стратегію, інноваційну діяльність;

- економічний потенціал та його використання



Рис.3.12. Параметри та показники оцінювання конкурентоспроможності підприємств-виконавців

Важливим принципом економічного оцінювання КПв є комплексність, який означає застосування системи економічних параметрів як часткового, так і узагальнюючого змісту (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Алгоритми розрахунку показників оцінювання конкурентоспроможності підприємств-виконавців будівельних проєктів

Найменування показників	Алгоритми розрахунку	Умовні позначення	Рекомендовані значення
1	2	3	4
Кадрова складова			
Середній рівень кваліфікації (<i>PK</i>)	$\frac{\sum K_i \times T_i}{\sum T}$	<i>K_i</i> – <i>i</i> -та кваліфікаційна категорія торгово-оперативного персоналу; <i>T_i</i> – кількість працівників; <i>i</i> -тої кваліфікаційної категорії; <i>T</i> – чисельність працівників	Зменшення
Середній стаж роботи (<i>CP</i>)	$\frac{\sum C_i \times \chi_i}{\sum T}$	<i>C_i</i> – стаж роботи торгового працівника; <i>χ_i</i> – кількість працівників з <i>i</i> -тим стажем роботи	Збільшення
Коефіцієнт обороту робочої сили (<i>Ko</i>)	$\frac{\chi_{np.} + \chi_{зв.}}{CO\chi}$	<i>χ_{np.}</i> – чисельність працівників, прийнятих на роботу; <i>χ_{зв.}</i> – чисельність працівників, звільнених з роботи; <i>COχ</i> – середньооблікова чисельність працівників	Зменшення
Прибуток на 1-го працівника (<i>П1-гопр.</i>)	$\frac{Пдо}{nCO}$ <i>Ч</i>	<i>Пдоп</i> – прибуток від звичайної діяльності дооподаткування	Збільшення
Коефіцієнт випередження індексу продуктивності праці над індексом середньорічної заробітної плати (<i>Kвп</i>)	$\frac{I_{ПП}}{I_{СЗ}}$	<i>ППП</i> – індекс продуктивності праці; <i>ICS</i> – індекс середньорічної заробітної плати	Збільшення
Майнова складова			
Коефіцієнт реальної вартості майна (<i>Kрвм</i>)	<i>OЗз</i> + <i>ЗПБ</i>	<i>OЗз</i> – залишкова вартість основних засобів; <i>З</i> – загальний розмір запасів; <i>ПБ</i> – підсумок (валюта) балансу	0,5-0,8

Фондозабезпеченість ($\Phi_{оз}$)	$ОЗСОЧ$	$ОЗ$ – середньорічна вартість основних засобів	Збільшення
--	---------	--	------------

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Швидкість оновлення основних засобів (Шооз)	$ОЗ_k ОЗ_v$	$ОЗ_k$ – основні засоби на кінець аналітичного періоду; $ОЗ_v$ – введені основні засоби за період	Збільшення
Коефіцієнт абсолютної ліквідності ($K_{ал}$)	$\frac{ПФІ}{ГК/ПЗ}$	$ПФІ$ – поточні фінансові інвестиції; $ГК$ – грошові кошти та їх еквіваленти; $ПЗ$ – поточні зобов'язання та забезпечення	0,2–0,35
Коефіцієнт маневреності власних оборотних активів ($K_{мвк}$)	$ВОАВК$	$ВОА$ – власні оборотні активи	0,3–0,5
Індекс постійного активу ($I_{па}$)	$\frac{НОА}{ВК}$	$НОА$ – необоротні активи	Зменшення
Товарна складова (включаючи надання будівельних послуг)			
Оборотність товарних запасів ($ОТЗ$)	$\frac{ТО}{ТЗ}$	$ТЗ$ – середні товарні запаси; $ТО$ – обсяг товарообороту	Збільшення
Рентабельність реалізованих товарів(послуг) ($Р_{рт}$)	$\frac{ЧП}{ТО}$	$ЧП$ – чистий прибуток	Збільшення
Коефіцієнт забезпеченості товарних запасів (послуг) власними коштами ($K_{зтз}$)	$ВОАТ$	T – товарні запаси	>0,5
Широта асортиментних позицій товарів (послуг) (Шан)			Збільшення
Коефіцієнт стійкості асортименту товарів (послуг) ($K_{са}$)	$\frac{O \cdot n}{n \cdot a}$	On – кількість різновидів товарів, що були відсутні у продажів момент перевірок; n – кількість перевірок; a – кількість різновидів товарів, що передбачені розробленим асортиментним переліком	Збільшення
Середній індекс цін ($I_{ц}$)	$\frac{n \cdot \underline{Ц}}{\sum_{i=1}^n \underline{Ц}_0}$	$\underline{Ц}$ – фактична ціна товару; $\underline{Ц}_0$ – найменше значення ціни товару у групі підприємств, що приймається за базу порівняння і дорівнює 1; n – число найменувань товарів у переліку	Зменшення

Частка неходових та залежаних товарів у загальній кількості різновидів товару (ЧНЗт)	$\frac{НЗ}{РТ} \times 100$	НЗ – кількість неходових та залежаних товарів; РТ – загальна кількість асортиментних позицій (різновидів товару)	Зменшення
--	----------------------------	--	-----------

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
Частка торгових марок (брендів) у загальній кількості різновидів товару (Тм)	$\frac{T_m}{A_n} \times 100$	Тм – кількість торговельних марок (брендів); Аn – загальна кількість асортиментних позицій	Збільшення
Організаційна складова			
Кількість наданих буд. послуг на 1м ² площі буд. проєкту (ТО ₂)	$\frac{ТО_2}{П_{ТЗ}}$	ПТЗ – площабудівельного проєкту	Збільшення
Загальна кількість внутрішньо проєктних рекламних засобів та інформації (ЗВМІ)	$З_{ВМР} + З_{ВМІ}$	ЗВМР – засоби внутрішньо-проєктної реклами; ЗВМІ – засоби внутрішньо-проєктної інформації	Збільшення
Середній обсяг затрат часу замовників на очікування по отриманню буд. послуги (ЗЧ)	$\frac{\sum_{n} ЗО}{\sum_{n} ЗР_n}$	$\sum ЗО$ – загальний обсяг зафіксованих затрат часу на очікування обслуговування (консультації) виконавцем; $\sum ЗР$ – загальний обсяг зафіксованих затрат часу замовників на очікування будівництва; n – число хронометражних замірів	Зменшення
Коефіцієнт загальної будівельної площі проєкту (Кдп)	$\frac{ДП}{П_{ТЗ}}$	ДП – загальна площа будівельного проєкту	0,70–0,76
Коефіцієнт установчої площі (Куп)	$\frac{УП}{П_{ТЗ}}$	УП – установча площа	0,27–0,32
Загальна кількість додаткових буд. послуг, які надаються замовникам (КДп)	$\frac{П_p П_+}{П_c П}$	ПрП – передпродажні послуги будівництва; ПсП – після продажні послуги будівництва	Збільшення

Джерело: сформовано авторомна основі [197, 198, 199]

Доцільно групувати та комбінувати окремі показники оцінки конкурентоспроможності у вигляді порівняльних матриць та визначити коефіцієнти відношення між фактичними та еталонними показниками. Для

цього доцільно використовувати формули для нормалізації показників (3.1), (3.2).

Нормалізацію показників доцільно здійснювати за допомогою формул[200]:

– нормалізуюча функція ($\max (a_{ij}^*)$):

$$\max (a_{ij}^*) = \frac{a_{ij}}{\max (a_{ij})} \quad (3.1)$$

- нормалізуюча функція ($\min (a_{ij}^*)$):

$$\max (a_{ij}^*) = \frac{\min (a_{ij})}{a_{ij}} \quad (3.2)$$

де a_{ij} – значення j -го показника i -го підприємства.

Для стандартизації економічних показників конкурентоспроможності використовують одну з функцій нормалізації, яка залежить від тенденцій зміни показника (максимізація у випадку зростання та мінімізація у випадку зменшення). На основі економічних результатів доцільно визначати часткові параметри оцінювання конкурентоспроможності окремих складових будівельного підприємства:

$$Z_{ip} = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \frac{a_{ij}}{a_{0ij}}}{V_{ip} \cdot \sum_{j=1}^n w_j} \quad (3.3)$$

де Z_{ip} – часткові параметри оцінювання конкурентоспроможності i -го підприємства ($i = 1, 2, 3, \dots, m$);

w_j – вага j -го показника ($j = 1, 2, 3, \dots, n$);

a_{0ij} – еталонне значення j -го показника i -го підприємства;

V_{ip} – кількість нормалізованих показників p -го параметра оцінювання конкурентоспроможності i -го підприємства.

На основі результатів оцінки окремих складових та визначення їхніх стандартних значень конкурентоспроможності розраховується загальний показник конкурентоспроможності. Всі показники оцінки КПв мають однакову

вагу ($w_j = 1$). З урахуванням попередніх аргументів і моделей, інтегральний показник конкурентоспроможності може бути обчислений за допомогою формули:

$$I_{KC_i} = \sqrt{\sum_{p=1}^k (Z_{ip} - Z_{0p})^2} \quad (3.4)$$

де I_{KC_i} – інтегральний показник конкурентоспроможності і-го підприємства-виконавця БП;

p – кількість часткових параметрів оцінювання конкурентоспроможності і-го підприємства ($p = 1, 2, 3, \dots, k$);

Z_{0p} – еталонне значення часткового параметра оцінювання конкурентоспроможності підприємства-виконавця БП.

Правильно побудована шкала, за якою розраховується інтегральний показник конкурентоспроможності означає, що найменше число на шкалі відповідає найвищому рівню конкурентоспроможності. Значення інтегрального показника конкурентоспроможності, яке наближається до найменшого числа, вказує на підвищення рейтингу та конкурентну позицію підприємства в аналізованому конкурентному оточенні. Відповідно значення інтегрального показника конкурентоспроможності, що наближається до найменшого числа, характеризує зростання рейтингової позиції і конкурентного статусу підприємства в досліджуваному конкурентному середовищі.

Е	Г	В	Н	І	Ж	К	Л	М	О	Р	С		
Організаційна складова	Виконавець 1	Виконавець 2	Виконавець 3	Виконавець 4	Виконавець 5	Виконавець 6	Виконавець 7	Виконавець 8					
Кількість наданих буд. послуг на 1 м ² площі буд. проєкту (ТО ²)	1,25	1,3	0,98	1,15	1,24	0,97	1,31	1,22					
Загальна кількість внутрішньо-проектних рекламних засобів та інформації (К _{рп})	1,3	1,2	1,25	1,33	1,17	1,22	1,18	1,35	Виконавець 1	4,37	1,2	0,2	Залишки
Середній обсяг затрат часу замовників на очікування по отриманню буд. послуги (С _з)	0,7	0,8	0,9	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	Виконавець 2	5,5	1,15	0,15	Залишки
Коефіцієнт загальної будівельної площі проєкту (К _{зп})	0,72	0,65	0,77	0,74	0,78	0,66	0,7	0,72	Виконавець 3	5,33	1,08	0,08	Залишки
Коефіцієнт установчої площі (К _{уп})	0,28	0,29	0,3	0,28	0,27	0,3	0,29	0,31	Виконавець 4	6,23	0,88	-0,12	Відсутні
Загальна кількість до-даткових буд. послуг, які надаються замовникам (К _{дп})	0,55	0,59	0,7	0,52	0,65	0,85	0,67	0,78	Виконавець 5	4,97	1,4	0,4	Залишки
Оборотність товарних запасів (О _{тп})	1,2	1,7	1,9	2,2	1,4	1,8	1,3	1,5	Виконавець 6	5,46	0,93	-0,07	Відсутні
Рентабельність реалізації товарів (послуг) (Р _{тп})	0,25	0,18	0,21	0,28	0,13	0,19	0,22	0,29	Виконавець 7	4,87	1,15	0,15	Залишки
Коефіцієнт забезпеченості товарних запасів (послуг) власними коштами (К _{тп})	0,63	0,84	0,53	0,91	0,77	0,45	0,62	0,69	Виконавець 8	5,22	1,03	0,05	Залишки
Широта асортиментних позицій товарів (послуг) (Ш _{тп})	0,8	0,9	0,78	0,85	0,95	0,93	0,88	0,97					
Коефіцієнт стійкості асортименту товарів (послуг) (К _{стп})	0,7	0,65	0,88	0,74	0,89	0,9	0,77	0,85					
Середній індекс цін (І _{цп})	0,24	0,22	0,23	0,28	0,21	0,26	0,22						
Частка нездоволених та незадоволих товарів у загальній кількості різновидів товарів (ЧНЗ)	0,15	0,11	0,12	0,2	0,1	0,09	0,12						
Частка торгових марок (брендів) у загальній кількості різновидів товарів (І _{тп})	0,4	0,9	0,68	0,77	0,52	0,84							
Інтегральний показник конкурентоспроможності підприємства-виконавця БП	4,37	5,5	5,33	6,23	4,97	5,46	4,87	5,22					

Елемент розрахункового базису комплексного зважування конкурентоспроможності виконавців за факторами, як інтегрований елемент моделі

Рис.3.13. Фрагмент розрахункового базису Індексу довіри сформованого на основі зважування інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства-виконавця (авторський розрахунок)

Шляхом застосування інтегрального показника конкурентоспроможності підприємства-виконавця БП до всіх учасників будівельного проєкту, на підставі комплексного зважування виконавців за факторами запропоновано сформувати Індекс довіри, у відносних одиницях.

Результати розрахованого Індексу довіри можна подати у вигляді діаграми відхилень, що наочно демонструє цінність проведених розрахунків (рис.3.14).



Рис.3.14. Діаграма відхилень Індексу довіри(у відносних одиницях)

Як видно з наведеної діаграми, лінія планових значень показників виконання БМР організаціями-виконавцями є пороговим значенням, що визначає майбутню участь відповідного учасника в реалізації будівельного проєкту. Якщо тренд Індексу довіри перетинає лінію планових значень – утворюються лаги відхилень, що є показником до вилучення даного виконавця

із програми реалізації БП. Чим більшим є лаг – тим більше показники виконавця відхиляються від встановленого нормативу БМР, що свідчить про терміновість вжиття відповідних заходів по відношенню до будівельного підрядника.

Отже, наповненість інтегрованого елементу-роботи (у відносних одиницях Індексу довіри), на підставі комплексного зважування конкурентоспроможності, формалізовано відображає за окремим комплексом БМР рівень збереження (відхилення) організаційно-технологічних та інших параметрів роботи від запланованого рівня. Це дає девелоперу обґрунтовані підстави залишити (вилучити) таку організацію в складі виконавців.

3.3. Розробка та адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проєктів на ґрунті комбінованого підходу

Цифрова трансформація включає в себе впровадження сучасних технологій у бізнес-процеси компанії. Цей підхід охоплює не лише встановлення нового обладнання або програмного забезпечення, але й фундаментальні зміни в управлінських методиках, корпоративній культурі та зовнішніх комунікаціях. Як результат, підвищується продуктивність кожного працівника та рівень задоволеності клієнтів, а компанія отримує репутацію прогресивної та сучасної організації.

Перехід до цифрових процесів не лише актуальний для окремих компаній, але й визнаний як стратегічний напрямок розвитку для цілих галузей промисловості. Ця тенденція обумовлена потребою пристосуватися до швидкозмінюючогося світу. Цифрова трансформація вже сьогодні впливає на життя як окремих людей, так і всіх компаній, включаючи промисловість, роздрібну торгівлю, державний сектор та інші галузі[200].

Завдяки цифровим технологіям, ми можемо організувати взаємодію з клієнтами, яка відповідає їхнім індивідуальним потребам, що є важливим для більшості споживачів. Використання цифрових каналів комунікації, омніканальності, штучного інтелекту та автоматизації вже стало звичайним у

нашому повсякденному житті.

Цифрова трансформація процесів у підприємстві сприяє оптимізації роботи працівників, що призводить до зростання продуктивності кожного учасника команди. Наприклад, автоматизація рутинних операцій відкриває додатковий час для вирішення більш складних і стратегічних завдань.

У наші дні фраза «швидкість або смерть» стає все більш актуальною в контексті цифрової економіки. Якщо компанія не використовує сучасні технології, не адаптується до шаленого темпу та особливостей сучасного бізнесу, вона просто не зможе конкурувати з тими, хто вже це робить.

Для досягнення успіху важливо бути оперативним і гнучким: змінюватися не просто тоді, коли це можливо, а коли це необхідно. Цифрова трансформація бізнес-процесів спрямована на те, щоб компанії могли швидко приймати рішення, оперативно адаптувати свою діяльність до змін у поточний момент і задовольняти потреби своїх клієнтів [197]

Аналіз тенденцій у розвитку програмного забезпечення для складних проєктів показує, що функціональність, яка колись була доступна лише у професійних системах, тепер стає доступною в більш доступних програмних пакетах. Водночас, в професійному програмному забезпеченні зосереджується увага на полегшенні використання, розширенні функціональних можливостей і комплексному підході до роботи над проєктом.

При аналізі переліку задач, які передбачені для розв'язання керівниками будівельних підприємств, доцільно зазначити, що основними вимогами до програмного забезпечення в першу чергу є простота у використанні, а також можливість формування звітів і доступ до спільних даних (рис.3.15).



Рис.3.15. Вимоги до програмного забезпечення на різних рівнях будівельних підприємств[202]

Керівники, які займаються стратегічними завданнями, зацікавлені в детальному аналізі даних, використанні контрольних функцій під час реалізації проекту, а також у можливостях інтеграції з іншими документами та проектними рішеннями. Водночас для виконавців робіт і керівників на місцях (операційних менеджерів) основною вимогою є простота використання та зручність введення і виведення даних, оскільки вони користуються програмним забезпеченням для управління лише кілька годин на місяць [202].

Сучасні, найбільш популярні інструментальні програмні засоби, такі як Primavera, Спайдер, MS Project не адмініструють проекти. Ті засоби адміністрування, які реалізовано в них, неповні функціонально і не вирішують всіх задач.

Необхідність вирішення нагальних задач адміністрування проектів привела до створення якісно нової технології управління проектно-орієнтованим підприємством – технології, що поєднує в собі методи і засоби управління і адміністрування проектів. Виходячи з цього і була розроблена спеціалізована система адміністрування проектів.

Наведені у попередніх пунктах показники оцінювання організацій-виконавців, формування Індекса довіри, визначення вилучення\залишення

виконавця, робота з удосконаленими моделями типу «робота – цифри» є підставою для формування комплексу прикладних програм (рис.3.16).

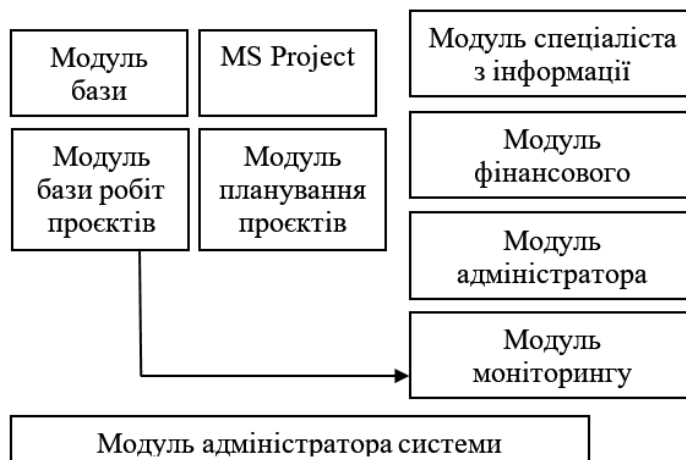


Рис.3.16. Функціональні модулі інформаційної системи

Результатом застосування комплексу програм є модуль, що формує цифровий профіль будівельного девелоперського проєкту та інтегрує функціонально-технологічні вимоги девелопера до кожної з організацій-виконавців.

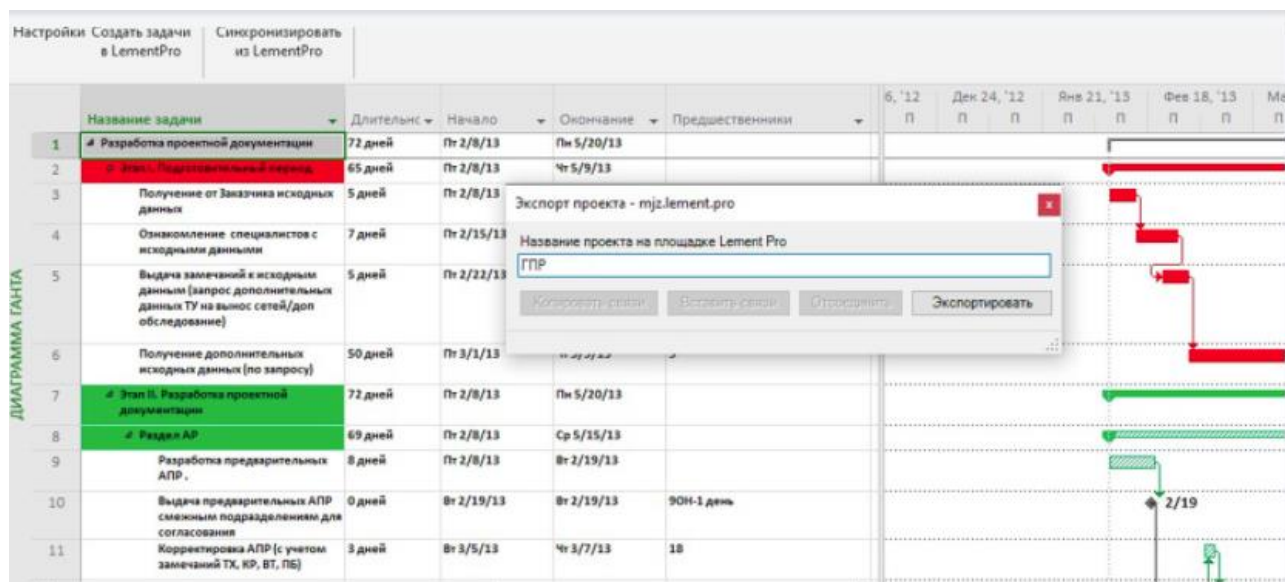


Рис.3.17. Елемент комплексу прикладних програм – «Графік випуску», що завантажується із модуля Планування з можливістю синхронізація даних (авторська розробка)

Прикладне програмне забезпечення фіксує та вносить в архів всі виконані роботи та дії учасників будівельного проєкту, факти про виявлені недоліки та

проблеми на різних етапах реалізації проєкту, а також всі елементи змін, що мали місце в процесі будівництва (рис.3.18).

Важливим елементом застосування сучасних цифрових технологій є необхідність комбінування інструментарію організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва, що чітко відображено у наведеному комплексі ПЗ.

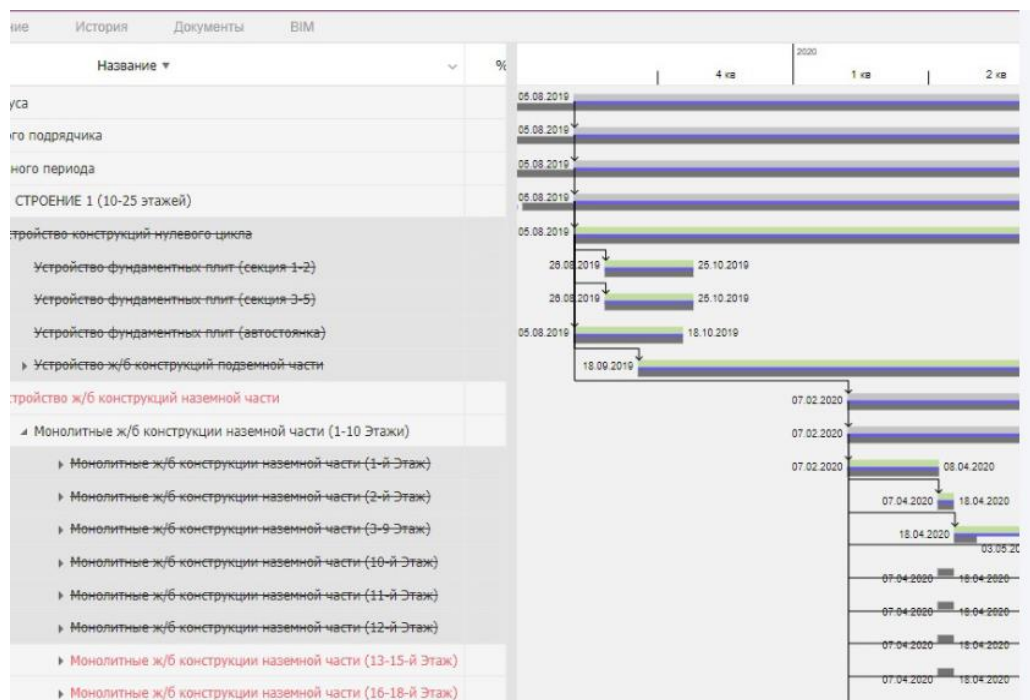


Рис.3.18. Фрагмент программного комплекса по відображенню планових\ виконаних робіт та графіку їх реалізації (авторська розробка)

Більшість генпідрядних організацій не користуються спеціалізованим програмним забезпеченням для календарно-мережевого планування, а ведуть його в примітивному для цих цілей Excel. Кошториси та графік часто складаються з використанням різних структур WBS (work breakdown structure, ієрархічна структура робіт). Кошториси часто використовують державні ціни.

Пакети робіт щодо тендерів дуже великі, тоді як кошториси, навпаки, дуже деталізовані. Отже, більшість девелоперів немає інструменту для синхронізації витрат, часу і даних (моделі) – немає єдиного класифікатора розбивки робіт.

Більшість програмного забезпечення для 4D просторово-часового планування та візуалізації будівництва не передбачає поступової заміни елементів моделі стадії П на елементи стадії РД. Під час проєктування

некоректно враховується розбивка на захватки, оскільки вони залежать від виробничих та інвентарних потужностей підрядників та непередбачених факторів, що виникають у процесі будівництва. Роботи в графіці девелопера не представлені з таким ступенем деталізації, а елементи моделі за умовчанням не згруповані в тому вигляді, який потрібно для 4D планування будівництва, і для жодного іншого завдання, крім візуалізації, фактично не підходять.

Як результат, застосування 4D та 5D моделей перетворюється на разову подію на початку будівництва, виконану окремими фахівцями. Надалі 4D модель не оновлюється і не використовується для контролю ходу реалізації проекту, оскільки щоразу це вимагає виконання певних операцій з актуалізації графіка та угруповання елементів.

В даний момент на будівельному ринку представлені поодинокі спеціалізовані рішення для розробки цифрових моделей. Доповнення та інтегровані програми до ПЗ для BIM моделювання в основному призначені не для планування, а для візуального відображення (рис.3.19).



Рис.3.19. Ілюстрація планової 4D моделі з прив'язкою до термінів будівництва «К4»

Створення проєктної продукції (креслень та документації) та розробка BIM моделі мають бути єдиним процесом. Інакше, наприклад, коли модель «піднімається» вже готовими кресленнями, губляться всі переваги для оптимізації процесу проєктування: немає можливості вести паралельне проєктування, своєчасно виправляти міждисциплінарні помилки, отримувати обсяги на ранніх стадіях та інші. Модель, не будучи актуальною, часто не відображає зміни в документації, що призводить до недовіри до неї та робить її марною.

У свою чергу, у правильному BIM-проєкті креслення є представленням моделі та вивантажуються з неї. Такий підхід є гарантією одноманітності при необхідних переробках (наприклад, під час експертизи) та одноманітності передачі на наступні стадії (модель і дані повністю відповідають актуальній версії проєкту) (рис.3.20).

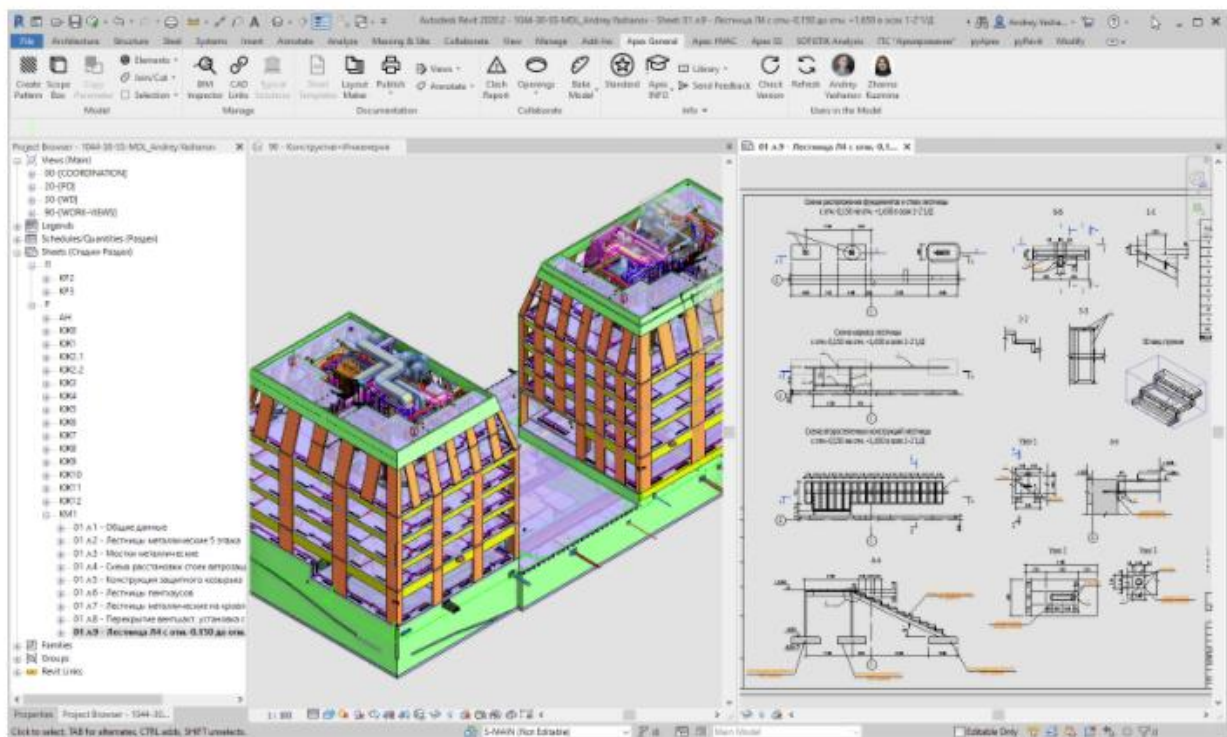


Рис.3.20. Ілюстрація отримання документації з BIM моделі

Без жодного сумніву, цей процес корисний для підвищення якості проєктування та якості проєкту в цілому. Дозволяє швидко та адекватно оцінити рівень володіння технологіями компанії-виконавця. Якщо така

компанія практикує підняття моделей при новому проектуванні (це відразу помітно по ряду факторів), навряд чи можна розраховувати на повноцінний BIM-проект за її участю.

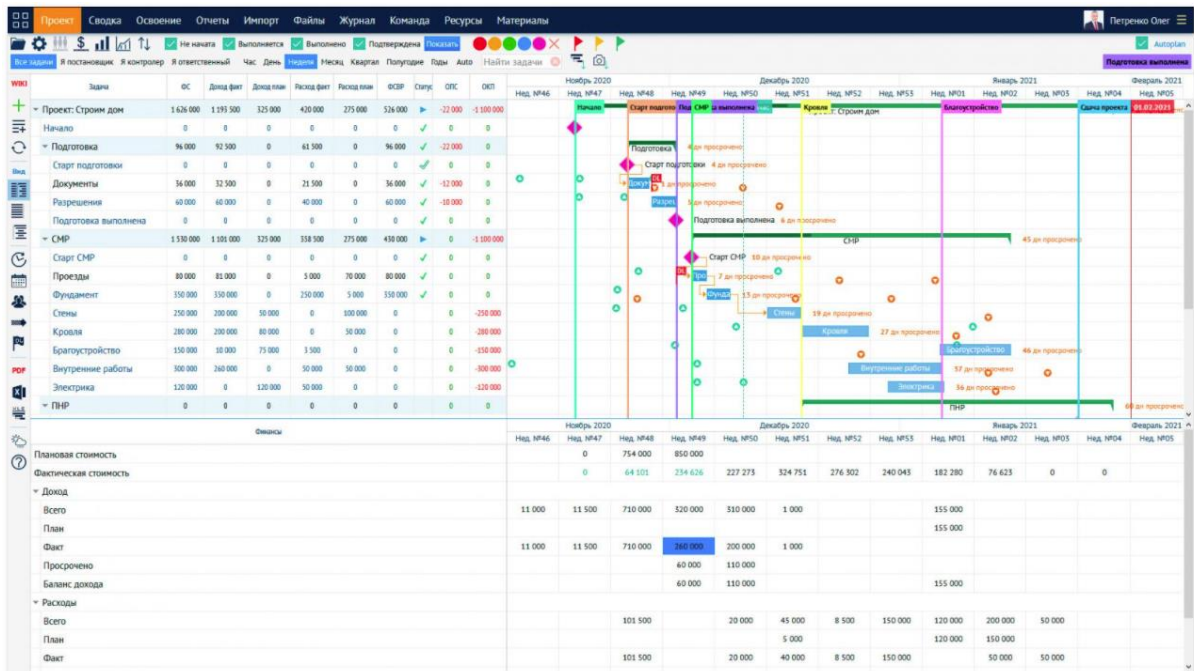


Рис.3.21. Элемент ПЗ - инструмент управления проектами

Наведений елемент дозволяє менеджерам та працівникам БП вводити витрати, зміни бюджету та інші розрахунки, щоб відстежувати всі зміни у фінансах проєкту, що покращить координацію учасників проєкту та зможе зробити фінальний розрахунок бюджету.

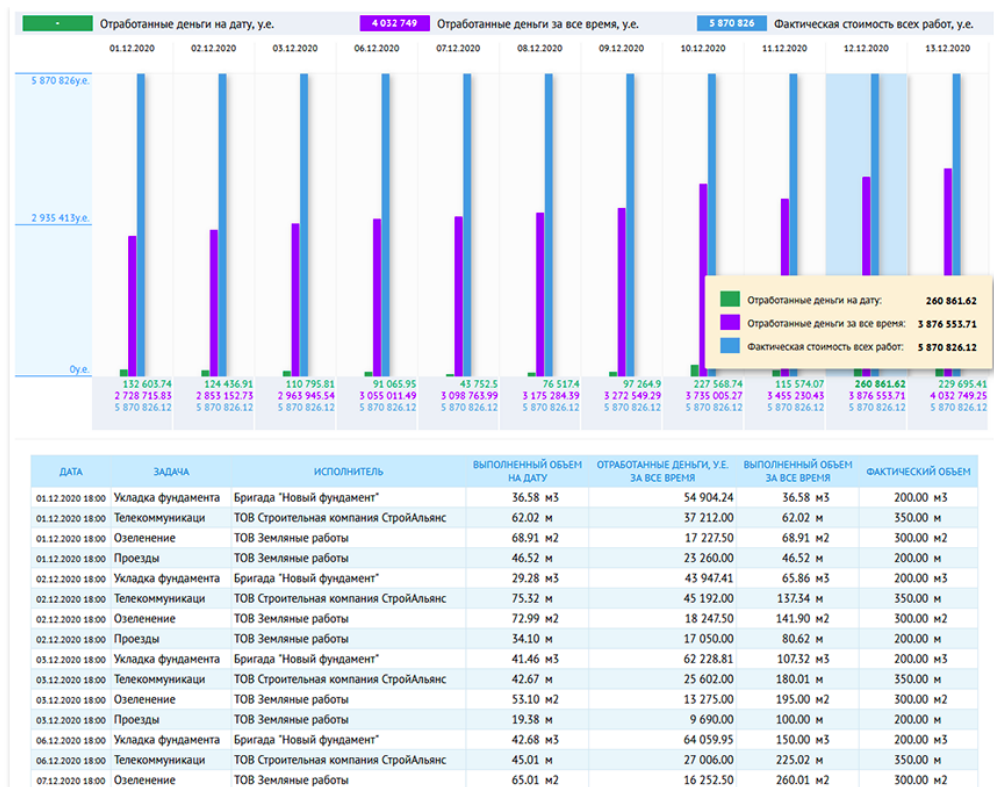


Рис.3.22. Элемент програм по виконаним работам за проектами

Такий комбінований віртуальний цифровий простір будівельного проекту дозволяє провідним (інституційним) учасникам проектів будівництва змодельовати варіанти проходження циклу проекту, виявити «вузькі місця» та визначальні «віхи» проекту, та надалі – зосередити на них максимум адміністративних зусиль та консолідованих ресурсів проекту [203].

3.4. Fuzzy -модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проектами

Опитування експертів та аналіз організаційно-технологічних параметрів вже реалізованих проектів мають високі рівні відхилень та ризику, який може бути зменшено завдяки цифровізації та побудови єдиного інформаційно-організаційного простору адміністрування проектом. Процес реалізації інвестиційно-будівельних проектів має високий рівень невизначеності на будь-якому етапі життєвого циклу об'єкту, оскільки проекти будівництва мають наступні особливості[204-208]:

1) зміни просторово-планувальних і конструктивних рішень, і інколи навіть концепції та цілей проекту викликають неможливість формування постійної організаційно-управлінської структури та вимагають постійного відслідковування змін параметрів об'єкту, учасників будівництва, що викликає неможливість вибору оптимальної структури один раз – критерії оптимальності, як і вимоги до проекту можуть змінюватись;

2) неповнота і неточність інформації про хід будівництва, реалізацію проекту, взаємодію учасників (вплив даного чинника суттєво зменшується при використанні BIM-моделювання);

3) великі терміни життєвого циклу об'єктів нерухомості викликають додаткову невизначеність щодо прийняття проектних рішень, які будуть відображатись на функціонуванні об'єкту і можуть значно впливати на його експлуатаційні параметри.

В зазначених умовах, підвищення якості проектних рішень досягається за рахунок цифровізації інвестиційно-будівельного процесу та використання моделей, які здатні враховувати невизначеність середовища інвестиційно-будівельного проекту. Такими моделями сьогодні є моделі, що базуються на методах нечіткої логіки, та широко використовуються у будівництві та інших галузях при вирішенні різного типу задач [209-216].

У дослідження застосовано методичний підхід до створення моделі цифрового розвитку проекту, який використано у роботах [217-220] для оцінювання ризиків, конкурентоспроможності та рівня цифровізації.

Для моделювання рівня цифровізації будівельного проекту, організаційно-технологічні параметри та структура проекту, з урахуванням життєвого циклу об'єкту можуть бути представлені у вигляді системи, яка включає вхідні елементи (чинники, параметри), елементи і процедури нечіткого моделювання та вихідні елементи.

Для побудови системи необхідно визначити перелік вхідних параметрів $X = \{x_i\}$ – організаційно-технологічних, адміністративних та інших чинників, які впливають на рівень цифровізації учасників будівельного проекту, а також

перелік вихідних (результуючих) параметрів $Y = \{y_j\}$, які можуть у повній мірі характеризувати рівень цифровізації проєкту, які обрано за результатом аналізу джерел науково-технічної літератури та результатів досліджень, які наведено у ряді праць, а саме [221-226].

Аналіз літературних джерел [227-231] дозволи виявити вхідні параметри для оцінювання рівня цифровізації (табл.3.3). Такими параметрами стали фактори, обрані на основі чотирьох компонентної системи оцінювання загального рівня ефективності ЄС для впровадження ВІМ, розробленої Робочою групою EU ВІМ, за підтримки Європейської Комісії для підприємств державного сектору. Модель має мінімальний набір параметрів, який може бути доповнений у разі оцінювання окремих ВІМ у рамках проєктів, які мають галузеві або інші особливості.

Відповідно до запропонованої моделі, досягнення високого рівня цифровізації в будівельному проєкті вимагає уваги до кількох ключових факторів, а саме процесів, людей, адміністрування та технічної підтримки. Кожен із цих факторів відіграє вирішальну роль у забезпеченні успішного впровадження та використання цифрових технологій у будівельних проєктах[232, 233].

Таблиця 3.3

Параметри оцінювання рівня цифровізації будівельного проєкту

Напрямок оцінювання	Позначка	Назва лінгвістичної змінної	Опис терм-множини
Процеси	X1	Обмін даними	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X2	Спільна робота і координація	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X3	Управління інформацією	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
Адміністрування	X4	Договори	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X5	Закупівлі	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X6	Учасники	T4 – дуже низький рівень (ДН) – низький

			рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
Персонал	X7	Обов'язки	T4 – дуже низький рівень (ДН) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
	X8	Навички	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
	X9	Мотивація	T2 – «недостатній (НД) –достатній рівень (Д)»
Технічне забезпечення	X10	Безпека	T4 – дуже низький рівень (Н) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)
	X11	Технічні можливості	T2 – «достатній (Д) –недостатній рівень (НД)»
	X12	Використання	T2 – «достатній (Д) –недостатній рівень (НД)»

Створено автором[232]

Оптимізація будівельних процесів за допомогою оцифрування передбачає реінжиніринг робочих процесів та інтеграцію цифрових інструментів і технологій на кожному етапі життєвого циклу проекту, від планування та проектування до будівництва та експлуатації. Оптимізація процесів за допомогою цифрових середовищ, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), CALS, OLAP, програмного забезпечення для управління проектами та інших інструментів для співпраці у рамках будівельного проекту, підвищує ефективність, продуктивність і спілкування між учасниками проекту [234-236]. Стандартизація процесів і впровадження найкращих практик за допомогою оцифрування допомагає мінімізувати помилки, скоротити кількість повторних робіт і покращити загальні результати проекту.

Успіх ініціатив із оцифрування будівельних проектів залежить від залученості, навичок і готовності залучених осіб, зокрема проектних команд, підрядників, постачальників і клієнтів. Для учасників проектів важливо інвестувати в програми навчання та підвищення кваліфікації, щоб переконатися, що персонал володіє достатніми навичками використання цифрових інструментів і технологій, а у разі потреби мати можливість розвитку і удосконалення цих навичок. Крім того, розвиток корпоративної культури, упровадження інновацій, забезпечення та усіяка підтримка співпраці та безперервного навчання заохочує впровадження та прийняття цифрових рішень. Ефективні стратегії управління змінами, чітка комунікація та залучення

зацікавлених сторін мають вирішальне значення для подолання опору та стимулювання культурних зрушень у бік цифровізації будівельних проєктів. Ефективне адміністрування проєктів також має важливе значення для ефективного впровадження та управління цифровими технологіями в будівельних проєктах. Це передбачає створення чітких структур управління, ролей і обов'язків для нагляду за ініціативами цифровізації[237]. Ефективне адміністрування забезпечує узгодження з цілями проєкту, відповідність нормативним вимогам, а також дотримання бюджетних і часових обмежень[238, 154]. Крім того, створення протоколів керування даними, заходів кібербезпеки та стратегій зменшення ризиків захищає цифрові активи та мінімізує можливі збої.

Надання надійної технічної підтримки є життєво важливим для вирішення проблем, усунення проблем і максимального використання переваг цифрових технологій у будівельних проєктах. Це включає забезпечення доступу до технічної експертизи, служби підтримки та навчальних ресурсів для оперативного вирішення запитів і проблем користувачів. Пропонуючи постійне технічне обслуговування, оновлення та вдосконалення цифрових платформ, дозволить забезпечити їх надійність, продуктивність і сумісність із змінними потребами проєкту. Співпраця з розробниками та постачальниками цифрових технологій, залучення галузевих партнерів також може надати доступ до спеціалізованих знань і ресурсів для ефективної підтримки зусиль з оцифрування[239-243]. Таким чином, процеси, персонал, адміністрування та технічна підтримка є невід'ємними компонентами досягнення високого рівня цифровізації будівельних проєктів. Оптимізуючи процеси, розширюючи можливості людей, впроваджуючи ефективні практики адміністрування та надаючи надійну технічну підтримку, зацікавлені сторони будівництва можуть використовувати весь потенціал цифрових технологій для стимулювання інновацій, покращення результатів проєктів і досягнення стійкого успіху в епоху цифрових технологій.

Алгоритм формування нечіткої моделі оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проектами є наступним[244-246]:

Крок 1. Завдання системи лінгвістичних змінних, що формалізують чинники, які діють на персонал, процеси, адміністрування та технічне забезпечення цифровізації, створити структуру моделі, визначаючи фактори, актуальні для поставленого завдання

Крок 2. Фазифікація – обирають або задають функції належності для термножин вхідних та вихідних лінгвістичних змінних. Програмний комплекс Matlab дозволяє формувати наступні функції належності: трикутні, трапецієподібні, гаусові, Z-, S- подібні тощо.

Процес фазифікації в методі нечітких множин є вирішальним кроком у перетворенні чітких або точних вхідних даних у нечіткі множини, які представляють лінгвістичні терміни або ступені приналежності до системи нечіткої логіки. Фазифікація дозволяє обробляти неточну або невизначену інформацію, що часто зустрічається в реальному світі. Процес фазифікації включає наступні етапи[233]:

1. Спочатку система отримує чіткі вхідні дані, які складаються з точних числових значень або категоріальних змінних.

2. Лінгвістичні змінні визначаються для представлення якісних термінів або категорій, які описують вхідні дані. Ці лінгвістичні змінні часто визначаються за допомогою таких лінгвістичних термінів, як «низький», «середній» і «високий» для безперервних змінних.

3. Кожен лінгвістичний термін пов'язаний із функцією належності, яка відображає чіткі вхідні значення на ступінь належності до нечіткого набору лінгвістичного терміну. Функції належності описують ступінь приналежності вхідного значення до кожного лінгвістичного терміну. Ці функції можуть приймати різні форми, наприклад трикутну, трапецієподібну або гаусову, залежно від природи змінної та знань про предметну область.

4. Під час процесу фазифікації чіткі вхідні значення оцінюються за функціями належності лінгвістичних змінних, щоб визначити ступінь їх належності до кожного нечіткого набору. Цей процес призначає значення належності від 0 до 1 кожному лінгвістичному терміну, вказуючи ступінь, до якого вхідне значення належить цьому терміну.

5. Результатом процесу фазифікації є набір нечітких значень, кожне з яких представляє ступінь належності до лінгвістичного терміну. Ці нечіткі значення фіксують невизначеність або неточність, властиву вхідним даним, і дозволяють гнучко реагувати та приймати рішення в системі нечіткої логіки.

Процес фазифікації перетворює чіткі вхідні дані в нечіткі значення, уможлиблюючи представлення та обробку неточної або невизначеної інформації в системах нечіткої логіки. Цей процес є основоположним для функціонування контролерів нечіткої логіки, експертних систем та інших застосувань нечіткої логіки в різних областях, включаючи системи керування, штучний інтелект і системи підтримки прийняття рішень.

Крок 3. Задання системи нечітких правил, які описують закономірності та залежності у системі організаційно-технічного і цифрового адміністрування проектами.

Крок 4. Дефазифікація, або перетворення нечіткої множини в чітке число. Існує кілька алгоритмів нечіткого висновку, серед яких найбільш розповсюдженими є алгоритми Мамдані, Сугено, Цукамото. У даному дослідженні реалізація нечіткого висновку здійснено за алгоритмом Сугено, який припускає отримання чіткого значення для змінних [248].

Для лінгвістичного опису чинників використано наступні терми:

T2 – двопараметричне оцінювання за шкалою «достатній (Д) – недостатній рівень (НД)»

T3 – трьох параметричне оцінювання, де у якості терм-множин обрано «невідповідність (НВ) – часткову відповідність (ЧВ) – повну відповідність (ПВ)»

T4 – оцінювання за чотириєма параметрами, а саме «дуже низький рівень (ДН) – низький рівень (Н) – середній рівень (С) – високий рівень (В)»

Вихідні параметри оцінюють за п'яти параметричною шкалою, у відповідності до рівня цифровізації будівельного проєкту, а саме: «дуже низький рівень інтеграції цифрових технологій (ДНРІЦТ) – низький рівень інтеграції цифрових технологій (НРІЦТ) – середній рівень інтеграції цифрових технологій (СРІЦТ) – високий рівень інтеграції цифрових технологій (ВРІЦТ) – дуже високий рівень інтеграції цифрових технологій (ДВРІЦТ)».

Для оцінювання рівня інтеграції цифрових технологій учасниками інвестиційно-будівельних проєктів використано середовище Matlab, як таке, що часто використовується для вирішення подібного типу задач – коли вхідні і вихідні параметри не можна задати чітко і однозначно, а висновки і дані базуються на ряді суджень. Для створення нечіткої моделі використано розширення Fuzzy Logic Toolbox програмного середовища Matlab.

Рівень відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами пропонується визначати за двохкаскадною моделлю [249], де першим рівнем визначено систему параметрів, які мають вплив на чинники «процеси», «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення» (рис. 3.23), а другим – рівень взаємо узгодженості організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників проєкту.

а) персонал

б) адміністрування

в) процеси

б) технічне забезпечення

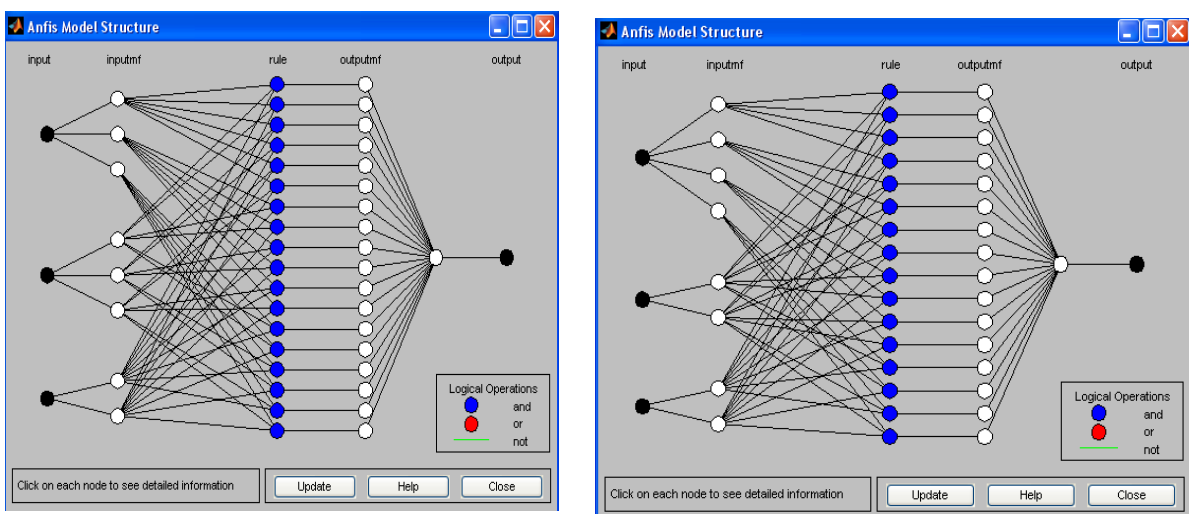
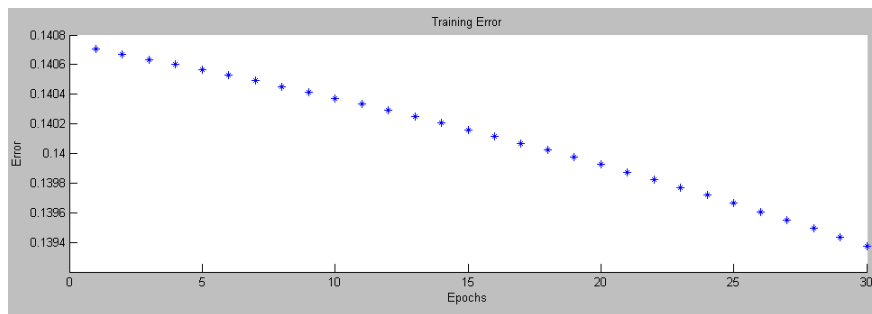


Рис.3.23. Система правил нечіткого висновку для першого рівня ієрархії (а - персонал; б - адміністрування; в - процеси; г –технічне забезпечення.)

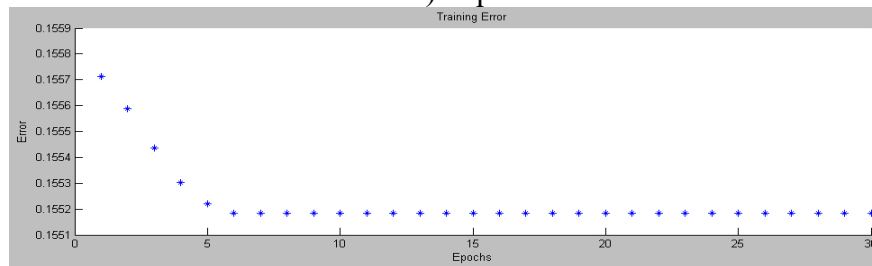
Навчання мережі здійснено за методом *hibrid* (рис 3.24).

У результаті навчання отримано наступні значення похибок для першого рівня системи та для узагальнюючого показника:

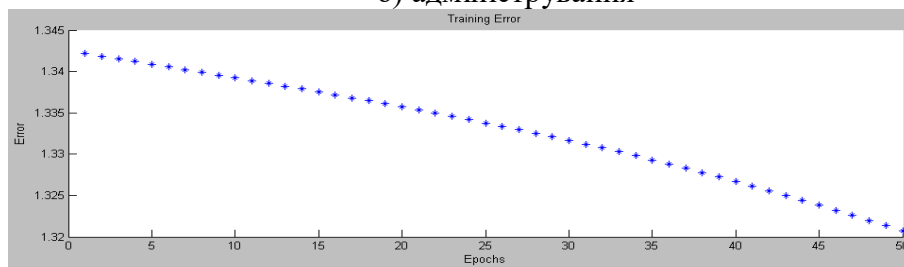
- а) персонал – 1,2;
- б) адміністрування – 1, 552;
- в) процеси – 1,32;
- г) технічне забезпечення – 1,14;
- д) відповідність рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами – 1,15.



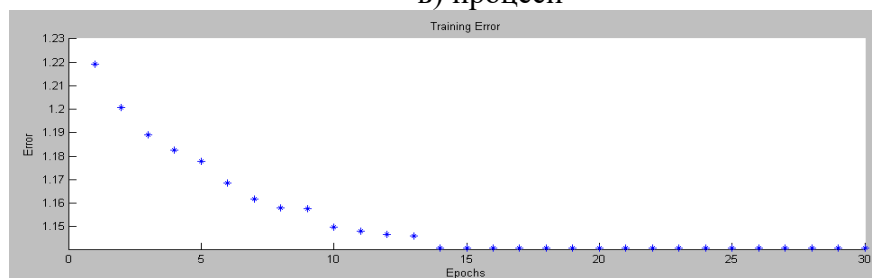
а) персонал



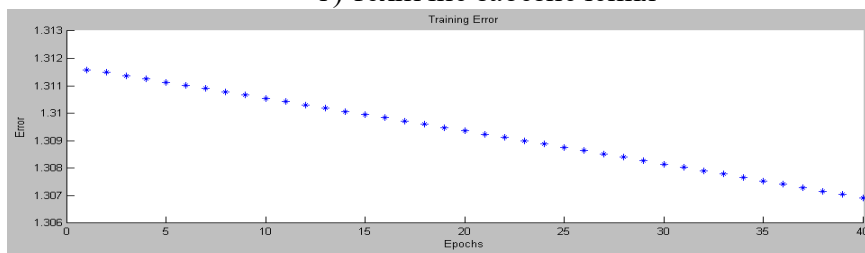
б) адміністрування



в) процеси



г) технічне забезпечення



д) відповідність рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами

Рис. 3.24. Результати навчання гібридної мережі (авторська розробка)

Для кожного рівня ієрархії створено моделі типу «х входів-один вихід», при чому для другого рівня входами слугують виходи першого рівня ієрархії, а саме:

а) для рівнів організаційно-технологічної та цифрової відповідності персоналу, адміністрування, процесів та рівня технічного забезпечення – «три входи-один вихід»;

б) для другого рівня ієрархії (відповідність рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами) – «чотири входи-один вихід» (рис.3.25).

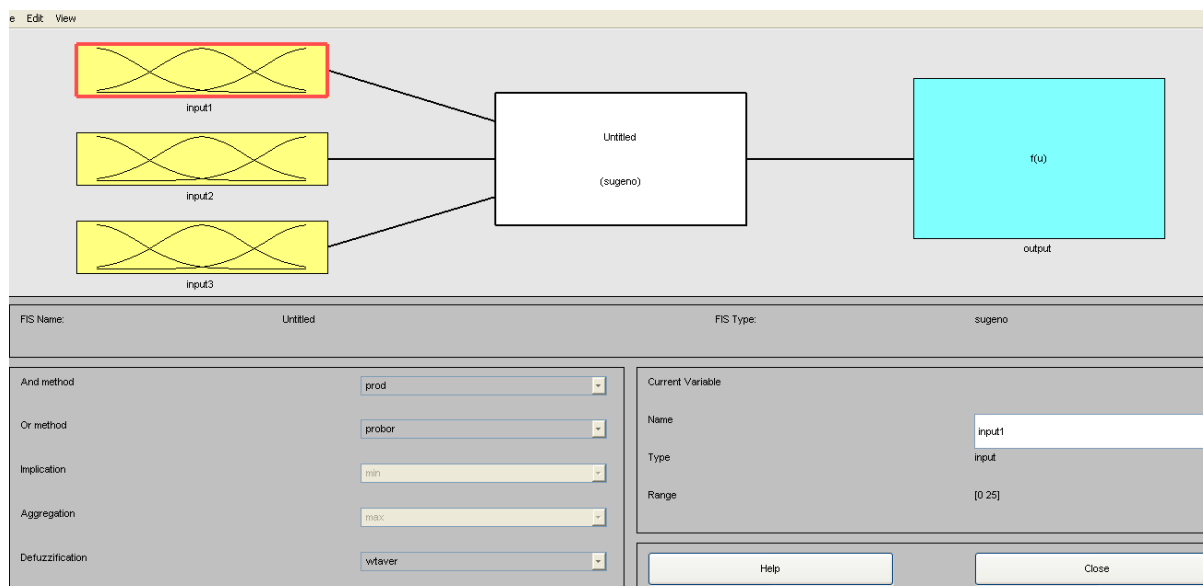


Рис. 3.25. Зовнішній вигляд моделі «три входи-один вихід» для рівнів організаційно-технологічної та цифрової відповідності персоналу, адміністрування, процесів та рівня технічного забезпечення.

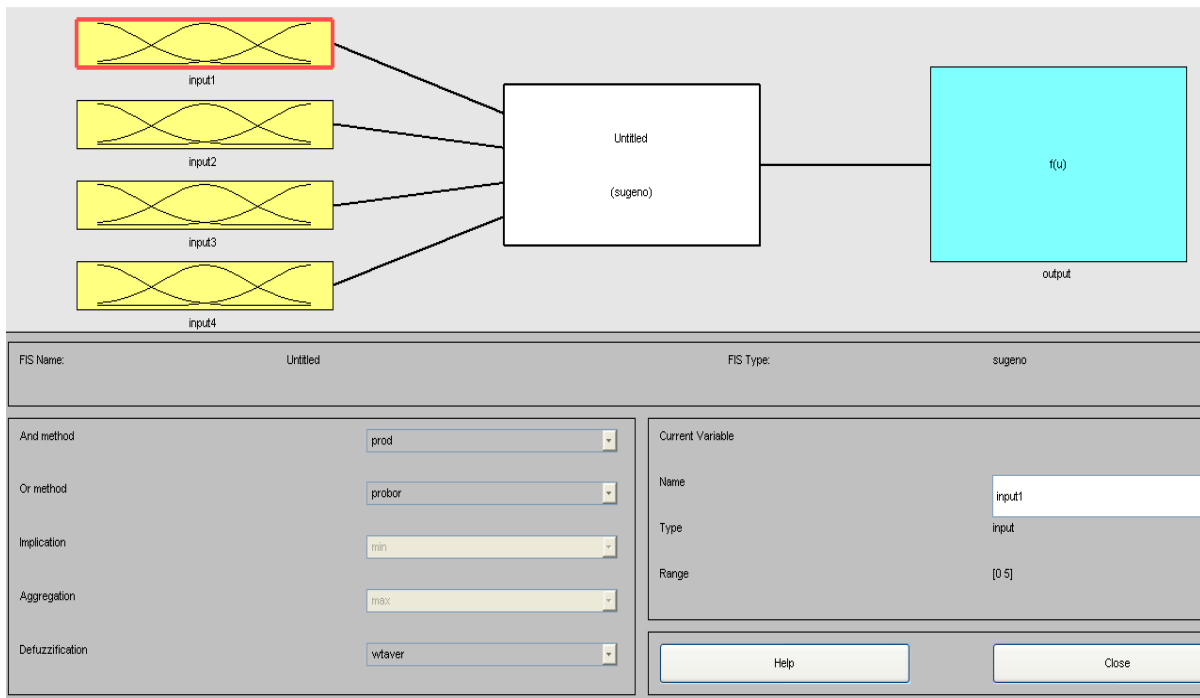


Рис. 3.26. Зовнішній вигляд моделі «чотири входи-один вихід» для відповідності рівня організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проектами.

В моделях, де чинниками виходу першого рівня є «процеси», «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення», для кожного вхідного фактору створено функції належності різного типу. Так, для визначення збалансованості і достатності організаційно-технологічного і цифрового розвитку процесів, задано три функції типу дзвоноподібна, які мають вигляд:

$$\mu(\text{процеси}1-n) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-m}{k} \right|^{2l}}, \quad (1)$$

де $\mu(\text{процеси}1-n)$ – міра належності чинника до деякої нечіткої множини (від двох до чотирьох термів);

k – коефіцієнт концентрації;

l – коефіцієнт крутизни функції $l > 0$;

m – координата максимуму функції належності.

На рис. 3.27 наведено функції належності для чинника X1 «Обмін даними» представлено дзвоноподібні функції належності для термів «невідповідність» «часткова відповідність», «повна відповідність»

збалансованість і достатність організаційно-технологічного і цифрового розвитку.

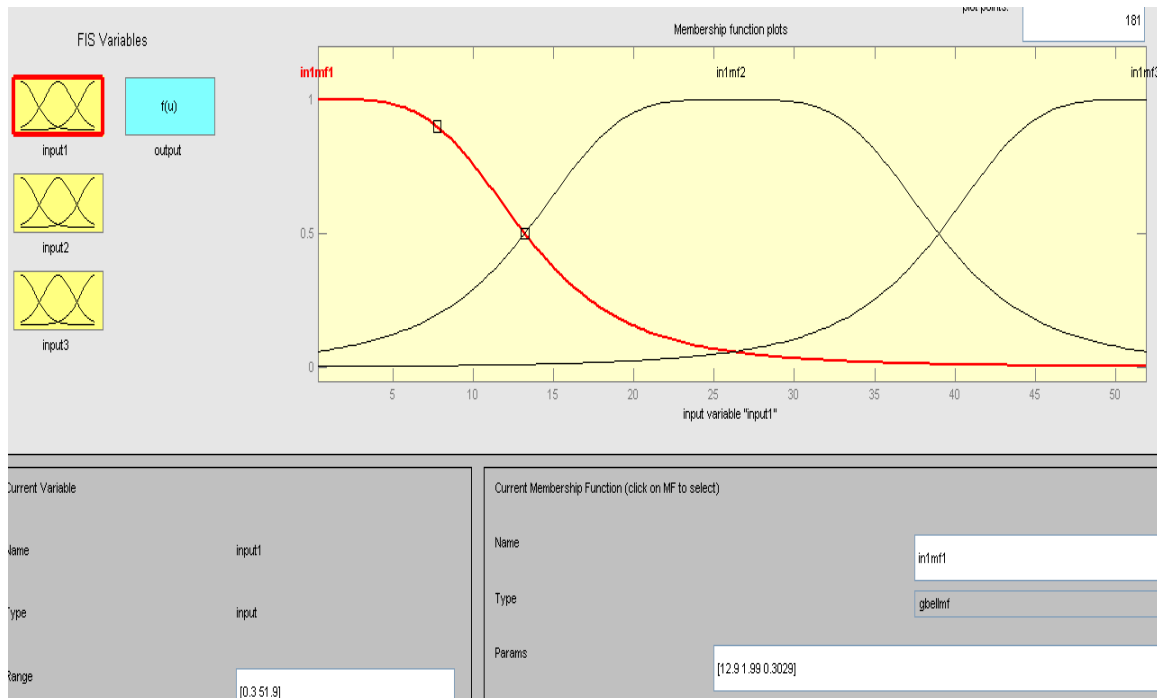


Рис. 3.27. Дзвоноподібна функція належності вхідного параметру «обмін даними» для терму «невідповідність» (розроблено автором)

З рис. 3.27 можна зробити висновок, що отримані бальні оцінки рівня організації та цифровізації процесів мали значення у межах $[0,3; 51,9]$, де оцінка 0,3 відповідає максимально можливому ступеню невідповідності процесів організації будівництва з точки зору створення системи обміну даними між учасниками проєкту, а 51,9 – повній відповідності системи обміну даними потребам цифрового розвитку проєкту. При цьому терм «невідповідність» має вигляд $[12,9 \ 1,999 \ 0,3025]$, «часткова відповідність» має вигляд $[8,9210 \ 1,999 \ 27,6237]$, «повна відповідність» має вигляд $[11,0611 \ 1,999 \ 50,8425]$

Максимальний рівень впевненості щодо невідповідності рівня організації процесів будівництва у частині обміну даними між учасниками становить у разі їх оцінки менше ніж 0,3025. Якщо значення рівня збалансованості і достатності організаційно-технологічного і цифрового розвитку процесів у частині обміну даними, то буде досягнуто точки переходу, у якій існує максимальний рівень невпевненості щодо належності величини до відповідного

терму $0,3025+12,9=13,2025$, тобто межею невідповідності є значення бальної оцінки обміну даними не менше, ніж $13,2025$.

Тоді функція належності терму «недостатній рівень обміну даними набуває вигляду:

$$\mu(\text{обмін даними}_{\text{невідпов}}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 0,3025}{12,69} \right|^{2 \cdot 2}}$$

Аналогічним чином створено функції належності для термів «часткова відповідність» та «повна відповідність»:

$$\mu(\text{обмін даними}_{\text{частквідпов}}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 27,6737}{8,921} \right|^{2 \cdot 2}}$$

$$\mu(\text{обмін даними}_{\text{повна відпов}}) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x_1 - 11,0611}{50,8425} \right|^{2 \cdot 2}}$$

Для вхідних параметрів «спільна робота і координація» та «управління інформацією» функції належності створено аналогічним чином і графічно представлено на рис. 3.28, також можливі розрахунки у комплексі MathLab для цих та інших параметрів першого рівня ієрархії (персоналу, адміністрування та рівня технічного забезпечення).

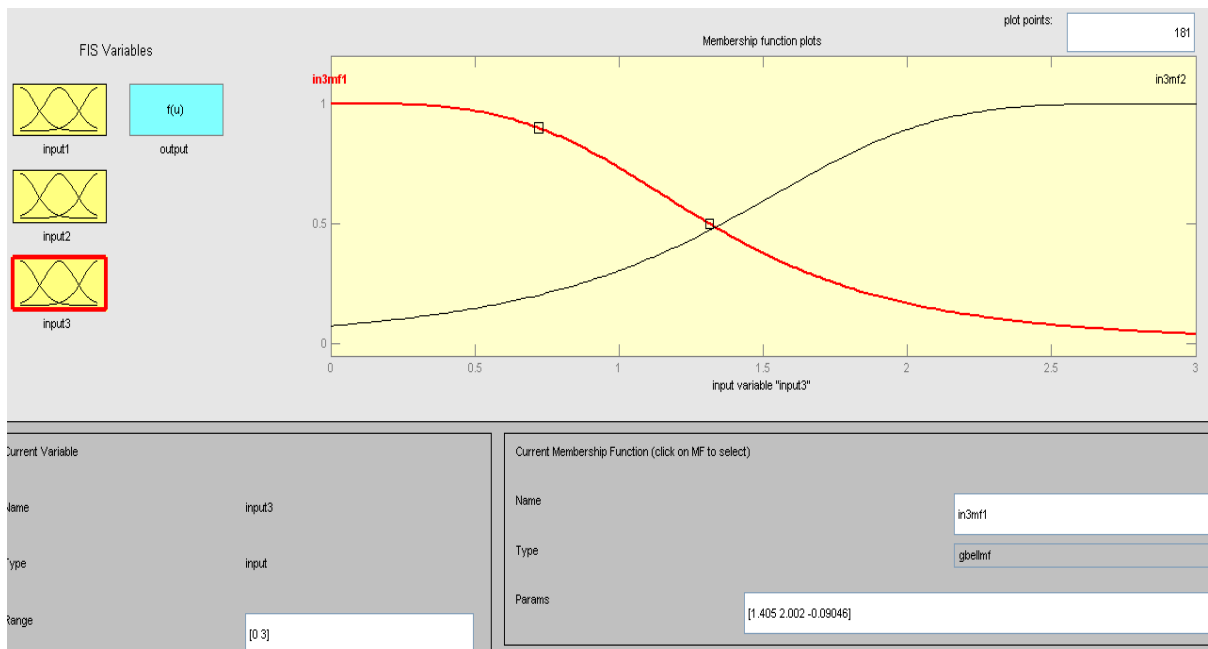
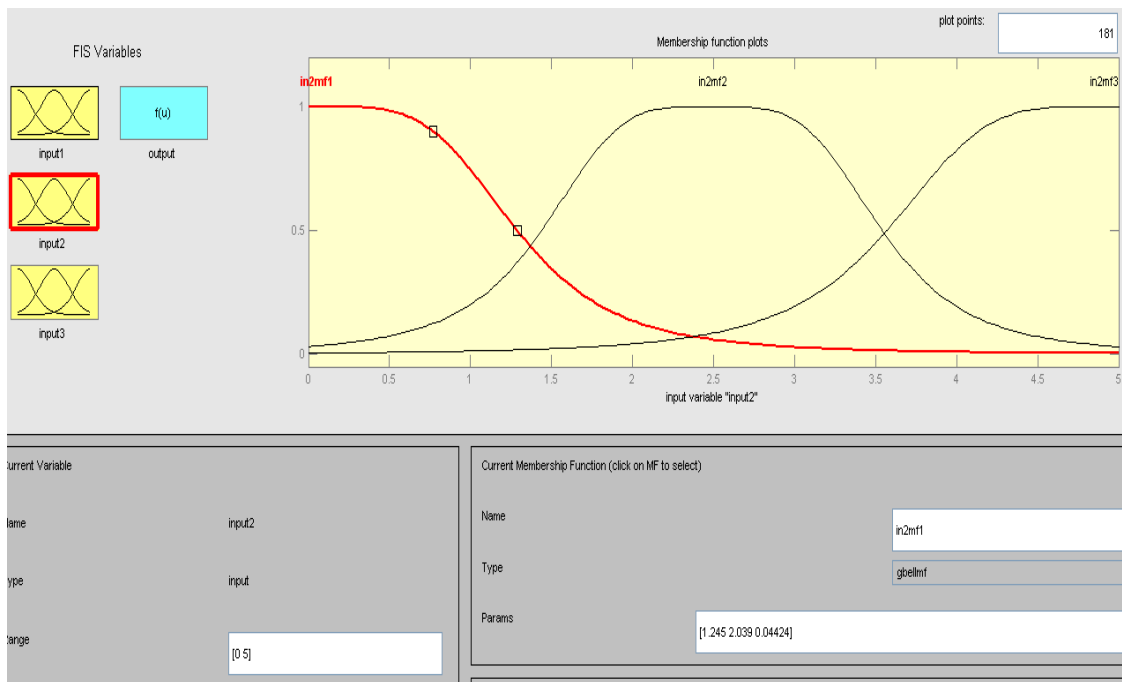


Рис. 3.28. Дзвоноподібні функції належності вхідних параметрів «спільна робота і координація» та «управління інформацією» (розроблено автором)

Для вхідного параметру «спільна робота і координація» використано три «терм-множини» («невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)), а для параметру «управління інформацією» – дві (недостатній (НД) –достатній рівень (Д)).

Функції належності для термів вхідних змінних «спільна робота і координація» та «управління інформацією» для вихідного параметра «процеси»

наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Функції належності для термів вхідних змінних «спільна робота і координація» та «управління інформацією» для вихідного параметру «процеси»

Індикатор	Функція належності
Спільна робота і координація	$\mu_{необх}(спільн\ роб) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left \frac{x - 0,8624}{3,6819} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 4,751 \end{cases}$
Управління інформацією	$\mu_{необх}(інф_{достатній}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left \frac{x + 0,09046}{1,405} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x \geq 2,363 \end{cases}$

(авторська розробка)

Взаємозалежність між факторами і результатом задано у вигляді бази нечітких правил, які базуються на множині залежностей типу «якщо..., то...», оскільки зв'язок між множиною факторів і результуючих параметрів можна представити у вигляді нечіткого співвідношення відповідних факторів множини. Для подальшого оцінювання рівня цифровізації проєкту та управління процесом цифрової трансформації використовується система нечітких правил, обрані за методологією, яка наведена у роботах [250-252].

Автоматизація оцінювання рівня цифровізації будівельних проєктів здійснюється шляхом використання відповідного програмного забезпечення, яке значно підвищують ефективність аналітичної діяльності та дозволяє отримати розрахунки в автоматичному режимі. У результаті отримано систему правил (рис. 7), за допомогою яких на етапі «логічний висновок» встановлюється міра істинності кожного із логічних правил (рис.3.29). Міра істинності визначається на підставі вхідних змінних, за шкалою 0-1,

встановлюється міра істинності кожного правила. У результаті рівень збалансованості цифрового та організаційно-технологічного розвитку будівництва у частині цифровізації процесів будівництва визначається за тим правилом або правилами, міра істинності яких є наближеною до одиниці. Якщо міра істинності правила дорівнює нулю, то вхідна величина не може належати до даної терм-множини.

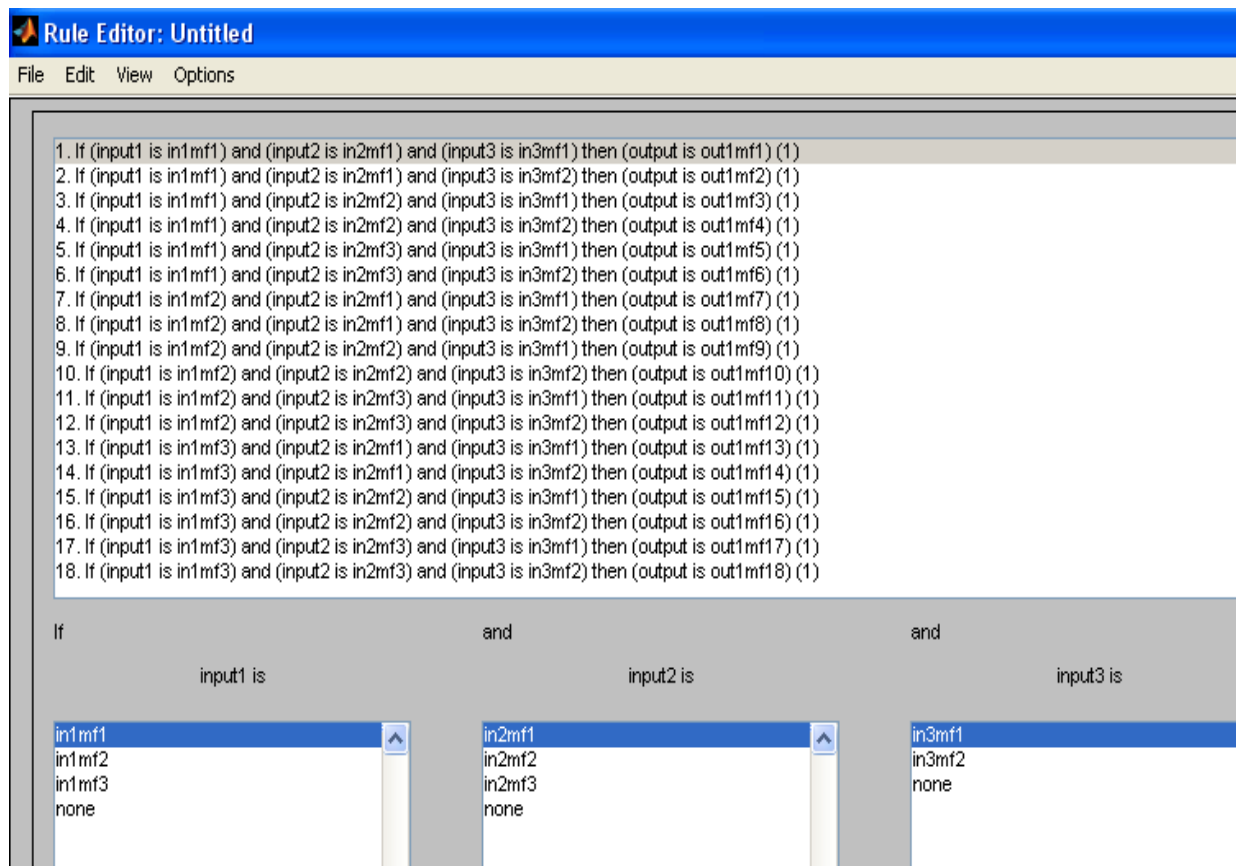


Рис.3.29. Система правил нечіткого логічного висновку для визначення рівня збалансованості цифрового та організаційно-технологічного розвитку будівництва за чинником «процеси».

Джерело :авторські розрахунки

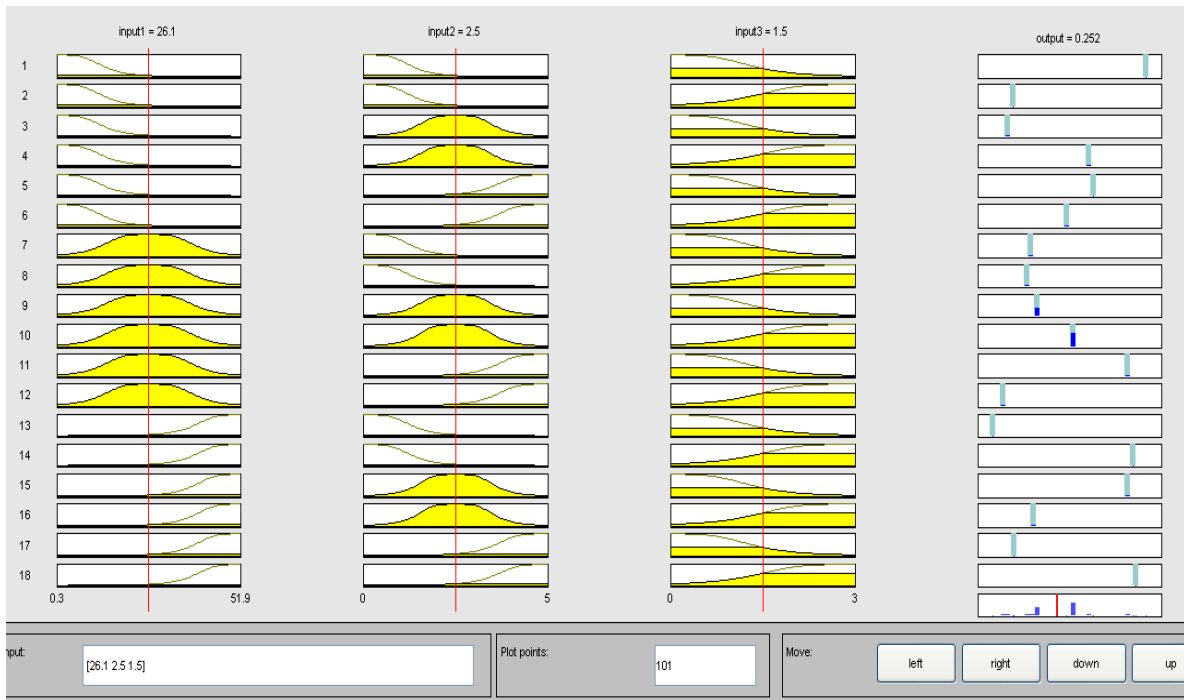


Рис.8.

Рис.3.30. Процедура нечіткого логічного висновку.

Джерело :авторські розрахунки

У результаті отримано не тільки ряд залежностей, але і графічна інтерпретація впливу окремих чинників на результуючий показник – рівень організації процесів будівництва, які наведено на рис.3.31-3.33.

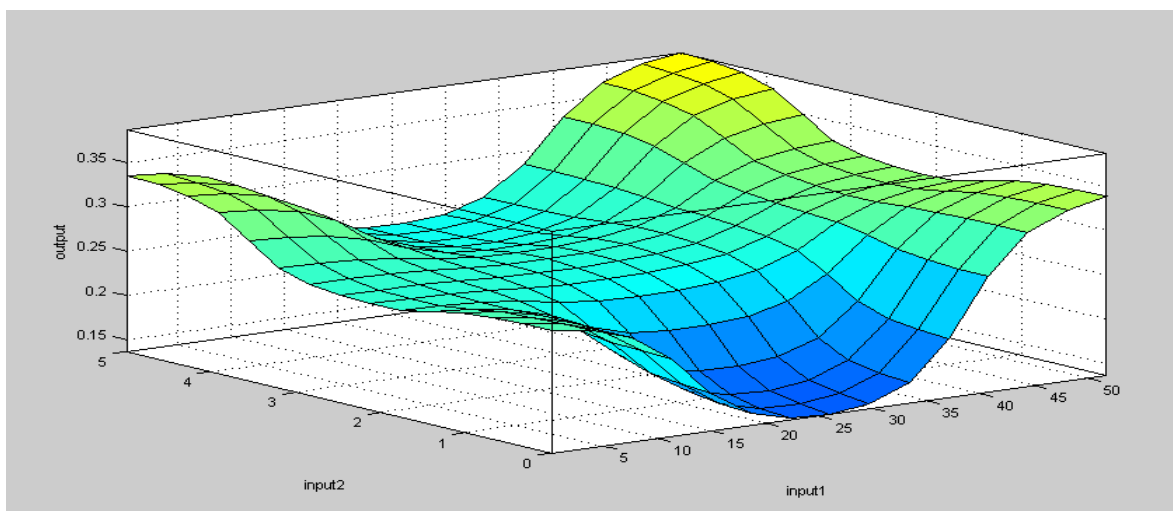


Рис.3.31. Вплив чинників X1 та X2 на рівень організації процесів.

Джерело :авторські розрахунки

Як видно з рис. 3.31, максимальний рівень збалансованості процесів організації будівництва та рівня цифровізації при досягненні максимального рівня спільної роботи і координації учасників будівництва та обміну даними, проте якщо система обміну даними є недосконалою, то навіть при середньому або високому рівні спільної роботи і координації, це призведе до різкого зменшення продуктивності процесів будівництва. Проте, швидкий і якісний обмін даними може пом'якшити негативні наслідки недостатнього рівня управління інформацією, при цьому максимальна ефективність процесів досягається за рахунок швидкості обміну даними безпосередньо між учасниками, і навпаки досконала система управління інформацією учасників будівництва, в основному на основі BIM-моделей [253], де кожен учасник може побачити у реальному часі дії та зміни у проєкт, внесені різними сторонами та оперативно реагувати на них, дозволить пом'якшити негативний вплив бюрократизованої системи обміну даними, яка потребує багатьох узгоджень на різних щаблях управління (рис. 3.32)

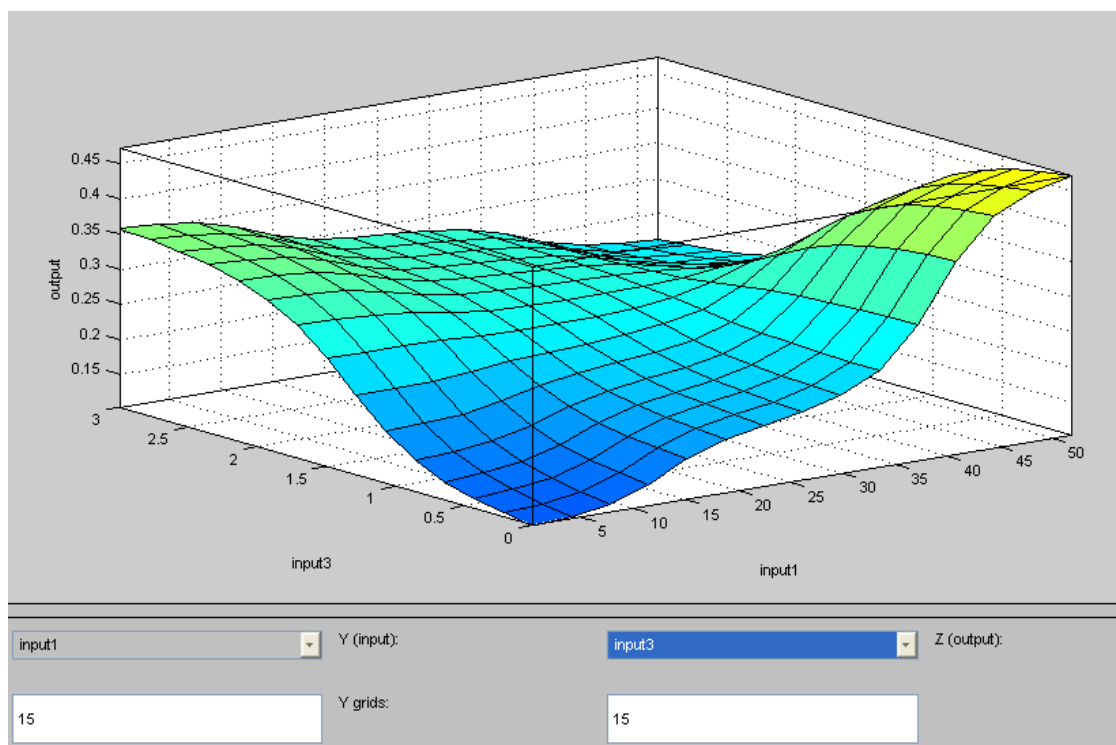


Рис.3.32. Вплив чинників X1 та X3 на рівень організації процесів.

Джерело :авторські розрахунки

У випадку, якщо спільна робота і координація частково відповідають вимогам до організації та цифрового розвитку процесів будівництва, доцільним буде максимально розвивати систему управління інформацією, що дозволить досягти максимально можливого ефекту. При цьому, високий рівень розвитку чинника X3 не буде достатньо ефективним у разі високого рівня спільної роботи і координації учасників будівництва. У такому випадку, для досягнення максимально можливої ефективності процесів будівництва, рекомендовано, навпаки, жорстко регламентувати та формалізувати систему управління інформацією (рис. 3.33).

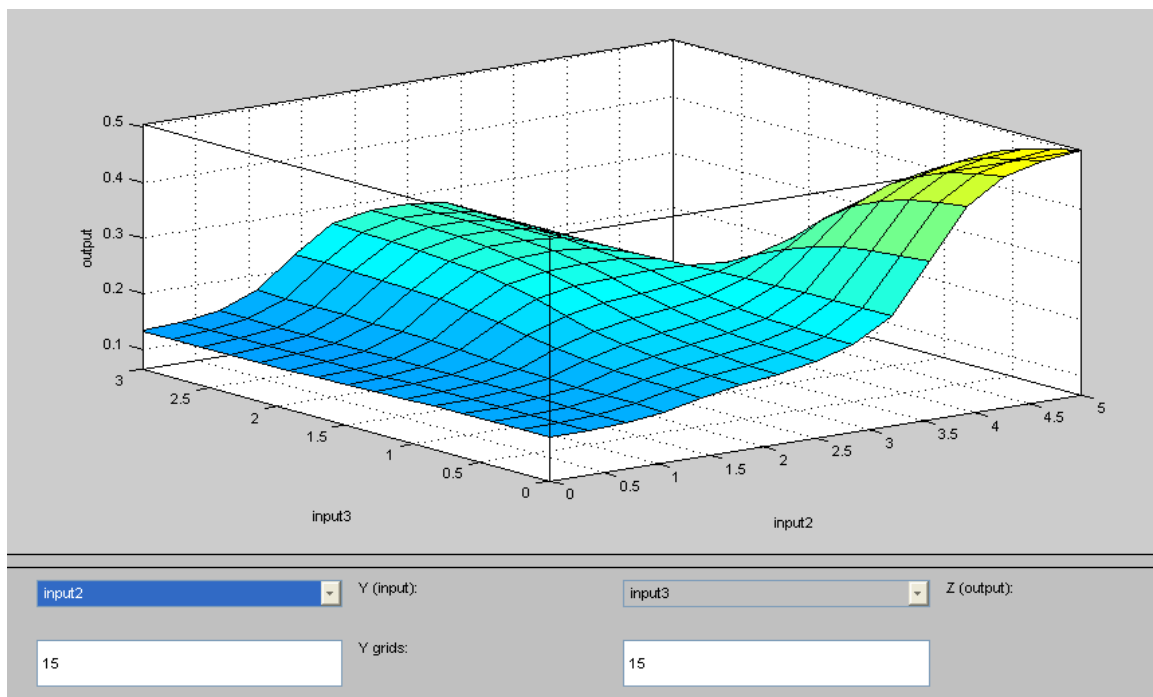


Рис.3.33. Вплив чинників X2 та X3 на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Аналогічним чином здійснено розрахунки та створено моделі для чинників першого рівня ієрархії «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення», а також для вихідного чинника «визначення збалансованості і достатності організаційно-технологічного і цифрового розвитку.

У результаті виявлено вплив чинників «процеси», «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення» на рівень збалансованості і достатності організаційно-технологічного і цифрового розвитку (рис.3.34-3.39).

Рівень організації процесів будівництва при різних способах адміністрування договірних відносин учасників будівництва, закупівель та вибору учасників проекту прямо впливає на ефективність організації і цифровізації процесів будівництва. При цьому жорстко регламентоване адміністрування, так само як і гнучкий спосіб організації адміністративних процесів будівництва є більш ефективними, ніж коли існує невизначеність і частина процесів адміністрування має низький рівень регламентації (рис. 3.34). У такому випадку навіть високий рівень організації не дозволить створити ефективно діючу систему цифрової взаємодії та взаємо узгодити процеси організації будівництва та цифрової трансформації.

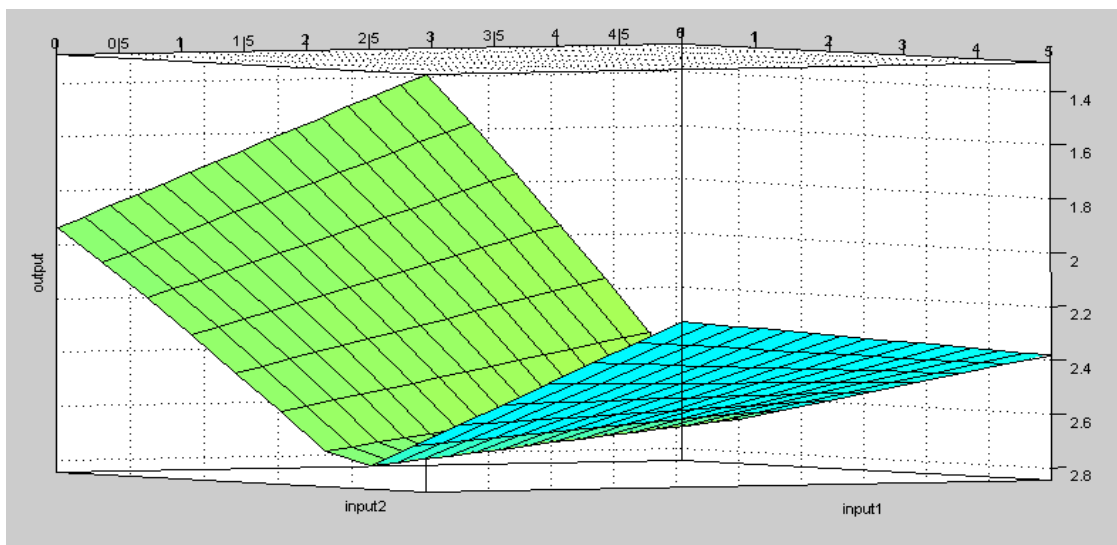


Рис.3.34. Вплив чинників «процеси» та «адміністрування» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Дія чинників «персонал» і «процеси» на взаємоузгодженість та рівень розвитку організації і цифровізації процесів будівництва є прямою, а отже підвищення рівня кваліфікації персоналу, його мотивації, зменшення спротиву змінам, та зростання рівня організації процесів дозволять підвищити ефективність організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівельних проектів (рис. 3.35).

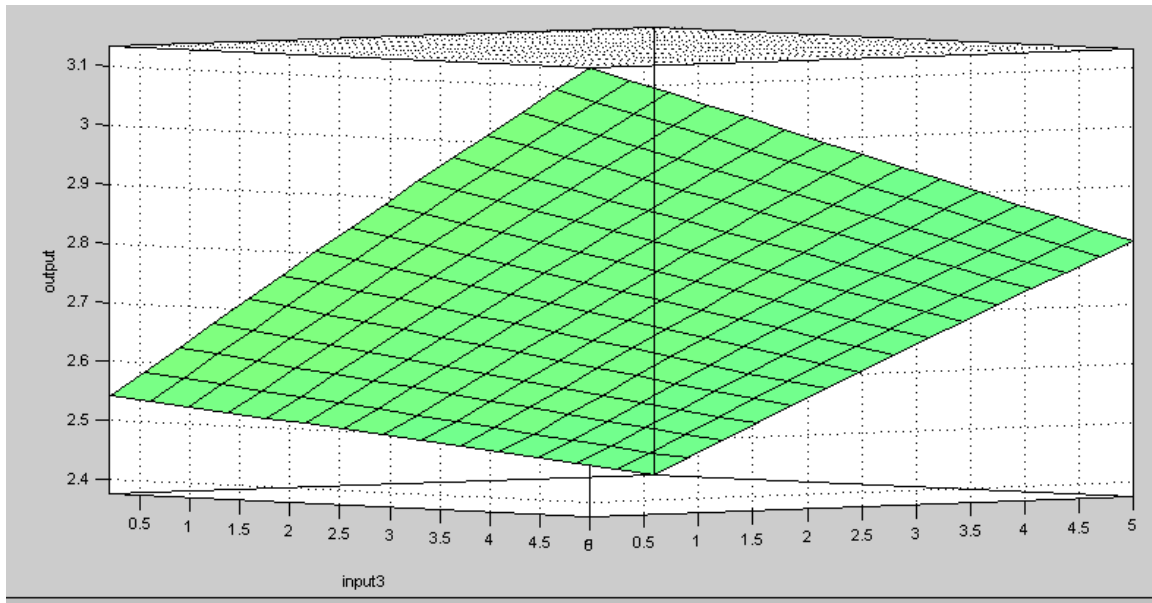


Рис.3.35. Вплив чинників «процеси» та «персонал» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Дія чинників «процеси» і «технічне забезпечення» має двоякий характер, а саме: при жорсткій регламентації процесів високий рівень організації технічного забезпечення призведе до зростання ефективності та взаємо узгодженості організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівництва, а при низькому рівні технічного забезпечення, до зростання ефективності та адаптивності призведе високий рівень самоорганізації та гнучкості процесів (рис.3.36). При цьому одночасне зростання рівня гнучкості процесів у поєднанні із високим рівнем технічного забезпечення може навпаки призвести до суттєвої втрати керованості системи та зменшення ефективності і взаємо узгодженості організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівельних проєктів.

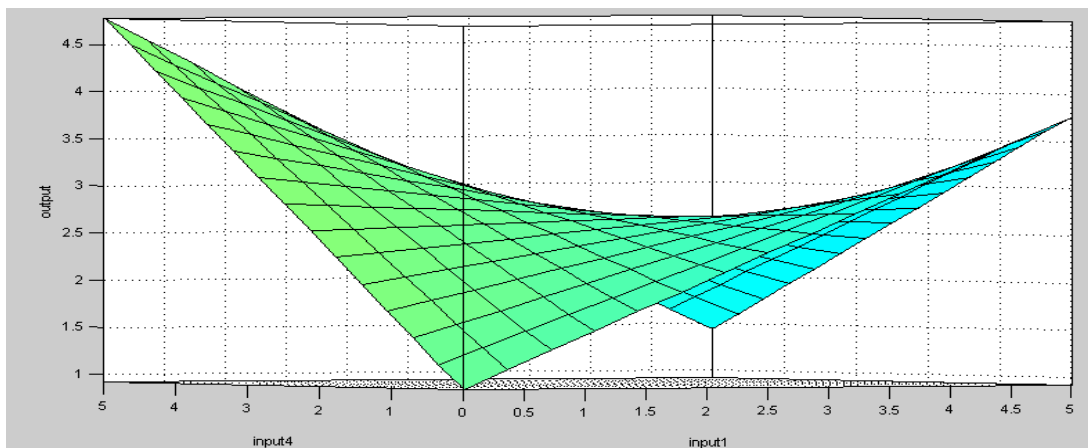


Рис.3.36. Вплив чинників «процеси» та «технічне забезпечення» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Максимальної ефективності і взаємоузгодженості організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівельних проєктів можна досягти при максимальному рівні адаптивності та гнучкості чинника «адміністрування» у поєднанні із максимально мотивованим, маючим необхідні навички та обов'язки, що відповідають компетенціям персоналом або при середньому рівня розвитку персоналу при жорсткій системі адміністрування (рис.3.37).

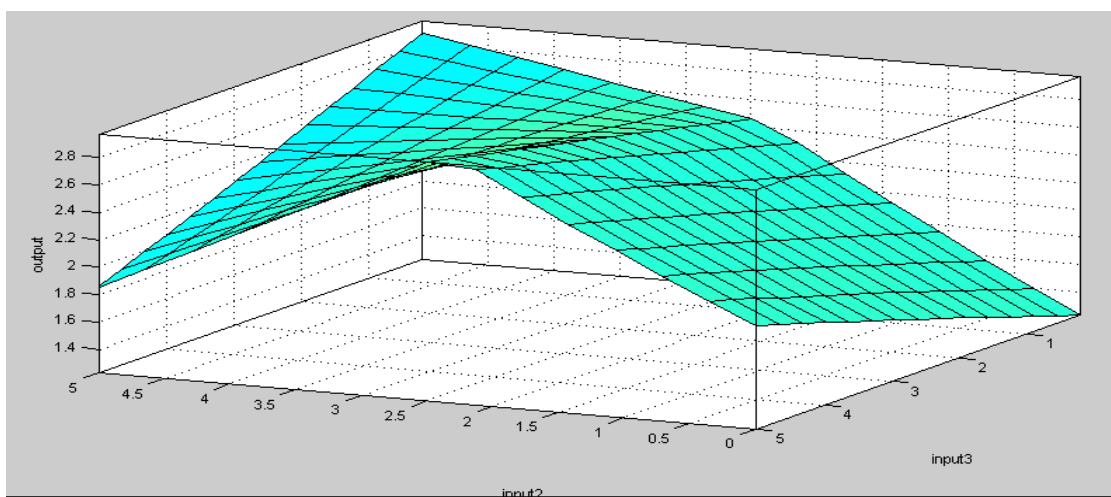


Рис.3.37. Вплив чинників «адміністрування» та «персонал» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Стратегія, спрямована на забезпечення достатньої гнучкості адміністрування принесе найбільший ефекти при максимально можливому

рівні технічного забезпечення (рис.3.38). Але навіть низький рівень технічного забезпечення дозволить досягнути ефективності і взаємоузгодженості організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівельних проєктів, якщо процедури адміністрування будуть максимально бюрократизованими, виключають самостійність учасників будівництва у прийнятті рішень щодо діяльності у рамках проєкту[256]. У випадку високого рівня технічного забезпечення, така стратегія, навпаки, призведе до різкого зменшення ефективності. Тому при достатньому рівні технічного забезпечення рекомендовано зменшувати бюрократичні перепони і забезпечити високий рівень самостійності і автономії учасників проєкту, що має на меті досягти ефективності і відповідності організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників та їх можливостей щодо адміністрування проєктами.

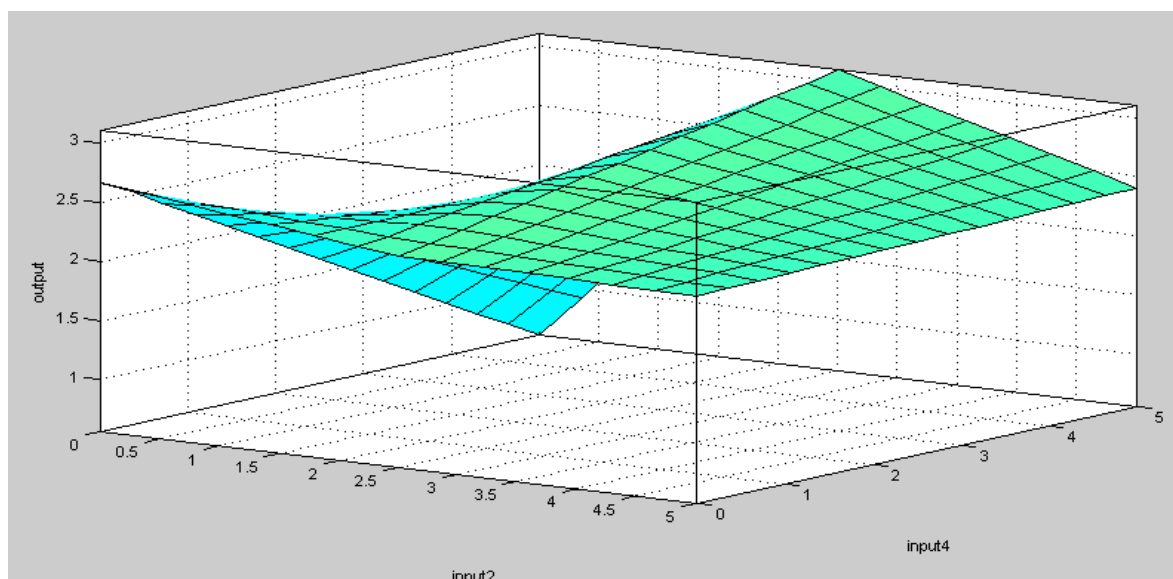


Рис.3.38. Вплив чинників «адміністрування» та «технічне забезпечення» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Поєднання дії чинників «персонал» і «технічне забезпечення» дозволить досягти максимального ступеню взаємодії та ефективності організаційно-технологічного і цифрового розвитку учасників будівництва у випадку максимальної мотивації, компетентності персоналу та високого рівня

технічного забезпечення, тоді як при низькому рівні технічного забезпечення, ефективність діяльності найбільш компетентних і мотивованих працівників не може принести очікуваного рівня віддачі (рис. 3.39).

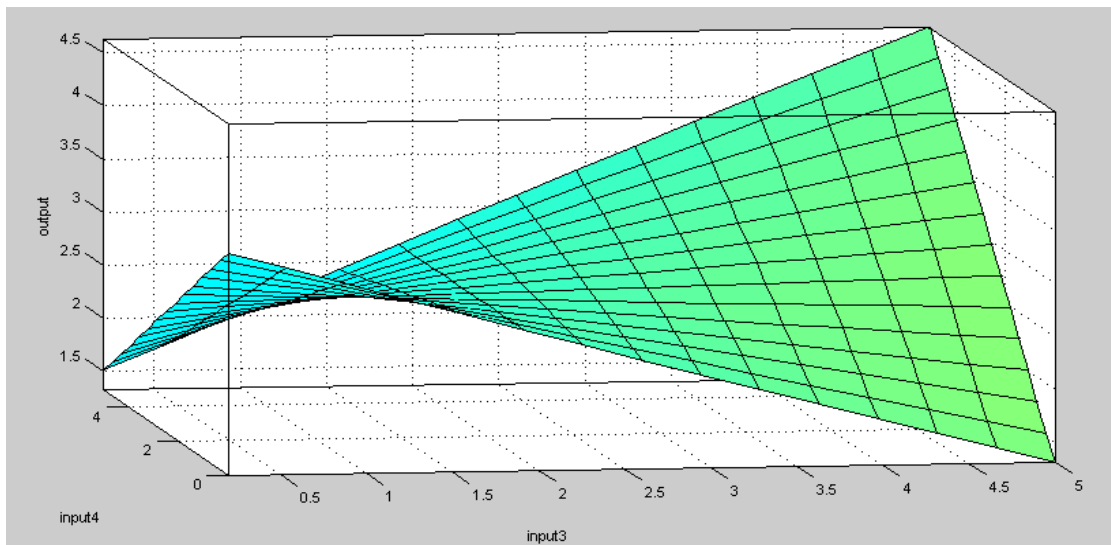


Рис.3.39. Вплив чинників «персонал» та «технічне забезпечення» на рівень організації і цифровізації процесів будівництва.

Джерело :авторські розрахунки

Використовуючи запропонований інструментарій, учасники будівництва мають змогу впливати на рівень власного організаційно-технологічного і цифрового розвитку рамках проєктів та розвитку інших учасників проєкту, виявляти вплив комплексу чинників, або окремих факторів за напрямками «процеси», «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення».

Висновки до розділу 3

1. Змістом досліджень, які подано в даному розділі роботи, є формування та практична апробація компонент інноваційного аналітико-прикладного апарату (інструментарію) моделювання організації будівництва та девелоперського супроводу проєктів.

2. Запроваджено суттєво удосконалений (комбінований або гібридний) тип сіткової моделі для формалізованого опису змісту процесів організації будівництва та системи адміністрування БДП. Дана модель відображає процеси

трансформації від мережевої моделі «робота-матриця» до оцифрованої моделі гібридного типу. Основною інновацією цієї моделі є відтворення змісту робіт та етапів у графо-аналітичному форматі BIM-технологій організаційно-технологічного та ресурсно-логістичного характеру проєкту. На відміну від стандартного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення, аналізу технічної та архітектурної документації проєкту, ця робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проєкту. В рамках цього підходу структуризація етапів та робіт не базується на технічному змісті або розділах проєктно-кошторисної документації (ПКД), а складається з укрупнених комплексів робіт БДП, що відведені певному виконавцю та регламентовані у відповідних тристоронніх «угодах про субпідряд» між замовником, девелопером та виконавцем.

3. При формуванні комбінованої цифрової&організаційно-технологічної моделі будівництва для БДП вирішальними компонентами є деталізація циклу на відведені окремим виконавцям локалізовані фрагменти. Такі локалізовані фрагменти циклу БДП і виступатимуть як цифровий та функціональний базис оновлюваної моделі. Не залежно від змісту виконуваних робіт, кожна з локалізованих моделей матиме єдиний перелік та вимір факторів. В складі переліку факторів поряд з традиційними директивними характеристиками тривалості, кошторисної вартості (бюджету), термінами прив'язки до загального циклу БДП використано ті характеристики, які відображають успішність (результативність) діяльності даної організації при виконанні робіт певного типу – апробований практикою даного виконавця склад бригад, трудомісткість та собівартість виконання. Конструктив локалізованої цифрової моделі подається через елемент «робота-цифри», що у вигляді сфери візуалізує цифровий простір виконання окремого комплексу робіт, який організація-субпідрядник виконує у складі девелоперського проєкту. Діаметр сфери в порівняльних одиницях відображає семантичну міру впевненості девелопера в тому, що його вимоги будуть дотриманими цим виконавцем.

4. До складу параметрів цифрової локальної моделі залучено іміджеві та економічні характеристики виконавця в регіоні та цільовому сегменті робіт (рейтинг, стан рентабельності, характеристики технологічного та вартісного зростання). Порівняння функціонально-технологічних та організаційно-управлінських можливостей виконавця з відповідними позиціями конкурентів дає підстави встановити ще такий важливий параметр локальної цифрової моделі як «цифровий індикатор ймовірності здобуття організацією-виконавцем директивних вимог замовника і девелопера» в даному проєкті (частка одиниць). На підставі даного індикатора з використанням спеціальних цифрових аналітичних шаблонів визначаються реалістичні (розрахункові, фактично очікувані) значення тривалості та вартості виконання роботи організацією-виконавцем в даному циклі БДП. Міра наближення до 1 одиниці цифрового індикатора ймовірності в складі локалізованої цифрової моделі виступатиме інструментом швидкої та дієвої ідентифікації можливостей впровадження проєктного циклу із додержанням директивних термінів, бюджету та ритмічності, а також слугуватиме в подальшому для вияву функціональної та організаційно-технічної надійності всього складу виконавців даного БДП.

5. Обґрунтовано оновлений склад показників оцінювання конкурентоспроможності підприємств-виконавців, який було адаптовано до вимог цифрової структури комбінованої моделі опису циклу БДП. Показники структуровано за 4 групами (кадрова складова, майнова складова, товарна складова, організаційна складова). Всі показники (та їх оцінки) сполучаються до єдиного, інтегрального показника. Значення інтегрального показника конкурентоспроможності, що наближається до найменшого числа, характеризує зростання рейтингової позиції і конкурентного статусу підприємства в досліджуваному конкурентному середовищі.

Результати роботи трансформовано у вигляді комплексу прикладних програм. Комплекс програм відображає багато-аспектну (багато-шарову) цифрову візуалізацію циклу та середовища БДП. Кожен з аспектів відображає окремі цифрові «шари» візуалізації змісту БДП: «замовник», «склад

виконавців», «індикатори БДП по стадіям», «графо-цифровий конструктив локальних моделей «робота-цифра», «цифрові параметри робота-цифра», «конкурентоспроможність організацій-виконавців», «цифровий регламент девелопменту проєкту». Останній модуль регламентує діяльність оргструктури цифрового адміністрування БДП, починаючи з ініціації проєкту та передінвестиційного девелопменту - до завершальної стадії, яка передбачає досягнення цільової продуктивності проєкту.

Наукові результати, висвітлені в розділі 3, опубліковано в працях автора [192, 202, 254, 255, 256]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена вирішенню актуального завдання розробки науково-прикладного інструментарію для організаційно-технологічного моделювання та цифрового управління будівельними проєктами. Цей інструментарій базується на використанні моделі формалізованого опису процесів у будівництві.

Значення результатів роботи для науки полягає у запровадженні гібридного (комбінованого) типу моделі організації будівництва, яка інтегрує можливості традиційно структурованих сіткових моделей із перевагами цифрових моделей формалізованого опису проєктного циклу: модернізований візуально-графічний конструктив та параметричний базис моделі забезпечує продуктивне цифрове моделювання проєктного циклу та дозволяє відстежувати суттєві трансформації в організаційно-технологічних характеристиках проєкту - за стадіями проєкту, організація-виконавцями та «цифровими компонентами» в адмініструванні проєктом. Основною інновацією цієї моделі є відтворення змісту робіт та етапів у графо-аналітичному форматі BIM-технологій організаційно-технологічного та ресурсно-логістичного характеру проєкту. На відміну від стандартного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення, аналізу технічної та архітектурної документації проєкту, ця робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проєкту. В рамках цього підходу структуризація етапів та робіт не базується на технічному змісті або розділах проєктно-кошторисної документації (ПКД), а складається з укрупнених комплексів робіт БДП, що відведені певному виконавцю та регламентовані у відповідних тристоронніх "угодах про субпідряд" між замовником, девелопером та виконавцем.

Значення результатів роботи для практики визначається тим, що для керівного складу та середнього рівня БДП був впроваджений зручний для користування та адаптований до BIM-технологій інструментарій для

моделювання процесів організації будівництва. Цей інструментарій використовується на протязі всього циклу будівельних робіт тимчасовою оргструктурою девелоперського типу. Інноваційність отриманих результатів та їх практична цінність були підтверджені під час впровадження комплексу прикладних програм у процесах організаційно-технологічного та девелоперського обґрунтування проєктів, які були реалізовані будівельними та девелоперськими компаніями.

За підсумками проведених досліджень було одержано наступні висновки:

1. Актуалізована в роботі потреба сутнісної модернізації моделей організації будівництва спрямувала на переопрацювання змісту провідних онтологічних категорій дослідження, таких як «цифрове адміністрування проєктами будівництва» та «цифрове підґрунтя в організації будівництва». Остання дефініція вирізнена автором як «компонента системи управління життєвим циклом та середовищем девелоперського будівельного проєкту включає інтеграцію цифрових технологій у всі аспекти бізнес-процесів та функціонування проєкту як тимчасового підприємства.

2. Для досягнення належної адаптованості циклу організації будівництва та середовища БДП до сучасних управлінських та цифрових технологій, та слід забезпечити суттєве оновлення моделей організації будівництва. Моделі організації будівництва на рівні окремих проєктів мають бути трансформовані до синергійних моделей нового, гібридного типу, які будуть забезпечувати властивості:

- моделювання організаційно-технологічного змісту виконуваних робіт та процесів (за комплексами робіт);
- функціонального розподілу комплексів робіт за виконавцями;
- вияву особливостей адміністрування окремими роботами проєкту, з відображенням основних цифрових характеристик виконання роботи певною організацією;
- забезпечення можливостей маневрування ресурсами проєкту;

- вияву синергії від циклу проєкту та девелоперського середовища провідних учасників та виконавців проєкту.

Цифровізація організаційно-технологічних моделей забезпечить вирішення складної ситуації в будівництві на час воєнного стану в Україні, а також дозволити скористатись наступними вигодами від цифровізації будівництва, які обумовлені:

–*використанням цифрових технологій*, такі як будівельне моделювання інформації (BIM), хмарні технології, інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та аналітика даних для оптимізації процесів будівництва, зменшення витрат і підвищення ефективності;

–*поліпшенням рівня колаборації та комунікацій в системі адміністрування проєктом будівництва*: цифрові інструменти сприяють покращенню співпраці між учасниками будівельного процесу, забезпечуючи швидку та ефективну комунікацію, обмін даними та спільний доступ до інформації;

–*модернізацією організаційних структур та оптимізацією управління проєктами*: цифрові технології дозволяють покращити планування, виконання та контроль за будівельними проєктами, зменшуючи ризики затримок та перевищення бюджету;

–*поліпшенням бізнес-процесів стосовно проходження організації будівництва та автоматизацією процесів адміністрування девелоперським середовищем* : використання роботів, автоматизованих систем будівельства та 3D-друку може значно збільшити швидкість та точність будівництва, а також знизити ризики травматизму на робочому місці.

–*зростанням стандартизованості, інтеперабельності та адекватності* відображення реалій будівельного проєкту та будмайданчика в компонентах цифрового адміністрування проєктом будівництва. цифровими інструментами та системами;

– *забезпеченням кібербезпеки*: з огляду на збільшену кількість цифрових систем, даних та зв'язків, оновлена модель сприятиме створенню передумов надійного захисту інформації та мереж від кібератак.

3. При формуванні загально-методичного підґрунтя для модернізації та оптимізацію існуючих моделей організації будівництва, в якості провідних компонент було залучено: а) методологію формування та трансформації організаційно-технологічних мережевих моделей різного типу, таких як "роботи-вершини", "роботи-матриці" та "триангуляційні моделі формалізації циклу будівельного проєкту"; б) засади цифровізації та методи використання BIM-технологій та PLM-систем для опису процесів організації будівництва та управління проєктами будівництва; с) концептуально-теоретичні основи будівельного девелопменту як сучасного базису для підготовки, моделювання та реалізації будівельних проєктів. В якості супровідних компонент методичного базису використано: аналіз-синтез, системний та процесно-структурний аналіз, організаційно-структурний інжиніринг, теорія зацікавлених сторін, класифікація та опис проєктних ризиків, а також адаптація Agile-методології для покращення проєктів будівництва. Всі ці компоненти були інтегровані в оновлені версії моделі організації будівництва з метою реального відображення процесів всередині будівельних проєктів як операційних систем тимчасового типу.

4. При створенні комбінованого інструментарію моделювання циклу БДП виявлено доцільним серед його компонент передбачити спроможність виявити в проєкті та середовищі БДП як фактори потенційних відмов, так і масштаби відмов проєкту. що варіантність виступає як засіб підвищення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельного проєкту, шляхом порівняння можливих варіантів технології та організації будівельного виробництва, а саме, шляхом використання низки можливих за даних умов методів виконання будівельно-монтажних робіт, зміни послідовності здійснення процесів будівництва, ступеня їх суміщення, тривалості та інтенсивності. Запропоновано у розрахунках під час прийняття відповідних організаційно-технологічних рішень визначати надійність як одиничного показника за кожною з величин, що входять до розрахунку, так і комплексного показника надійності, встановленого на базі залежності одиничних показників. Все це

зорієнтовано на оцінку надійності будівельного підприємства як складної системи, яка визначається за допомогою діагностування всіх рівнів фінансово-виробничої діяльності організацій.

5. Обґрунтовано зміст інноваційного аналітико-прикладного інструментарію моделювання організації будівництва та девелоперського супроводу проєктів з використання моделі гібридного типу. Дана модель відображає процеси трансформації від мережевої моделі «робота-матриця» до оцифрованої моделі гібридного типу. На відміну від стандартного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення, аналізу технічної та архітектурної документації проєкту, ця робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проєкту. При формуванні комбінованої цифрової та організаційно-технологічної моделі будівництва для БДП вирішальними компонентами є деталізація циклу на відведені окремим виконавцям локалізовані фрагменти. Такі локалізовані фрагменти циклу БДП і виступатимуть як цифровий та функціональний базис оновлюваної моделі. Не залежно від змісту виконуваних робіт, кожна з локалізованих моделей матиме єдиний перелік та вимір факторів. В складі факторів поряд з традиційними директивними характеристиками тривалості, кошторисної вартості (бюджету), термінами прив'язки до загального циклу БДП використано ті характеристики, які відображають успішність (результативність) діяльності даної організації при виконанні робіт певного типу – апробований практикою даного виконавця склад бригад, трудомісткість та собівартість виконання. Конструктив локалізованої цифрової моделі подається через елемент «робота-цифри», що у вигляді сфери візуалізує цифровий простір виконання окремого комплексу робіт, який організація-субпідрядник виконує у складі девелоперського проєкту. Діаметр сфери в порівняльних одиницях відображає семантичну міру впевненості девелопера в тому, що його вимоги будуть дотриманими цим виконавцем. До складу параметрів цифрової локальної моделі залучено іміджеві та економічні

характеристики виконавця в регіоні та цільовому сегменті робіт (рейтинг, стан рентабельності, характеристики технологічного та вартісного зростання).

6. Обґрунтовано оновлений склад показників оцінювання конкурентоспроможності підприємств-виконавців, який було адаптовано до вимог цифрової структури комбінованої моделі опису циклу БДП. Показники структуровано за 4 групами (кадрова складова, майнова складова, товарна складова, організаційна складова). Всі показники (та їх оцінки) сполучуються до єдиного, інтегрального показника - «цифрового індикатора ймовірності здобуття організацією-виконавцем директивних вимог замовника і девелопера» в даному проєкті (частка одиниць). Чим ближче цей індикатор до одиниці, як по окремому виконавцю, так і в цілому по проєкту, тим вища функціональна та організаційно-технічна надійність всього складу виконавців, тим ймовірніше забезпечення директивних вимог замовника щодо термінів, бюджету та ритмічності використання ресурсів.

Результати роботи трансформовано у вигляді комплексу прикладних програм. Комплекс програм відображає багато-аспектну (багато-шарову) цифрову візуалізацію циклу та середовища БДП. Кожен з аспектів відображає окремі цифрові «шари» візуалізації змісту БДП: «замовник», «склад виконавців», «індикатори БДП по стадіям», «графо-цифровий конструктив локальних моделей «робота-цифра», «цифрові параметри робота-цифра», «конкурентоспроможність організацій-виконавців», «цифровий регламент девелопменту проєкту». Останній модуль регламентує діяльність оргструктури цифрового адміністрування БДП, починаючи з ініціації проєкту та передінвестиційного девелопменту - до завершальної стадії, яка передбачає досягнення цільової продуктивності проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цифровізація - це поступове перетворення усіх державних послуг на зручні онлайн-сервіси. URL:<https://www.rv.gov.ua/news/cifrovizaciya-ce-postupove-peretvorennya-usih-derzhavnih-poslug-na-zruchni-onlajn-servisi>
2. Цифровізація будівельної галузі URL:<https://dedalsoft.com.ua/blog/tsifrovizatsiya-budivelnoi-galuzi>
3. Розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні від 17.02.2021 № 152-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>
4. Anil S, Knight A. Digitalisation in construction report 2023. June 2023 / Sam Birch (Editor). London : Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), 2023. 32 p. ISBN 978-178321-500-3
5. Індекс цифрової трансформації регіонів України, 2023 р. Міністерство цифрової трансформації України URL: <https://thedigital.gov.ua/news/rezultati-tsifrovoi-transformatsii-v-regionakh-ukraini-za-2023-rik>
6. Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний – 2020»), - ГС «ХАЙ-ТЕК ОФІС УКРАЇНА», 2016. 90 с. URL: <https://www.slideshare.net/tsnua/ss-72226573>
7. Цифрова економіка : підручник / Т. І. Олешко, Н. В. Касьянова, С. Ф. Смерічевський та ін. Київ : НАУ, 2022. 200 с.
8. What is digital transformation? Enterprise Glossary - Key Definitions. Hewlett Packard Enterprise Development LP. URL: <https://www.hpe.com/us/en/what-is/digital-transformation.html>
9. Онищенко Ю. І. Еволюція теоретичних підходів до визначення сутності дефініції цифрова економіка. Бізнес-навігатор. 2018. №6. С. 9-13.
10. Пищуліна О. Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти. Київ : Центр Разумкова. Видавництво “Заповіт”, 2020 274 с. URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_digitalization.pdf

11. Шпак Н. О., Кісь С. Ю. Розвиток індустрії 4.0: нові можливості та виклики для сучасних підприємств 2022. Збірник доповідей III міжнар. наук.-практ. конф. «Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи». Київ: КПІ ім. І. Сікорського (8 грудня 2022 р.) С.121. URL: <http://confmanagement.kpi.ua/proc/article/view/271877>
12. World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?view=chart>
13. Ukraine. The World Bank Data. URL: <https://data.worldbank.org/country/ukraine?locale=uk>
14. Digital Agenda of the Eurasian Economic Union until 2025: Prospects and Recommendations. Overview - World Bank Group, URL: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/413921522436739705/pdf/EAEU-OverviewFull-RUS-Final.pdf>
- 15 Digital Spillover Measuring the true impact of the digital economy. Huawei, Oxford Economics, URL: https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci_digital_spillover.pdf.
16. Бабич В.І., Перевертун І.М. Методика організаційно-технологічного моделювання будівельного виробництва в сучасних інформаційних технологіях. Проблеми програмування. 2004. № 4. С.88-102.
17. Рижаків Д.А., Малихіна О.М., Манжула І.О., Білоусова С.В. Врахування стратегій трансформації організації системи управління підприємства – девелопера в будівництві на ґрунті об'єктно-цільового менеджменту та сучасних концепцій бюджетування. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор», Випуск 6.1-1 (56) 2019. С.257-263.
18. Савицька Г.В. Економічний аналіз діяльності підприємства. : навч. посіб. - 2-ге вид., виправлене і доповнене / Г.В. Савицька Київ: "Знання", 2015. 662 с.
19. Plusquellec T., Lehoux N., Cimon Y. Design-Build in Construction: Performance and Impact on Stakeholders. In: LC3 2017 Vol. II – Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece, 2017, pp. 35-43. DOI: <https://doi.org/10.24928/2017/0057>

20. Griffith A., Watson P. Construction Management. Principles and Practice. Textbook. New York : Springer, 2004. 508 p.
21. Зельцер Р. Я., Беленкова О. Ю., Дубінін Д. В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : монографія. Київ : Леся, 2018. 208 с.
22. Павлов І.Д., Полтавець М.О. Організація, планування та системи управління в містобудівництві: навч.-метод. Посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності 192 – «Будівництва та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міське будівництва та господарство». Запоріжжя: ЗНУ, 2021. 165с.
23. Куліков П.М., Виноградов В.В. Організація, планування і управління в будівництві: підручник. 2-е вид. Київ: «Видавництво Людмила», 2023. 580 с.
24. Pryhodko O., Kushnir I., Hrynenko I., Khomenko O. Innovative analytical and applied apparatus for modeling the organization of construction and development support of projects. International independent scientific journal. 2021. №34 (2). p.6-11. ISSN 3547-2340 (Kraków, Rzeczpospolita Polska). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7061509>
25. Prykhodko O. Systematization of general theoretical and design prerequisites for updating construction organization models in the context of their adaptability to modern management and digital technologies. Materials of the XII International scientific and practical Conference «Perspective developments in science and technology», Volume 2. Sheffield: Science and education LTD, 2020.- С. 27-30.
26. Сльота М. І., Ліщинська Л. Б. Можливості інформаційного моделювання в архітектурно-будівельному проєктуванні. Цифрова економіка: зб. мат. Національної наук.-метод. конф., 4–5 жовтня 2018 р., м. Київ. - Київ.: КНЕУ, 2018. С. 338-341. URL: http://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/2870/Цифрова_економіка_2018.pdf?isAllowed=y&sequence=1
27. Савенко В.І., Лівінський О.М., Курок О.І., Бондаренко М.І., Модернізація економічного розвитку будівельних організацій : детермінанти моделі та

пріоритети стратегії / О. М. Малихіна та ін. Управління розвитком складних систем. 2018. Вип. 34. С. 152–160.

28. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації : Розпорядження кабінету міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text>

29. Ширяєва Н.Ю. Проблеми розвитку будівельної бізнес–освіти. Economy without borders: integration, innovation, cross border cooperation. International Scientific Conference, august 26th 2016, Kaunas. P. 249–252.

30. Проєкт (управління проєктами) - URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

Сердюк В. Р., Ровенчак Т. Г. Розробка проєкту виконання робіт для будівельного об'єкту: Навч. посіб. Вінниця: ВДТУ, 2002.- 113 с.

31. Andersen E.S. Rethinking Project Management - An Organisational Perspective. Prentice Rethinking. Harlow, Prentice Hall, 2008. 345p. URL: <https://doi.org/10.1108/sd.2010.05626cae.001>

32. Turner R. Gower Handbook of Project Management. 5th Edition. 2014 London : Routledge. 580 p. URL: <https://doi.org/10.4324/9781315585741>

33. British Standard BS 6079-1:2000. Project management. Part 1: Guide to Project management. 182 p.

34. Великий тлумачний словник сучасної української мови / укл. і головн. ред. В.Т. Бусел. Ірпінь : ВТФ «Перун», 2005. 1728 с.

35. Менеджмент та управління проєктами в будівельній галузі: навч. посіб./ під ред. І.А. Аджаман, Т.В. Смелянець. Одеса: ОДАБА, 2018. 268с.

36. Зотов О.В. Проєкт, управління проєктом: основні поняття, суб'єкти державного управління. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2010. № 8. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=171>

37. Проєктний аналіз / С.О. Москвін, С.М. Бевз, В.Г. Дідик, В.А. Верба та ін. Київ: Видавництво «Лібра», 1998. 366с.

38. Федоренко В.Г. Інвестиції та економіка України. Інвестицій-ні процеси в

Україні та зайнятість населення: Матеріали круглого столу. К.:ІПК ДСЗУ, 2015. С.19-25

39. Australian Institute for Project management, National Competence Standard for Project management.Guidelines 1996. 162 p.

40. Guide to the Project Management Body of Knowledge. 6th ed. Project Management Institute, Inc. 2017. 756 p.

41. Kerzner H. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling. John Wiley & Sons, 2017. 814 p.

42. Baguley P. Improve Your Project Management: Teach Yourself. Hachette UK, 2010. 224 p.

43. Guide to the Project Management Body of Knowledge. 6th ed. Project Management Institute, Inc. 2017. 756 p.

44. Брінь П.В., Абуд Ахмад Халіль Абуд Сучасне трактування поняття «проект» та його відмінність від бізнес-процесу. Причорноморські економічні студії. Вип. №48-2. 2019. С.20-26 DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.48-33>

45. Антонюк Т., Писарева Я. Управління будівельними проектами: усвідомлена потреба.URL:<https://commercialproperty.ua/analytics/upravlenie-stroitelnyimi-proektami-osoznannaya-neobkhodimost/>

46. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» : Наказ Мінрегіону України від 04.06.2014 р. № 163 (зі змінами станом на 10.12.2023 р.) Державне Підприємство «Науково-Дослідний Інститут Будівельного Виробництва». Київ: Мінрегіон України 2014.URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3192355188719486804?doc_type=2

47. Лупін Р. Проект. Що це таке? Для чого потрібен? Дизайн, проект, ремонт, будівництво, архітектура. URL: <http://lup.in.ua/information/pro-project/17-proekt.html>

48. Проектна документація (архітектурно-будівельний проект)URL:<https://bti-service.com.ua/ua-proektnaya-dokumentatsiya-arhitekturno-stroitelnyj-proekt>

49. Розробка проектної та робочої документації, виконання проектних робіт. URL: <https://budivelnastolyitsya.com/budyvelni-poslugy/rozrobka-proektiv->

budivnytstva/

50. Березін О.В., Безпарточний М.Г. Управління проєктами: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2014. 272 с.

51. Велика Українська Енциклопедія / Адміністрування. URL:

<https://vue.gov.ua/%D0%90%D0%B4%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F>

52. Баєва О. В. Менеджмент і адміністрування: в 2 ч. Ч. II. Менеджмент: навч. посіб.; за ред. О. В. Баєвої, Н. І. Новальської. Київ: ДП “Вид. дім “Персонал”, 2017. 326 с.

53. Новіков Б. В., Сініок Г. Ф., Круш П. В. Основи адміністративного менеджменту: навч. посіб. Київ : Центр навч. літ., 2004. 560 с.

54. Велешук С. С. Концептуальні підходи до визначення функцій та класифікації методів адміністративного менеджменту. Ефективна економіка 2013. №4. URL:<http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1952>

55. Управління проєктами: навчальний посібник до вивчення дисципліни для магістрів галузі знань 07 «Управління та адміністрування» спеціальності 073 «Менеджмент» спеціалізації: «Менеджмент і бізнес-адміністрування», «Менеджмент міжнародних проєктів», «Менеджмент інновацій», «Логістика»/ Уклад.: Л.Є. Довгань, Г.А. Мохонько, І.П. Малік. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 420 с.

56. Батенко Л. П., Загородніх О. А., Ліщинська В. В. Управління проєктами: Навч. посібник. Київ : КНЕУ, 2003. 231 с.

57. Watt A. Project Management. Hong Kong : The Open University of Hong Kong. 2020. 266 с.

58. Project Management. Deutsches Institut für Normung (DIN). URL: <https://www.din.de/de>

59. Кучеренко В.Р. Управління проєктами в підприємницьких структурах : навч. посіб. / В.Р. Кучеренко, Е.А. Кузнецов, О.С. Маркітан. - Харків: Бурун Книга, 2010. - 272 с.

60. Управління проєктами: навч. посіб. / Ю.І. Буріменко, Л.В. Галан, І.Ю.

Лебедєва, А.Ю. Щуровська; за ред. Ю.І. Буріменко. Одеса: ОНАЗ 460с.

61. Управління інноваційними проєктами: конспект лекцій / укладачі: О.О. Міцура, О. М. Олефіренко. Суми: Сумський державний університет, 2012. 92 с.

62. Антипенко Є. Ю. Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проєктів: Монографія / Є.Ю. Антипенко. — Запоріжжя: Видавництво "РДЦ Дизайн Груп", 2010. 386 с

63. Чернишев Д. О., Рижаков Д. А., Хоменко О. М., Петруха С. В., Кучеренко О. І., Горбач М. В. Цифрові технології як інноваційні тренди структурно-трансформаційних зрушень у системі управління підприємств-стейкхолдерів будівництва. Управління розвитком складних систем. Київ. 2021. № 46. С. 118 – 130, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.46.118-130](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.118-130).

64. Лужна Ю.М., Крихівська Н.О. Цифровізація фінансів у вимірі сучасних реалій : матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Фінансові інструменти сталого розвитку економіки» (12 травня 2022 р.). Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. С.246-248.

65. Методологія керування бізнесом в умовах цифровізації : монографія / А. П. Гринько, П. Л. Гринько, Н. Г. Ушакова, Т. В. Андросова, О. А. Кулініч, І. І. Помінова. – Х. : МОНОГРАФ, 2022. 199 с. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/24178/1/Mono_tsyfrovizatsiya_201.pdf

66. Ткаленко С.І. Вплив діджиталізації на глобальний фінансовий ринок. : матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Фінансові інструменти сталого розвитку економіки» (12 травня 2022 р.). Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. С.249-252.

67. Приходько О. О., Трач Р. В., Фесун А. С., Гергі Д. С. Організаційно-технологічні предиктори будівельного девелопменту в контексті інформаційного моделювання середовища впровадження проєктів будівництва. Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. № 56. С. 155 – 164,

68. Digital Innovations in the Socio-Economic Sphere. Afanasieva N. (Editor). Katowice : The University of Technology in Katowice Press, 2023. 308 с.

69. Приходько О. О. Інноваційний інструментарій організаційно-технологічного девелопменту проєктів будівництва: інтеграція BIM-технологій, Project management та Agile-методології. Матеріали V міжнар. конф. «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України», Київ, КНУБА, 2022. С.22
70. Хаустова М.Г. Державна політика в умовах цифровізації суспільства. Міжнародний досвід реалізації програм та стратегії цифровізації. Електронне наукове видання «Аналітично-порівняльне правознавство» DOI<https://doi.org/10.24144/2788-6018.2022.02.40>
71. Сандул Я. М. Начасні етапи цифрового сценарію розвитку України. Juris Europensis Scientia. Випуск 1, 2023. С.104-108.
72. Скорик О.О., Рябоконт Н. П. Цифрова трансформація моделі публічного управління: зарубіжний досвід та вітчизняні реалії. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2020. №7. DOI: 10.32702/2307-2156-2020.7.50
73. The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
74. Digital Government Strategy URL: <https://www.state.gov/digital-government-strategy/>
75. Carter, William A., William D. Crumpler. China's National Strategy for AI. Smart Money on Chinese Advances in AI, Center for Strategic and International Studies (CSIS). JSTOR. 2019. P. 4-6. URL:<http://www.jstor.org/stable/resrep22599.7>
76. About Digital India URL: <https://www.digitalindia.gov.in/>
77. Government Digital Service. GOV.UK proposition. URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/government-digital-service>
78. Сиволапенко Т.Л. Досвід зарубіжних країн із впровадження цифрових концепцій: реалії та перспективи для України. Держава та регіони. 2019. №3 (67). С.108-112. DOI <https://doi.org/10.32840/1813-3401-2019-3-20>
79. Цифрова платформа «Government of Ontario». URL: <https://www.ontario.ca/page/governmentontario>

80. Шевченко І., Зварич І. Цифрова трансформація японської економіки та перспективи впровадження досвіду в розвиток цифрової торгівлі України. Вісник економіки. 2023. № 1. С.94-108.
81. Пустоваров А.І. Закордонний досвід цифрової трансформації управління розвитком національної економіки. Причорноморські економічні студії. 2020. Випуск 51. 261-267. <https://doi.org/10.32843/bses.51-42>
82. Довгаль О. А., Довгаль Г. В. Особливості реалізації національних інноваційних моделей розвитку Бразилії, Чилі та Мексики. Бізнес Інформ. 2020. №11. С.49-54.
83. A road map toward a common framework for measuring the digital economy. Report for the G20 Digital Economy Task Force. Cover image: Jason Leung on Unsplash. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2020. 123 р. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/OECDRoadmapDigitalEconomy2020.pdf>
84. Дорожня карта використання науки, технологій, інновацій для досягнення цілей сталого розвитку: Протокол від 22.12.2023 № 3 колегії Міністерства освіти і науки України. Київ, 2023. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/2024/01/03/Dorozhnya.karta.vykoryst.na.uky.tekhnolohiy.ta.innovatsiy-03.01.2024-1.1.pdf>
85. Хаустова В. Є., Решетняк О. І., Хаустов М. М., Зінченко В. А. Аналіз розвитку ІКТ-сфери в Україні за міжнародними індексами та рейтингами. БІЗНЕСІНФОРМ. 2022. № 5. С.40-56.
86. World Digital Competitiveness Ranking. World Competitiveness Center. URL: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>
87. Digital Development Index. URL: <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/idi2023/>
88. Global Innovation Index URL: https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2023/

89. UN E-Government Survey 12th Edition. The United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA) URL: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2022>
90. Мінцифри інформує про результати цифрової трансформації в регіонах України URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mintsyfry-informuie-pro-rezultaty-tyfrovoi-transformatsii-v-rehionakh-ukrainy>
91. Ефективність країн в області цифровізації URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/countries-performance-digitisation>
92. Kohtamäki Timo. Digitaalisuus on arkipäivää jo meille kaikille: pankkiasiat tai lippujen ostot hoituvat digitaalisilla sovelluksilla, ja ranteessa oleva kello mittaa taukoamatta suoriutumistamme. Hallituksen jäsen, Osakas URL: <https://www.fluentprogress.fi/blogit/rakentamisen-digitalisaatio-muutos-alkanut>
93. Результати опитування українських керівників. 21-й випуск CEO Survey. URL: <https://www.pwc.com/ua/en/survey/2017/20th-ceo-survey.html>
94. Khomenko O., Druzhynin M., Prykhodko O., Zhaldak R. (2022) Organization and management of digital transformation of business structures in construction development. *News of Science and Education*, № 1(9). ISSN:2312-2773 (online). UK: Sheffield. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323990&journalId=3231>
95. Zhaldak R., Prykhodko O. Innovative scientific-analytical and practical developments to improve the functional and technological reliability of construction project executors. The 9th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations”. Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. P. 109-114. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-global-science-prospects-and-innovations-25-27-04-2024-liverpul-velikobritaniya-arhiv/>
95. Берестецька О., Цимбровський В. Цифрова трансформація будівництва в Україні. Тези доповідей III міжнародної науково-практичної конференції

учених та студентів «Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства» / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 6-7 грудня 2022 р.), 2022. С.8-9

96. Білик А.С. Екологічний та економічний аналіз життєвого циклу каркасів будівель: монографія. Київ: УЦСБ, КНУБА, 7БЦ, 2022. 263 с.

97. Білик А.С., Беляєв М.А. BIM-моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні. Промислове будівництво та інженерні споруди. 2015. №2. С.9-15 URL: <https://topuch.com/download/onyattya-ta-istoriya-viniknennya-vim.pdf>

98. Blackwell Barry. Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan. HM Government. Crown Copyright, 2015. 46p. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf

99. Prykhodko O. The urgency of implementing the European experience of digital administration and digital transformation of project management in the practice of construction in Ukraine. Materiály XVII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy -2023», Volume 3: Praha. Publishing House «Education and Science», p.19-23

100. 84. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо реформування сфери містобудівної діяльності : Проєкт закону України від 10.06.2021 р. №5655 URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=72212

101. Nikolaiev G., Prykhodko O. Organizational-regulation and analytical-information-support of the operational activities for the stakeholder of construction projects. *Středoevropský věstník pro vědu a výzkum*. 2022. № 9. ISSN: 2336-3630 (*online*), Praha, Чеська Республіка. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323161&journalId=20855>

102. Проєкт Закону про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо зарахування окремих адміністративних зборів за державну реєстрацію у сфері

містобудівної діяльності: Проєкт закону України № 5656 від 11.06.2021 р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/II05426A>

103. Проєкт Закону про внесення змін до Кодексу України про адміністративні правопорушення та Кримінального кодексу України щодо посилення відповідальності у сфері містобудівної діяльності : Проєкт закону України №5877 від 01.09.2021р. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=72667

104. Деякі питання забезпечення функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : Постанова Кабінету Міністрів України №681 від 23 червня 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2021-%D0%BF#Text>

105. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення порядку надання адміністративних послуг у сфері будівництва та створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : Закон України № 199-IX від 17 жовтня 2019 р. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/480438___733990

106. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва URL: <https://e-construction.gov.ua/>

107. Декларативні та дозвільні документи від 06.07.2020р. URL: <https://e-construction.gov.ua/reestri>

108. Мінцифра розширює співпрацю з USAID: агенція виділить 60 млн доларів на посилення кібербезпеки України. Міністерство цифрової інформації України [Назва з екрану]. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/mintsifra-rozshiryue-spivpratsyu-z-usaid-agentsiya-vidilit-60-mln-dolariv-na-posilennya-kiberbezpeki-ukraini>

109. Проєкт USAID / UK aid «Прозорість та підзвітність у державному управлінні та послугах/TAPAS». URL: <http://tapas.org.ua/>

110. Мінцифри: 99% заяв обробляються за добу - що змінилося з цифровізацією будівельної сфери. Міністерство цифрової трансформації України, 26 жовтня 2021. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mincifri-99-zayav-obroblyayutsya-za>

dobu-shcho-zminilosya-z-cifrovizaciyeyu-budivelnoyi-sferi

111. Послуги : Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. URL: <https://e-construction.gov.ua/services>

112. Маркевич К.Л. Цифровізація: переваги та шляхи подолання викликів. Digital Business transformation: challenges and opportunities for partnership: Materials of International scientific-practical conference (Melitopol, September 9-10, 2021) / editorial board D.Legeza, Y. Sokil [et al.] / TSATU. – Melitopol : LLC COLOR PRINT, 2021. С.42-45. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/17181/1/Digital%20Business_2021_Melitopol_.pdf

113. 17,4 млн євро на цифрову трансформацію: Євросоюз запускає проєкт підтримки України у сфері діджитал. Міністерство цифрової інформації України [Назва з екрану]. URL: <https://thedigital.gov.ua/news/174-mln-evro-na-tsifrovu-transformatsiyu-evrosoyuz-zapuskae-proekt-pidtrimki-ukraini-u-sferi-didzhital>

114. Інструментарій. Словотвір. <https://slovotvir.org.ua/words/instrumentarii>

115. Словник української мови: в 11 тт. / АН УРСР. Інститут мовознавства; за ред. І. К. Білодіда. Київ: Наукова думка, 1970-1980. Т. 4. С. 35. URL: <https://slovnyk.ua/index.php?sword=%D1%96%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D1%96%D0%B9>

116. Державне управління : підручник : у 2 т. / Нац. акад. держ. упр. при Президентові України ; ред. кол. : Ю. В. Ковбасюк (голова), К. О. Ващенко (заст. голови), Ю. П. Сурмін (заст. голови) [та ін.]. Київ-Дніпропетровськ: НАДУ, 2013. Т. 2. 324 с.

117. RyzhakovaG. M. General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building development. Modern problems of architecture and urban planning. 2019. №55, С.154–168.

118. Мудра М., Цзін Ц. Інформаційно-аналітичне забезпечення та формалізоване адміністрування бізнес-процесами в операційних системах

- підприємств-девелоперів будівництва. Управління розвитком складних систем. 2023. №56. С.147–154. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.147-154>
119. Teslia I., Yehorchenkov, N., Yehorchenko, O., Khlevny, A., Latyshev, T. Development of the concept of construction of the project management information standard on the basis of the primadoc information management system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. №1(3-115). pp. 53–65
120. Kucherenko O., Ryzhakova, G., Chupryna K., Shpakova H., Kishchak N. Veremeev S. Scientific and applied components of the formation of the strategy of institutional-oriented diversification of construction enterprises. Management of development of complex systems. 2021. №47. С.109–118; [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.109-118](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.109-118).
121. Prykhodko O., Nikolaev G., Akselrod R. Update models of construction organization in the context of their adaptogenicity to modern management and digital technologies. *Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник*. – К., КНУБА, 2022. – Вип. 80. – С. 324-333. DOI: 10.32347/2076-815X.2022.80.324-333
122. Дятлова В. В., Вознюк С. В. Система технічного регулювання в Україні: етапи і механізми трансформації. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2013. № 2 (31). С. 144 -148
123. Walker, D. H. T. 1996. The Contribution of The Construction Management Team to Good Construction Time Performance – An Australian Experience. *Journal of Construction Procurement*. №2 (2). P.4-18
124. Westerveld E. The Project Excellence Model: Linking Success Criteria And Critical Success Factors. *International Journal of Project Management*. 2002. №21. P.411-418
125. Дерен Н. Бюджетування проекту <https://www.7cigroup.com>
126. Cagnin C., Navas A., Saritas O. Future-oriented technology analysis: Its potential to address disruptive transformations. *Technological Forecasting and Social Change*. 2013, Vol. 80, pp. 379–385.
127. Ніколаєв Г. В., Приходько О.О., Кричевський О. М. Зміна конфігурації та

- технології адміністрування підприємством–девелопером в контексті науково-прикладних засад організації будівництва. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 2. - С. 193-203. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2022_2_17
128. Чуприна Х. М., Іщенко Т. М., Савчук Т. В., Дикий О. В., Поколенко В. О., Веремєєва Т. І. Оновлення інструментарію економіко-управлінської реконфігурації бізнес-процесів будівельних підприємств у контексті сучасної парадигми цифровізації економіки. *Управління розвитком складних систем*. Київ. 2021. № 46. С. 131 – 140. DOI: 10.32347/2412-9933.2021.46.131-140
129. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722/2019 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
130. Sustainable Development Goals: 2017 Baseline National Report. URL: <https://www.undp.org/ukraine/publications/sustainable-development-goals-2017-baseline-national-report>
131. Приходько О.О. Визначальні компоненти методичної платформи організації будівництва в умовах цифрової трансформації операційних систем виконавців проєктів. *Просторовий розвиток*. Науковий збірник. Київ: КНУБА, 2024. Вип.7. С.273-285. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.273-285
132. ДБН А.3.1-5: 2016 Організація будівельного виробництва : Наказ Мінрегіону України від 05.05.2016 р. № 115. Київ : Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ» , 2016. 54 с.
133. Tugai A.A., Samaha T. Determination of the impact of the load on buildings for the subsequent optimal choice of the organizational and technological solution of the construction project. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. Вип. 50. Р. 93-101. DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(1\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(1))
134. Malikhina O. M. Methodological regulation and analytical and information support of the management of organizations in the modern system of construction. *Formation of market relations in Ukraine*. 2021. №7–8. С.59–65.
135. Сова А. В. Роль керівника в управлінні проєктами. *Вісник Запорізького*

- національного університету. Економічні науки. 2017. № 3. С.118-124.
136. Бушуєв, С. Д., Бушуєв, Д. А., Ярошенко, Р. Ф. Управління проєктами в умовах поведінкової економіки. Управління розвитком складних систем. 2018. № 33. С. 22-30.
137. Пинда Ю. В. Особливості застосування проєктного менеджменту в будівництві. Scientific notes of Lviv University of Business and Law. 2018. №19. С. 86-91.
138. Збаразська Л.О. Управління проєктами: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Збаразська Л.О., Рижиков В.С., Єрфорт І.Ю., Єрфорт О.Ю. — Київ : Центр учбової літератури, 2008. 168с.
139. Булатов М. Ноосфера. Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук (гол. редкол.) та ін. Київ : Інститут філософії імені Григорія Сковороди НАН України : Абрис, 2002. 742 с.
140. Савицька О., Салабай В. Цифрові трансформації в умовах розвитку індустрії 4.0. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2021. №3(38). С.420–426. <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v3i38.237472>
141. Zhaldak R., Prykhodko O. Innovative scientific-analytical and practical developments to improve the functional and technological reliability of construction project executors. The 9th International scientific and practical conference “Global science: prospects and innovations”. Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. P. 109-114. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-global-science-prospects-and-innovations-25-27-04-2024-liverpul-velikobritaniya-arhiv/>
142. Eastman, Charles; Fisher, David; Lafue, Gilles; Lividini, Joseph; Stoker, Douglas; Yessios, Christos (September 1974). An Outline of the Building Description System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University
143. Eastman, C. (1975). The use of computers instead of drawings in building design. Journal of the American Institute of Architecture. March Issue. pp. 46–50
144. Aish, R. (1986): Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD’, CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental

Engineering Related to Buildings, 7-9 July

145. Van Nederveen, G.A., Tolman, F.P. (1992). «Modelling multiple views on buildings». *Automation in Construction* 1 (3): 215-24. doi:10.1016/0926-5805(92)90014-B

146. Kubba Sam, Chapter 5 - Building Information Modeling, Editor(s): Sam Kubba, *Handbook of Green Building Design and Construction*, Butterworth-Heinemann, 2012, Pages 201-226, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385128-4.00005-6>

147. Vielma Carlos, Herrera Rodrigo F. and Carvallo Jorge, “Methodology for Building Information Modelling BIM Implementation in Structural Engineering Companies”, *Hindwai Advances in Civil Engineering*, Volume 2019, 1- 16 pages <https://doi.org/10.1155/2019/8452461>

148. Maria Rojas, Rodrigo F. Herrera Claudio Mourgues, “BIM Use Assessment (BUA) Tool for Characterising the Application Levels of BIM Use for the Planning and Design of Construction Projects”, *Hindawi, Advances in Civil Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9094254>

149. Nicola Bongiorno, Gaetano Bosurgi, Federico Carbone, Orazio Pellegrino, Giuseppe Sollazzo, “Potentialities of a Highway Alignment Optimization Method in an I-BIM Environment”, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 63(2), pp. 352–361, 2019.

150. Bradley, H., Lark, R., Dunn, S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. *Automation in Construction*. 2016. №71(2). P.139-152.

151. Системи автоматизованого проектування в будівництві : навчальний посібник / [А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Меть.]. Вінниця : ВНТУ, 2015. 129 с. <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/65/109/120-1?inline=1>

152. Матвійчук В. В. Використання технологій інтегрованого проектування для підвищення інвестиційної привабливості будівництва [Електронний ресурс] / В. В. Матвійчук // XL регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників

підприємств м. Вінниці та області (Вінниця, 9-11 березня 2011 р.). Вінниця : ВНТУ, 2011. URL: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/inbtegp/txt/matviychuk.pdf>.
– Назва з екрану.

153. Джексон Т. Цифрові цеглинки: новітні технології для будівництва BBC news Україна. №10. 2016 р. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/science/2016/10/161027_building_technology_rl

154. Обґрунтування інвестиційних проєктів у процесі трансформації форм власності : навч. посібник / С. О. Швидненко, О. В. Оголь, В. В. Заїкіна. – Київ : КНЕУ, 2018. 167 с. URL: http://iceg.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/EFCA_Flipbook_BIM_ukr_.pdf

155. BIM та ISO 19650 – у контексті управління проєктами. Організація та оцифрування інформації про будівлі і споруди з інформаційним моделюванням будівель (BIM). Міждержавна гільдія інженерів консультантів. EFCA representing of FIDIC in Europ. Київ, 2019. URL: http://iceg.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/EFCA_Flipbook_BIM_ukr_.pdf

156. ISO (International Organization for Standardization). (2018). ISO 19650-1:2018, Information management for the life cycle of a construction project -- Part 1: General principles and concepts. Geneva, Switzerland: ISO

157. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

158. The Next Generation of Digital Construction Industry URL: <https://bexelconsulting.com/>

159. Шеггор Шуаїб, Полтавець М.О. Системотехнічна реалізація технологічних рішень виробничих процесів в будівництві Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. Проблеми сучасного будівництва екологічної безпеки та охорони праці. Том II / II ЗНУ. Запоріжжя: ІІ ЗНУ. 2019 р. С.99-100

160. Організація будівництва/ С.А. Ушадський, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.: За ред. С.А. Ушадського. Підручник. Київ: Кондор, 2007. 521 с.

161. Петровська Т.Е. Організаційна поведінка та її вплив на працездатність як основу діяльності підприємства. *Сучасне управління: регіон, місто, організація в системі національної безпеки країни: колективна монографія* / Загальна редакція -дра екон. наук, професора Н.Е. Аванесової. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 400 с. URL: https://kmpa.kh.ua/files/monographies/2020/Suchasne_upravlinnya_rehion,_misto,_o_rhanizatsiya_v_systemi_natsionalnoyi_bezpeky_krayiny.pdf
162. Дадіверіна Л.М. Фактори виникнення відмов у процесі будівництва. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2018, № 3. С. 29-35
163. Васілевський, О. М. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. Вінниця : ВНТУ, 2013. 160 с. <https://core.ac.uk/download/pdf/52159027.pdf>
164. Bratcu A. I. Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades (self-balancing production lines) / A. I. Bratcu, A. Dolgui // International Journal of Production Research. – 2009. – Vol. 47, no. 2. – Pp. 369–387
165. Чернишев Д. О., Приходько О. О., Аксельрод Р. Б. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ. 2021. № 47. С. 138 – 150, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.138-150](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.138-150).
166. Приходько О. О. Трансформація операційної діяльності підприємств девелоперів у будівництві: функціонально-технологічна та цифрова оцінка. Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології»: програма та тези доповідей. Київ, ДП НДІБВ, 2021. С.87
167. Приходько О.О. Узгодження формату організації будівництва та управління господарським портфелем будівельних проєктів підприємства-девелопера в умовах цифрової трансформації. Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку : Матеріали V

- Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.: тези доповідей. Київ: 2024. С.210-213.
168. Приходько О.О. Інтелектуально-цифрові компоненти розвитку операційних систем та організаційних структур будівельних підприємств. Програма та тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоощадні машини і технології». Київ: КНУБА, 2024. С. 33.
169. Малахов В. Управління проєктами у будівництві: Нетривіальна класифікація будівельних проєктів. <https://ardexpert.ru/article/19909>
170. Організація та управління будівництвом: підручник / О.А. Тугай та ін. Київ: Видавництво Ліра-К, 2024. 400 с.
171. Приходько О.О. Advantages of using a combined approach in the organization of construction to structure and justify the cycle of complex infrastructure projects (Переваги застосування комбінованого підходу в організації будівництва для структуризації та обґрунтування циклу складних інфраструктурних проєктів). Програма круглого столу "Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України". Київ: КНУБА, 2024. С. 21
172. Методичні рекомендації до визначення ефективності інвестиційних проєктів / Е. І. Шилов, А. Ф. Гойко, П. П. Закорко. – К. : Наука, 2019. – 104 с.
173. Управління інфраструктурними проєктами: навчальний посібник. Клевцевич Н. А., Сментина Н. В. – К. : Видавничий дім «Кондор», 2017. – 170 с.
174. Бушуев С.Д., Козир Б.Ю. Гібридизація методологій управління інфраструктурними проєктами та програмами. Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2020. № 1(61). С.187-207. DOI 10.47049/2226-1893-2020-1-187-207.
175. Рут Франклин Р., Філіпченко А. Міжнародна торгівля та інвестиції [пер. з англ.]. Київ : Основи, 2011. 840 с.
176. Стонер Джеймс А.Ф., Доллон Едвіс Г. Вступ у бізнес [переклад з англ.]. К. : СУФІМБ, 2009. 321 с
177. Prykhodko O., Nikolaev G. Application of the combined approach in the organization of construction for structuring and substantiation of a cycle of difficult

infrastructure projects. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. К., КНУБА, 2022. Вип. 79. С. 355-364. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.79.355-365

178. Орленко І. М., Жалдак Р. Ю., Приходько О. О., Шпаков А. В. Модифікація методично-прикладного інструментарію діагностики фінансового стану будівельного підприємства в контексті санаційного менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 46. С.100 – 107. <https://urss.KNUCA.edu.ua/files/zbirnyk-46/16.pdf>

179. Проєкти в галузі інфраструктури: партнерство державного та приватного секторів: Підручник. КНУБА. Видання 2-ге, виправлене та доповнене. – К.; СПД Павленко, 2017. – 320с.

180. Веренич, О.В. Управління інфраструктурними проєктами та програмами як ключовий елемент розвитку соціально-економічних систем. *Управління розвитком складних систем*. 2016. №25. С. 23 – 31.

181. Економіка підприємства: магістерський курс. Підручник. Частина I / За ред. професорів Загірняка М.В., Перерви П.Г, Маслак О.І. Кременчук, 2015. 736 с.

182. Измайлова К. Обґрунтування економічних рішень щодо підвищення ефективності проєктів на передінвестиційній стадії. *Економіка України*. 2021. № 10. С. 79-87.

183. Шпаков А. В., Приходько О. О., Кушнір І. І. Структурно-когнітивна та економіко-аналітична основа цифрової трансформації процесів адміністрування будівельними підприємствами. *Управління розвитком складних систем*. Київ. 2021. № 48. С. 135 – 144.

184. Рогожин П. С., Гойко А. Ф. Економіка будівельних організацій.- К.: Видавничий дім «Скарби», 2001.- 448 с.

185. Білецький А.А. Організація і технологія будівельних робіт: Навчальний посібник.- Рівне: НУВГП, 2007. 202 с.

186. Угненко Є. Б., Тимченко О. М., Белікова Н. В. Планування та організація будівельного виробництва: Конспект лекцій. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. Ч. 2. –

78 с.

189. Козик В. В. Організація виробництва : навч. посіб. Київ : Знання, 2011. 222 с.

190. Литвин Б. М. Планування діяльності будівельного підприємства : навч. посіб. Київ : ЦНЛ, 2007. 310 с.

191. Thakkar, J.J. (2022). Project Risk Control and Management. In: Project Management. Management and Industrial Engineering. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3695-3_11.

192. Хоменко О. М., Приходько О. О., Дружинін М. А., Жалдак Р. Ю. Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та девелоперського супроводу проєктів будівництва. *Просторовий розвиток: Науковий збірник*. – К., КНУБА, 2023. – Вип. 3. – С. 162-172. DOI: 10.32347/2786-7269.2023.3.162-172. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2023_3_16.

193. Гавура О. Управління строками в проєкті <https://www.7cigroup.com/copy-of-our-team>

194. Єгорченкова Н.Ю. Метод сітьового управління інформаційними ресурсами проєктно-орієнтованих підприємств. Управління розвитком складних систем: Зб. наук. пр. – Київ : вид-во КНУБА. 2017. №30. С. 39-43

195. System configuration of construction management: modernization of methodical and analytical tools: col. Monograph. Edited by G. M. Ryzhakova. Kyiv: Publishing House of DNDI of Informatization and Economics, 2020. 428 p.

196. Teslia I., Khlevna, I., Yehorchenkov O., Yehorchenkova N., Grigor O., Kataieva Y., Prokopenko T., Tryus Y, Khlevnyi A. Development of the concept of building project management systems in the context of digital transformation of project-oriented companies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. №6. С.14-25. 10.15587/1729-4061.2022.268139

197. Мохненко, А. С., & Антонов, Р. А. (2023). Організаційно-економічний механізм управління конкурентоспроможністю підприємства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*, (49), 25-29.

198. Сусліков, С. В., & Клименко, М. А. (2023). Система управління

- конкурентоспроможністю підприємства в умовах невизначеності.
<https://repository.kpi.kharkov.ua/items/d0a90db5-4440-4ba7-9c14-55a143b9733a>
199. Орленко І. М., Жалдак Р. Ю., Приходько О. О., Шпаков А. В. Модифікація методично-прикладного інструментарію діагностики фінансового стану будівельного підприємства в контексті санаційного менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 46. С. 100 – 107, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.46.100-107. Режим доступу: <https://urss.KNUCA.edu.ua/files/zbirnyk-46/16.pdf>
200. Володарський Є. Т., Кошева Л. О. Статистична обробка даних: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2008. – 308с.
201. Ляшенко В.І., Вишневський О.С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: монографія. Київ. НАН України.Інститут економіки промисловості. 2018. 252 с.
202. Антипенко Є. Ю. Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проєктів: Монографія. Запоріжжя: Видавництво "РДЦ Дизайн Груп", 2010. 386 с
203. Приходько О.О. Адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проєктів на ґрунті комбінованого підходу *Нові технології в будівництві*: Наук.-техн. збірник. – К., НДІБВ, 2023, № 43. С.86-94. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.11> Режим доступу: <http://ntinbuilding.ndibv.org.ua/v43-2023>
204. Fedorenko, V.G. (2010). Improving the management of construction companies in Ukraine by implementing process management. *Efektivnaekonomika: elektronnenaukovefakhovevydannya / Dnipropetrovsk State Agrarian University*, no. 11 [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.economy.nauka.com.ua>.
205. Тугай О., Поколенко В., Рижаківа Г., Приходько Д., Лагутіна З., Стеценко С. Модернізовані інструменти управління розвитком будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2012. № 27, С. 86 – 98.
206. Goyko A.F., Izmailova K.V., Kulikov P.M. Economics of construction.

StudyguideofKyivKNUCA 2014.

207. Рогожин, П. С., Гойко, А. Ф. Економіка будівельних організацій. К.: Скарби. 2001. 453 с.

208. Тугай, А. М., Шилов, Е. Й., Гойко, А. Ф. Економіка будівельної організації: курс лекцій. К.: Міленіум. 2002. 235 с.

209. Vlasenko T., Tuhai O. 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. ISSN 2310-5607. <https://doi.org/10.29013/AJT-20-7.8-31-36>.

210. Sorokina L., Goyko A. (2023). The model for the formation of the investment program of a construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, (53), 100–110. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.100-110>

211. Tuhai O. A fuzzy multi-criteria approach to decision-making for choosing an investment and construction project in an uncertain environment / OlexiiTuhai, Tetiana Vlasenko // *International Journal of Construction Engineering and Management*, 2021. – Vol. 10, № 1. – P. 17-24. <https://doi.org/10.5923/j.ijcem.20211001.03>

212. Сорокіна Л.В., Стеценко С.П., Гойко А.Ф., Рижакова Г.М. та інші. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. Л.В. Сорокіної. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2017. 404 с.

213. Гойко А.Ф, Л.В. Сорокіна, 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.

214. Караєва, Н. В. *Ризик-менеджмент сталого розвитку енергетики: інформаційна підтримка прийняття рішень*. www.voutko.kpi.in.ua, 2013.

215. Сорокіна Л. В. Застосування нечіткої логіки в управлінні внутрішньою складовою ринкової вартості підприємства. Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України : [збірник наук. праць]. Вип. 27. Суми : ДВНЗ

"УАБС НБУ", 2009. С. 243–256.

216. Сорокіна Л. В. Застосування теорії нечітких множин для оцінки вартості будівельного підприємства. Актуальні проблеми економіки. 2010. № 8. С. 145–154.

217. Глущенко С.А., Довженко А. І. Система нечіткого моделювання ризиків інвестиційно-будівельних проєктів. Бізнес-інформатика, 2015. №2/32. С.48-58.

218. Ryzhakova G., Pokolenko, V., Omirbayev, S., Modern structuring of project financing solutions in construction, 2022 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST). (2022).

219. Sergii P. Stetsenko (2020) 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 Economics 9:149-164. DOI: <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2020.09.15>

220. Тугай О.А., Власенко Т.В. Алгоритм попередньої оцінки достовірності інвестиційних проєктів у будівельній галузі в умовах невизначеності Вісник ОДАБА: збірник наукових праць. Вип. № 82. Одеса, ОДАБА. 2021. С. 141-148.

221. Chernyshev, Denys, Ryzhakov, Dmytro, Homenko, Oleksandr, Petrukha, Serhii, Kucherenko, Oleksandr & Horbach, Maksym. (2021). Digital technologies as innovative trends of structural and transformational shifts in the management system of construction stakeholders. Management of Development of Complex Systems, 46, 118–130

222. System configuration of construction management: modernization of methodical and analytical tools: col. Monograph. (2020). Edited by G. M. Ryzhakova. Kyiv: Publishing House of DNDI of Informatization and Economics, 428.

223. Belenkova, O. Yu. (2022). Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. Urban planning and territorial planning, 81, 13–22.

224. Bielienskova O., Novak Y., Matsapura O., Y. Zapiechna, D. Kalashnikov, D. Dubinin, «Improving the Organization and Financing of Construction Project by

- Means of Digitalization», International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2022, 8, pp. 108-115, DOI: 10.46338/ijetae0822_14
225. Stetsko, O. (2023). Financial and Economic Basis of Ensuring the Competitive Potential of the Enterprise. In: Alareeni, B., Hamdan, A., Khamis, R., Khoury, R.E. (eds) Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. ICBT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 620. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26953-0_31
226. Nikolaiev V.P., Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.
227. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором EUBIM https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf
228. Tugai O.A., Hryhorovskyi P.Ye., Khyzhniak V.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 136 p.
229. Pokolenko, V.O. (2017). Mathematical formalization of the model of implementation of the portfolio of investment construction projects and its adaptation to the needs of the investor // Collection of scientific works “Ways to increase the efficiency of construction in terms of market relations”. - Vip. 35. Economic. KNUCA, 80-90.
230. Stetsenko, S., Hryhorovskyi, P. Ye., Menejljuk, O. I., Khyzhniak, V. O., & Ryzhakova, G. M. Multiple criteria models for proving investment and construction project efficiency. Organizational and technological model engineering in the construction industry: collective monograph – Lviv-Toruń Liha-Pres. SENSE.
231. Goiko, A.F. (2018). Theoretical and methodological principles of formation and implementation of strategies for investment development of the region [Text]. Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations, no. 38, 3–13.
233. Приходько О.О. Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів

організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами будівництва. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2024. – Вип. 85. – С. 514-525. DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.514-525. Режим доступу:

<https://library.KNUCA.edu.ua/books/zbirniki/02/2024/202485.pdf>

234. Боліла Н.В. Функціонально-операційна трансформація систем управління будівельним підприємством на ґрунті Cals-технологій. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 40. С. 156–159. doi: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969097>

235. Stetsenko S., Sorokina L., Goiko A., Tsyfra T., Bolila N. : Cals-model for forming the anti-crisis potential of construction enterprises, *Scientific Journal of Astana IT University*, 4 (2020), 49-57

236. Kulikov P., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Ryzhakov, D., Malykhina, O. (2020). OLAP-Tools for the Formation of Connected and Diversified Production and Project Management Systems. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(10), 7337-7343, <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/1108102020> 16.

237. Bielienkova, O. et al. (2022). Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Pp. 108-115

238. Izmailova, K. V., Izmailova, O. V. (2010). Systema ekspertyzy efektyvnosti investytsijnykh nastadiitekhniko-ekonomichnoho obgruntuvannia. *Management of complex systems development*. №4. С. 45—54

239. Stetsenko S.P. 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. P. 149–164.

240. Rosynskiy A. The economic potential growth management for real estate development company through automation and artificial intelligence technologies. *Economics, Finance and Management Review*. 2023. № 3. С. 99–114. DOI:

10.36690/2674-5208-2023-3-99-114.

241. Боліла Н.В. Запровадження цифрових технологій управління будівельними підприємствами. Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліковофінансовий та управлінський аспекти: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Львів, 22-23 березня 2022 р. Львів : ЛНУЦ, 2022. С. 164-166.

242. Bielienskova, O.Iu. (2019) Tsyfrova transformatsiia budivnytstva: mekhanizm vzaiemodii biznesu, nauky, derzhavy. Budivelne vyrobnytstvo №66. P. 30-36

243. Chernyshev D., Ryzhakova G., Honcharenko T., Petrenko H., Chupryna I., Reznik N. Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction. In: Alareeni, B., Hamdan, A. (eds) Explore Business, Technology Opportunities and Challenges. After the Covid-19 Pandemic. ICBT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, Cham. 2023. № 495. DOI: 10.1007/978-3-031-08954-1_114.

245. Росинський А.В. Використання алгоритмів нечіткого логічного висновку в системі управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. № 50 (2). С. 180-202.

246. Сорокіна Л. В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств. – К.: Лазурит-поліграф, 2011. – 541 с.

247. Сорокіна Л. В. Застосування інструментарію теорії нечітких множин для діагностики функціонування системи менеджменту будівельних підприємств : [Текст] / Л. В. Сорокіна // Фінансова система України : [Наукові записки Національного університету «Острозька академія»]. — Серія : Економіка. — Вип. 14. — Острог : Видавництво "Національний університет "Острозька академія", 2010. — С. 471–481.

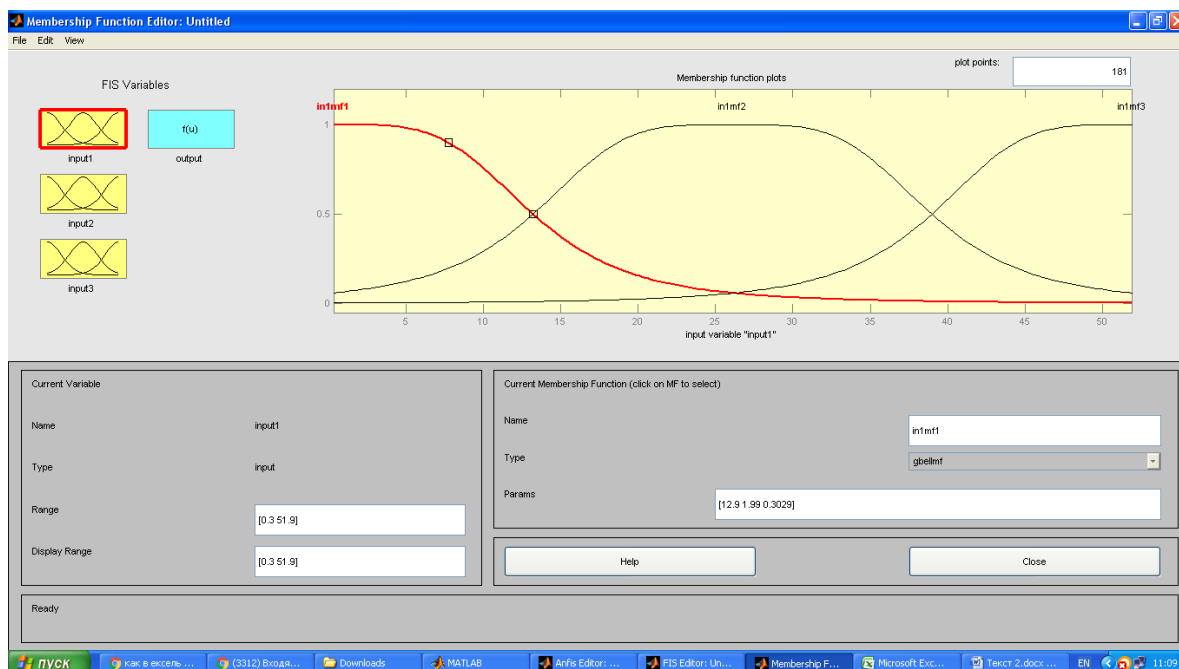
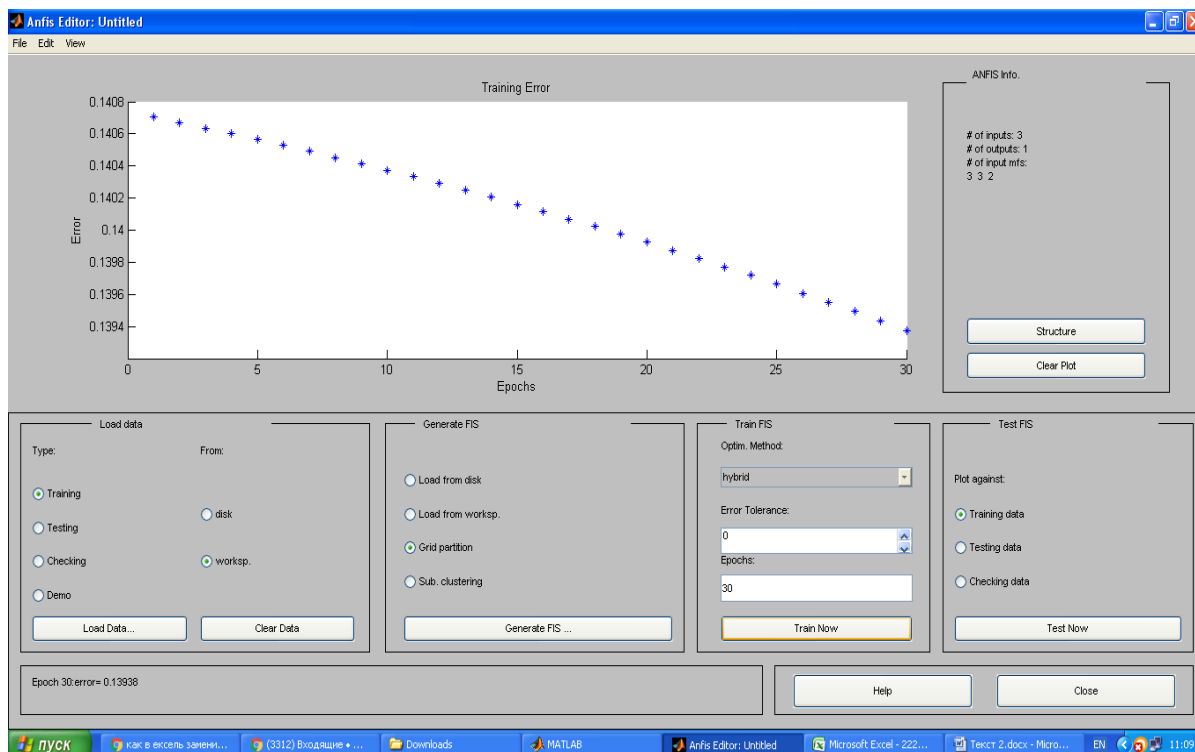
248. Сорокіна Л. В. Застосування нечіткого алгоритму типу Сугено для управління фінансовими потоками будівельних підприємств. Актуальні проблеми економіки. 2010. № 11. С. 247–255.

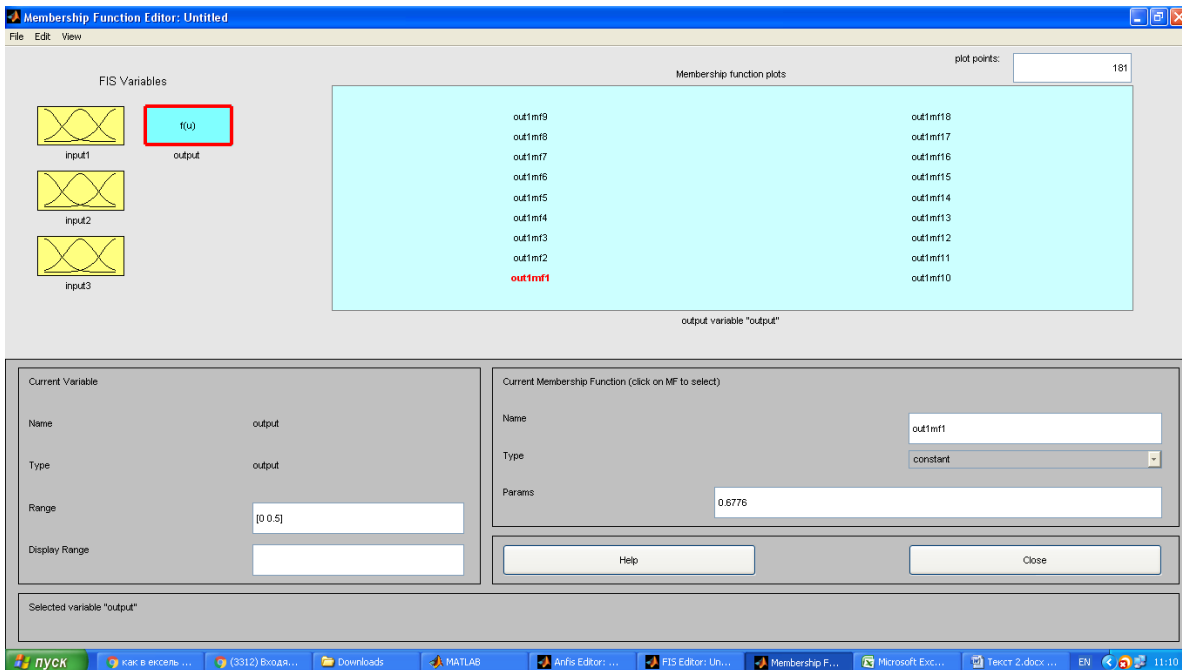
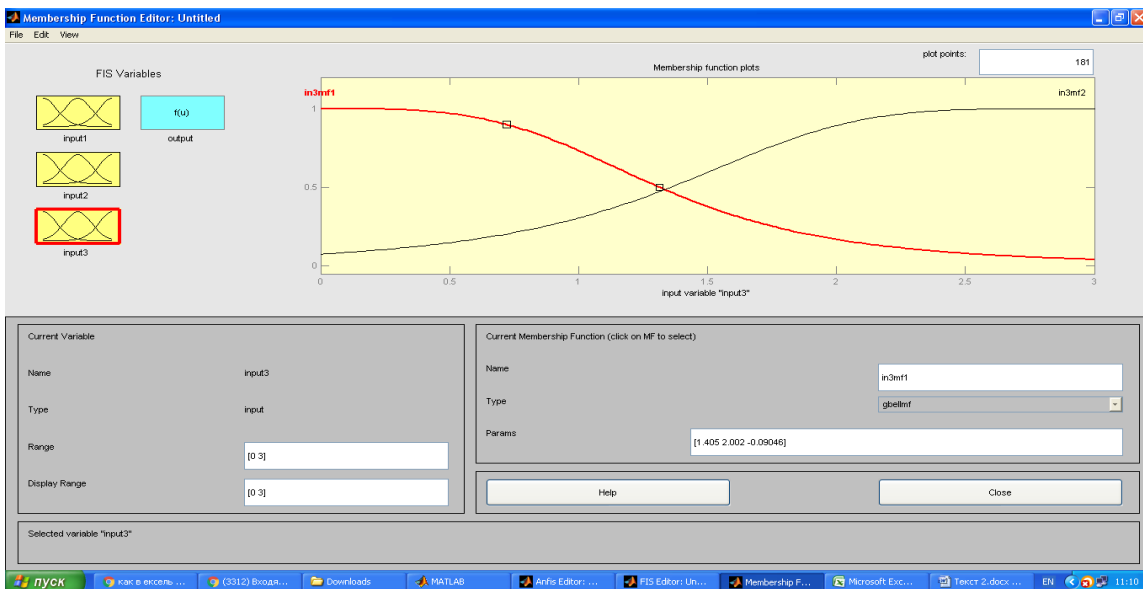
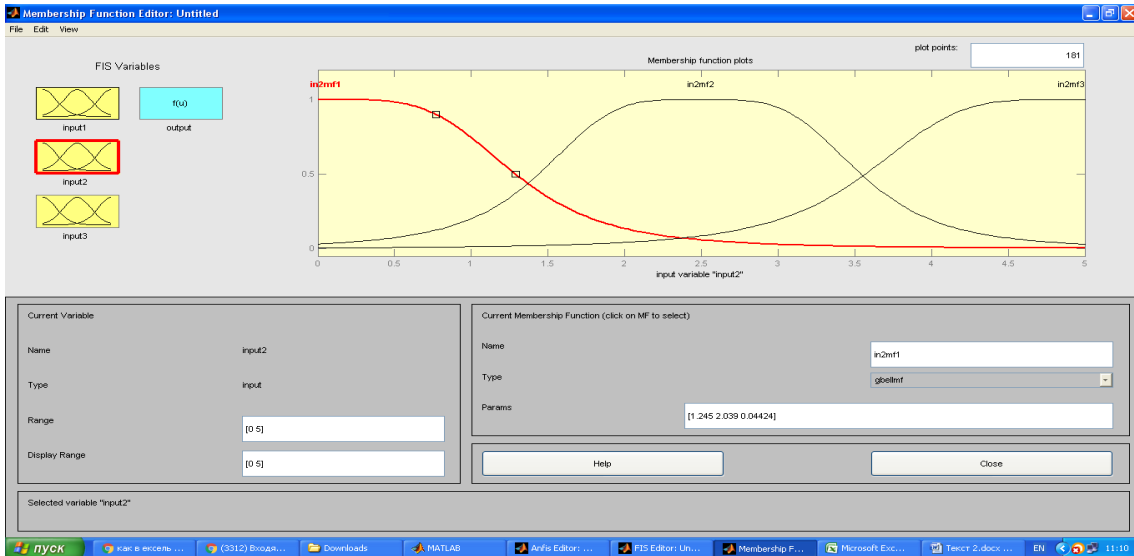
249. Сорокіна Л. В. Удосконалення процедури прогнозування змін фінансового

- стану будівництва з використанням двокаскадної моделі нечіткого висновку. Актуальні проблеми економіки. 2011. № 6. С. 285–294.
250. Сорокіна Л. В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств. *К.: Лазурит-поліграф*, 2011. 516 с.
251. Беленкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.
252. 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.
253. Назаров Є. Modern Technologies In Construction– BIM Technology. ЛОГОС. 2021. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/logos/article/view/11852>.
254. Chernyshev D., Prykhodko O., Zhaldak R. Functional-technological subsystems of digital transformations of business processes and organizational structures of construction enterprises. *Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник.* – К., КНУБА, 2021. – Вип. 78. – С. 508-519. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.508-519. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2021_78_46.
255. Prykhodko O., Nikolaev G. Application of the combined approach in the organization of construction for structuring and substantiation of a cycle of difficult infrastructure projects. *Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник.* К., КНУБА, 2022. Вип. 79. С. 355-364. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.79.355-365
256. Приходько О. О. Діагностика рівня управлінсько-технологічної зрілості будівельних підприємств: детермінанти моделі та пріоритети стратегії в умовах структурних перетворень. Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України : зб. матер. IV Всеукр. круглого столу з міжнар. участю, 17 листопада 2021 р. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КОМПРИНТ, 2022. С. 233 – 238.

Результати розрахунків в середовищі для двохкаскадної моделі відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового розвитку будівництва

А 1. Перший вихід першого рівня ієрархії, чинники «X1-X3»





Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13 out1mf12 out1mf11 out1mf10

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 0.5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf2

Type: constant

Params: 0.03538

Help Close

Taskbar: пуск, как в экрэн..., (3312) Браузе..., Downloads, MATLAB, Arifis Editor..., FIS Editor: Un..., Membership F..., Microsoft Exc..., Текст 2.docx..., EN, 11:10

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf10 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13 out1mf12 out1mf11 out1mf10

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 0.5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf3

Type: constant

Params: 0.01045

Help Close

Taskbar: пуск, как в экрэн..., (3312) Браузе..., Downloads, MATLAB, Arifis Editor..., FIS Editor: Un..., Membership F..., Microsoft Exc..., Текст 2.docx..., EN, 11:10

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf10 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13 out1mf12 out1mf11 out1mf10

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 0.5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

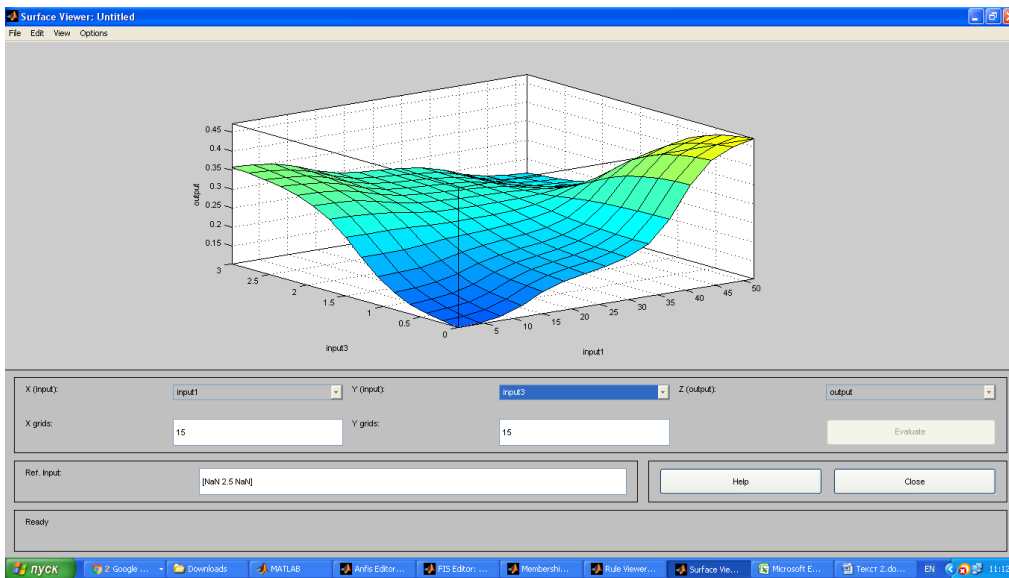
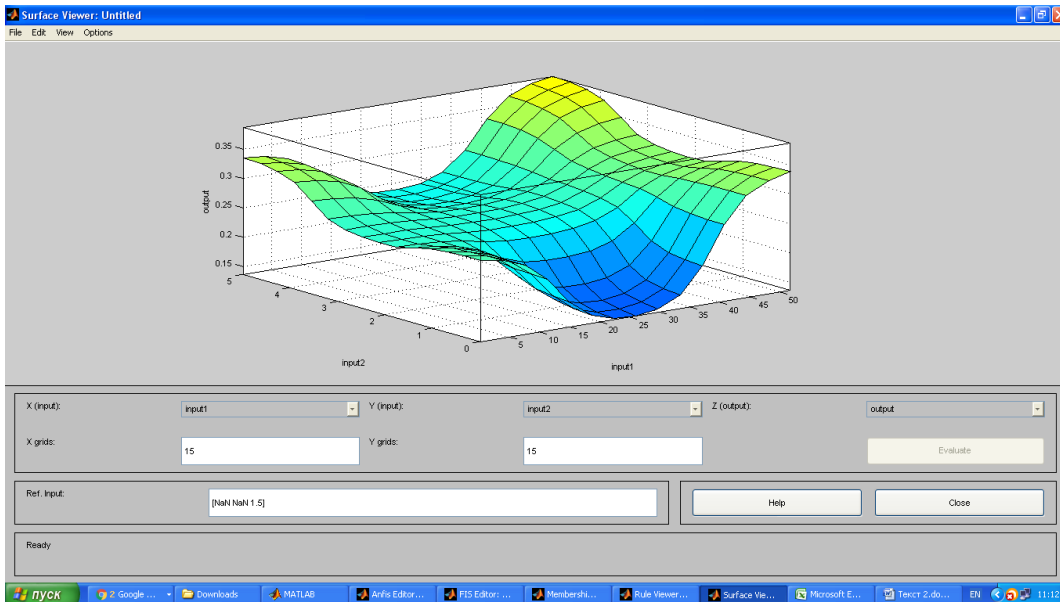
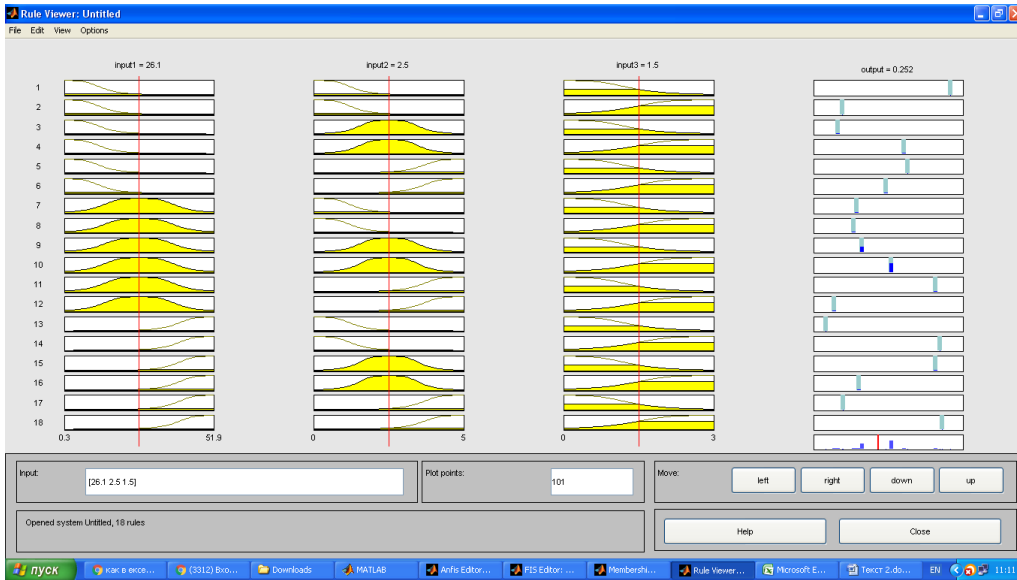
Name: out1mf13

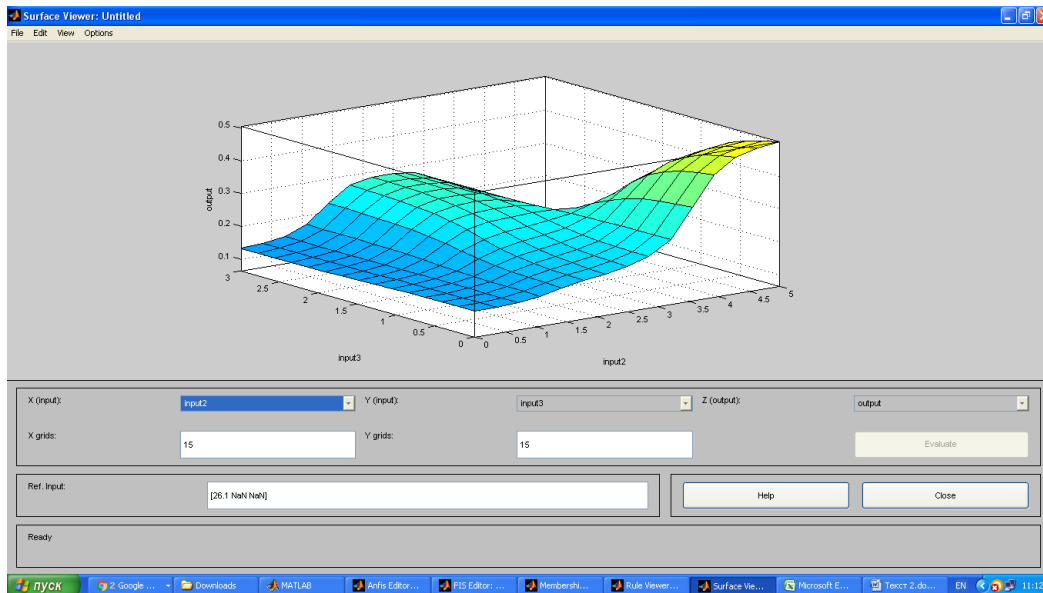
Type: constant

Params: -0.06061

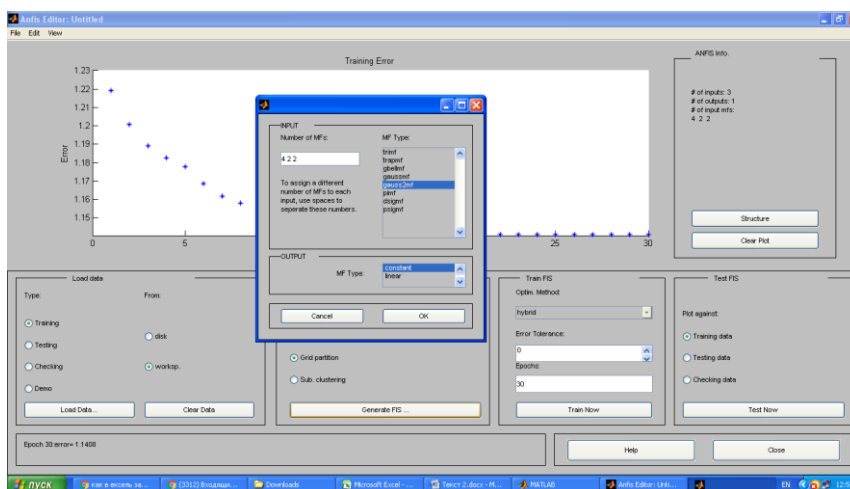
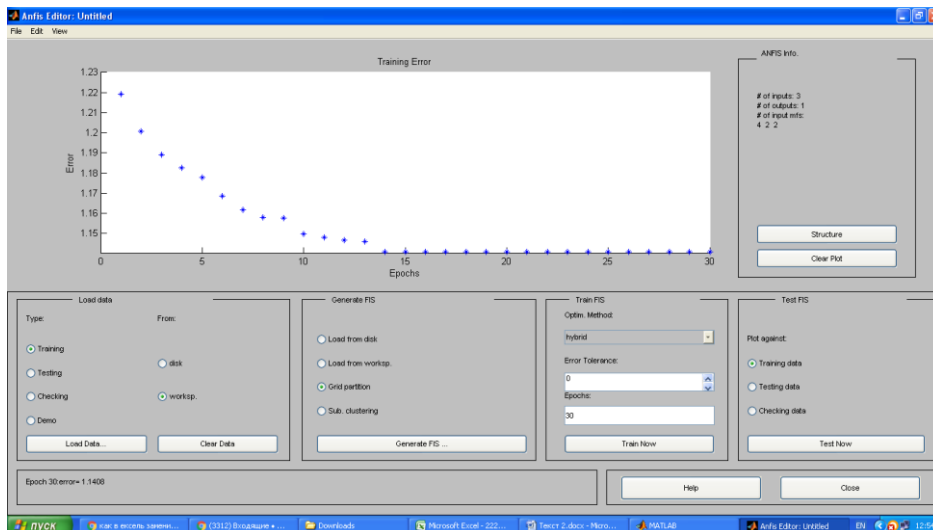
Help Close

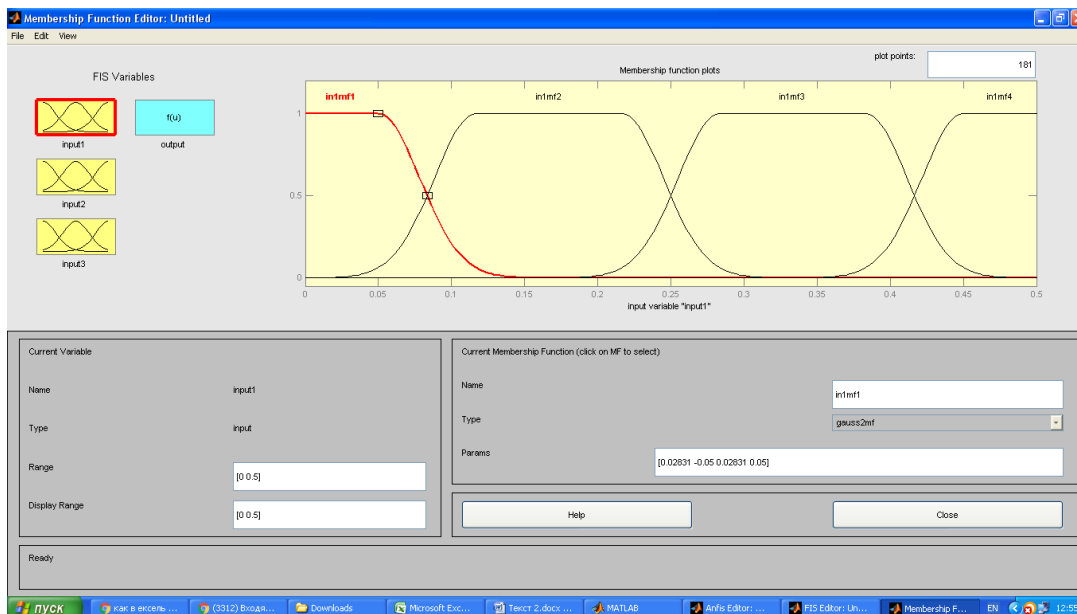
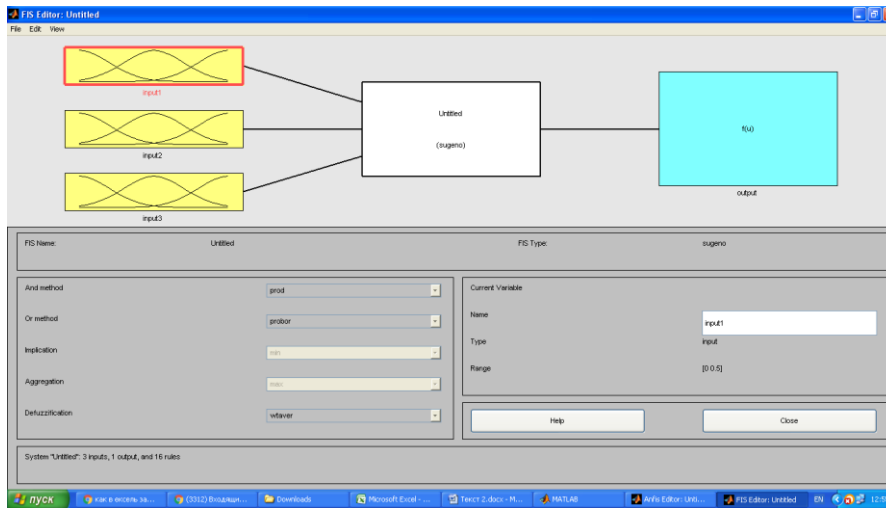
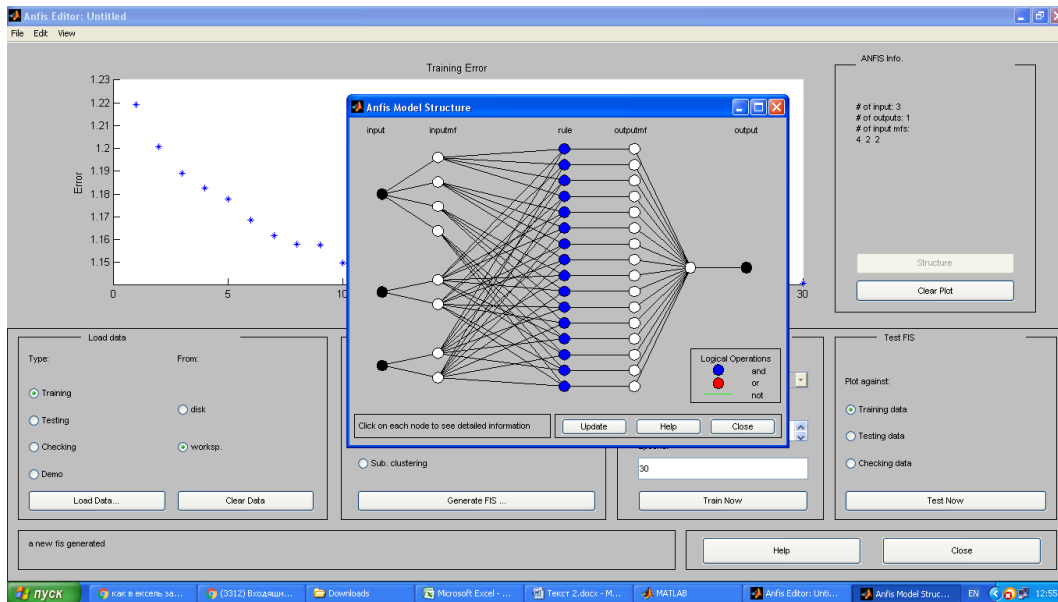
Taskbar: пуск, как в экрэн..., (3312) Браузе..., Downloads, MATLAB, Arifis Editor..., FIS Editor: Un..., Membership F..., Microsoft Exc..., Текст 2.docx..., EN, 11:10

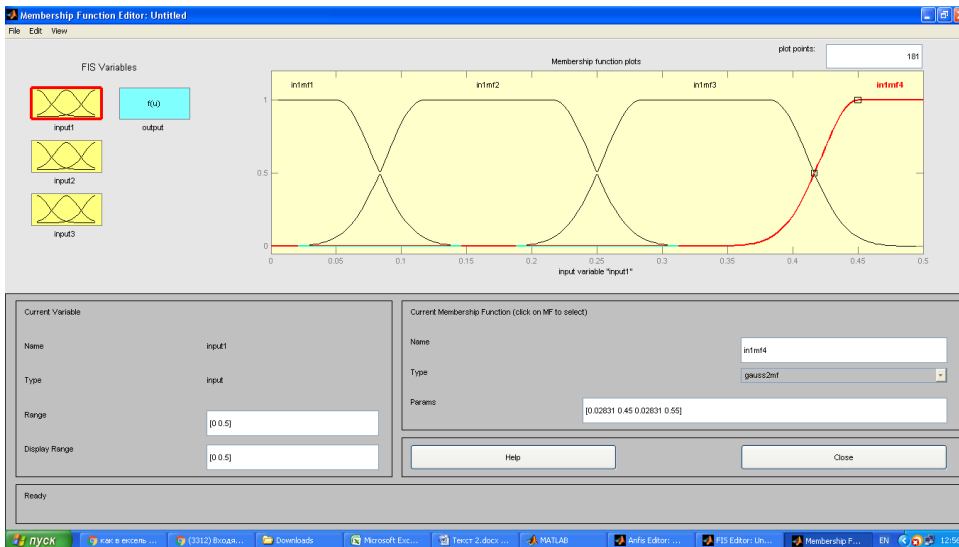
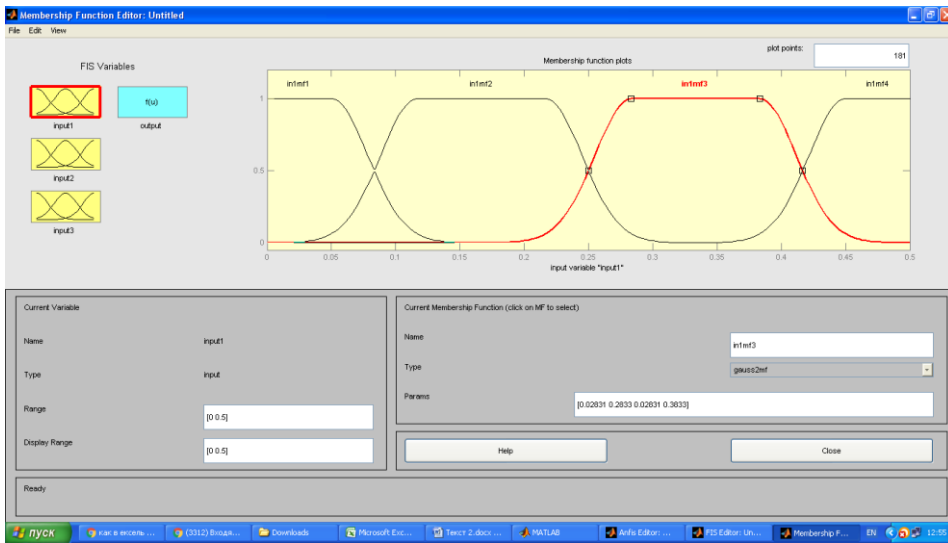
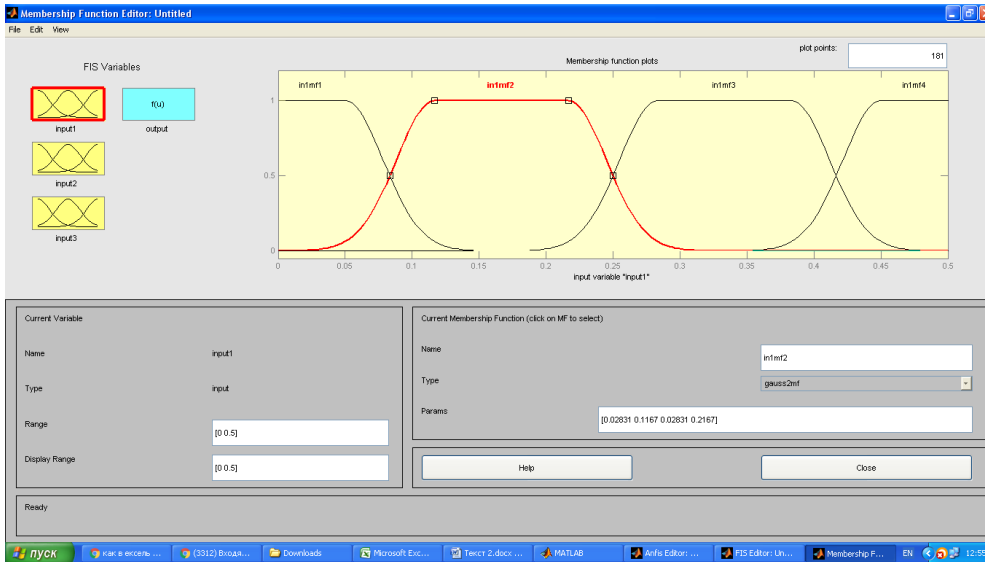


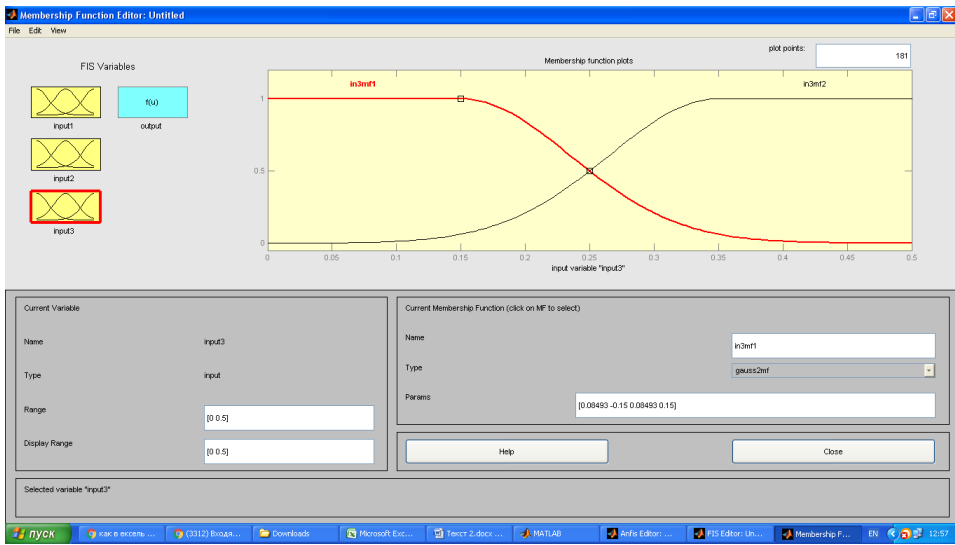
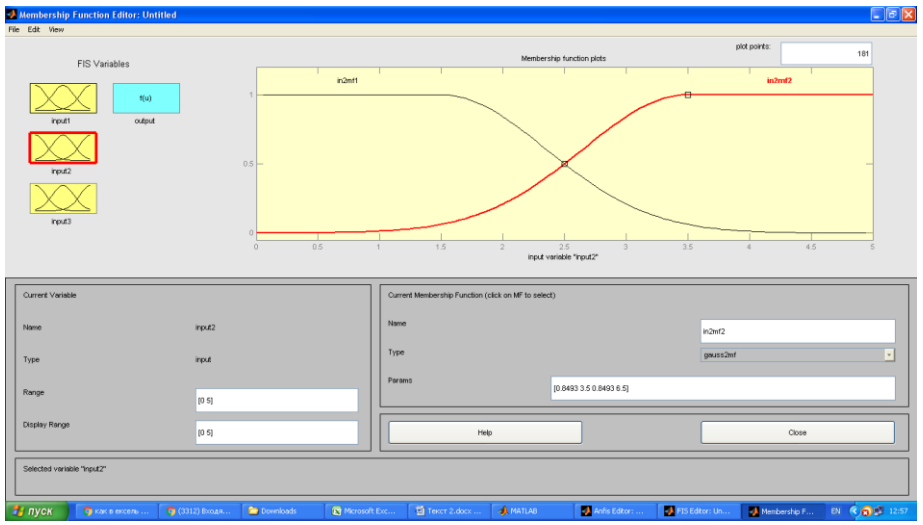
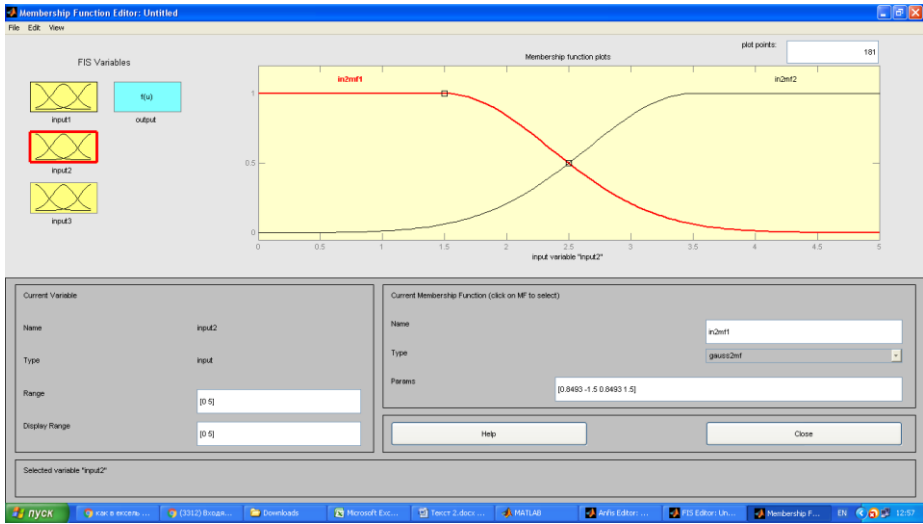


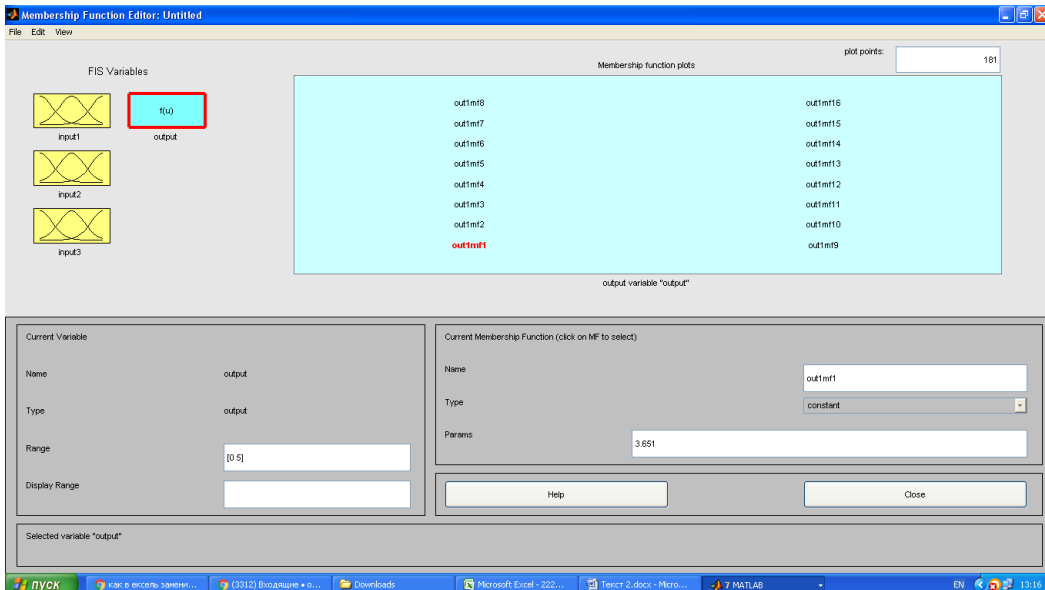
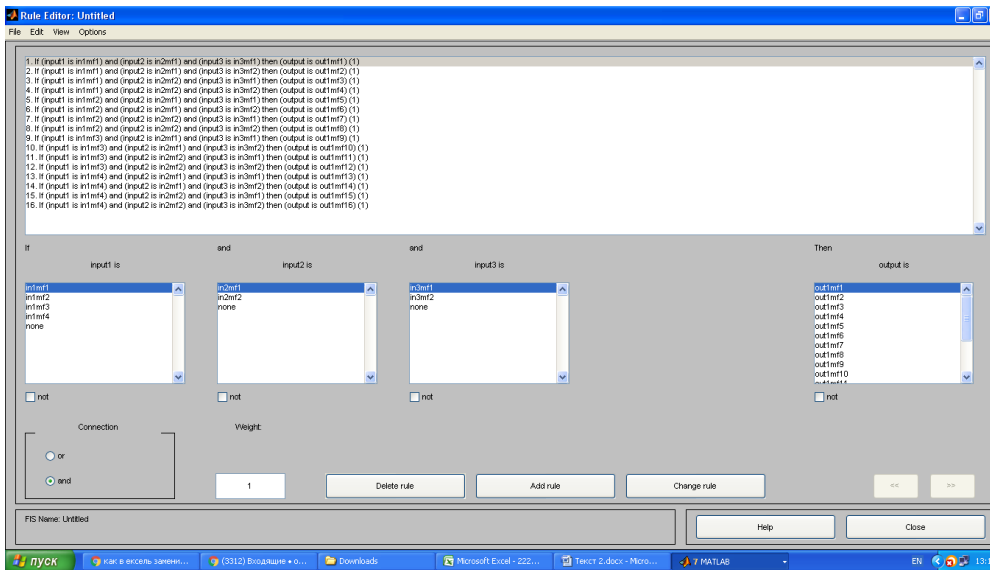
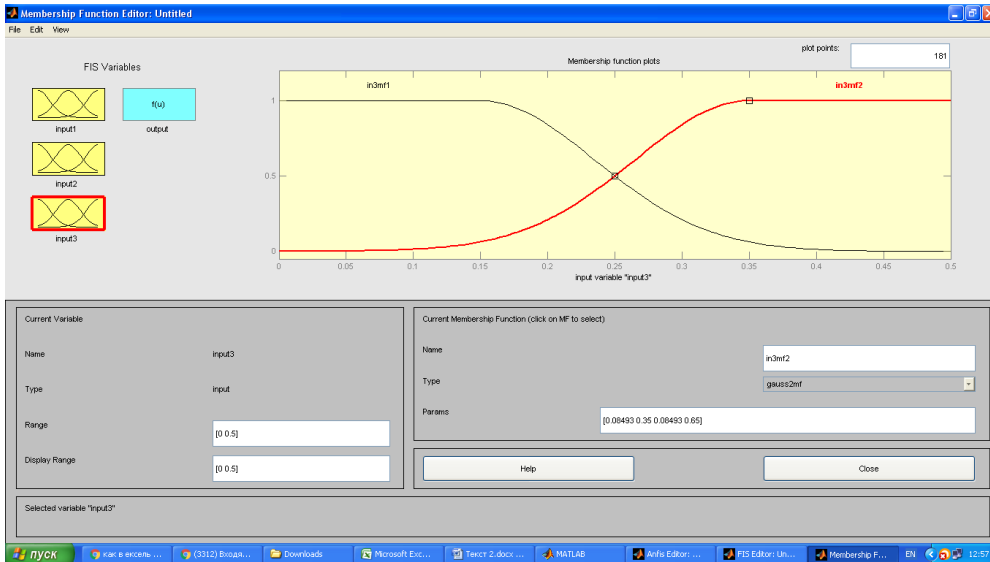
А 4. Четвертый выход первого уровня иерархии, чинники «X10-X12»











Membership Function Editor: Untitled

FIS Variables: input1, input2, input3, **f(u)**, output

Membership function plots: plot points: 181

out1mf8, out1mf7, out1mf6, out1mf5, out1mf4, out1mf3, out1mf2, out1mf1, out1mf16, out1mf15, out1mf14, out1mf13, out1mf12, out1mf11, out1mf10, out1mf9

output variable "output"

Current Variable: Name: output, Type: output, Range: [0 5], Display Range: []

Current Membership Function (click on MF to select): Name: out1mf2, Type: constant, Params: 0.9705

Selected variable "output"

Membership Function Editor: Untitled

FIS Variables: input1, input2, input3, **f(u)**, output

Membership function plots: plot points: 181

out1mf8, out1mf7, out1mf6, out1mf5, out1mf4, out1mf3, out1mf2, out1mf1, out1mf16, out1mf15, out1mf14, out1mf13, out1mf12, out1mf11, out1mf10, out1mf9

output variable "output"

Current Variable: Name: output, Type: output, Range: [0 5], Display Range: []

Current Membership Function (click on MF to select): Name: out1mf3, Type: constant, Params: 0.2064

Selected variable "output"

Membership Function Editor: Untitled

FIS Variables: input1, input2, input3, **f(u)**, output

Membership function plots: plot points: 181

out1mf8, out1mf7, out1mf6, out1mf5, out1mf4, out1mf3, out1mf2, out1mf1, out1mf16, out1mf15, out1mf14, out1mf13, out1mf12, out1mf11, out1mf10, out1mf9

output variable "output"

Current Variable: Name: output, Type: output, Range: [0 5], Display Range: []

Current Membership Function (click on MF to select): Name: out1mf4, Type: constant, Params: 3.436

Selected variable "output"

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

input1 input2 input3

output

Membership function plots

plot points: 101

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: outmf6

Type: constant

Params: 7.064

Help Close

Taskbar: ПУСК, Microsoft Excel - 222..., Тест 2.docx - Мо..., MATLAB, EN, 13:19

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

input1 input2 input3

output

Membership function plots

plot points: 101

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: outmf7

Type: constant

Params: 2.776

Help Close

Taskbar: ПУСК, Microsoft Excel - 222..., Тест 2.docx - Мо..., MATLAB, EN, 13:19

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

input1 input2 input3

output

Membership function plots

plot points: 101

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

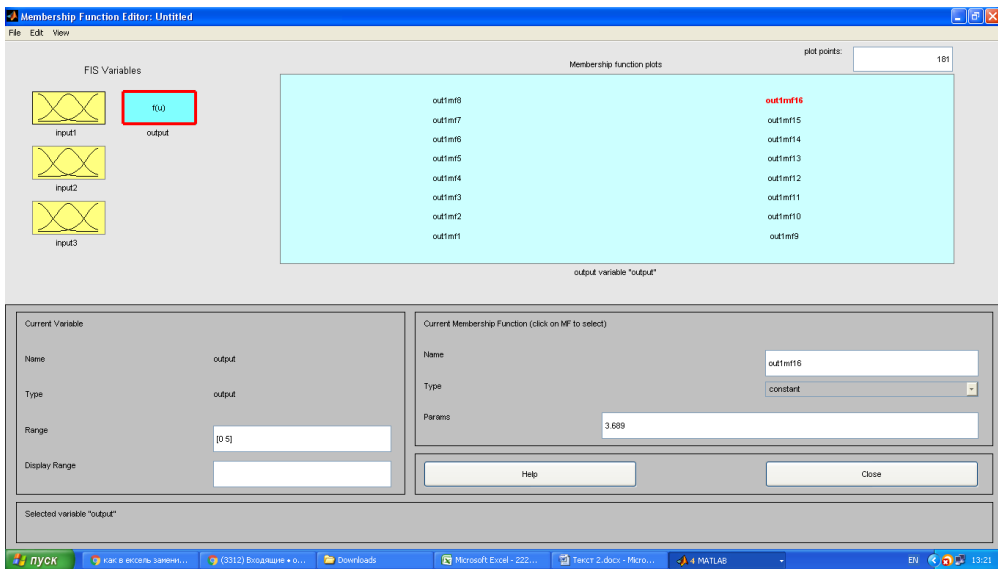
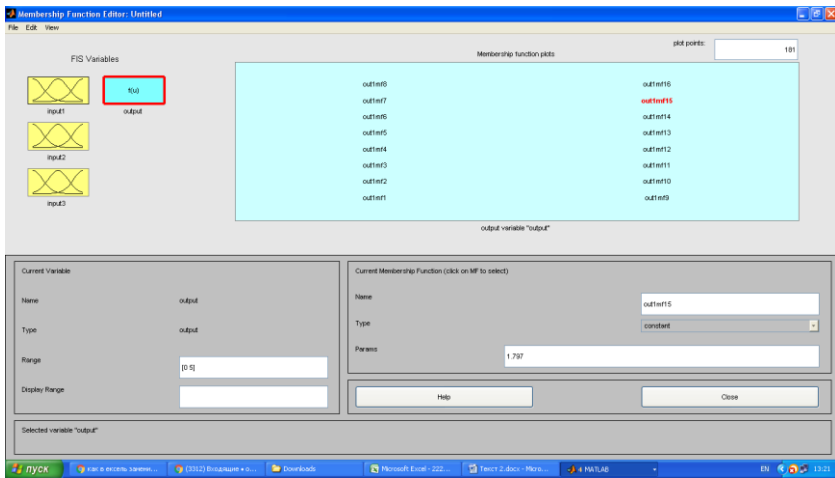
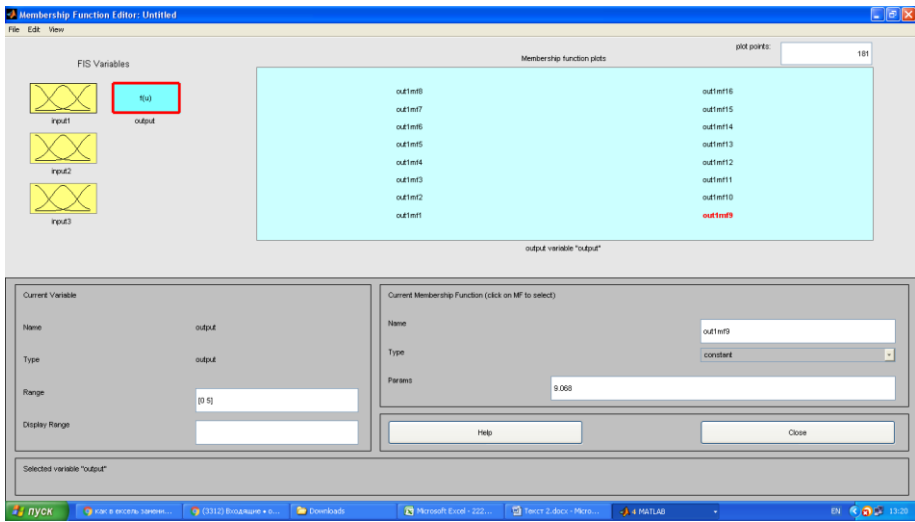
Name: outmf8

Type: constant

Params: 1.000

Help Close

Taskbar: ПУСК, Microsoft Excel - 222..., Тест 2.docx - Мо..., MATLAB, EN, 13:19



Rule Editor: Untitled

File Edit View Options

```

1. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf1) (1)
2. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf2) (1)
3. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf3) (1)
4. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf4) (1)
5. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf5) (1)
6. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf6) (1)
7. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf7) (1)
8. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf8) (1)
9. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf9) (1)
10. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf10) (1)
11. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf11) (1)
12. If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf12) (1)
13. If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf13) (1)
14. If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf14) (1)
15. If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf15) (1)
16. If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf16) (1)

```

If input1 is and input2 is and input3 is Then output is

not not not not

Connection: or and

Weight: 1

Buttons: Delete rule, Add rule, Change rule, <<, >>

Ready

Taskbar: nycK, kon's mecca ba..., (312) Broadband..., Downloads, Microsoft Excel - 222..., Text 2.docx - M..., MATLAB, EN, 13:22

Rule Viewer: Untitled

File Edit View Options

Input = 0.25 Input2 = 2.5 Input3 = 0.25 Output = 2.1

Input: [0.25 2.5 0.25] Plot points: not Move: left, right, down, up

Opened system Untitled, 16 rules

Buttons: Help, Close

Taskbar: nycK, kon's mecca ba..., (312) Broadband..., Downloads, Microsoft Excel - 222..., Text 2.docx - M..., MATLAB, EN, 13:22

Surface Viewer: Untitled

File Edit View Options

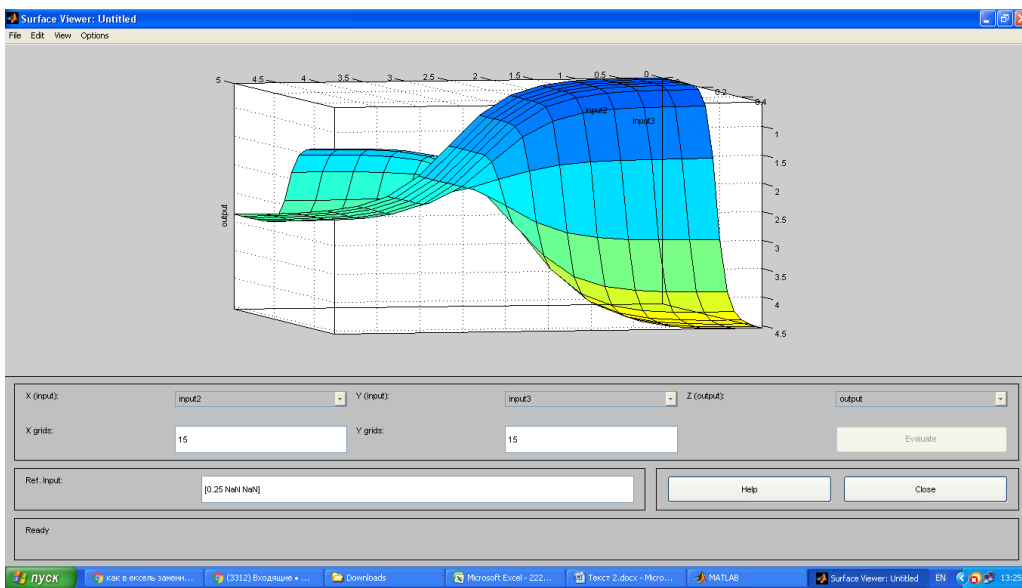
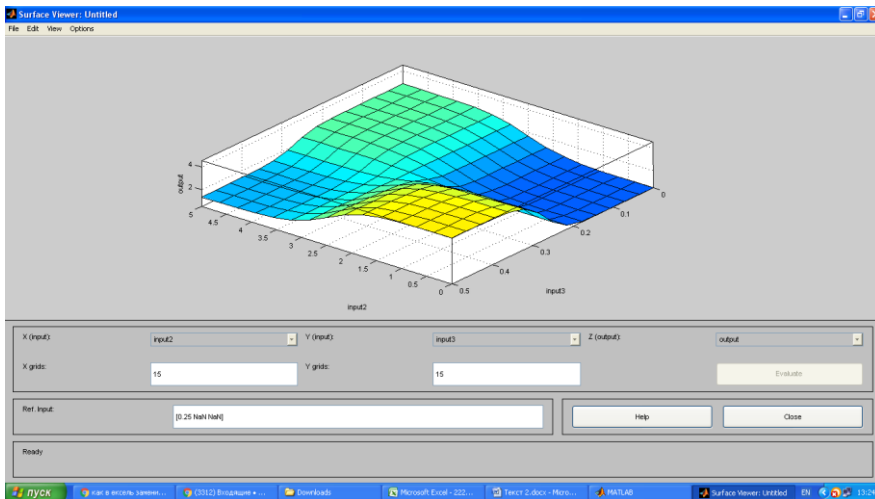
X (input): input1 Y (input): input2 Z (output): output

X grids: 15 Y grids: 15 Evaluate

Ref. Input: [NaN NaN 0.25] Help Close

Ready

Taskbar: nycK, kon's mecca ba..., (312) Broadband..., Downloads, Microsoft Excel - 222..., Text 2.docx - M..., MATLAB, Surface Viewer..., Rule Viewer: Unt..., EN, 13:22



А 2. Третій вихід першого рівня ієрархії, чинники «X7-X9»

MATLAB

File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help

Shortcuts How to Add What's New

Current Directory - C:\MATLAB\701\work

Workspace

Name	Value	Class
a1	<62x6 double>	double
b1	<102x4 double>	double
b2	<109x4 double>	double

ANFIS Editor: Untitled

Training Error

Number of MFs: 4 2 2

MF Type: **gauss2mf**

OUTPUT MF Type: **constant**

ANFIS Info:

- # of inputs: 3
- # of outputs: 1
- # of input mfs: 4 2 2

Structure Clear Plot

ANFIS Method: **gradient**

Plot against: Training data Testing data Checking data

Test Now Test Now

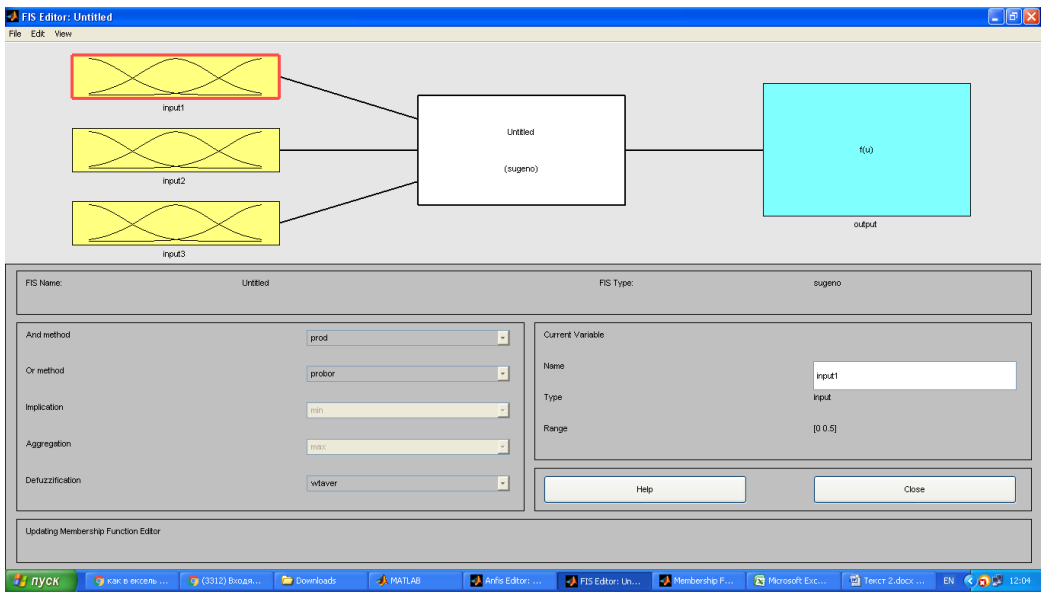
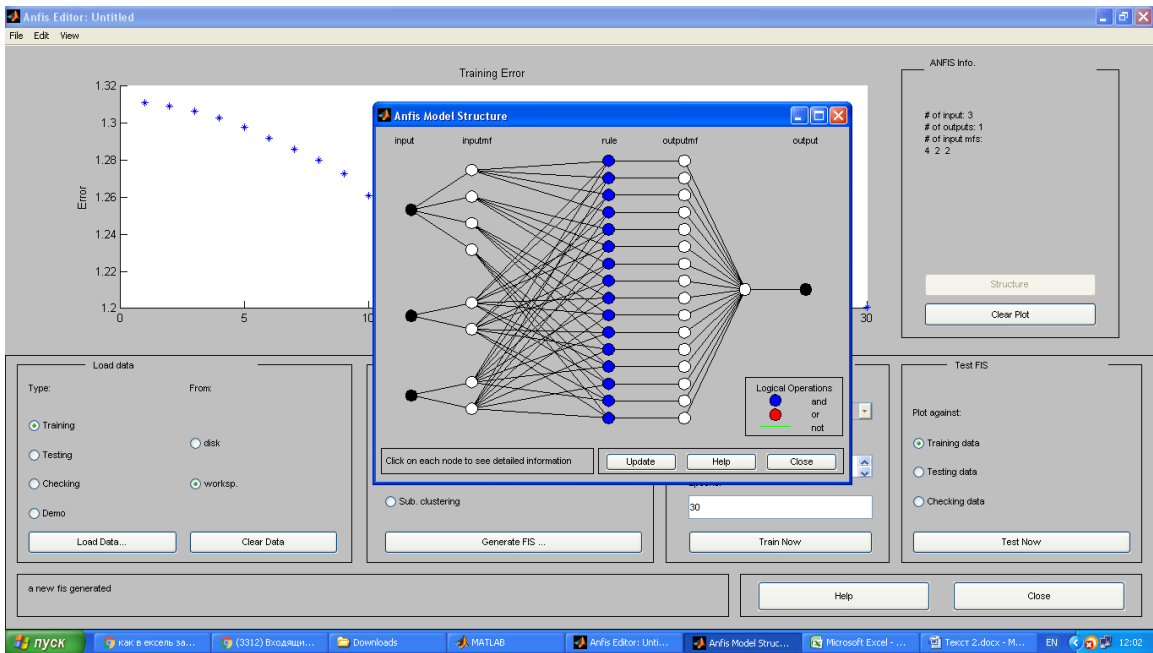
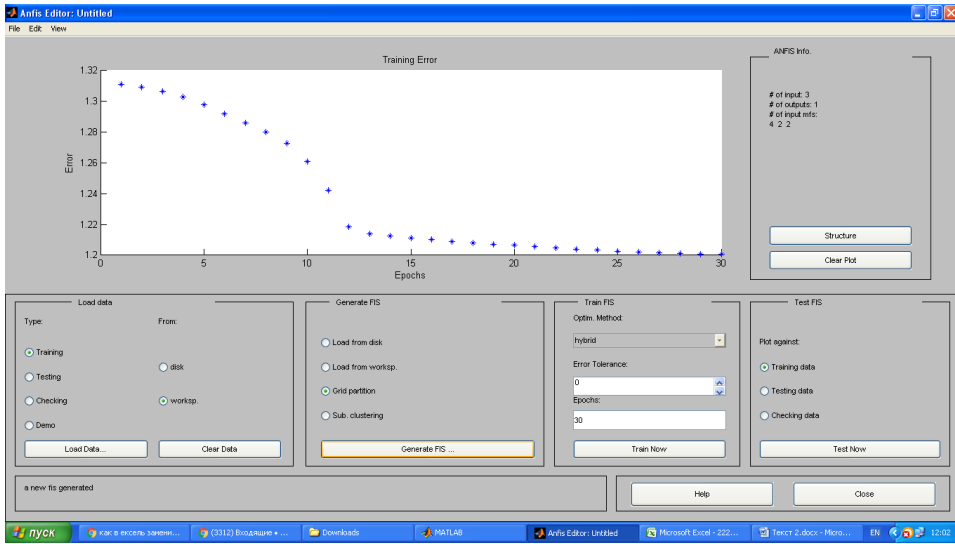
Help Close

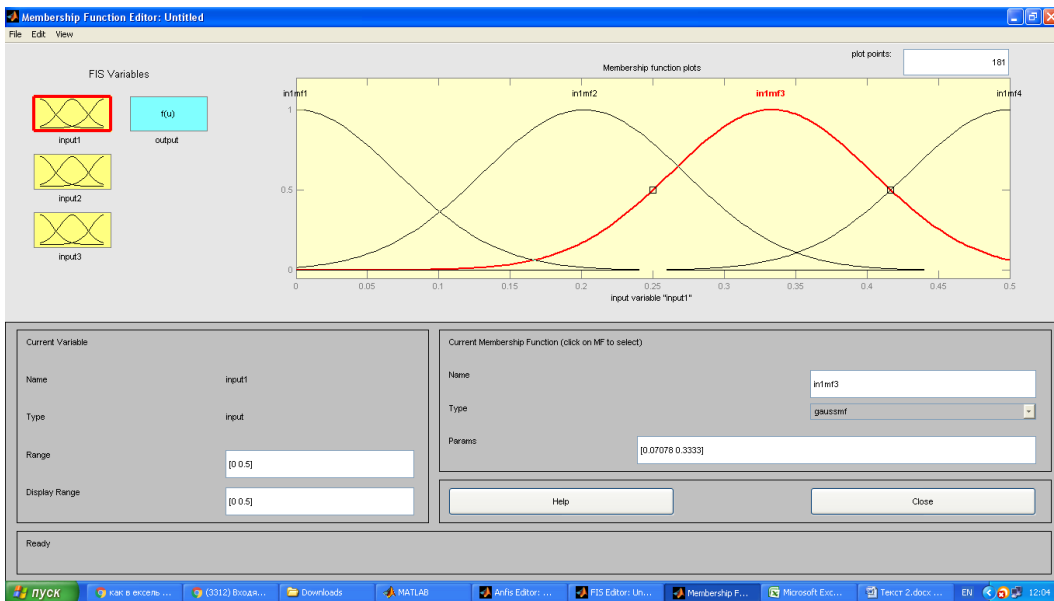
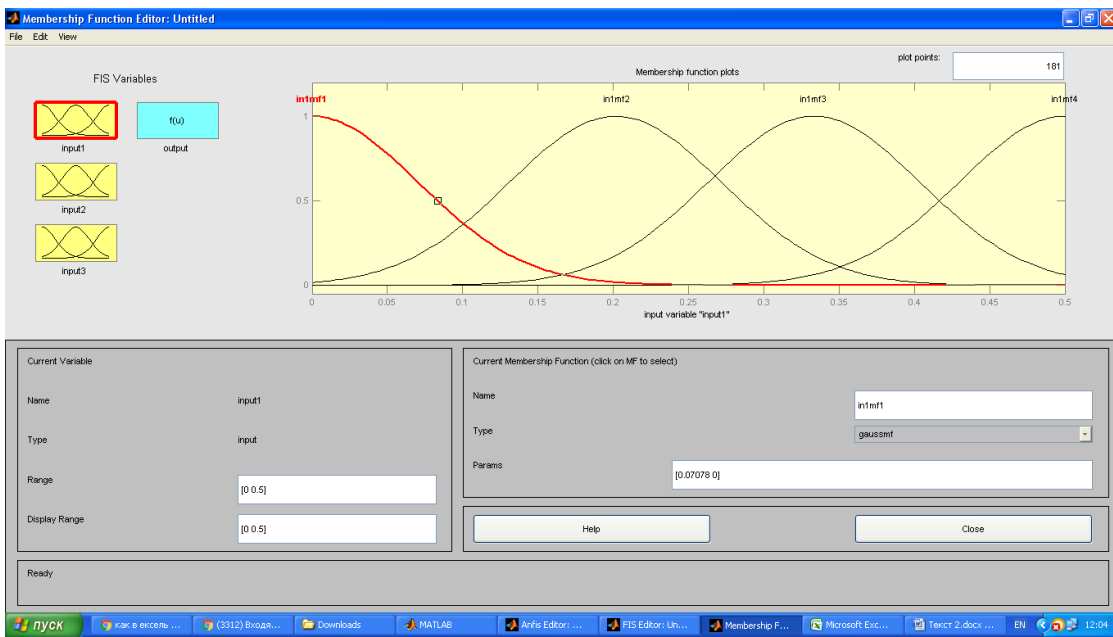
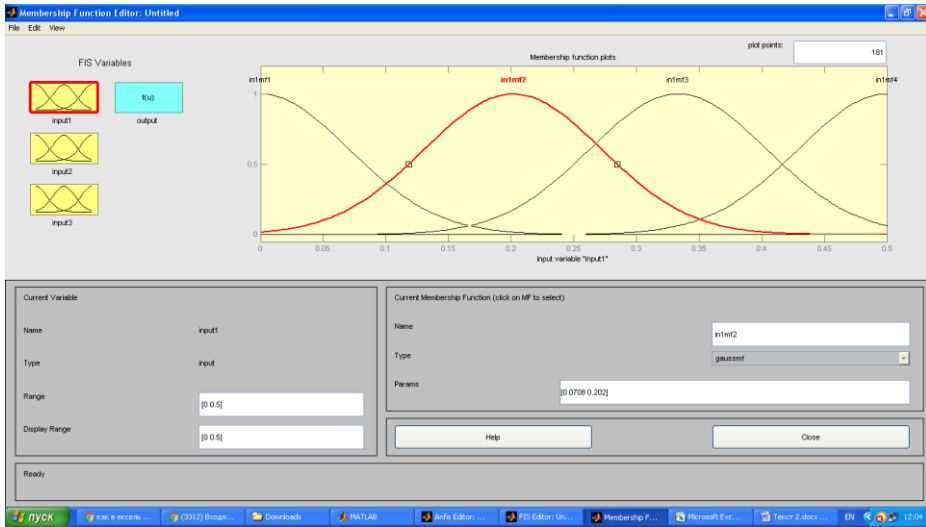
```

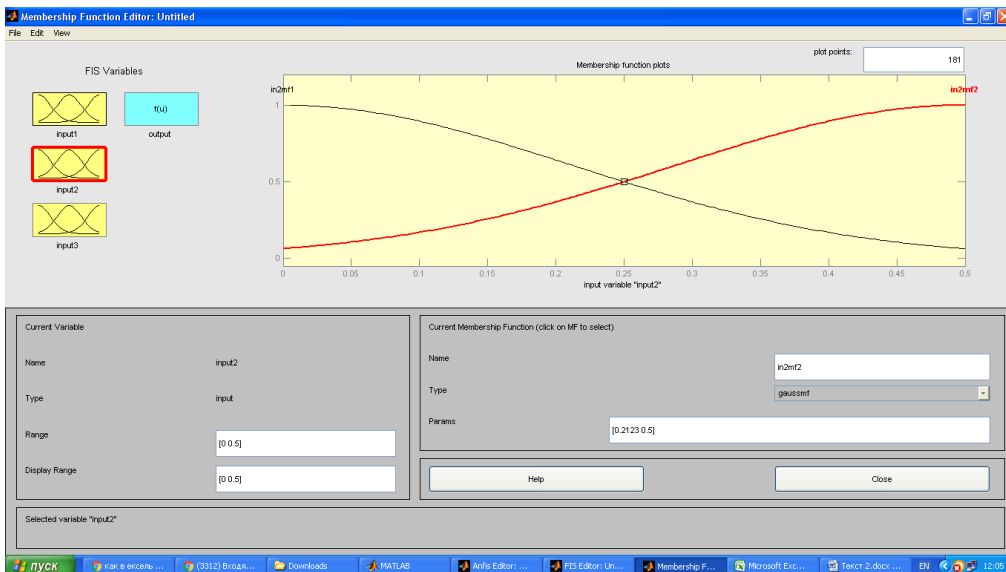
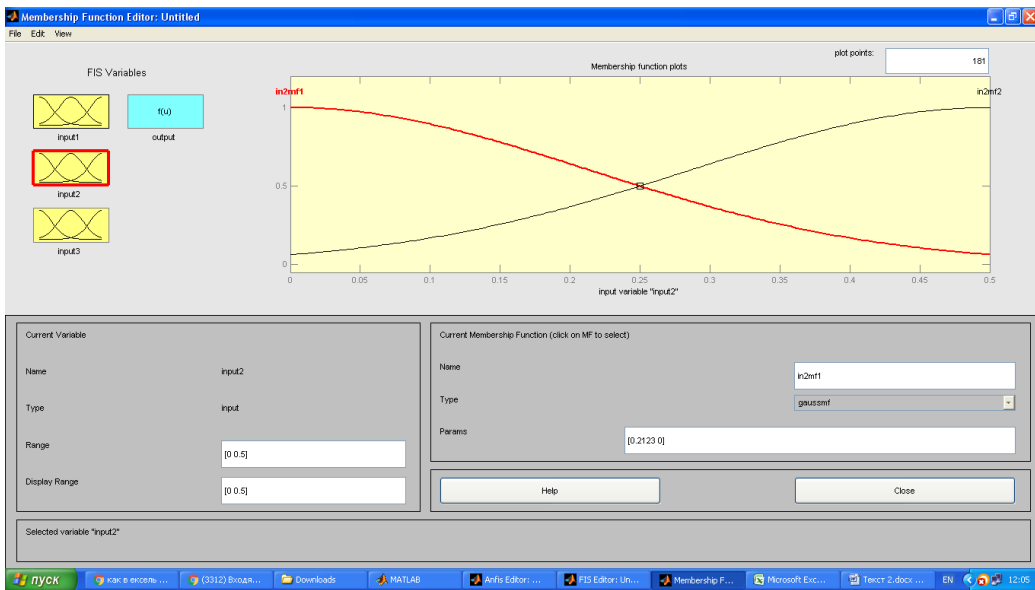
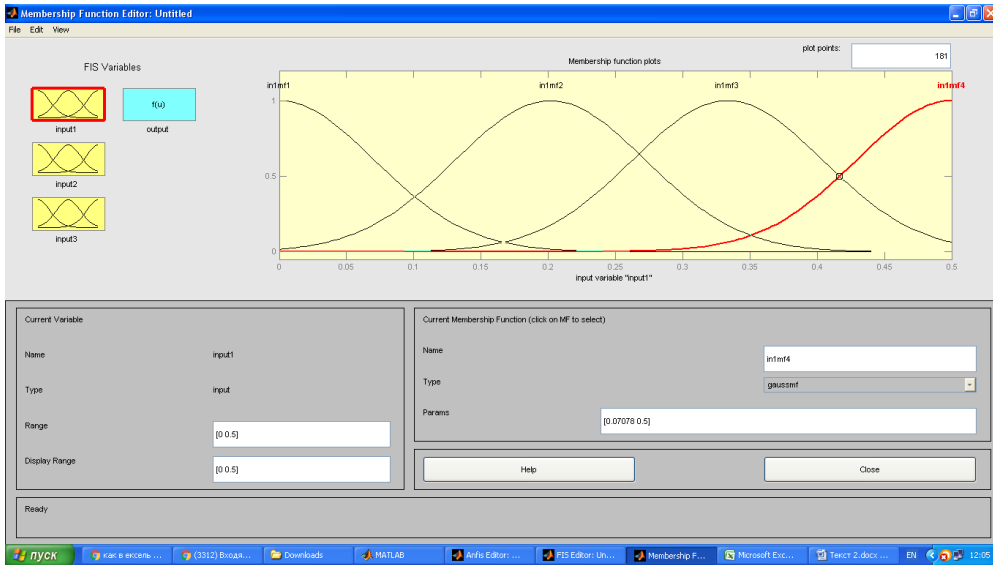
Start training ANFIS ...
1 1.20078
2 1.20186

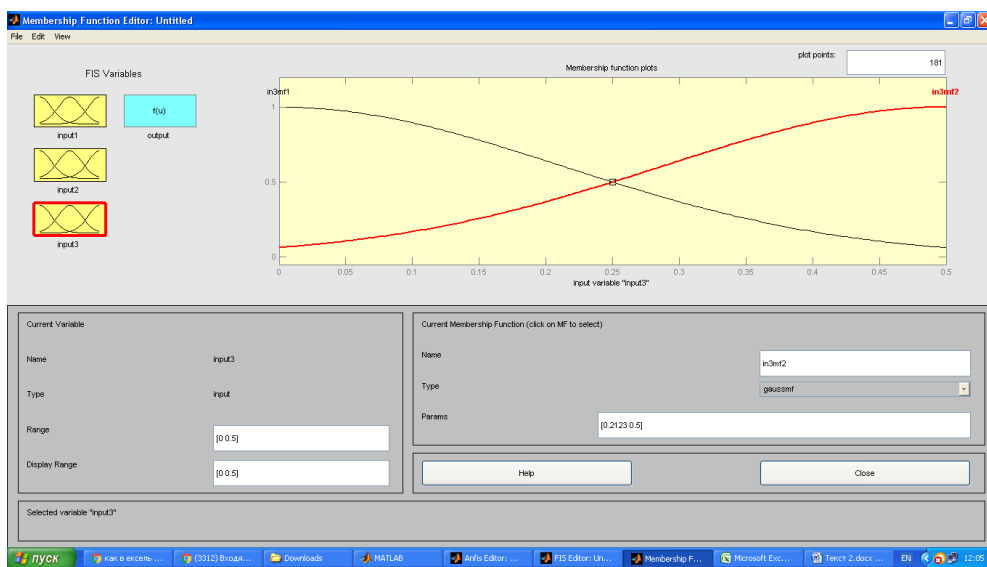
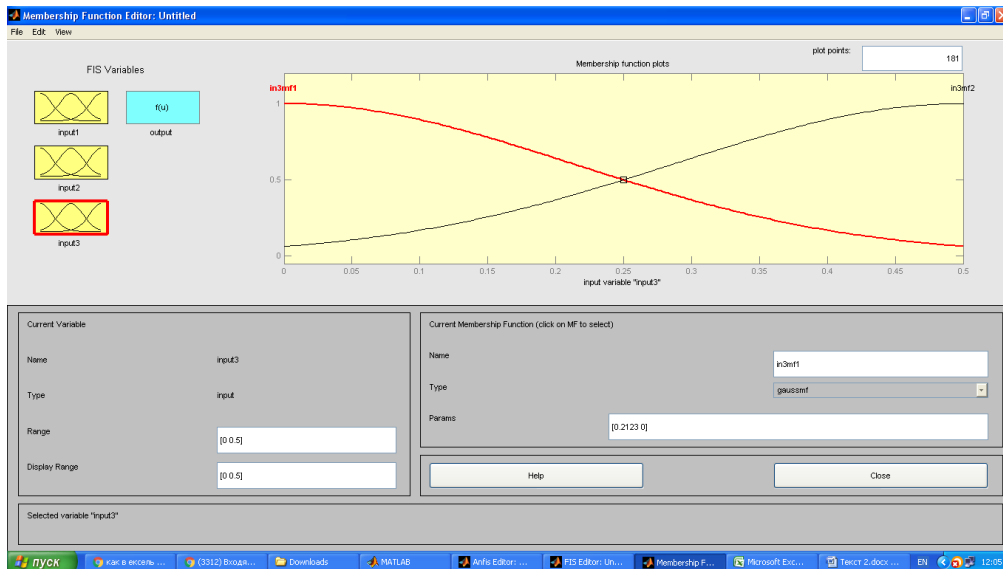
Designated epoch number reached --> ANFIS training completed at epoch 2.
>>

```

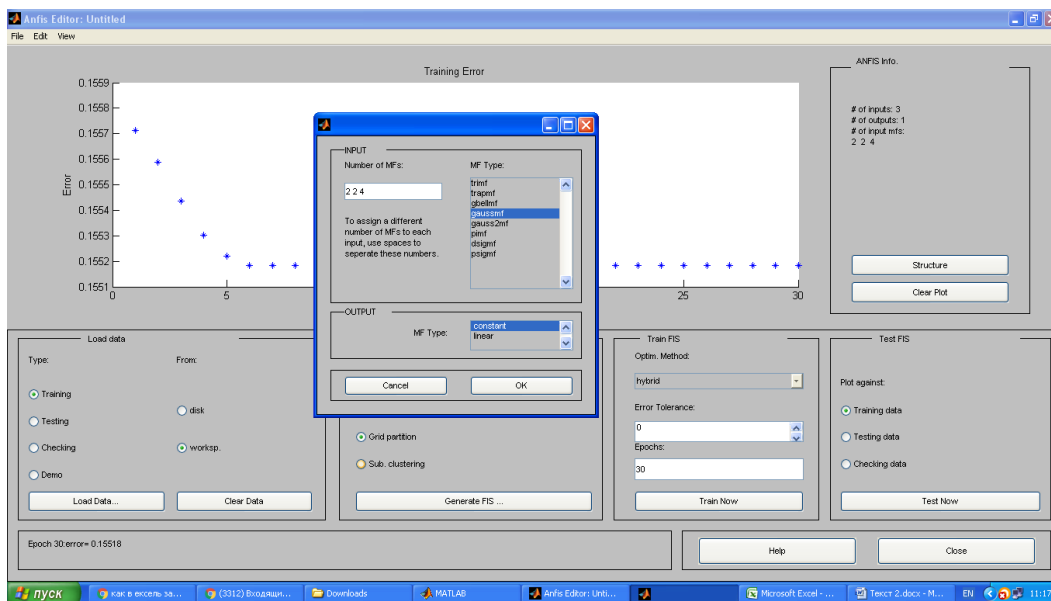



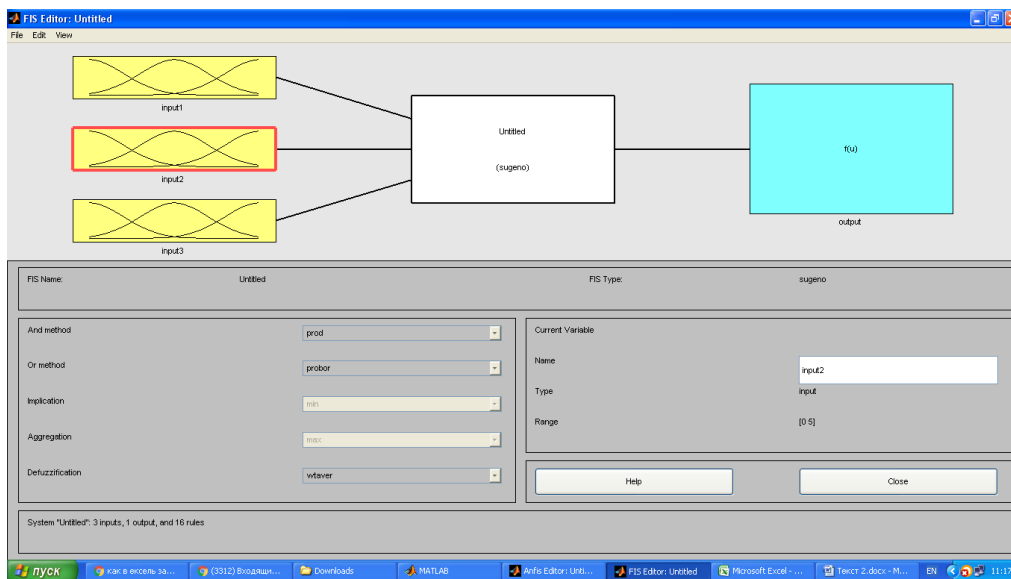
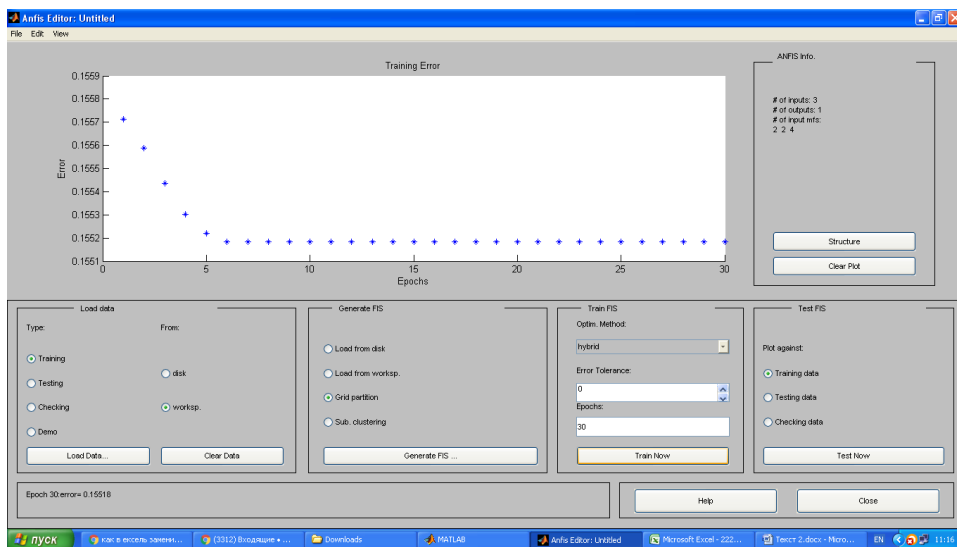
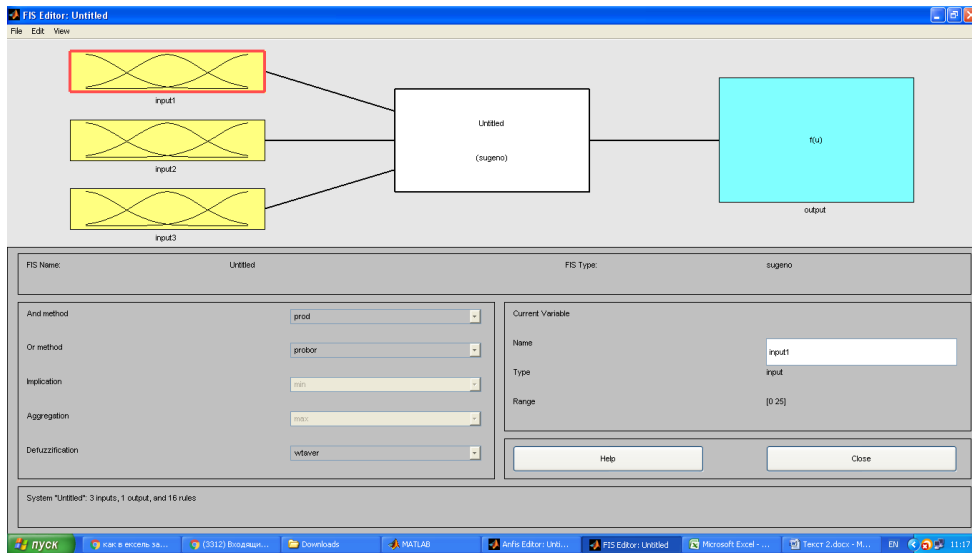


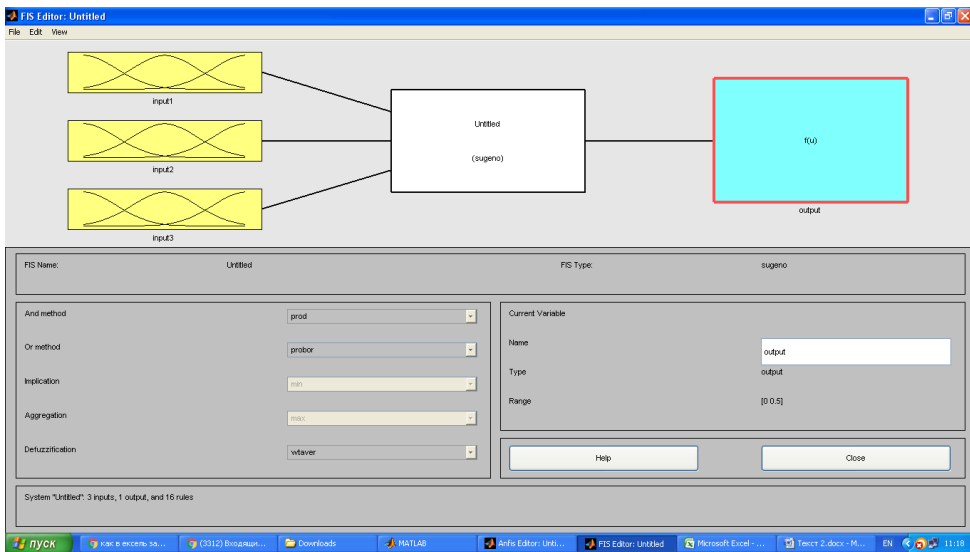
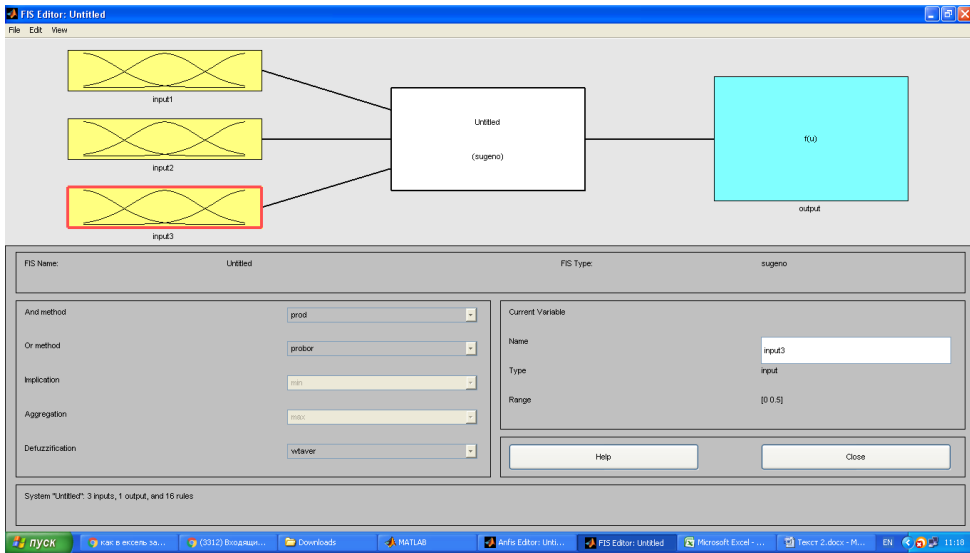
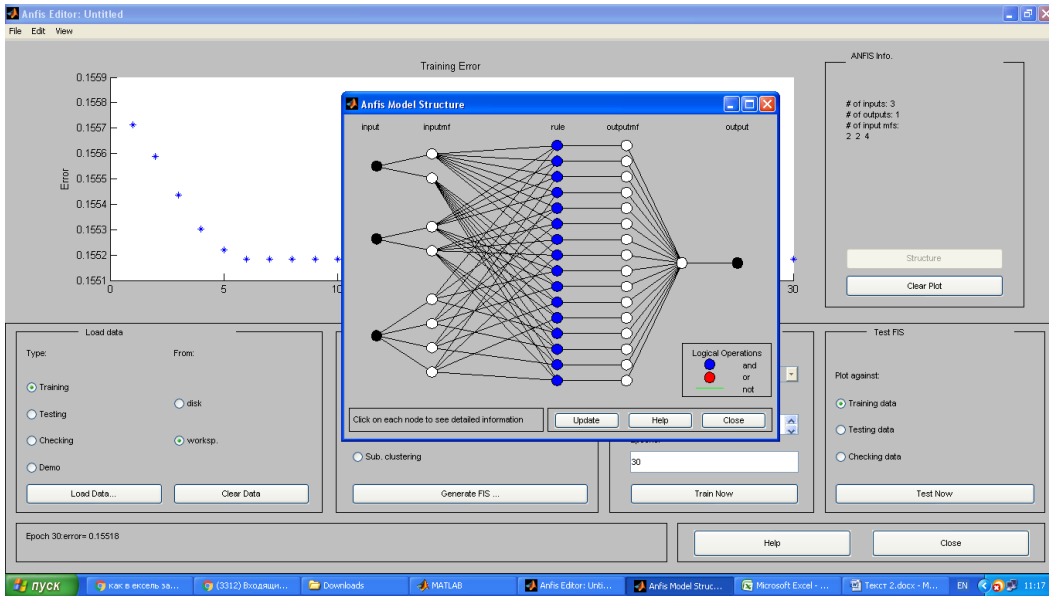


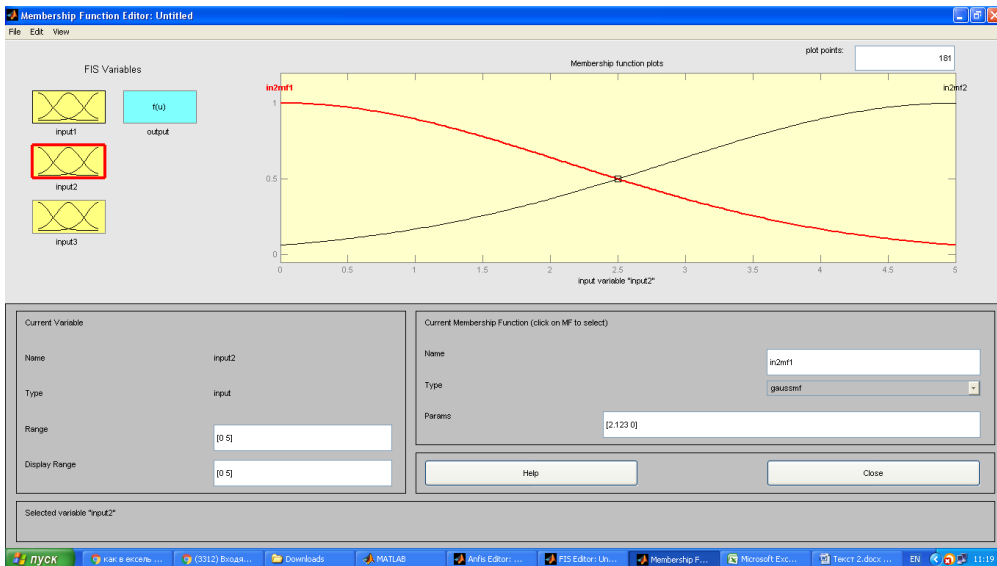
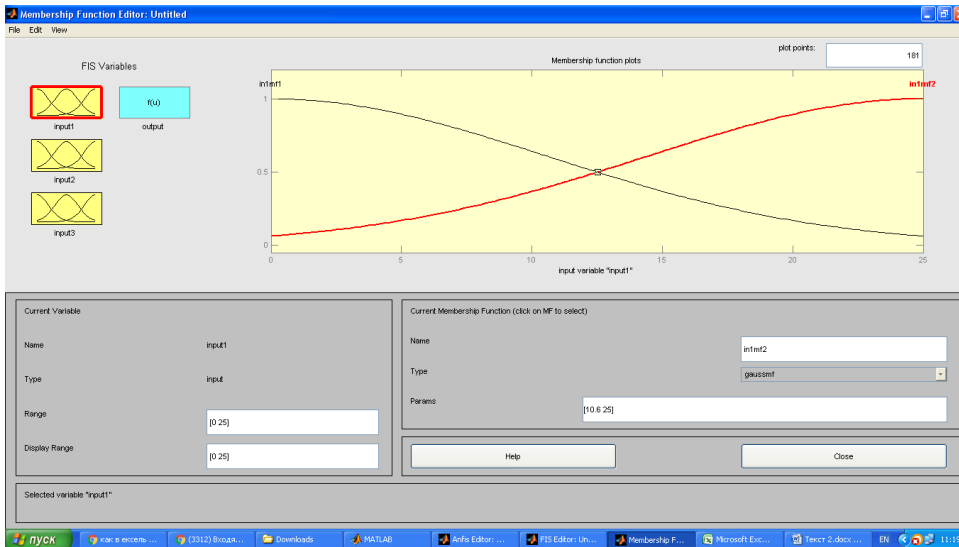
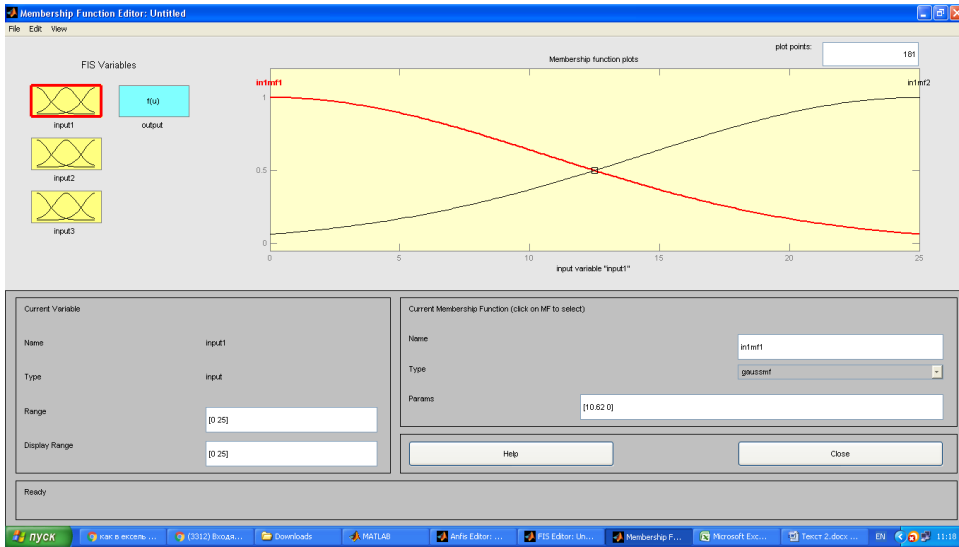


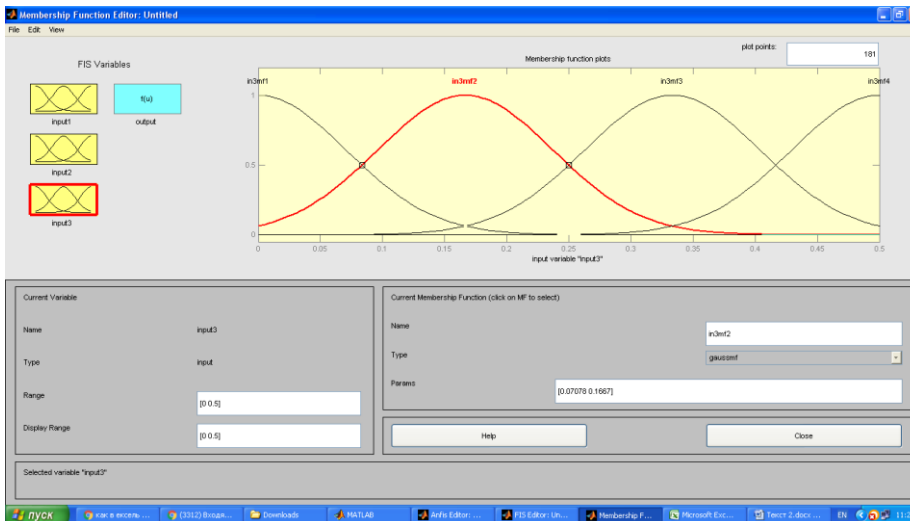
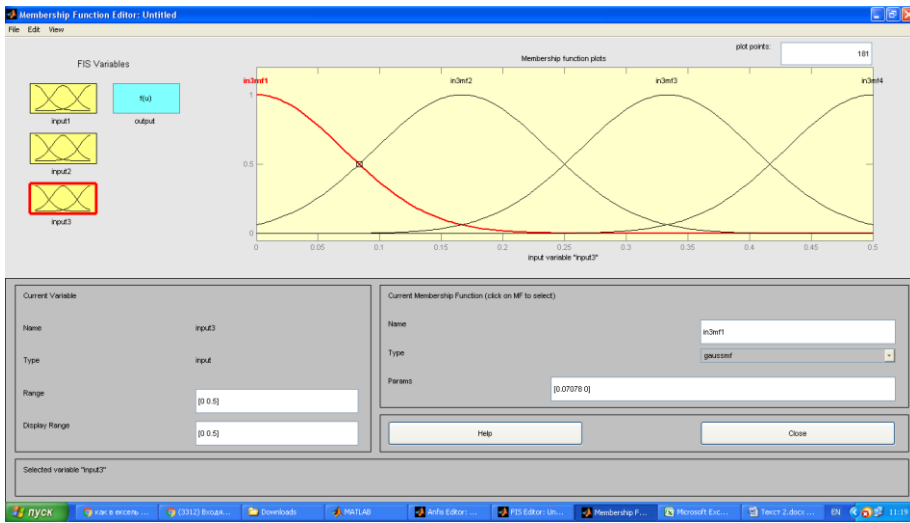
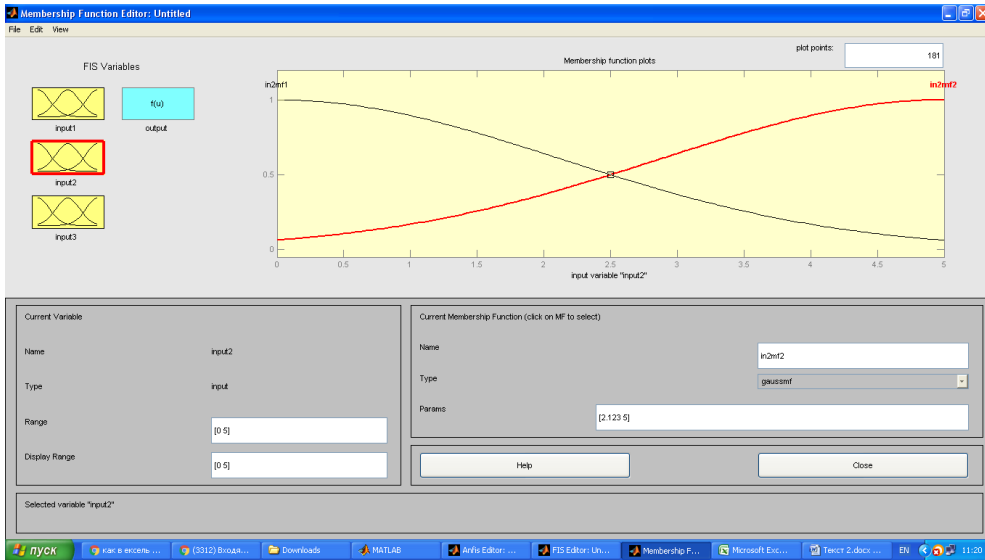
А 1. Другий вихід першого рівня ієрархії, чинники «Х4-Х6»

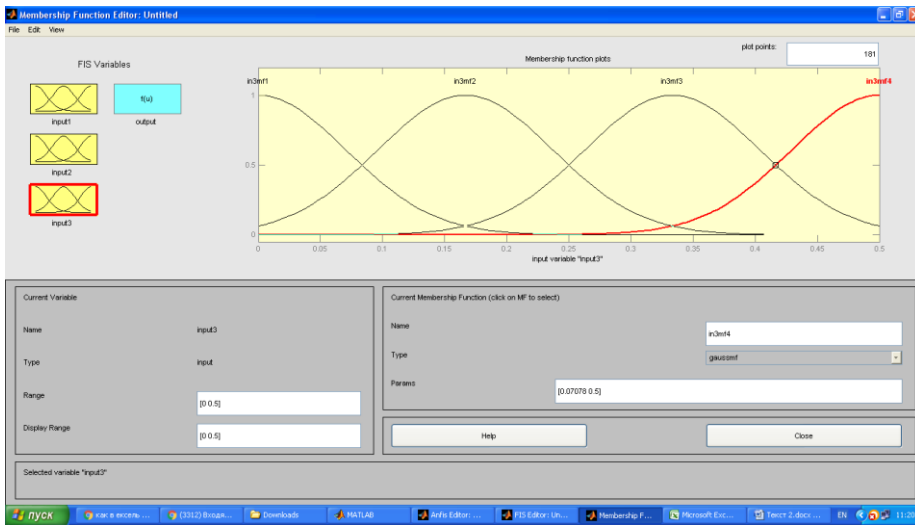
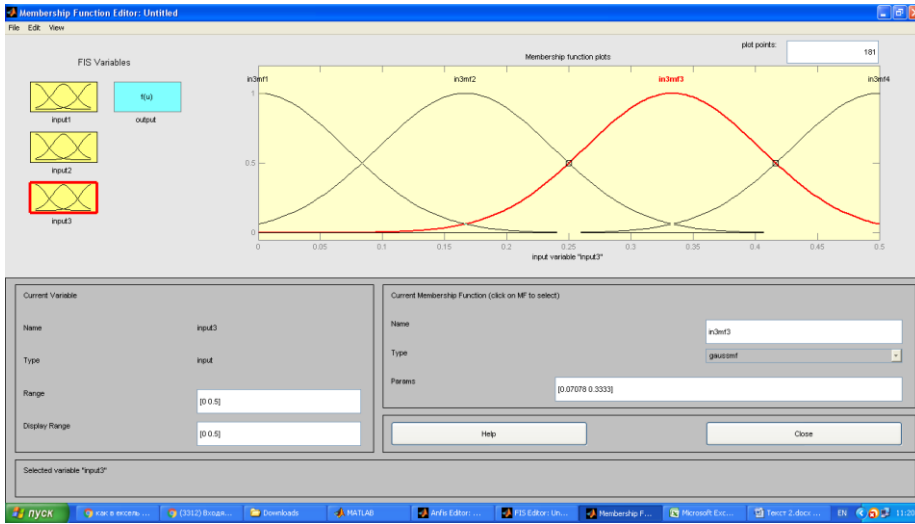












Rule Editor: Untitled

File Edit View Options

1. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf1) (1)

2. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf2) (1)

3. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf3) then (output is outmf3) (1)

4. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf4) then (output is outmf4) (1)

5. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf5) (1)

6. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf6) (1)

7. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf3) then (output is outmf7) (1)

8. If (input1 is in3mf1) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf4) then (output is outmf8) (1)

9. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf9) (1)

10. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf10) (1)

11. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf3) then (output is outmf11) (1)

12. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf1) and (input3 is in3mf4) then (output is outmf12) (1)

13. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is outmf13) (1)

14. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is outmf14) (1)

15. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf3) then (output is outmf15) (1)

16. If (input1 is in3mf2) and (input2 is in3mf2) and (input3 is in3mf4) then (output is outmf16) (1)

If

input1 is and input2 is and input3 is Then output is

in3mf1 in3mf1 in3mf1 outmf1

in3mf2 in3mf2 in3mf2 outmf2

none none none outmf3

none none none outmf4

none none none outmf5

none none none outmf6

none none none outmf7

none none none outmf8

none none none outmf9

none none none outmf10

none none none outmf11

none none none outmf12

none none none outmf13

none none none outmf14

none none none outmf15

none none none outmf16

not not not not

Connection

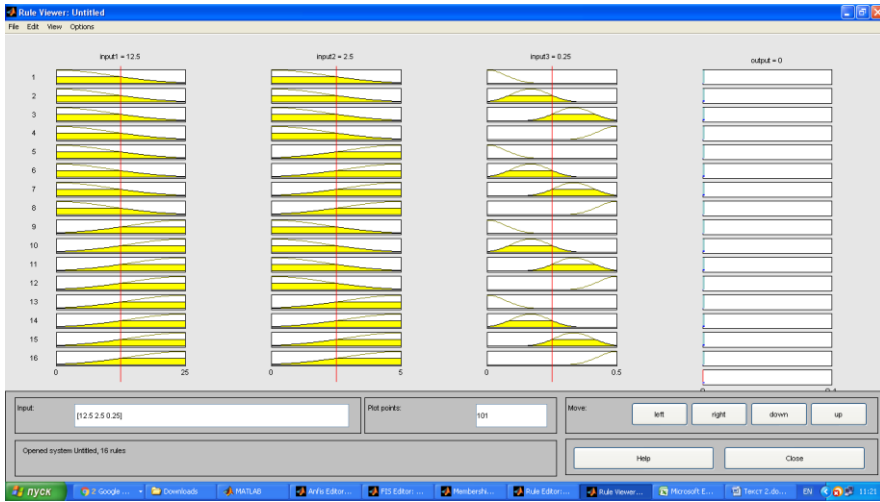
or

and

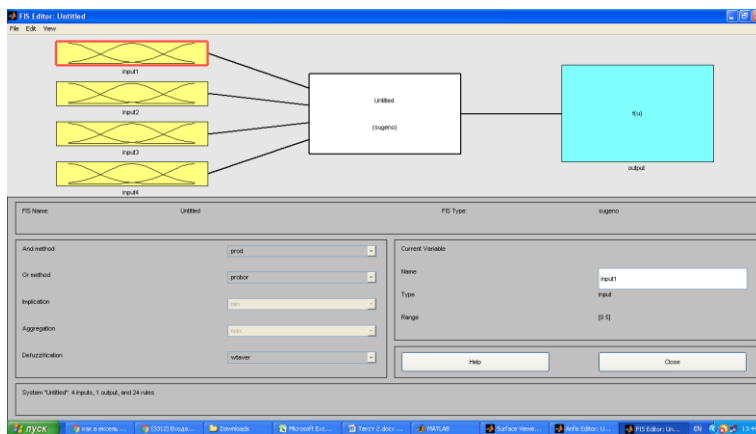
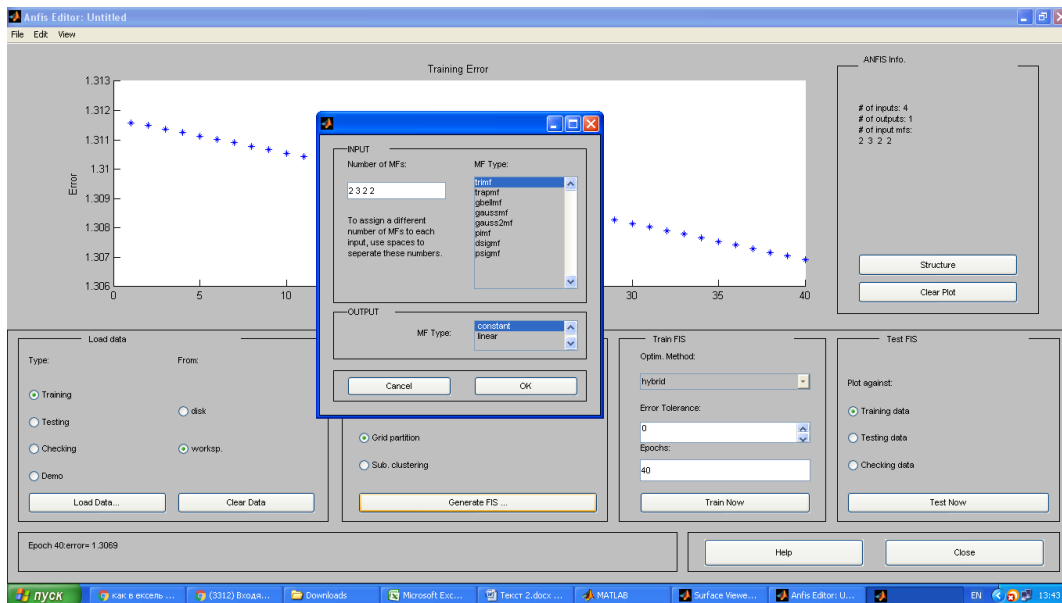
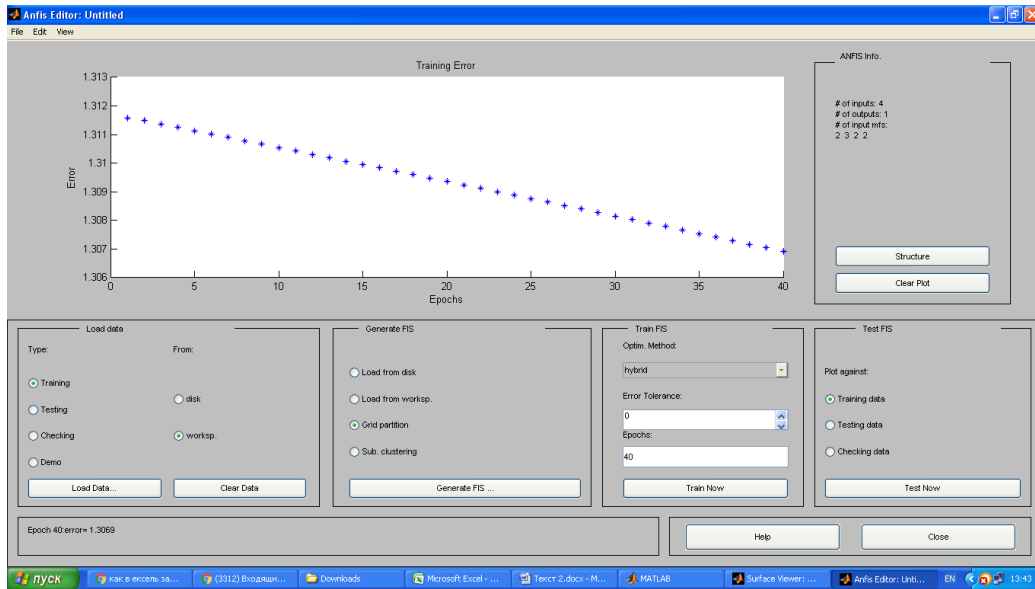
Weight: 1

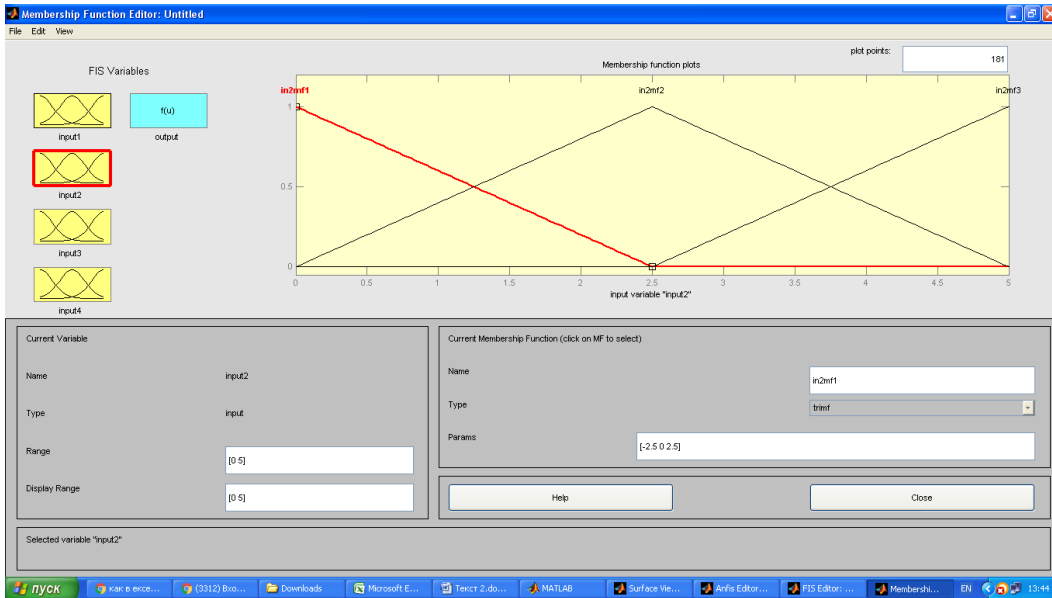
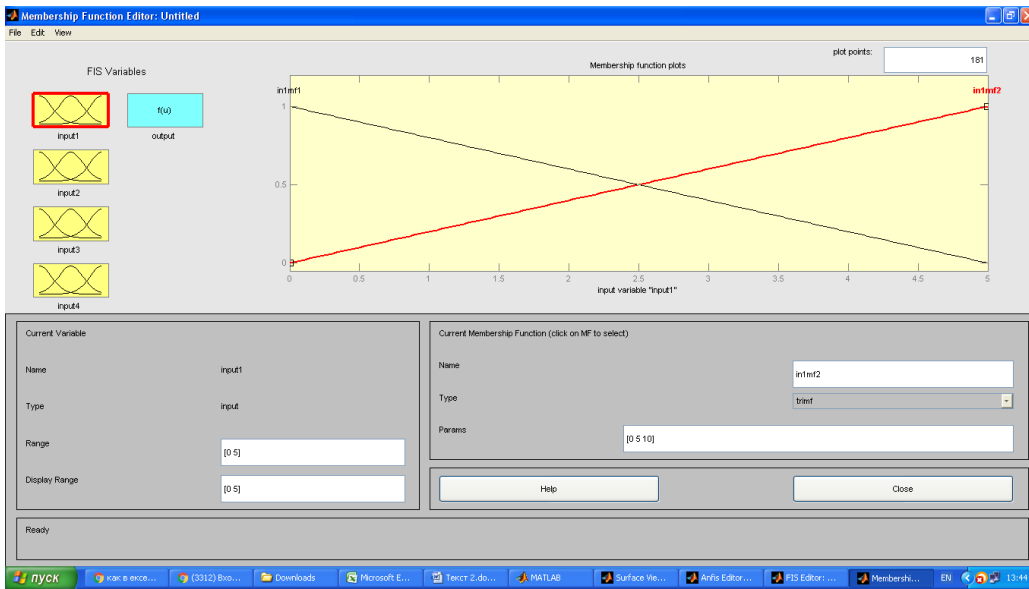
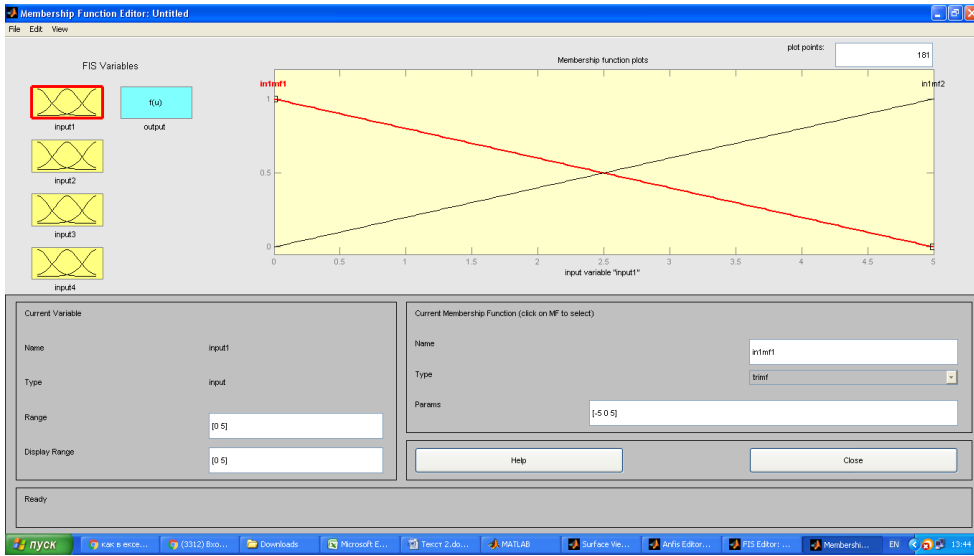
Delete rule Add rule Change rule

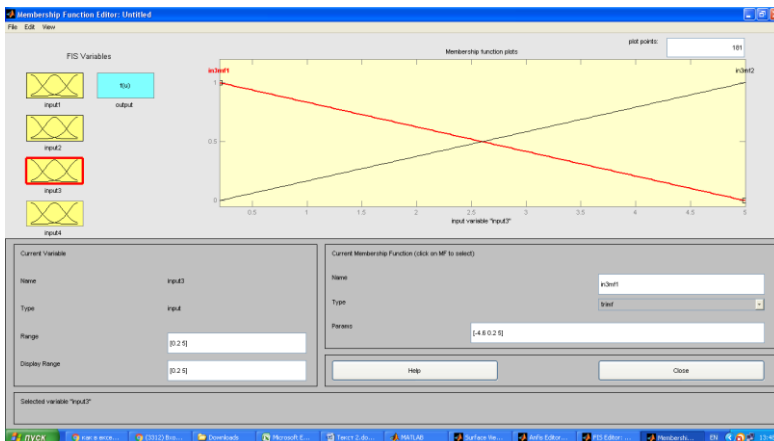
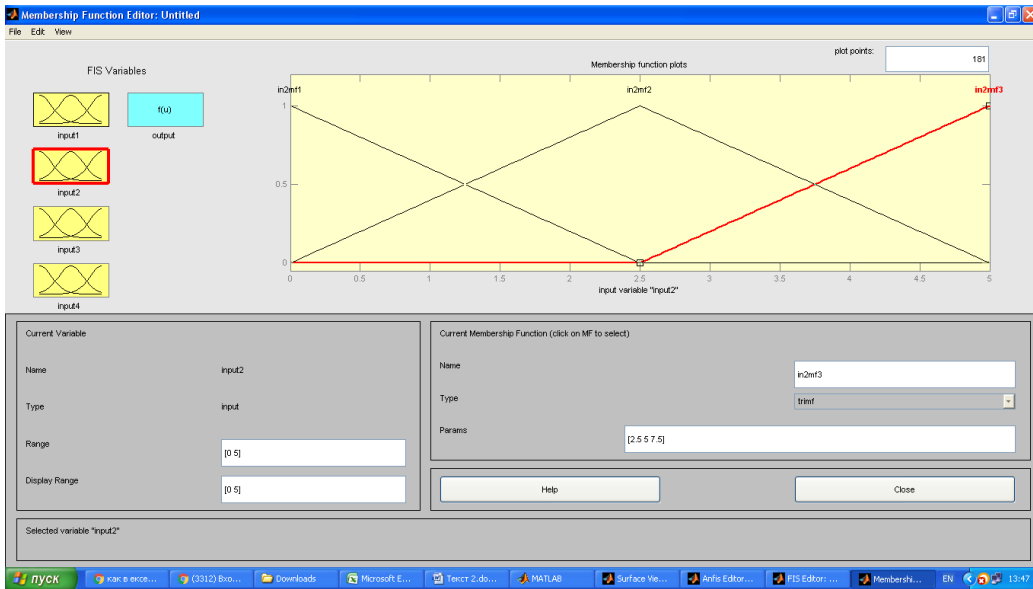
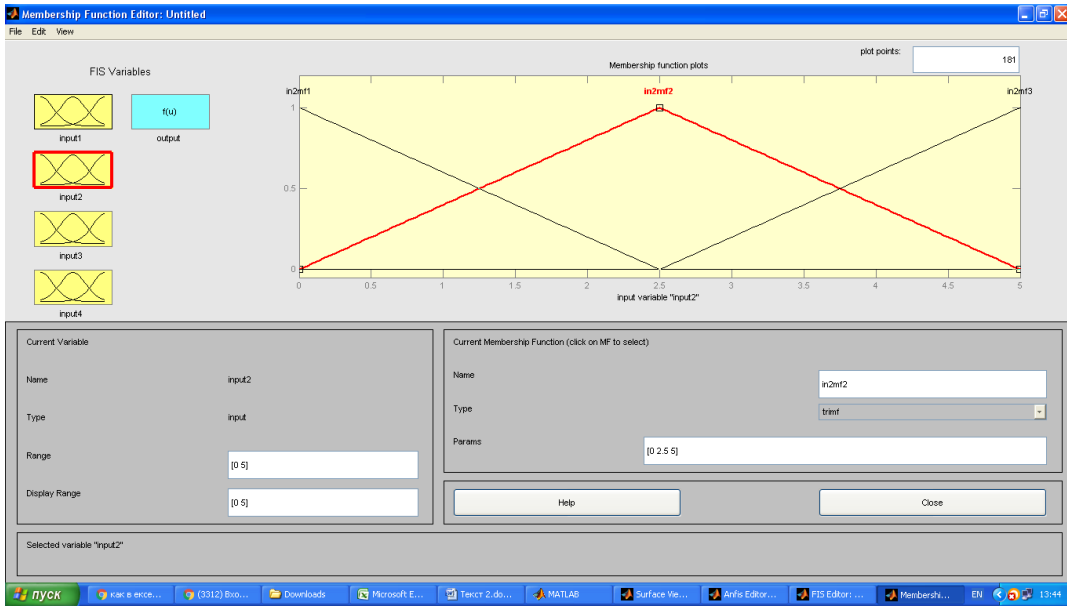
Help Close

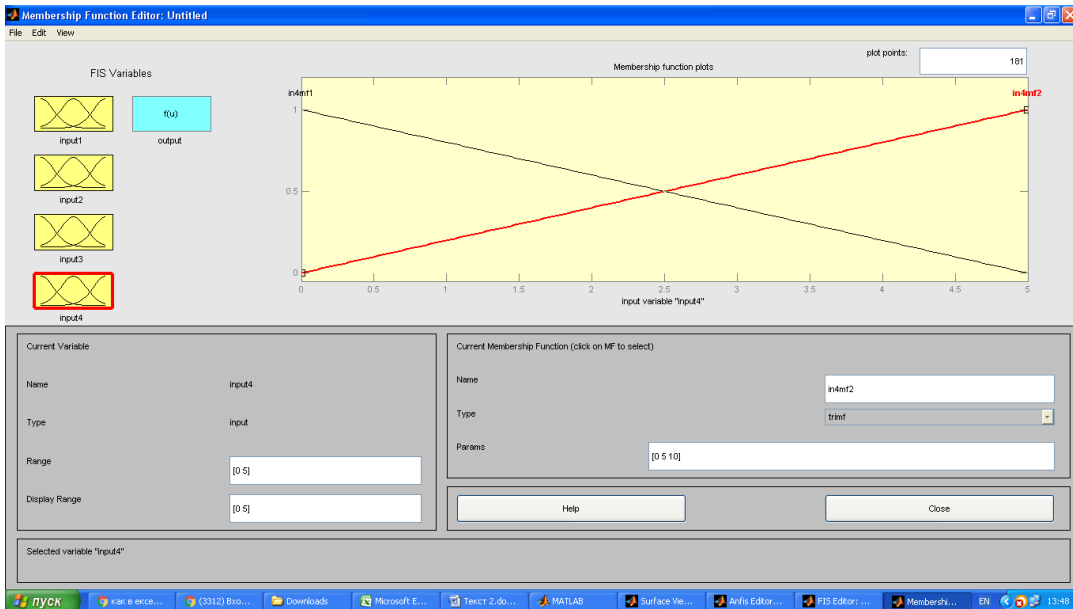
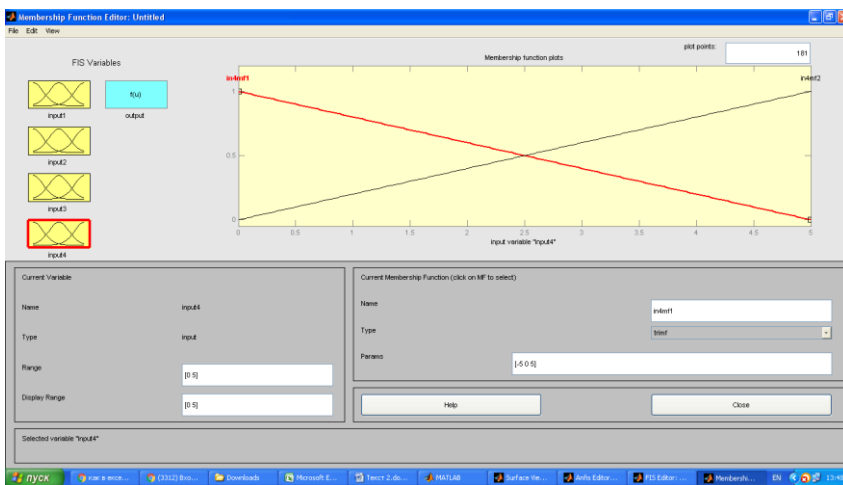
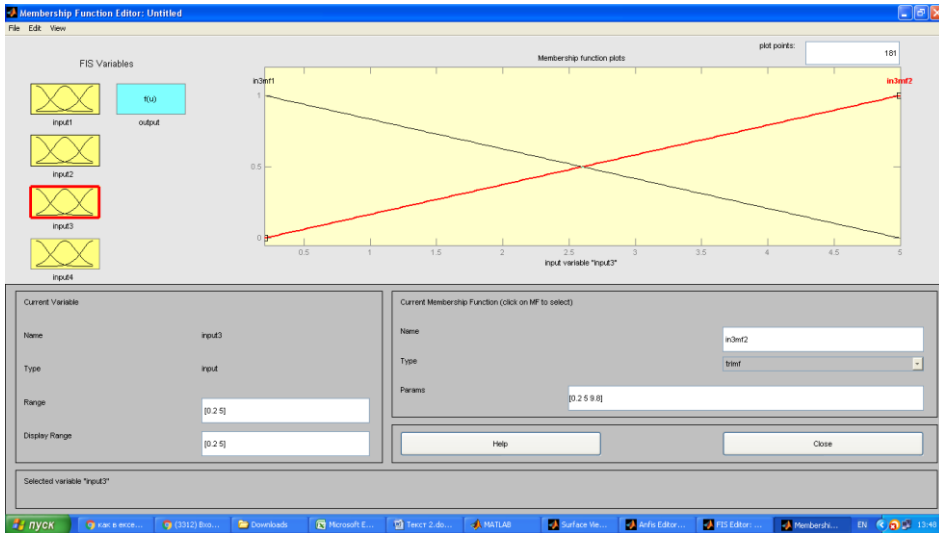


А 2. Вихід другого рівня рівня ієрархії, чинники «персонал», «процеси», «адміністрування», «технічне забезпечення»









Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 **out1mf1**

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf1

Type: constant

Params: -4.109

Help Close

Selected variable "output"

nyck xar: e.ecce... (3312) Bro... Downloads Microsoft E... Tercet 2.do... MATLAB Surface Vie... Anfis Editor... Rule Viewer... Membershi... EN 13:54

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 **out1mf1**

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf2

Type: constant

Params: 6.305

Help Close

Selected variable "output"

nyck xar: e.ecce... (3312) Bro... Downloads Microsoft E... Tercet 2.do... MATLAB Surface Vie... Anfis Editor... Rule Viewer... Membershi... EN 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 **out1mf5** out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf5

Type: constant

Params: 1.628

Help Close

Selected variable "output"

nyck xar: e.ecce... (3312) Bro... Downloads Microsoft E... Tercet 2.do... MATLAB Surface Vie... Anfis Editor... Rule Viewer... Membershi... EN 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

input4

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf6

Type: constant

Params: 3.751

Help Close

Taskbar: nnyck, kan e erce..., (3312) Bro..., Downloads, Microsoft E..., Tercet 2 do..., MATLAB, Surface Vie..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membershi..., EN, 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

input4

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf8

Type: constant

Params: 6.412

Help Close

Taskbar: nnyck, kan e erce..., (3312) Bro..., Downloads, Microsoft E..., Tercet 2 do..., MATLAB, Surface Vie..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membershi..., EN, 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 output

input2

input3

input4

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf9

Type: constant

Params: 0.4572

Help Close

Taskbar: nnyck, kan e erce..., (3312) Bro..., Downloads, Microsoft E..., Tercet 2 do..., MATLAB, Surface Vie..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membershi..., EN, 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

outmf12 outmf11 outmf10 outmf9 outmf8 outmf7 outmf6 outmf5 outmf4 outmf3 outmf2 outmf1

outmf24 outmf23 outmf22 outmf21 outmf20 outmf19 outmf18 outmf17 outmf16 outmf15 outmf14 outmf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: outmf12

Type: constant

Params: 0.2806

Help Close

nyck

Task Manager (3312) Browser Downloads Microsoft Excel Text 2.0... MATLAB Surface Viewer Anfis Editor... Rule Viewer... Membership... EN 13:55

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

outmf12 outmf11 outmf10 outmf9 outmf8 outmf7 outmf6 outmf5 outmf4 outmf3 outmf2 outmf1

outmf24 outmf23 outmf22 outmf21 outmf20 outmf19 outmf18 outmf17 outmf16 outmf15 outmf14 outmf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: outmf13

Type: constant

Params: 4.177

Help Close

nyck

Task Manager (3312) Browser Downloads Microsoft Excel Text 2.0... MATLAB Surface Viewer Anfis Editor... Rule Viewer... Membership... EN 13:56

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

outmf12 outmf11 outmf10 outmf9 outmf8 outmf7 outmf6 outmf5 outmf4 outmf3 outmf2 outmf1

outmf24 outmf23 outmf22 outmf21 outmf20 outmf19 outmf18 outmf17 outmf16 outmf15 outmf14 outmf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: outmf16

Type: constant

Params: 3.302

Help Close

nyck

Task Manager (3312) Browser Downloads Microsoft Excel Text 2.0... MATLAB Surface Viewer Anfis Editor... Rule Viewer... Membership... EN 13:56

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 **out1mf17** out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf17

Type: constant

Params: 5.372

Help Close

Taskbar: пуск, кар в екс..., (3112) Эк..., Downloads, Microsoft E..., Тест 2. до..., MATLAB, Surface Ve..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membersh..., EN, 13:56

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 **out1mf18** out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf18

Type: constant

Params: 2.628

Help Close

Taskbar: пуск, кар в екс..., (3112) Эк..., Downloads, Microsoft E..., Тест 2. до..., MATLAB, Surface Ve..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membersh..., EN, 13:56

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

Membership function plots

plot points: 181

input1 input2 input3 input4

output

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 **out1mf19** out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf20

Type: constant

Params: 3.469

Help Close

Taskbar: пуск, кар в екс..., (3112) Эк..., Downloads, Microsoft E..., Тест 2. до..., MATLAB, Surface Ve..., Anfis Editor..., Rule Viewer..., Membersh..., EN, 13:56

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

input1 input2 input3 input4

output

Membership function plots

plot points: 181

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf24

Type: constant

Params: 1.843

Help Close

nyck

Membership Function Editor: Untitled

File Edit View

FIS Variables

input1 input2 input3 input4

output

Membership function plots

plot points: 181

out1mf12 out1mf11 out1mf10 out1mf9 out1mf8 out1mf7 out1mf6 out1mf5 out1mf4 out1mf3 out1mf2 out1mf1

out1mf24 out1mf23 out1mf22 out1mf21 out1mf20 out1mf19 out1mf18 out1mf17 out1mf16 out1mf15 out1mf14 out1mf13

output variable "output"

Current Variable

Name: output

Type: output

Range: [0 5]

Display Range:

Selected variable "output"

Current Membership Function (click on MF to select)

Name: out1mf21

Type: constant

Params: 3.669

Help Close

nyck

Rule Editor: Untitled

File Edit View Options

- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf1) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf2) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf3) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf4) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf5) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf6) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf7) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf8) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf9) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf10) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf11) (1)
- If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf12) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf13) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf14) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf15) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf16) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf17) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) and (input4 is in4mf2) then (output is out1mf18) (1)
- If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) and (input4 is in4mf1) then (output is out1mf19) (1)

If input1 is and input2 is and input3 is and input4 is Then output is

in1mf1 in2mf1 in3mf1 in4mf1 out1mf1

in1mf2 in2mf2 in3mf2 in4mf2 out1mf2

in1mf3 in2mf3 in3mf3 in4mf3 out1mf3

in1mf4 in2mf4 in3mf4 in4mf4 out1mf4

in1mf5 in2mf5 in3mf5 in4mf5 out1mf5

in1mf6 in2mf6 in3mf6 in4mf6 out1mf6

in1mf7 in2mf7 in3mf7 in4mf7 out1mf7

in1mf8 in2mf8 in3mf8 in4mf8 out1mf8

in1mf9 in2mf9 in3mf9 in4mf9 out1mf9

in1mf10 in2mf10 in3mf10 in4mf10 out1mf10

in1mf11 in2mf11 in3mf11 in4mf11 out1mf11

in1mf12 in2mf12 in3mf12 in4mf12 out1mf12

in1mf13 in2mf13 in3mf13 in4mf13 out1mf13

in1mf14 in2mf14 in3mf14 in4mf14 out1mf14

in1mf15 in2mf15 in3mf15 in4mf15 out1mf15

in1mf16 in2mf16 in3mf16 in4mf16 out1mf16

in1mf17 in2mf17 in3mf17 in4mf17 out1mf17

in1mf18 in2mf18 in3mf18 in4mf18 out1mf18

in1mf19 in2mf19 in3mf19 in4mf19 out1mf19

in1mf20 in2mf20 in3mf20 in4mf20 out1mf20

in1mf21 in2mf21 in3mf21 in4mf21 out1mf21

in1mf22 in2mf22 in3mf22 in4mf22 out1mf22

in1mf23 in2mf23 in3mf23 in4mf23 out1mf23

in1mf24 in2mf24 in3mf24 in4mf24 out1mf24

not not not not not

Connection: or and

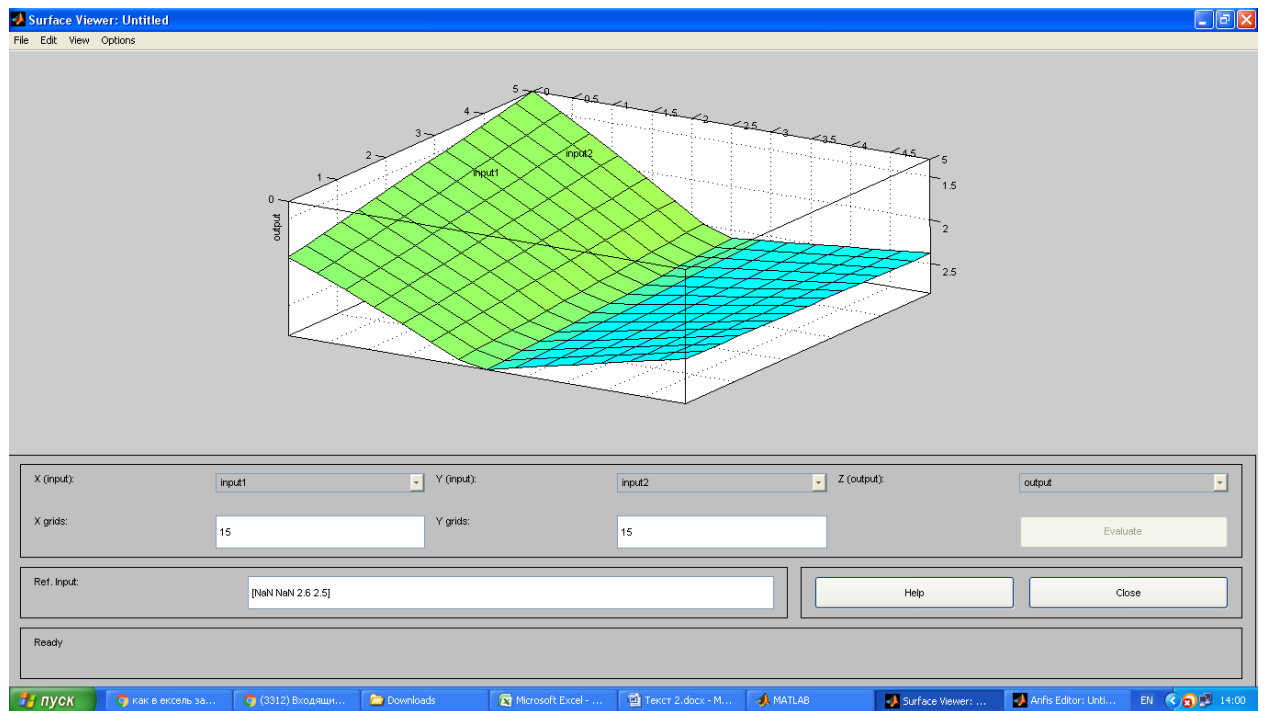
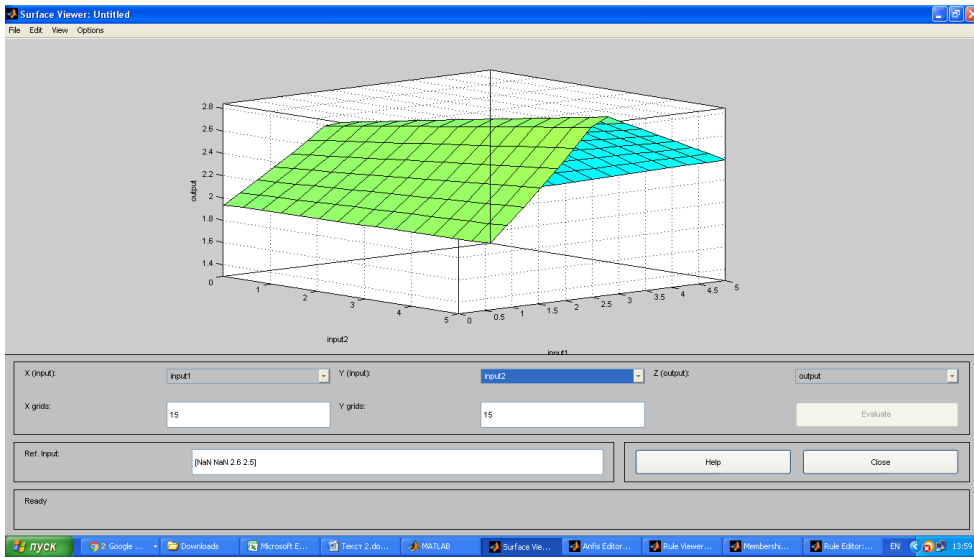
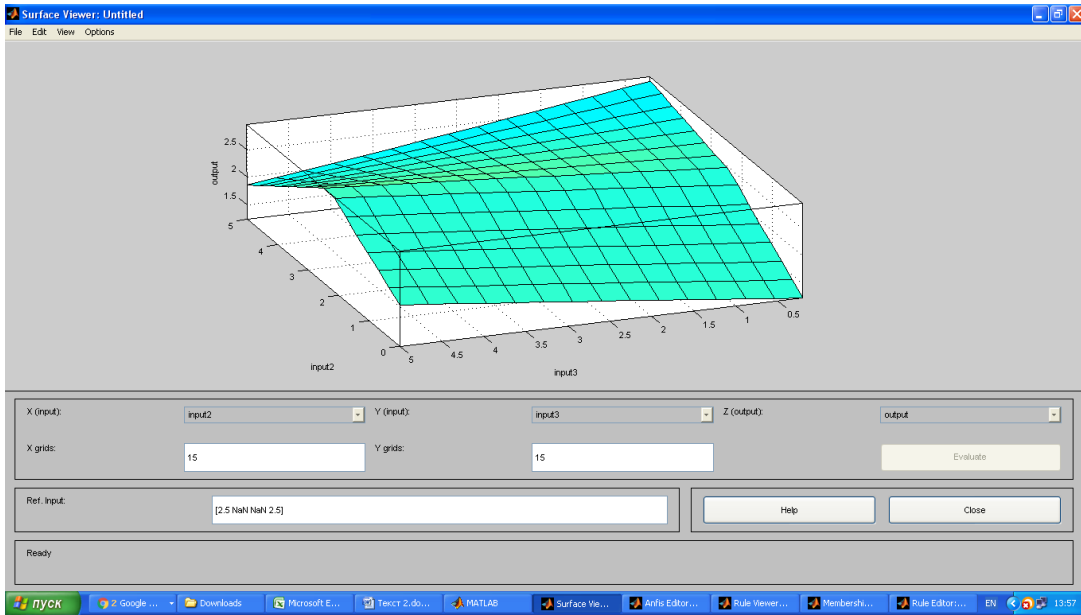
Weight: 1

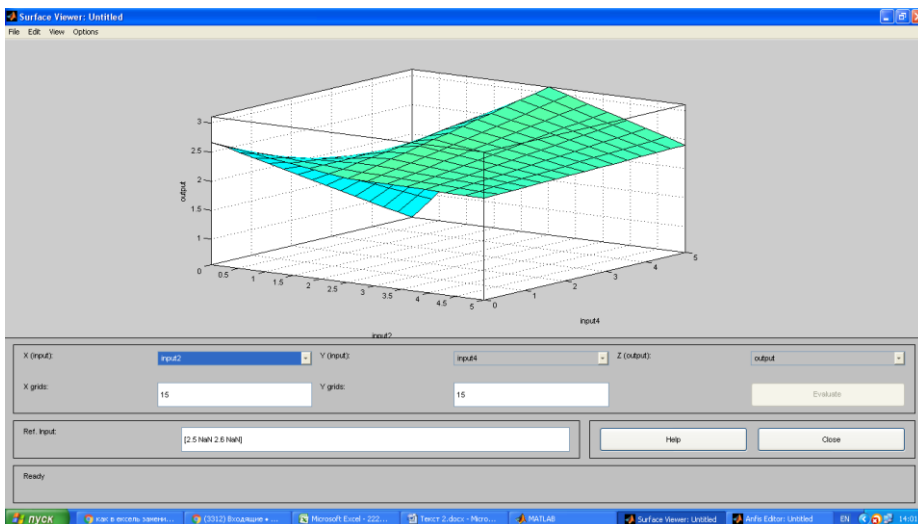
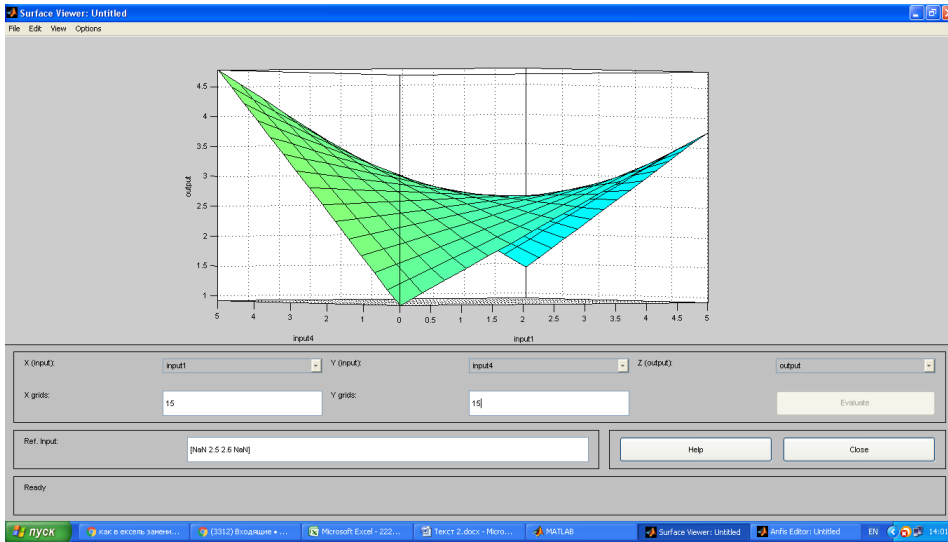
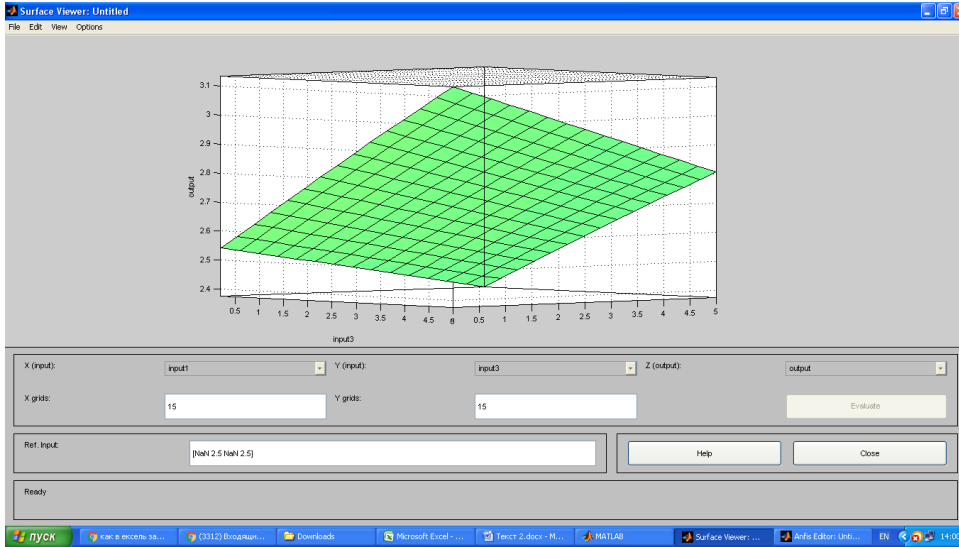
Delete rule Add rule Change rule

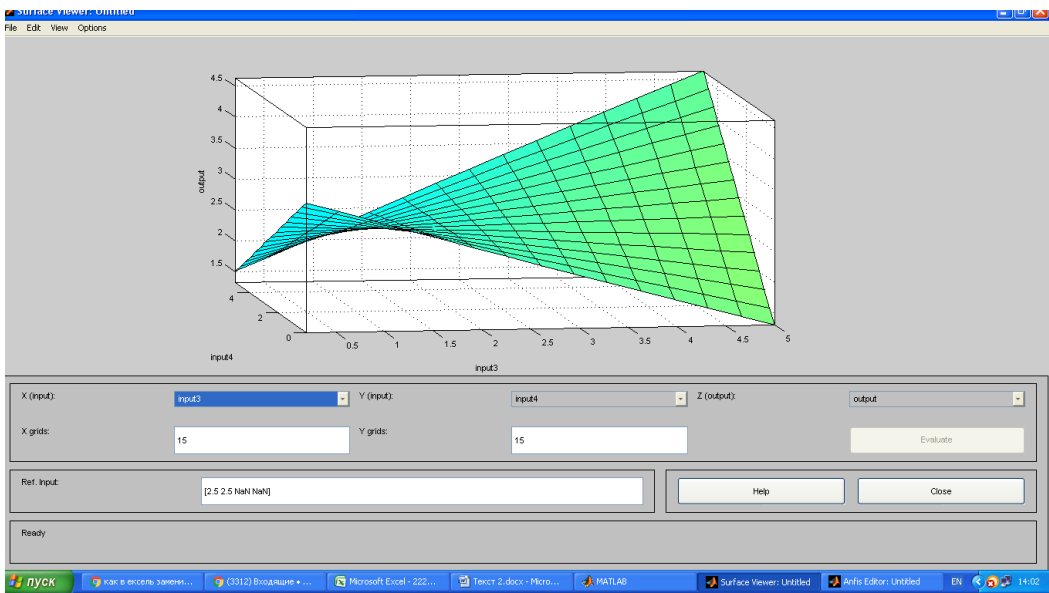
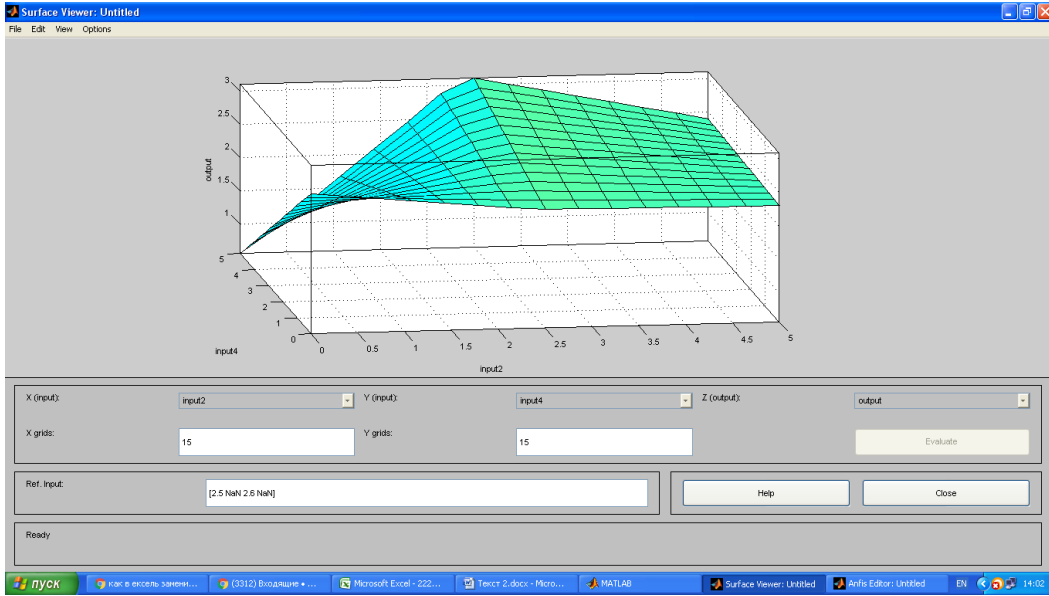
Ready

Help Close

nyck







Додаток Б

Пріоритетні напрями політики будівельних підприємств на різних стадіях цифровізації економіки

Сфери уваги БП / Стадії цифровізації	Початкова стадія	Перехідна (трансформаційна)	Завершальна
Положення внутрішніх документів та урядових норм	усунення перешкод для впровадження цифрових технологій	нормативно-правове регулювання конкуренції та забезпечення верховенства права	конкуренція цифрових платформ
Навички використання цифрових технологій серед учасників БП	базові навички та цифрова грамотність керівництва, менеджменту	підготовка до професійної кар'єри персоналу	сприяння навчанню протягом всього життя для всіх працівників БП
Суміжні інституції / стейкхолдери	впровадження і моніторинг послуг із використанням мобільних телефонів	діяльність БП через використання електронних державних послуг і залучення персоналу до цифрового управління	процес формування політики БП за участю працівників БП через цифрові комунікації
Напрями політики БП	поліпшення якості інформаційних послуг для замовників; посилення моніторингу постачальників послуг і вдосконалення системи оплати; розширення масштабів надання послуг засобами цифрових новацій; посилення підзвітності виборчого процесу БП	вдосконалення систем надання будівельних послуг; вдосконалення управління роботою з постачальниками послуг; налагодження постійного зворотного зв'язку з користувачами з питань якості послуг БП; підвищення цифровізації в пріоритетних напрямках розвитку БП	налагодження цифрового співробітництва всередині БП і за його межами; вдосконалення процесу розробки політики БП за активної участі усіх учасників сфери діяльності БП

Джерело: сформовано автором на основі [121, с.424-425]

Ректору
Київського національного університету
будівництва і архітектури
д.е.н., професору Кулікову П.М.

№23 від 19.02.2024 р.

Повідомлення про результати співпраці холдингової компанії «Фомальгаут-Полімін» із здобувачем наукового ступеня доктора філософії Приходька О.О.

Даною довідкою підтверджується впровадження в діяльність ХК «Фомальгаут-Полімін» результатів дисертаційної роботи Приходька О.О., одержаних здобувачем при виконанні досліджень за темою «Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проектами будівництва». В ході співпраці з нашою компанією здобувачем було впроваджено інноваційні розробки, зокрема:

- 1. Прикладний апарат формування розрахункового базису «Індекс довіри девелопера»**, що ґрунтується на зважуванні інтегральних показників конкурентоспроможності організацій-виконавців. Цей інструмент дозволяє ефективно координувати ресурсний та іміджевий потенціал проекту, зусилля управлінського персоналу, а також інформаційно-комунікативний простір на кожному етапі та «вісі» життєвого циклу проекту. Впровадження даного підходу сприяє ефективному виконанню загальних функцій управління проектом, таких як планування, організація, мотивація та контроль, а також спеціальних функцій, зокрема забезпеченню гармонійного узгодження інтересів усіх зацікавлених сторін проекту.
- 2. Аналітичний базис сіткової (мережевої) організаційно-технологічної моделі будівництва** було трансформовано з традиційної мережевої моделі «робота-матриця» до оцифрованої моделі гібридного типу. Розроблено новий тип моделі для організації та управління будівництвом, який є ключовою інноваційною складовою теоретичної бази, що відображає процеси підготовки інвестиційно-будівельного циклу та управління будівництвом в рамках системи організаційно-технологічного девелопменту, адаптованої до потреб та особливостей будівельних девелоперських проектів. Головною інновацією цієї моделі є відтворення змісту робіт та етапів у графо-аналітичному форматі BIM-технологій, що відображають організаційно-технологічний та ресурсно-логістичний характер проекту. На відміну від традиційного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення та аналізу технічної і архітектурної документації проекту, дана робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проекту. В рамках цього підходу структуризація етапів та робіт

базується не на технічному змісті або розділах проектно-кошторисної документації (ПКД), а на укрупнених комплексах робіт будівельного девелоперського проекту, що виконуються певними виконавцями та регламентуються тристоронніми «угодами про субпідряд» між замовником, девелопером та виконавцем.

Інноваційні розробки здобувача, Олега Олександровича Приходька, у практиці компанії «Фомальгаут Полімін» дозволили досягти наступних результатів:

- **Чітка формалізація та адекватна прозорість процесів прийняття рішень** щодо функціональної взаємодії будівельної компанії як виконавця проекту з замовником та іншими зацікавленими сторонами проекту. Це дозволило покращити управління проектами та забезпечити їх більш ефективне виконання.
- **Розробка гібридної цифрової моделі участі будівельної компанії в інтегрованому циклі розробки проекту** із залученням сучасних цифрових технологій, що сприяло підвищенню ефективності та якості управління проектами.
- **Здатність виявити ступінь досягнення запланованих показників** під час розвитку будівельного підприємства впродовж його власного життєвого циклу. Це забезпечує можливість більш точного моніторингу та корекції виконання проектів для досягнення поставлених цілей.

Продуктивні результати участі Олега Олександровича Приходька як здобувача підтверджують значну практичну цінність та інноваційний характер його розробок. Враховуючи успішну реалізацію його наукових досягнень у діяльності компанії «Фомальгаут Полімін», рекомендується прийняти до уваги ці результати при розгляді питання щодо присудження Приходьку О.О. наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Директор
К.Т.Н.



С. А. Єршов

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ

" ПАРТНЕР КОНСТРАКШН БУД "

Україна, 03124, м. Київ, вул. Василенка Миколи, будинок 7. ЄДРПОУ 41912071

Тел. +38(067)-298-17-35 e-mail partnercreate2021@ukr.net

14.02.2024 № 43

Проректору з наукової роботи
та інноваційного розвитку КНУБА
к.т.н., ст.н.сп. Ковальчуку О.Ю.

*Про впровадження наукових результатів здобувача наукового ступеня PhD
О.О. Приходька в практику діяльності будівельної компанії
«ПАРТНЕР КОНСТРАКШН БУД»*

Здобувач КНУБА Олег Олександрович Приходько в 2023-2024 рр. плідно співпрацював з нашою компанією, яка в якості девелопера реалізовувала в межах власного бізнес-портфеля проект ЖК «Сучасний» (м.Мукачеве, вул.Дорошенка,4), який готувався і впроваджувався компанією-замовником «МВІ Group» сумісно з нашою компанією в якості девелопера проекту.

В процесі співпраці з нашою компанією здобувачем було використано власні інноваційні розробки:

- Прикладний апарат складання розрахункового базису «Індексу довіри девелопера» на ґрунті зважування інтегральних показників конкурентоспроможності організацій-виконавців». Це дозволяє ефективно координувати ресурсний та іміджевий потенціал проекту, зусилля управлінського персоналу та інформаційно-комунікативний простір на кожному етапі та "вісі" життєвого циклу проекту. Такий підхід сприяє належному виконанню загальних (планування, організація, мотивація, контроль) та спеціальних функцій управління проектом, а також досягненню раціонального злагодження між інтересами всіх зацікавлених сторін проекту;

- аналітичний базис сіткової (мережевої) організаційно-технологічної моделі будівництва. Дану модель від мережевої моделі «робота-матриця» було трансформовано до оцифрованої моделі гібридного типу. Було розроблено зовсім новий тип моделі для організації та управління будівництвом, який є ключовою інноваційною складовою теоретичної бази, що відображає процеси підготовки інвестиційно-будівельного циклу та управління будівництвом в рамках системи організаційно-технологічного девелопменту для відповідності потребам та особливостям будівельних девелоперських проектів. Основною інновацією цієї моделі є відтворення змісту робіт та етапів у графо-аналітичному форматі BIM-технологій організаційно-технологічного та ресурсно-логістичного характеру проекту.

На відміну від стандартного застосування BIM-технологій, які зазвичай використовуються для графічного представлення, аналізу технічної та архітектурної документації проекту, ця робота пропонує інтегрувати в BIM-модель всі аспекти життєвого циклу девелоперського будівельного проекту. В рамках цього підходу структуризація етапів та робіт не базується на технічному змісті або розділах проектно-кошторисної документації (ПКД), а складається з укрупнених комплексів робіт будівельного девелоперського проекту, що відведені певному виконавцю та регламентовані у відповідних тристоронніх «угодах про субпідряд» між замовником, девелопером та виконавцем.

Результати розробок Приходька О.О. в практиці компанії «Партнер Констракшн Буд» дозволило забезпечити:

- ✓ чітку формалізацію та адекватну прозорість у процесах прийняття рішень щодо функціональної взаємодії будівельної компанії як виконавця проекту з замовником та іншими зацікавленими сторонами проекту;
- ✓ гібридну цифрову модель участі будівельної компанії в інтегрованому циклі розробки проекту із залученням цифрових технологій;
- ✓ здатність виявити ступінь досягнення запланованих показників під час розвитку будівельного підприємства впродовж його власного життєвого циклу. Продуктивні підсумки участі Приходька О.О. як здобувача підтверджують значну практичну цінність та інноваційний характер його розробок. Це має бути враховано при прийнятті рішень щодо присудження Приходьку О.О. наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Генеральний директор



О. С. Болебрух



АЛЬФА-СЕРВІС

будівельна фірма

03048, м.Київ, Солом'янський район, ВУЛИЦЯ ЕРНСТА, будинок 16-Б,
приміщення 201 тел. (044) 2386511 Код ЄДРПОУ 22965175

Вих. № 64/10 від 08 лютого 2024 р.

Ректору КНУБА
доктору економічних наук,
професору Кулікову П.М.

Про досвід співпраці інвестиційної компанії «Альфа-сервіс» із
здобувачем КНУБА Приходько О.О.

Маємо повідомити, що в рамках в компанії «Альфа-сервіс» діючої в 2021-2024 рр. програми цифровізації управління компанії та цифрового реінжинірингу бізнес-процесів адміністрування проектами інвестування та будівництва було залучено інноваційні пакети прикладних програм та компоненти інформаційних технологій, які були розроблені здобувачем Приходьком О.О. при підготовці ним дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Для потреб цифрового супроводу участі компанії, коригування та оптимізації рішень в інвестиційних будівельних проектах ЖК «Буковинський», в м.Чернівці та ЖК «Весняний» в м.Винники, Львівська область, де наша компанія виступала спів-інвестором та девелопером проектів, було використано обґрунтовані здобувачкою розробки, такі як:

- *цифровий інструментарій*, який забезпечує функціонально-операційне та організаційно-технологічне моделювання процесів організації будівництва та адміністрування проектного циклу. Цей інструментарій базується на гібридній моделі, яка поєднує переваги традиційно-структурованих мережевих моделей організації будівництва з можливостями цифрових візуалізацій і трансформацій, BIM-технологій та методології SADT-проекування;

- комплекс програм цифрового моделювання циклу проекту, який відображає багато-аспектну (багато-шарову) цифрову візуалізацію циклу та середовища БДП. Кожен з аспектів відображає окремі цифрові «шари» візуалізації змісту БДП: «замовник», «склад виконавців», «індикатори БДП по стадіям», «графо-цифровий конструктив локальних моделей «робота-цифра», «цифрові параметри робота-цифра», «конкурентоспроможність організацій-виконавців», «цифровий регламент девелопменту проекту». Останній модуль регламентує діяльність оргструктури цифрового адміністрування БДП, починаючи з ініціації проекту та передінвестиційного девелопменту - до завершальної стадії, яка передбачає досягнення цільової продуктивності проекту.

Практика співпраці Приходька О.О. з компанією «Альфа-сервіс» довела доцільність та продуктивність сумісного застосування в діяльності компанії новітніх управлінських технологій з сучасними інструментами організаційно-технологічного обґрунтування, це забезпечило суттєве поліпшення процесів технічного та управлінського моніторингу проектів в контексті цифровізації будівельної галузі на основі використання BIM-технологій. Підсумки співпраці компанії із здобувачем Приходько О.О. створюють враження про рівень фахових наукових компетенцій здобувачки як такий, що відповідає рівню «доктора філософії» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Заступник директора
компанії**



Кравченко А.М.

Академія будівництва України
відділення «Менеджменту та організації інновацій»

До спеціалізованої
разової ради
у Київському національному
університеті будівництва
і архітектури
03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31

вих. № 12-н від 27.02.2024р.

Довідка про впровадження наукових результатів на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD)

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Здобувач: Приходько Олег Олександрович

Тема дисертації: «Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проектами будівництва»

Місце впровадження: Академія будівництва України

Номер НДР: W4-14-b

Тема НДР: «Вдосконалення аналітичного апарату обґрунтування формату девелопменту для проєктів будівництва»

Зміст наукового дослідження

Дисертаційна робота Олега Олександровича Приходька присвячена розробці та впровадженню комбінованого інструментарію організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проектами будівництва. Метою дослідження було підвищення ефективності управління будівельними проектами шляхом інтеграції сучасних технологічних рішень та цифрових інструментів у процеси планування, контролю і оцінки.

Основні результати та їх впровадження

У ході проведеного дослідження автор розробив і впровадив «цифровий профіль проєкту», який є інноваційним інструментом для оцінки та аналізу альтернативних варіантів проєктних рішень. Цей профіль базується на комплексній оцінці параметричних значень, що дозволяє кожній з альтернатив цифрової моделі проєкту отримати підсумковий рейтинг. Впровадження даного інструментарію було здійснено в рамках НДР «Вдосконалення аналітичного апарату обґрунтування формату девелопменту для проєктів будівництва».

Практичне значення впровадження

Завдяки впровадженню результатів дисертаційного дослідження в діяльність Академії будівництва України, було досягнуто таких позитивних змін:

1. **Оптимізація процесу прийняття рішень:** завдяки використанню цифрового профілю проєкту вдалося значно скоротити час та підвищити точність оцінки альтернативних варіантів проєктних рішень.
2. **Покращення якості управління проєктами:** інтеграція організаційно-технологічного інструментарію забезпечила більш чіткий контроль за виконанням будівельних робіт, що сприяло зниженню витрат та підвищенню якості виконання робіт.
3. **Збільшення інноваційної складової:** впровадження нових цифрових технологій сприяло підвищенню рівня інноваційності у сфері будівництва, що забезпечило конкурентні переваги для Академії будівництва України.

Дисертаційна робота Приходька Олега Олександровича на тему «Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проєктами будівництва» успішно впроваджена в практичну діяльність Академії будівництва України. Результати дослідження мають значний науковий та практичний потенціал, що сприяє розвитку будівельної галузі та підвищенню ефективності управління будівельними проєктами.

Президент АБУ
д.т.н., професор



І.І. Назаренко



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Повітрофлотський пр-т., 31, м. Київ-37, 03037, тел.: (044) 241-55-80, факс (044) 248-32-65
E-mail: knuba_admin@ukr.net, web: <http://www.knuba.edu.ua>, код ЄДРПОУ 02070909

16.02.2024 № 02-1.9/201

**ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ дисертаційної
роботи Приходька О.О. у науково-дослідні роботи КНУБА**

В процесі роботи над дисертацією на тему: «Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проектами будівництва» на здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» здобувач Олег Олександрович Приходько плідно співпрацювала з науково-педагогічним складом кафедри менеджменту в будівництві КНУБА при підготовці та впровадженні ряду науково-дослідних тем КНУБА, присвячених впровадженню організаційно-технічних та управлінських інновацій в процесі організації будівництва та адміністрування девелоперськими проектами.

Результати досліджень були використані при підготовці наступних науково-дослідних тем:

- «Розвиток управлінської взаємодії інституційних учасників девелоперських проектів» (№ 0121U111793, КНУБА, 2021-2024 рр.)» було застосовано розробку здобувача «4D-візуалізація змісту робіт циклу девелоперського будівельного проекту за стадіями, роботами, організаціями-виконавцями та цифровими індикаторами», де автором розроблено процедурний регламент та шкала формалізованого оцінювання організацій-виконавців девелоперського проекту;

- «Розбудова сучасного аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ 0115U000860, КНУБА), де автором розроблено методичне забезпечення цифрового оновлення моделей організації будівництва та структур адміністрування девелоперськими проектами, було залучено належну здобувачеві розробку «Аналітичний апарат складання розрахункового базису «Індексу довіри девелопера» на ґрунті зважування інтегральних показників конкурентоспроможності організацій-виконавців».

В зазначених роботах рівень участі автора – виконавець.

Проректор
з наукової роботи та
інноваційного розвитку



Олександр КОВАЛЬЧУК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Повітрофлотський пр-т., 31, м. Київ-37, 03037, тел.: (044) 241-55-80, факс (044) 248-32-65
E-mail: knuba_admin@ukr.net, web: <http://www.knuba.edu.ua>, код ЄДРПОУ 02070909

16.02.2024 № 02-1.9/202

ДОВІДКА ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів дисертаційної роботи Приходька О.О.
в навчально-методичний процес КНУБА

При підготовці дисертаційної роботи «Комбінований інструментарій організаційно-технологічного та цифрового адміністрування проектами будівництва» на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» здобувач Приходько О.О. продуктивно співпрацював з викладацьким складом кафедри менеджменту в будівництві та кафедри організації та управління будівництвом КНУБА, завдяки чому в освітній процес при підготовці випускників кафедри освітнього ступеня «бакалавр» та «магістр» (спеціальності 073 «Менеджмент» та 192 «Будівництво та цивільна інженерія») окремі компоненти науково-методичного доробку здобувача було впроваджені при підготовці методичного забезпечення та освітнього процесу по навчальним дисциплінам: «Спецкурс випускової кафедри», «Організація будівельного виробництва», «Інформаційне моделювання процесів організації і управління будівництвом», «Використання ВІМ інструментарію при плануванні та організації будівництва».

Проректор
з навчально-методичної роботи



Андрій ШПАКОВ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України, які індексуються в міжнародних наукометричних базах (Index Copernicus, Google Scholar)

1. Приходько О.О. Fuzzy-модель оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проєктами будівництва. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2024. – Вип. 85. – С. 514-525. DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.514-525. Режим доступу: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2024/202485.pdf>
2. Приходько О.О. Визначальні компоненти методичної платформи організації будівництва в умовах цифрової трансформації операційних систем виконавців проєктів *Просторовий розвиток*. Науковий збірник. – К., КНУБА, 2024. – Вип. 7. - С. 273-285. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.273-285. Режим доступу: <https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2024/SD2407.pdf>
3. Приходько О.О. Адаптація інтегрованого програмного продукту впровадження девелоперських проєктів на ґрунті комбінованого підходу *Нові технології в будівництві*: Наук.-техн. збірник. – К., НДІБВ, 2023, № 43. С.86-94. DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.11> Режим доступу: <http://ntinbuilding.ndibv.org.ua/v43-2023>
4. **Przyhodko O.**, Nikolaev G. Application of the combined approach in the organization of construction for structuring and substantiation of a cycle of difficult infrastructure projects. *Містобудування та територіальне планування*: Наук.-техн. збірник. – К., КНУБА, 2022. – Вип. 79. – С. 355-364. DOI: 10.32347/2076-815x.2022.79.355-365 Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2022_79_34
5. **Приходько О. О.**, Трач Р. В., Фесун А. С., Гергі Д. С. Організаційно-технологічні предиктори будівельного девелопменту в контексті інформаційного моделювання середовища впровадження проєктів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 56. С. 155 – 164, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.155-164. Режим доступу: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-56/155-164.pdf>
6. Хоменко О. М., **Приходько О. О.**, Дружинін М. А., Жалдак Р. Ю. Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та девелоперського супроводу проєктів будівництва. *Просторовий розвиток*: Науковий збірник. – К., КНУБА, 2023. – Вип. 3. – С. 162-172. DOI: 10.32347/2786-7269.2023.3.162-172. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2023_3_16.
7. Ніколаєв Г. В., **Приходько О.О.**, Кричевський О. М. Зміна конфігурації та технології адміністрування підприємством–девелопером в контексті науково-прикладних засад організації будівництва. *Просторовий розвиток*. - 2022. - Вип. 2. - С. 193-203. DOI: 10.32347/2786-7269.2022.2.193-203. Режим

- доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/spdev_2022_2_17
<https://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/29/2022/SD202202.pdf>
8. **Prykhodko O.**, Nikolaev G., Akselrod R. Update models of construction organization in the context of their adaptogenicity to modern management and digital technologies. *Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник.* – К., КНУБА, 2022. – Вип. 80. – С. 324-333. DOI: 10.32347/2076-815X.2022.80.324-333 Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2022_80_31
 9. Орленко І. М., Жалдак Р. Ю., **Приходько О. О.**, Шпаков А. В. Модифікація методично-прикладного інструментарію діагностики фінансового стану будівельного підприємства в контексті санаційного менеджменту. *Управління розвитком складних систем.* Київ, 2021. № 46. С. 100 – 107, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.46.100-107. Режим доступу: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-46/16.pdf>
 10. Чернишев Д. О., **Приходько О. О.**, Аксельрод Р. Б. Розвиток науково-методологічних та аналітичних підходів щодо вияву впливу екоінновацій на рівень організаційно-технологічної надійності будівництва. *Управління розвитком складних систем.* Київ. 2021. № 47. С. 138 – 150, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.47.138-150. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_47_19
 11. Chernyshev D., **Prykhodko O.**, Zhaldak R. Functional-technological subsystems of digital transformations of business processes and organizational structures of construction enterprises. *Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник.* – К., КНУБА, 2021. – Вип. 78. – С. 508-519. DOI: 10.32347/2076-815x.2021.78.508-519. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2021_78_46.
 12. Шпаков А. В., **Приходько О. О.**, Кушнір І. І. Структурно-когнітивна та економіко-аналітична основа цифрової трансформації процесів адміністрування будівельними підприємствами. *Управління розвитком складних систем.* Київ. 2021. № 48. С. 135 – 144, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.135-144. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2021_48_18

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

(Журнали включено до наукометричних баз: Index Copernicus, Scientific Indexing Services, Citefactor, Open Academic Journals Index Ulrichsweb, BASE)

13. **Pryhodko O.**, Kushnir I., Hrynenko I., Khomenko O. (2021) Innovative analytical and applied apparatus for modeling the organization of construction and development support of projects. *International independent scientific journal*, №34 (2), p.6-11. ISSN 3547-2340 (Kraków, Rzeczpospolita Polska). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7061509> Режим доступу: https://www.iis-journal.com/wp-content/uploads/2024/03/IISJ_34_2.pdf

14. Nikolaiev G., **Prykhodko O.** (2022) Organizational-regulation and analytical-information-support of the operational activities for the stakeholder of construction projects. *Středoevropský věstník pro vědu a výzkum* № 9. ISSN: 2336-3630 (*online*), Praha, Чеська Республіка. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323161&journalId=20855>
15. O. Khomenko, M. Druzhynin, **O. Prykhodko**, R. Zhaldak (2022) Organization and management of digital transformation of business structures in construction development. *News of Science and Education*, № 1(9). ISSN:2312-2773 (*online*). UK: Sheffield. Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/search/journal/issue?issueId=323990&journalId=3231>

Матеріали конференцій, де здійснено апробацію роботи:

16. Prykhodko O. Systematization of general theoretical and design prerequisites for updating construction organization models in the context of their adaptability to modern management and digital technologies Materials of the XII International scientific and practical Conference «Perspective developments in science and technology», Volume 2. Sheffield: Science and education LTD, 2020.- С. 27-30.
17. Приходько О. О. Діагностика рівня управлінсько-технологічної зрілості будівельних підприємств: детермінанти моделі та пріоритети стратегії в умовах структурних перетворень. Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України : зб. матер. IV Всеукр. круглого столу з міжнар. участю, 17 листопада 2021 р. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КОМПРИНТ, 2022. – С. 233 – 238. – (До 75-річчя з дня створення ООН з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО)).
18. Приходько О. О. Трансформація операційної діяльності підприємств девелоперів у будівництві: функціонально-технологічна та цифрова оцінка. Міжнародний науково-технічний форум «Архітектура, Дизайн та Будівництво: Інноваційні технології»: програма та тези доповідей. Київ, ДП НДІБВ, 2021. С.87
19. Приходько О. О. Інноваційний інструментарій організаційно-технологічного девелопменту проєктів будівництва: інтеграція BIM-технологій, Project management та Agile-методології. Матеріали V міжнар. конф. «Актуальні проблеми освітнього процесу в контексті європейського вибору України», Київ, КНУБА, 2022. С.22.
20. Prykhodko O. The urgency of implementing the European experience of digital administration and digital transformation of project management in the practice of construction in Ukraine. Materiály XVII Mezinárodní vědecko - praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy -2023», Volume 3: Praha. Publishing House «Education and Science», p.19-23.

21. Приходько О.О. Advantages of using a combined approach in the organization of construction to structure and justify the cycle of complex infrastructure projects (Переваги застосування комбінованого підходу в організації будівництва для структуризації та обґрунтування циклу складних інфраструктурних проєктів). Програма круглого столу "Налаштування освітніх траєкторій в підготовці менеджерів будівництва в контексті відбудови України". Київ: КНУБА, 2024. С. 21.
22. Zhaldak R., Innovative scientific-analytical and practical developments to improve the functional and technological reliability of construction project executors. The 9th International scientific and practical conference "Global science: prospects and innovations". Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2024. P. 115-118.
23. Приходько О.О. Узгодження формату організації будівництва та управління господарським портфелем будівельних проєктів підприємства-девелопера в умовах цифрової трансформації. Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку : Матеріали V Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.: тези доповідей. Київ: 2024. С.210-213.
24. Приходько О.О. Інтелектуально-цифрові компоненти розвитку операційних систем та організаційних структур будівельних підприємств. Програма та тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Енергоощадні машини і технології», Київ, КНУБА, 2024. С. 33