

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЧЕРНИШЕВ ДЕНИС ОЛЕГОВИЧ**

УДК 69.05:725.8

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ  
БУДІВНИЦТВА НА ЗАСАДАХ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ**

05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва  
19 - Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

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



Д.О. Чернишев

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант: Заяць Євген Іванович, доктор технічних наук, доцент

Дніпро – 2018

## АНОТАЦІЯ

*Чернишев Д.О.* Науково-методологічний інструментарій організації будівництва на засадах біосферосумісності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» (19 – Архітектура та будівництво). – Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська академія архітектури та будівництва» Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2018.

Робота містить нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми запровадження і обґрунтування інноваційної методологічної бази та прикладного інструментарію організації біосферосумісного будівництва, що реалізуються у форматі сучасного будівельного девелопменту, з урахуванням оновлюваних національних стандартів екологічного та енергоощадного будівництва у світлі новітньої парадигми, пов'язаної з біотектонічними концепціями формування екопростору.

Дане дослідження є відповіддю на впровадження в систему організації будівництва передових уявлень щодо напрямку та змісту трансформації будівництва до формату соціально-відповідальної діяльності – в рамках сучасної концепції стійкого розвитку та передових підходів до проектування та зведення будівельних об'єктів – так званого екологічно раціонального проектування, яке передбачає інтеграцію, аналіз та оптимізацію екологічних, технологічних, соціальних та економічних факторів на кожному етапі процесу проектування, широке використання енергозберігаючих технологій і відновлюваних ресурсів, у тому числі замкнутий цикл ресурсоспоживання / ресурсозбереження, гармонічне входження нового будинку в навколишнє природне середовище, що має системно знизити шкідливий вплив людської діяльності на навколишнє середовище.

В країнах Євросоюзу набувають поступового поширення інноваційні будівельні програми та проекти забудови міських районів на засадах біосферного сумісництва. Ключовими стратегічними детермінантами таких програм та проектів визначено:

- організацію будівництва на принципово інноваційних засадах, що в пріоритеті спрямовані на формування безпечної (та сприятливої до саморозвитку) життєдіяльності людини;

- забезпечення балансу біо-, техно-, соціосфер урбанізованих територій;

- успішне залучення влади, інституційних учасників, будівельних організацій та цільових споживачів до організації циклу «започаткування – інвестування – будівництво – експлуатація» об'єктів будівництва, що комфортно імплементуються до існуючої екосистеми територій забудови (параметри якої в країнах Євросоюзу є об'єктом підвищеної уваги).

В умовах триваючого сповільнення темпів активізації будівельного ринку, зменшення кількості будівельних проектів, що підлягають підготовці та впровадженню, та відповідного зменшення обсягів будівельних та спеціальних робіт, спостерігається системна траєкторія руху організації будівництва до визначення вимог провідних учасників інвестиційних проектів до біосферосумісного будівництва як провідної складової конкурентоспроможності проектів будівництва та однієї з ключових вимог їх успішного впровадження – впродовж усього життєвого циклу проектів.

Отже, перехід до біосферосумісного будівництва в Україні слід оцінювати як важливу стратегічну перспективу, яка вплине на реформацію архітектурно-конструктивних, технічних та організаційно-технологічних стандартів будівництва. Організація будівництва на засадах біосферосумісності є запорукою успішного залучення іноземних інвестицій до будівельної галузі країни та стратегічним пріоритетом подолання кризових явищ в галузі. Реалізація перспектив біосферосумісного

будівництва в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Тому створення інструментарію організації будівництва для методологічного обґрунтування та прикладного супроводу проектів будівництва на засадах біосферосумісності є актуальною проблемою, що потребує вирішення.

Науково-теоретична цінність роботи полягає в тому, що вперше створено і впроваджено в практику організації будівництва методологію та науково-прикладний інструментарій, які формалізовано пов'язують тривалість, ресурсоемність, організаційно-технологічні та функціональні характеристики будівельного проекту з новітньою мультикритеріальною та мультифакторною аналітичною основою забезпечення біосферосумісності будівництва як провідної складової організаційно-технологічної надійності будівництва.

В форматі створеної методології надано інноваційне обґрунтування категорії «біосферосумісне будівництво» (БСБ) як комплексної дефініції, що визначається як провідна складова інтегрованої організаційно-технологічної надійності проектів будівництва в умовах урбанізації, глобалізаційних викликів та є продуктивним форматом організації життєвого циклу будівельних проектів – від започаткування до ведення в дію, включаючи організацію будівництва. БСБ передбачає організацію будівництва на ґрунті екологічності та енергоощадності, за умови підпорядкування сучасним організаційним та інформаційно-аналітичним технологіям будівельного девелопменту. В роботі розкрито контентно-процесуальну сутність дефініції «організаційно-технологічна надійність будівництва на засадах біосферосумісності» шляхом належного узгодження змісту та еволюційної траєкторії цієї дефініції з теоретичним підґрунтям та практикою організації будівництва, а також передовими уявленнями та сучасними європейськими вимогами щодо біосферосумісності у будівництві. Відповідно до концепції біосферної сумісності будівництва здійснено формування і обґрунтування методологічних, аналітичних та прикладних підходів щодо запровадження та

розробки інструментарію організації будівництва і організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності згідно з Міжнародними вимогами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design).

Важливою інновацією роботи є суттєве розширення змісту та формату розгляду інвестиційно-будівельного циклу організації будівництва на засадах біосферосумісності. На відміну від традиційних уявлень в організації будівництва, об'єктом розгляду є не лише будівельна фаза, але й передінвестиційна, включаючи початковий інвестиційний задум, де формуються вимоги щодо організаційно-технологічних рішень та розглядаються директивні вимоги щодо біотехносередовища реалізації проекту, що узгоджено визначаються замовником, інвестором та майбутніми споживачами готової продукції проекту і надалі мають бути дотримані впродовж циклу будівельного проекту, що підлягає моделюванню та наступному коригуванню.

Відповідно до сутності інструментарію організації біосферосумісного будівництва, провідними складовими організаційно-технологічної надійності будівництва визначено:

- стан «біосферосумісності будівництва»;
- національні стандарти екологічно безпечного та енергоощадного будівництва;
- обов'язковість організації будівництва у форматі сучасного девелопменту, що передбачає розгляд організації будівництва у невід'ємній методичній та практичній єдності із стадіями передінвестиційної та експлуатаційної фаз проектного циклу, у спрямуванні на гармонізацію рівноваги між стратегічними цілями проекту, параметрами проекту та індикаторами успішності життєвого циклу проекту, структурованого за фазами, стадіями та роботами.

Методологічну основу інструментарію організації БСБ складає універсальна методологічна концепція та методика організаційно-технологічного реінжинірингу проектів організації будівництва на засадах біосферосумісного будівництва. Це надає науково обгрунтовані засади для адаптації архітектурно-планувальних, розрахунково-конструктивних, організаційно-технологічних рішень будівельного проекту (включаючи оцінку рівня біосферосумісності використовуваних у процесі будівництва матеріалів та виробів) до вимог БСБ впродовж усього інвестиційно-будівельного циклу – від ініціації проекту до його введення в дію (або демонтажу будівлі і споруди).

Нормативно-методичну основу створеного інструментарію БСБ складають чинні нормативні документи України в архітектурно-будівельній галузі, міжнародні стандарти ISO та сучасні напрацювання провідних зарубіжних та вітчизняних фахівців щодо біосферосумісності у будівництві. Пропонована в роботі методико-прикладна система оцінювання рівня біосферосумісності базується на визначенні рейтингового показника як функції інтегральної сукупності оцінок досягнення певних рівнів відповідності за пріоритетними напрямками (категоріями). Кожна категорія представлена окремою групою критеріїв – специфічних вимог до архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, екологічних та адміністративно-управлінських рішень проекту.

Провідними аналітичними характеристиками створеного інструментарію організації біосферосумісного будівництва визначено мультикритеріальність опису біотехносередовища та адаптованість до змісту, призначення і прикладних переваг Building Information Modeling – технології інформаційного моделювання промислових та цивільних об'єктів будівництва (BIM-технології). Перша характеристика – як провідна «архітектонічно»-процесуальна характеристика створюваного інструментарію – забезпечує належні для специфіки проекту біосферосумісного будівництва візуалізацію, структурування та

моделювання основних фаз, стадій та етапів будівельного проекту у відповідності з організаційно-технологічним змістом робіт, архітектурно-будівельними елементами будівельного об'єкту. Застосований на підставі вищезазначених міркувань апарат оцінювання рівня БСБ – на ґрунті використання універсальної функції Харрінгтона та семантичної шкали оцінювання – забезпечує формалізовану трансформацію мультифакторних оцінок в сукупний (інтегральний) показник біосферосумісності будівництва. Зазначений інтегральний показник – на поточній координаті впровадження проекту – коригується з нормативними вимогами. Результати оцінювання дають підстави для подальшого коригування організаційно-технологічних рішень з метою приведення рівня БСБ у відповідність з директивними вимогами.

Важливою інновацією в організації будівництва слід вважати застосування динамічного вейвлет-аналізу. Використовувані раніше, переважно в сфері інформаційних технологій, інструментально-аналітичні та візуальні можливості динамічного вейвлет-аналізу дозволили застосувати його для потреб динамічної (оцінюваної в поточних координатах часу інформаційно-будівельного циклу проекту) стохастичної оцінки рівня біосферосумісності будівництва в порівнянні з провідними організаційно-технологічними характеристиками. Це створює належні наукові підстави для вибору варіантів організації будівництва, що є раціональними водночас і з позицій біосферосумісності, і з урахуванням організаційно-технологічних рішень.

Практична цінність створеного інструментарію організації будівництва, що забезпечує його прикладні переваги як інструменту прийняття організаційно-технологічних рішень, насамперед, визначається спеціальним налаштуванням складових комплексу оцінки та коригування організаційно-технологічної надійності (ОТН) будівельних проектів на узгодження характеристик біосферосумісності з функціональною, організаційно-технологічною та конструктивною специфікою проектів (як

об'єктів будівництва) та з особливостями організації інвестиційно-будівельного циклу таких проектів як об'єктів комерційного/некомерційного інвестування, будівництва та експлуатації. Модулі створеного інструментарію реалізовані в цілісному алгоритмічному форматі, на ґрунті єдиної стратегічної/поточної координати життєвого циклу проектів, що реалізуються у форматі БСБ, з належним спрямуванням методико-аналітичних підходів та процедур на забезпечення директивних вимог провідних учасників проекту (замовника, інвестора, девелопера) щодо біосферосумісності, енергоощадності та екологічної безпеки будівництва.

Завдяки синергійному поєднанню аналітико-інтелектуальних можливостей BIM-технологій (щодо 3D-візуалізації та моделювання архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, енергоощадних та екологічних рішень щодо об'єкту будівництва) та інноваційних переваг динамічного вейвлет-аналізу (для врахування та подолання невизначеності щодо проекту БСБ), створений на базі інструментарію БСБ програмний продукт слід розглядати як передовий інструмент адаптації організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських рішень будівельного проекту до вимог біосферосумісності, що висуваються замовником на початку інвестиційно-будівельного циклу і мають реалізовуватись в сучасному форматі будівельного девелопменту.

Створені на базі інструментарію модулі прикладного програмного комплексу «Bio-Therm» успішно вирішують завдання термодинамічного аналізу конструкцій будівель (дозволяє оцінити процеси передачі тепла через огорожувальні конструкції будівлі як в цілому, так і в окремих вузлах, де можуть виникати місцеві зниження температури, що загрожує виникненням конденсації вологи, пошкодженням структурної цілісності і зниженням надійності теплоізоляційної оболонки). Одержані на ґрунті використання модулів «Bio-Therm» висновки складають основу для подальшого складання енергетичного паспорту будівлі та сертифікації об'єкту за вимогами БСБ.



Важливою прикладною перевагою створеного інструментарію є можливість його використання для вирішення завдань інженерного захисту територій (включаючи необхідний комплекс протизсувних заходів). Для потреб такого захисту спеціальні програмні модулі дозволяють виявити параметри напружено-деформованого стану ґрунтового масиву під дією статичних, динамічних, гідродинамічних та сейсмічних навантажень на території забудови (успішність застосування підтверджено позитивними результатами застосування в рекреаційних зонах морського та річкового узбережжя України).

Відповідно до вимог «Галузевої програми підвищення енергоефективності у будівництві на 2010-2020 роки», в складі створеного інструментарію передбачено спеціальні модулі, що в рамках проектів БСБ дозволяють забезпечити обґрунтоване розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах будівель та досягти раціонального теплового балансу склопакетів вертикальних огорожувальних конструкцій з навколишнім середовищем.

Запроваджений та обґрунтований в роботі інструментарій включає прикладні виробничо-технологічні та організаційні модулі діагностування всього будівельного проекту та, зокрема, його ОТН, на ґрунті рейтингової системи якості проектних та будівельних рішень за критеріями енергоощадності, впливу на екологію, забезпечення комфортності середовища життєдіяльності людини та ресурсозбереження. Спеціальні модулі програмного комплексу призначені для виявлення переваг застосування енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії для забезпечення біосферосумісності будівельного проекту.

Таким чином, за результатами успішного впровадження в практику, є підстави розглядати створений інструментарій як прикладну основу інноваційної методології проектування та будівництва енергоефективних біосферосумісних будівель, що належно узгоджує архітектурно-конструктивні, організаційно-технологічні та інженерно-технічні особливості

об'єктів будівництва з вимогами біосферосумісності в різних природно-кліматичних та еколого-техногенних умовах України.

Ключові слова: організація будівництва, біосферосумісне будівництво, організаційно-технологічна надійність будівництва, будівельний проект, організаційно-технологічні рішення, енергоефективність, тривалість, вартість.

## SUMMARY

*Chernyshev D.O.* Scientific and methodological tools for organization of construction on the basis of biosphere compatibility. – Qualification scientific work as a manuscript.

Thesis for the degree of doctor of technical sciences in specialty 05.23.08 «Technology and organization of industrial and civil engineering» (19 – Architecture and Civil Engineering). – State higher educational establishment «Prydniprovskya state academy of civil engineering and architecture» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2018.

The work contains a new solution to the actual scientific and applied problem of introduction and substantiation of the innovative methodological base and applied tools of organization of biosferous building construction that are implemented in the format of modern construction development, taking into account updated national standards of environmental and energy saving construction in the light of innovation paradigms, It is associated with biotechnological concepts of the formation of eco-space. This research is a response to introducing into the system of organization of construction of advanced ideas about the direction and content of the transformation of construction to the format of socially responsible activities – within the framework of the modern concept of Sustainable Development and advanced approaches to the design and construction of construction objects – the so-called.

Environmentally sound design (Sustainable Design), which involves the integration, analysis and optimization of environmental, technological, social and economic factors at each stage of the design process, widespread use of energy saving technologies and renewable resources, including a closed cycle of resource consumption / resource conservation, the harmonious entry of a new home into the natural environment, which should systematically reduce the harmful effects of human activities on the environment.

In the European Union, innovative building programs and urban development projects are being gradually developed on the basis of the so-called «Biosphere compatibility». The key strategic determinants of such programs and projects are:

- organization of construction on a fundamentally innovative basis, aimed at the formation of a safe (and self-development) human life;
- ensuring the balance of bio-, techno- and sociospheres of urbanized territories;
- successful involvement of authorities, institutional participants, construction organizations and target consumers in the organization of the «start-investment-construction-operation» cycle of construction projects that are comfortably implemented in the existing ecosystem of the development territories (parameters of which in the conditions of the European Union are subject to increased attention).

In the conditions of the continuing slowdown of the construction market activation, the decrease in the number of construction projects to be prepared and implemented, and the corresponding decrease in the volume of construction and special void, the system trajectory of the organization of construction is observed. The growth of the requirements of leading project participants to biosphere-compatible construction as a key component of reliability and competitiveness construction projects, and one of the key requirements for their successful implementation – throughout the entire duration and life cycle of projects.

Consequently, the transition to biosphere-building in Ukraine should be considered as an important strategic perspective, which will affect the reform of the content and architectural, constructive, technical and organizational-technological standards of construction. The realization of the prospects of biospheric-compatible construction in the context of its organization is hampered by the lack of proper methodological, scientific, theoretical and applied developments. The organization of construction on the basis of biospheric compatibility is the key to the successful attraction of foreign investment in the construction industry of the country and, therefore, a strategic priority to overcome the crisis phenomena in the industry. The realization of the prospects of biospheric-compatible construction in the context of its organization is hampered by the lack of proper methodological, scientific, theoretical and applied developments. Therefore, the creation of a toolkit for building construction for the methodological substantiation and application support of «construction projects on the basis of biosferous construction» is an urgent problem that needs to be addressed.

The scientific and theoretical value of the work is that for the first time the methodology and scientific-applied toolkit has been created and implemented in the practice of contract construction construction, which formalizes the duration, resource intensity, organizational, technological and functional characteristics of the implementation of the construction project with the latest multicriterial and multifactorial the analytical basis for the provision of biospheric compatibility of construction as a leading – in accordance with the eurovolume - an organizational component of the tech safety construction.

In the format of the developed methodology, an innovative substantiation of the category «biosphere-compatible construction» (BCC) as an integrated definition, defined as a leading component of the integrated organizational-technological reliability of construction projects in the context of urbanization, globalization challenges, is provided as a productive format for the organization of the life cycle of construction projects – from start-up to operation, including organization of construction. The BCC envisages the organization of construction

on the basis of environmental and energy-saving, subject to the submission of modern organizational and information-analytical technologies for construction. The content-procedural essence of the definition «organizational and technological reliability of construction on the basis of biospheric compatibility» is revealed by proper coordination of the content and evolutionary trajectory of this definition with the theoretical foundations and practice of organization of construction, as well as advanced concepts and modern European requirements for biosensitivity in the construction industry. In accordance with the concept of biosphere compatibility in construction, the formation and substantiation of methodological, analytical and applied requirements for the introduction and construction of tools for the organization of construction and organizational and technological support of construction projects on the basis of biospheric compatibility in accordance with the International Requirements (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design).

A significant innovation of the work is a significant expansion of the content and format of consideration of the investment and construction cycle of the organization of construction on the basis biosphere-compatible. Unlike traditional ideas in the organization of construction, the object of consideration is not only the construction phase, but also the pre-investment, including the initial investment plan, where the requirements for organizational and technological decisions are formed and the legislative requirements for the biotechnology of the project are considered, agreed upon by the customer, the investor and future customers of the finished products of the project should continue to be respected during the cycle of the construction project, which is subject to modeling and subsequent adjustment.

According to the essence of the toolkit organization biosphere-compatible construction, the leading components of organizational and technological reliability of construction is defined:

- the state of «biospheric compatibility of construction»;

- national standards for environmentally safe and energy-saving construction;
- obligation of the organization of construction in the format of modern development, which involves consideration of the organization of construction in an integral methodological and practical unity with the stages of pre-investment and operational phases of the project cycle, with a view to harmonizing the balance between the strategic objectives of the project, project parameters and indicators of the success of the life cycle project, structured according to phases, stages and works.

The methodological basis of the BCC organization toolkit is the universal methodological concept and methodology of organizational and technological reengineering of construction projects on the basis of biosferous-compatible. It provides scientifically grounded principles for the adaptation of the architectural and planning, calculation and construction, organizational and technological decisions of the construction project (including the assessment of the level of biospheric compatibility used in the construction of materials and products) to the requirements of the BCC throughout the investment and construction cycle – from the initiation of the project to its introduction in operation (or dismantling of buildings and structures).

Regulatory and methodical basis of the created BCC toolkits are the current normative documents of Ukraine in the architectural and construction industry, international ISO standards and current developments of leading foreign and domestic experts on biosphere compatibility in construction. The methodical-applied system of evaluation of the level of biospheric compatibility offered in the work is based on the definition of the rating index as a function of the integral aggregate of the estimations of achievement of certain levels of conformity according to the priority directions (categories). Each category is represented by a separate group of criteria – specific requirements for architectural design

organizational-technological, environmental and administrative-management decisions of the project.

The leading analytical characteristics of the created tool for organizing biosferous construction are the multicriteriality of the description of the biotechnology environment and its adaptability to the content, purpose and application advantages of the Building Informational Modeling – technology of information modeling of industrial and civil engineering objects (BIM-technologies). The first characteristic – as the leading «architecturally» – process characteristic of the toolkit being created – ensures the visualization, structuring and modeling of the main phases, stages and stages of the construction project in accordance with the organizational and technological content of the works, the architectural and building elements of the building construction, which are appropriate for the specifics of the project of biospheric-compatible construction. the object. Based on the foregoing considerations, the BCC – based assessment apparatus – based on the use of Harrington’s universal function and the semantic rating scale – ensures the formal transformation of multifactor estimates into the aggregate (integral) indicator of biospheric compatibility of construction. The indicated integral indicator – at the current coordinate of the project implementation – is adjusted to the regulatory requirements. The results of the evaluation provide the basis for further adjustments of organizational and technological decisions in order to bring the level of the BCC in line with the legislative requirements.

On the basis of the toolkits, the modules of the application software complex «Bio-Therm» successfully solve the tasks of the thermodynamic analysis of building constructions (it allows to evaluate the processes of heat transfer through the enclosing structures of the building as a whole, as well as in separate units, where local temperature reductions may occur, which may arise moisture condensation, damage to structural integrity and decrease the reliability of the thermal insulation shell). Based on the use of Bio-Therm modules, the findings

form the basis for further building up the energy certificate of the building and certification of the object according to the requirements of the BCC.

The toolkit created by the applied application of the tool is the ability to use it for the tasks of engineering protection of territories (including the necessary complex of anti-landslide measures). For the needs of such protection, special program modules allow to detect the parameters of the stress-strain state of the earth's mass under the influence of static, dynamic, hydrodynamic and seismic loads on the territory of the building (the success of the application is confirmed by the positive results of application in the recreational zones of the sea and river coast of Ukraine).

In accordance with the requirements of the «Sector Energy Efficiency Program in Construction for 2010-2020», the developed toolkit provides special modules, which, in the framework of the BCC projects, allow for the reasonable location of translucent structures on the facades of buildings and achieve a rational thermal balance of double glazed windows of vertical fencing structures with surrounding ones the environment.

The implemented and well-grounded toolkit includes applied manufacturing, technological and organizational modules for diagnosing the entire construction project, and in particular its organizational and technological reliability, on the basis of the rating system of quality of design and construction decisions on the criteria of energy efficiency, impact on the environment, ensuring the comfort of the environment of human life and resource conservation. Special modules of the software complex are intended to reveal the advantages of using the energy potential of renewable energy sources to ensure the biospheric compatibility of the construction project.

Thus, based on the results of successful implementation in practice, there are grounds to consider the created toolkit as an applied basis of the innovative methodology for the design and construction of energy-efficient biosphere-compatible buildings, which adequately coordinates the architectural, structural, organizational, technological and engineering features of construction objects with



the requirements of biospheric compatibility in various natural and climatic and ecologically-technogenic conditions of Ukraine.

Key words: organization of construction, biosphere-compatible construction, organizational and technological reliability of construction, building project, organizational and technological decision, energy efficiency, duration, cost.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

#### *Монографія:*

1. Чернишев Д.О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва: Монографія / Д.О. Чернишев. – Київ: КНУБА, 2017. – 294 с.

#### *Статті в наукових фахових виданнях України:*

2. Чернишев Д.О. Рекомендації по гідравлічному розрахунку і проектуванню водовідведення з поверхні доріг / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2010. – Вип. 38. – С. 439-444.

3. Чернишев Д.О. Каналізаційні міські очисні споруди – проблеми та шляхи вирішення / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 39. – С. 432-435.

4. Чернишев Д.О. Диверсифікація як стратегічна координата економічної рівноваги підприємства впродовж його життєвого циклу / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 33, ч. 2. – С. 94-100.

5. Чернишев Д.О. Концептуально-методологічне оновлення організаційно-технологічних та адміністративних характеристик діяльності корпоративних структур у будівельному комплексі України / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 34, ч. 2. – С. 152-162.

6. Чернишев Д.О. Концептуальні засади організаційно-технологічного реінжинірингу проектів на принципах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 30. – С. 205-209. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

7. Чернишев Д.О. Застосування wavelet-аналізу як прикладного інструментарію вияву та подолання невизначеності у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 31. – С. 198-203. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

8. Чернишев Д.О. Методичні засади забезпечення надійності організаційно-технологічних рішень у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 32. – С. 210-215. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

9. Chernyshev D.O. Engineering protection eco-systems territories on the biosphere compatibility principles application / D.O. Chernyshev // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2017. – Вип. 2 (49). – С. 261-269.

10. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання рівня організаційно-технологічної надійності будівель і споруд у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – № 3. – С. 101-107. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

11. Чернишев Д.О. Обґрунтування технологічних можливостей екосистем у біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – № 4. – С. 62-70. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

12. Чернишев Д.О. Інформаційна технологія інтегрування математичних моделей у геоінформаційні системи еколого-інженерного захисту територій будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 49. – С. 395-403.

13. Chernyshev D. Updating of the methodological basis of the organization of construction to provide the european requirements for the organizational and technological reliability of construction projects / D. Chernyshev // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – № 2 (23). – С. 82-85.

14. Чернишев Д.О. Методологічні основи позиціонування істотних ресурсно-календарних характеристик будівельного контракту в контексті «повного ресурсного циклу» будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 64. – С. 428-437.

15. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 65. – С. 516-527.

16. Чернишев Д.О. Сучасні засоби просторово-територіального моделювання екосистем інженерного захисту / Д.О. Чернишев // Екологічна безпека та природокористування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 3-4 (24). – С. 58-66.

17. Чернишев Д.О. Сучасні технології «ALARA» як інструмент керування впливом на формування біосферосумісного середовища об'єктів будівництва / Д.О. Чернишев // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 22. – С. 5-10.

18. Чернишев Д.О. Інноваційно-аналітична платформа формалізації змісту та процесів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві. – 2017. – № 33/1. – С. 86-91.

19. Чернишев Д.О. Адаптація інструментарію організації будівництва до змісту та прикладних переваг BIM-технологій / Д.О. Чернишев //

Будівельне виробництво. Серія: Технічні науки. – К.: ДП «НДІБВ», 2017. – № 62/3. – С. 21-27.

20. Чернишев Д.О. Формалізований контур девелопменту будівельних проектів рекреаційно-продуктивного відновлення територій / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 33. – С. 191-197. *(Видання включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus).*

21. Чернишев Д.О. Інструментарій організації технологічного та управлінського супроводу проектів реконструкції реалізований на засадах біосферосумісності / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 35. – С. 220-226.

22. Чернишев Д.О. Прикладна компонента оцінювання функціонально-технологічної надійності нульового циклу проектів в складі інструментарію біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 36, ч. 2. – С. 194-201.

23. Identification of defects of the piles with reflected waves / Lebid O., Kaliukh I., Verchun Y., Chernyshev D. // Екологічна безпека та природокористування. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 25. – С. 64-76.

24. Чернишев Д.О. Вимоги до інструментарію організаційно-технологічного супроводу проектів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев, Є.І. Заяць, В.В. Ковальов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2018. – № 4. – С. 47-54. *(Видання включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus).*

*Стаття у зарубіжному науковому періодичному виданні:*

25. Chernyshev D.O. Conceptual and analytical features of attribution for biosphere construction projects in the development management system /

D.O. Chernyshev, M.A. Druzhynin // Paradigm of knowledge. – 2018. – № 2 (28). – P. 20-32.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

26. Чернишев Д.О. Науково-методичні засади аналізу ризиків будівництва спортивно-оздоровчих об'єктів / Д.О. Чернишев // Презавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: II міжнар. наук.-практ. конф., 09-11 листопада 2016 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2016. – С. 125-126.

27. Чернишев Д.О. Забезпечення ситуативно-адаптаційних властивостей моделей організації біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Predni vedecke novinky – 2017: XIII mezinar. ved.-prakt. konf., 22-30 srpna 2017: materialy konf. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2017. – S. 61-63.

28. Чернишев Д.О. Адаптація змісту аналітичної моделі «ОТН-Буд-Ресурс» для оцінки організаційно-технологічної надійності в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Nauka: teoria i praktyka – 2017: XIII miedzynar. nauk.-prakt. konf., 7-15 sierpnia 2017: materialy konf. – Przemysl: Nauka i studia, 2017. – Т. 3. – С. 26-28.

29. Чернишев Д.О. Інформаційна модернізація аналітичного супроводження організації підготовки будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Новини на научния прогрес – 2017: XIII междунар. науч. практ. конф.: матеріали конф. – София: Бялград-БГ, 2017. – Т. 3. – С. 29-30.

30. Chernyshev D. Modernization of identification indicators organizational-technological reliability: substantial and functional formulation of the problem to the applied algorithms / D. Chernyshev // Актуальные проблемы современной науки: XXII междунар. науч.-практ. конф., 28 июля 2017 г.: сб. тезисов. – Харьков: Междунар. науч. центр, 2017. – С. 35-37.

31. Чернишев Д.О. Концептуальні підходи до формування предикторів організаційно-технологічної надійності інвестиційно-будівельних проектів /

Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві: VI міжнар. наук.-техн. конф.: тези доп. – К.: НДІБВ, 2017. – С. 171-173.

32. Chernyshev D.O. Update the structure and content of the leading resource-time indicators of construction projects in the models construction organization / D.O. Chernyshev // Prospects of world science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., July 30 – August 7, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 4. – P. 24-26.

33. Чернишев Д.О. Біосферосумісність як провідна функціонально-технологічна вимога формування життєвого циклу будівельно-інвестиційного проекту / Д.О. Чернишев // Інноваційний розвиток підприємств у процесі формування економіки інтелектуального капіталу: III всеукр. наук.-практ. конф., 3-4 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 72-75.

34. Чернишев Д.О. Змістовно-концептуальна та процесуальна основа впровадження стандартів екологічного менеджменту в біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Будівельне право: проблеми теорії та практики: I наук.-практ. конф., 3 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 112-116.

35. Чернишев Д.О. Інновації щодо прикладного застосування концепції біосферосумісності при формуванні інвестиційно-будівельних програм / Д.О. Чернишев // Презавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: III міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 174-176.

36. Chernyshev D. Metodology and applied advantages of the transition of building organization on the basis of biosphere consumption / D. Chernyshev // Build – Master – Class – 2017: international scient.-pract. conf. of young scientists, November 28 – December 01, 2017: proceedings. – K: KNUCA, 2017. – P. 327-328.

37. Chernyshev D.O. New trends in organization and design of city space in the conditions of the urban understanding: problems and development perspectives

/ D.O. Chernyshev // Conduct of modern science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., November 30 – December 07, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 13. – P. 77-78.

***Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації***

38. Чернишев Д.О. Еволюційна траєкторія дефініції «організаційно-технологічна надійність» у застосуванні до будівельно-інвестиційних проектів / Д.О. Чернишев // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2017. – № 11 (33). – С. 53-55.

39. Чернишев Д.О. Формалізований алгоритм коригування рівня організаційно-технологічної надійності будівництва біосферосумісних об'єктів / Д.О. Чернишев // Науковий огляд. – 2017. – № 6 (38). – С. 40-49.

40. Чернишев Д.О. Сучасна парадигма організаційно-технологічної надійності будівництва як засіб забезпечення ефективної реалізації будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 6. – С. 296-316.

41. Чернишев Д.О. Поліпшення стану «стійкості щодо зсуву» територій річкового та морського узбережжя в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 8. – С. 263-270.

42. Чернишев Д.О. Модернізація прикладних організаційно-технологічних моделей для функціонально-управлінського супроводу будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – Київ: КНУБА, 2017. – Вип. 48. – С. 295-304.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	30
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ.....	42
1.1 Змістовно-процесуальна сутність дефініції «організаційно-технологічна надійність» стосовно досліджуваних будівельних проектів та організаційно-управлінського середовища їх впровадження.....	42
1.2 Систематизація європейського досвіду біосферосумісного і «зеленого» будівництва та доцільність його імплементації при реалізації будівельних проектів в умовах вітчизняного девелопменту.....	53
1.3 Врахування архітектурно-конструктивної, організаційно-технологічної та екологічної специфіки будівництва при формуванні інвестиційно-будівельного циклу об'єктів біосферосумісних об'єктів.....	71
Висновки до розділу 1 .....	85
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВНИЦТВА НА ЗАСАДАХ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ.....	88
2.1 Формування загальнометодологічних вимог до запровадження та розробки інструментарію організаційно-технологічного супроводу проектів БСБ.....	88
2.2 Узагальнення чинників впливу та оцінювання масштабу відмов будівництва з урахуванням особливостей проектів БСБ.....	108
2.3 Формалізоване врахування антропогенного впливу об'єкту БСБ на оточуюче середовище .....	128
Висновки до розділу 2 .....	146



РОЗДІЛ 3 ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ІНДИКАТОРІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА .....	149
3.1 Організаційно-технологічна надійність проекту як змістовна основа комплексного організаційного, технологічного та управлінського потоків у проектах БСБ .....	149
3.2 Визначення формалізованих елементів та підсистем методики оцінювання стану біосферосумісності при реалізації проектів будівництва .....	157
3.3 Пошук та вибір критеріально-параметричного базису візуалізації, моделювання та раціоналізації рівня біосферосумісності об'єктів будівництва .....	168
Висновки до розділу 3 .....	211
РОЗДІЛ 4 СИСТЕМА ФОРМАЛІЗОВАНОГО УЗГОДЖЕННЯ РІВНЯ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ ОБ'ЄКТУ БУДІВНИЦТВА З БУДІВЕЛЬНО-КОНСТРУКТИВНИМИ, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ТА АДМІНІСТРАТИВНИМИ РІШЕННЯМИ ДБП.....	213
4.1 Загальноаналітичне підґрунтя методики оцінювання впливу інвестиційно-будівельного циклу на стан екорівноваги довкілля.....	213
4.2 Визначення критеріальних показників біосферосумісності проекту на різних етапах будівельного процесу .....	224
4.2.1 Розрахунок показника біосферної сумісності матеріалів та виробів.....	224
4.2.2 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу будівництва .....	229
4.2.3 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу експлуатації будівлі.....	231
4.2.4 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу демонтажу будівлі.....	233
Висновки до розділу 4 .....	236

РОЗДІЛ 5	АНАЛІТИЧНІ	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ	
КОМПОНЕНТИ	ІНСТРУМЕНТАРІЮ	ОРГАНІЗАЦІЇ	
БІОСФЕРОСУМІСНОГО БУДІВНИЦТВА .....			238
5.1	Стохастичне моделювання та виявлення рівня невизначеності біотехносередовища будівельного проекту із застосуванням методичного апарату та прикладних інструментів вейвлет-аналізу.....		244
5.2	Побудова та використання формалізованої моделі квазістаціонарного стохастичного впливу оточуючого середовища проекту БСБ на підсумковий показник біосферосумісності.....		263
5.3	Розробка прикладної формалізовано-аналітичної основи організації інженерного захисту територій забудови в рекреаційних зонах .....		284
	Висновки до розділу 5 .....		304
РОЗДІЛ 6	РОЗРОБКА	ТА	АДАПТАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО
ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ТА	ОРГАНІЗАЦІЇ	БУДІВНИЦТВА	НА ЗАСАДАХ БІОСФЕРО-
СУМІСНОСТІ.....			307
6.1	Розробка та впровадження прикладних модулів із пошуку та застосування відновлюваних джерел енергії у форматі прикладного інструментарію організації біосферосумісного будівництва .....		307
6.2	Підсистема забезпечення раціонального освітлення будівельного об'єкту та його продуктивного теплового балансу з навколишнім середовищем .....		331
6.3	Використання спеціальних програмних модулів для термодинамічного аналізу конструкцій будівель як складової визначення рівня біосферосумісності та подальшого складання енергетичного паспорту будівлі.....		345
6.3.1	Загальна характеристика програмного комплексу «BIO-THERM» .....		345
6.3.2	Алгоритм розрахунку температурного поля з використанням програми «TERM-6» .....		346

6.3.3 Результати використання програми «BIO-THERM».....	352
Висновки до розділу 6 .....	356
ВИСНОВКИ.....	359
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	364
ДОДАТОК А Акти впровадження результатів дослідження .....	416
ДОДАТОК Б Список публікацій здобувача за темою дисертації.....	424

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

- БМР – будівельно-монтажні роботи;
- БО – будівельна організація;
- БСБ – біосферосумісність будівництва;
- ВЗ – виробничі запаси;
- ВП – вейвлет перетворення;
- ВТМ – виробничо-технологічний модуль;
- ГВП – газо- водопостачання;
- ГЕС – гідроелектростанція;
- ГЕС – гідроелектростанція;
- ДБП – девелоперський будівельний проект;
- ЕВ – експлуатаційні витрати;
- ЕЖБ – екологічне житлове будівництво;
- ЖЦМ – життєвий цикл матеріалу;
- КМА – кратномасштабний аналіз;
- ЛКО – локальні критерії оптимальності;
- МГЕС – малі гідроелектростанції;
- МКДР – максимальна концентрація, що допускає розвиток;
- МСЕ – метод скінченних елементів;
- НВП – неперервне вейвлет-перетворення;
- НДР – науково-дослідна робота;
- НДС – напружено-деформований стан;
- КВ – кошторисна вартість;
- ОВНС – оцінка впливу на навколишнє середовище;
- ОТН – організаційно-технологічна надійність;
- ПРН – природні радіонукліди;
- ПСО – пасивна система опалення;
- РЧО – ресурсно-часова організація;

СЕМ – скінченно-елментна модель;  
СОК – спортивно-оздоровчий комплекс;  
СПУ – система планування та управління;  
СР – сонячна радіація;  
ТН – тепловий насос;  
ФЕМ – фотоелектричні модулі;  
ЄЕЕС – єдина енергетична і екологічна системи;  
BIM – Building Information Model;  
DMAIC – define, measure, analyze, improve, control;  
LBNL – Lawrence Berkeley National Laboratory;  
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design;  
VB – Virtual Building – віртуальна будівля.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Згідно з Міжнародними нормами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design), надійність будівельних об'єктів – в єдиному циклі «підготовка – будівництво – експлуатація» – забезпечується поєднанням безпечності, придатності до нормальної експлуатації і довговічності. Безпечність при цьому розглядається як властивість будівельного об'єкта зберігати придатність до експлуатації впродовж передбаченого терміну без потенційної загрози життю і здоров'ю людей.

В країнах Євросоюзу набувають поступового поширення інноваційні будівельні програми та проекти забудови міських районів на засадах біосферного сумісництва. Ключовими стратегічними детермінантами таких програм та проектів визначено:

- організацію будівництва на принципово інноваційних засадах, що в пріоритеті спрямовані на формування безпечної (та сприятливої до саморозвитку) життєдіяльності людини;

- забезпечення балансу біо-, техно- та соціосфер урбанізованих територій;

- успішне залучення влади, інституційних учасників, будівельних організацій та цільових споживачів до організації циклу «започаткування – інвестування – будівництво – експлуатація» об'єктів будівництва, що комфортно імплементуються до існуючої екосистеми територій забудови (параметри якої в країнах Євросоюзу є об'єктом підвищеної уваги).

В Німеччині та Японії претендент (забудовник), що подав пропозицію на тендер, яка включає рішення за цільовими домінантами біосферної сумісності будівництва, одержує суттєву перевагу поряд із іншими конкурентами. В цих країнах біосферна сумісність за пріоритетами

випереджає навіть критерій прибутковості/раціональності кошторисних витрат.

В умовах триваючого сповільнення темпів активізації будівельного ринку, зменшення кількості будівельних проектів, що підлягають підготовці та впровадженню, і відповідного зменшення обсягів будівельних та спеціальних робіт, спостерігається системна траєкторія руху організації будівництва до зростання вимог до провідних учасників проектів щодо біосферосумісності будівництва як провідної складової конкурентоспроможності проектів будівництва, однієї з ключових вимог їх успішного впровадження – впродовж всього життєвого циклу проектів.

У нашій країні відсутні дієві механізми посилення мотивації учасників будівництва до залучення принципів біосферної сумісності при розробці архітектурно-будівельних рішень. Дана тенденція формує суперечливі вимоги і критерії оцінки проектів щодо створення нових продуктів та сервісів. У таких умовах особливої актуальності набувають інноваційні механізми управління будівельними проектами та програмами, які базуються на модернізації інвестиційно-будівельного циклу та системи організації будівництва на принципах біосферної сумісності.

Реалізація цих принципів в умовах триваючого спаду будівельного виробництва стає важливим чинником залучення інвестицій у вітчизняне будівництво від іноземних партнерів, що дотримуються положень біосферного будівництва і декларують стратегічні наміри вкладати кошти в українське будівництво на вищезазначених засадах.

Отже, перехід до біосферосумісного будівництва в Україні слід оцінити як важливу стратегічну перспективу, яка вплине на реформацію змісту та архітектурно-конструктивних, технічних та організаційно-технологічних стандартів будівництва.

Реалізація перспектив біосферосумісного будівництва в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Тому створення інструментарію

організації будівництва для методологічного обґрунтування та прикладного супроводу проектів будівництва на засадах біосферного сумісництва у форматі вітчизняного будівельного девелопменту є актуальною проблемою, що потребує вирішення, і визначає мету, завдання даної дисертаційної роботи та зміст подальших досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямом наукової роботи кафедри планування і організації виробництва Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», відповідно до програм науково-дослідних робіт: «Удосконалення методів обґрунтування тривалості і вартості реконструкції та вторинної забудови житлових мікрорайонів на основі оптимізації послідовності освоєння об'єктів» (№ держреєстрації 0116U004536); «Створення методологічних основ проектування та організації будівництва біосферосумісних об'єктів в умовах України» (№ держреєстрації 0114U002579); «Наукове обґрунтування біосферосумісної організації будівництва та еколого-інженерного захисту при забудові узбережжя» (№ держреєстрації 0114U002580); «Теорії і методи аналізу динамічного деформування складних механічних систем» (№ держреєстрації 0116U000840); «Розбудова сучасного економіко-аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (№ держреєстрації 0115U000860). В усіх роботах рівень участі автора – виконавець.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка концептуально-методологічних, методико-аналітичних засад та прикладного формалізованого інструментарію організації біосферосумісного будівництва (БСБ) як комплексної синергійної категорії та інтегрального критеріального показника, що в сучасних умовах вітчизняного будівельного девелопменту надаватиме науково обґрунтовані підстави для моделювання та вибору раціональних варіантів організаційно-технологічних рішень для



зазначених проектів, з урахуванням оновлюваних національних стандартів екологічного та енергоощадного будівництва.

Поставлена мета зумовила необхідність вирішення наступних завдань дослідження:

- розкрити контентно-процесуальну сутність дефіції «організаційно-технологічна надійність (ОТН) будівництва на засадах біосферосумісності» шляхом визначення переваг та недоліків наявних концепцій і методичних підходів до визначення рівня ОТН;

- сформулювати методологічні та аналітичні підходи до запровадження та розробки інструментарію організації будівництва та організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності;

- виявити та систематизувати архітектурно-конструктивні, організаційно-технологічні та функціонально-адміністративні особливості як визначальні складові організації біосферосумісного будівництва;

- здійснити пошук передових аналітичних засобів і методико-алгоритмічних прийомів організаційно-технологічної та стохастичної оцінки подолання ризиків та загроз проектам БСБ, із метою гармонізації характеристик життєвого циклу цих проектів із характеристиками навколишнього мікросередовища;

- вдосконалити методи багатofакторного, багатокomпонентного моделювання та багатокритеріального вибору альтернатив організації будівництва для проектів БСБ, за умови застосування рівня біосферосумісності в якості провідної аналітичної координати такого моделювання. Ці методи слугуватимуть у подальшому основою для організаційно-технологічної та екологічної експертизи проектів, а також для вибору інституційними учасниками проекту (замовник, співінвестор, девелопер) раціональних ресурсних моделей та рішень впровадження будівельних проектів досліджуваного типу;

– розробити в створюваному інструментарії окремі складові (модулі), призначенням яких має стати еколого-технологічна експертиза проектів та їх подальша оцінка щодо біосферної сумісності використовуваних у зазначених проектах матеріалів, виробів та конструкцій;

– з урахуванням операційно-функціональної специфіки досліджуваних об'єктів будівництва та дотримання належного (за вимогами інституційних учасників та цільових споживачів) рівня організаційно-технологічної надійності процесів, що забезпечують досягнення встановленого рівня біосферної сумісності, розробити системний прикладний програмний продукт формалізованого забезпечення реалізації проектів БСБ на засадах енергоощадного та екологічно безпечного будівництва;

– розробити пропозиції щодо модернізації змісту, регламенту будівельного девелопменту для проектів БСБ для потреб наступного оновлення національних стандартів екологічності та енергоощадності будівництва.

**Об'єкт дослідження:** біосферосумісне будівництво як передовий формат організації життєвого циклу інвестиційно-будівельних проектів в умовах сучасного рівня урбанізації.

**Предмет дослідження:** методологія та прикладний інструментарій організації біосферосумісного будівництва в основі підготовки та будівництва об'єктів, реалізовані у форматі сучасного будівельного девелопменту на засадах екологізації та енергоощадності.

**Методи дослідження:**

– аналіз і узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду, законодавчих актів і нормативних документів, методологічних підходів до організації будівництва об'єктів (для обґрунтування актуальності, мети і завдань дослідження);

– методи системного аналізу, абстрагування, формалізація, тектологія та управлінська синергетика (для формування передумов, обмежень, припущень і гіпотез, прийнятих при розробці методів та методик);

– методи теорії ймовірності, структурно-вартісного порівняльного аналізу, економіко-математичного моделювання, прогнозування (для відбору, обробки та аналізу вихідних даних, виявлення закономірностей впливу визначальних чинників на досліджувані показники, обґрунтування достовірності отриманих результатів);

– методи експертних оцінок та інструментарій теорії нечітких множин, методи індукції і дедукції, аналізу і синтезу, наукової абстракції і теорії графів (для опису та аналізу взаємозв'язків між елементами ресурсного потенціалу стейкхолдерів при розробці формально-аналітичного апарату);

– методи прикладного бюджетно-календарного та ресурсно-календарного моделювання (для візуалізації та оптимізації рішень щодо будівельних проектів).

Візуалізація прийняття рішень виконувалась на базі прикладного програмного комплексу, який інтегрував теоретичні розробки даної роботи та забезпечив їх адекватну трансформацію у програмному середовищі MS Project. Релевантність сформованої інформаційної бази досягнуто використанням сучасних стандартизованих та широко застосовуваних пакетів прикладних програм: «Інпроект-Випуск-Кошторис (ІБК)», MS Excel, MS Access, «Statistica» та «Statistica+», а також тих, що створені в рамках даного дослідження і використовуються в якості підсистем та модулів створеного комплексу прикладних програм із організації біосферосумісного будівництва, а саме:

– компонента «Шкала БСБ» (призначена для факторно-кваліметричного оцінювання ризиків та загроз мікросередовища будівельного проекту для їх наступного врахування в обраній альтернативі організації будівництва);

- компонента А (спрямована на визначення детермінант БСБ в будівельному проекті);
- компонента В (призначена для вибору раціонального варіанту організації будівництва, на ґрунті компромісного задоволення вимог біосферосумісності для провідних учасників девелоперського проекту);
- компонента С (здійснює динамічну оцінку провідних організаційно-технологічних характеристик виконання будівельного проекту та подолання можливої невизначеності щодо циклу реалізації проекту, що здійснюється з використанням динамічного вейвлет-аналізу);
- «Bio-Therm» (компонента, яка забезпечує термомодернізаційну оцінку та наступне коригування, на цій основі, характеристик виконання будівельних та спеціальних робіт);
- «АМ-К-БСБ» (компонента, яка здійснює аналітичний моніторинг та підсумкове коригування розподілу рівнів БСБ за періодами реалізації будівельного проекту).

**Наукова новизна отриманих результатів** визначається інноваційним змістом запровадженого аналітичного і науково-прикладного інструментарію моделювання та обґрунтування раціонального рівня організаційно-технологічної надійності будівництва, за умови використання в якості ключового індикатора надійності стану біосферосумісності будівництва, а також запровадженням передових організаційно-управлінських технологій будівельного девелопменту та модернізованих національних стандартів екологічного та енергоощадного будівництва, а саме:

*вперше:*

- розроблено та впроваджено ефективний науково-аналітичний комплекс забезпечення організаційно-технологічної надійності будівництва як обґрунтованої інституційними організаціями-учасниками проекту умови успішного дотримання організаційно-технологічних, конструктивних, об'ємно-планувальних та функціональних характеристик будівельних

проектів. Унікальність запропонованого науково-аналітичного комплексу полягає в тому, що він, на відміну від існуючих методів визначення організаційно-технологічної надійності, враховує нові фактори впливу, такі як:

- стан біосферосумісності будівництва;
- національні стандарти екологічно безпечного та енергоощадного будівництва;
- обов'язковість організації будівництва у форматі сучасного девелопменту, що передбачає розгляд організації будівництва у невід'ємній єдності зі стадіями (фазами) проектного циклу, у спрямуванні на гармонізацію рівноваги між стратегічними цілями проекту, параметрами проекту та індикаторами успішності життєвого циклу проекту;

*удосконалено:*

– цільові репрезентативні індикатори організаційно-технологічної надійності проектів БСБ, що – за рахунок значного розширення варіативних конфігурацій діагностичних модулів – забезпечують в сукупності обґрунтоване оцінювання рівня ОТН та вибір раціональних варіантів організації будівництва для таких проектів;

– методичні засади та критеріально-розрахункову базу застосування вейвлет-аналізу, який використано в даному дослідженні для потреб своєчасної індикації (на стохастичній основі) та упередження ризиків успішному проходженню циклу «інвестування – підготовка – будівництво» в проектах;

– розрахунково-критеріальну базу ідентифікації та коригування ОТН та створену на її підґрунті аналітичну технологію, які забезпечують процесно-проектну локалізацію загроз втрати рівня ОТН в проектах. Запроваджена технологія оцінювання ОТН дозволяє здійснювати ефективний моніторинг рівня ОТН на основі інтегрованого мультикомпонентного

критеріального показника, що кореспондується: зі змістом та поточними координатами проходження основних подій життєвого циклу будівельного проекту; з вимогами екологізації та енергоощадності будівництва, за умови врахування біосферної сумісності використовуваних в зазначених проектах матеріалів, виробів та конструкцій; з форматом будівельного девелопменту в реаліях будівельного ринку України;

*дістали подальший розвиток:*

- концепція, зміст стандартизованих вимог та регламент організаційно-інформаційного процесу виявлення ознак збереження/втрати рівня ОТН як продуктом проекту (незавершене будівництво, готові до експлуатації черги та об'єкти будівництва), так і середовищем його впровадження, які – з використанням інтегрального показника екологічної безпеки будівництва – є адаптованими до стратегічних цілей проекту та його функціонально-продуктових особливостей;

- формалізований апарат подання ОТН як системно-інтегральної функції надійності, яка забезпечує раціональне суміщення організаційних, технологічних, економічних та управлінських потоків в проектах БСБ;

- методичні засади та прикладні прийоми оновлення змісту і впорядкування факторів в організаційно-технологічних моделях проекту, які забезпечують стратегічне узгодження змісту і цілей проекту з вимогами ОТН, екологізації та енергоощадності, що, в підсумку, зменшує вплив суб'єктивних чинників в прийнятті організаційно-технологічних та управлінських рішень при підготовці проектів та будівництві.

#### **Практичне значення отриманих результатів:**

- інтеграція наукових результатів у комплекс прикладних програм з організації будівництва на засадах біосферосумісності, його наступне впровадження в практику будівництва створили науково-обґрунтоване та прикладне підґрунтя розвитку біосферосумісного будівництва в Україні, що вплине на реформацію архітектурно-конструктивних, технічних і

організаційно-технологічних стандартів будівництва. Отримані результати можуть слугувати науковою основою пропозицій до оновлення вітчизняних стандартів щодо організаційно-технологічної надійності як категорії, що дозволяє розглядати ОТН будівництва як поєднання безпечності, придатності до нормальної експлуатації і довговічності будівель та споруд, упродовж передбаченого терміну, без потенційних антропогенних, техногенних та екологічних загроз біосередовищу;

– прикладний інструментарій моделювання життєвого циклу будівельного проекту використаний Інститутом місцевого розвитку при реалізації інфраструктурного проекту «Біогаз-Львівводоканал» в рамках виконання завдань міжнародного науково-технічного проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в країнах ЄС», що забезпечило належний рівень організаційно-технологічної надійності та успішність будівельного девелопменту впродовж усього циклу проекту;

– методика організаційно-технологічного реінжинірингу проектів будівництва на засадах біосферосумісності використано Товариством з обмеженою відповідальністю «Архітектурно-будівельні новації» при реалізації проекту будівництва ЖК «Адаманти» в Солом'янському районі м. Київ;

– застосовані Товариством з обмеженою відповідальністю «Спецбудпроект» при обґрунтуванні змісту та регламенту організаційно-технологічних заходів забезпечення біосферосумісного будівництва та екологічно-інженерного захисту територій морського та річкового узбережжя при їх забудові;

– впроваджені в навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці бакалаврів та магістрів зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Особистий внесок здобувача** в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в:

- розширенні змісту та формату розгляду інвестиційно-будівельного циклу у розрізі організації будівництва на засадах біосферосумісності [337, 387];
- розробленні методики модернізації організаційної структури компанії-девелопера під вимоги та особливості біосферосумісного будівництва [328, 366];
- формуванні дієвого механізму протидії руйнуванню зсувонебезпечних територій, заснованого на принципах біосферосумісності [388].

**Апробація матеріалів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідались і одержали позитивні оцінки на наукових конференціях: II-III Міжнародних науково-практичних конференціях «Перезавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент» (м. Київ, 2016 р., 2017 р.), XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Наука: теорія та практика» (м. Перемишль, 2017 р.), XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Новини наукового прогресу» (м. Софія, 2017 р.), XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» (м. Москва-Астана-Харків-Відень, 2017 р.), VI Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології в будівництві» (м. Київ, 2017 р.), XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи світової науки» (м. Шеффілд, 2017 р.), III Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційний розвиток підприємств у процесі формування економіки інтелектуального капіталу» (м. Київ, 2017 р.), I Науково-практичній конференції «Будівельне право: проблеми теорії та практики» (м. Київ, 2017 р.), III Міжнародній науково-практичній конференції «БудмайстерКлас – 2017» (м. Київ, 2017 р.).

**Публікації.** Основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи відображені в 42 наукових працях, у тому числі 1 монографії, 29 статтях, зокрема в 23 статтях у наукових фахових виданнях України, з



яких 7 – у збірниках наукових праць, включених до міжнародних наукометричних баз даних, та в 1 статті у зарубіжному виданні, і 12 тезах доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, двох додатків. Загальний обсяг дисертації – 430 сторінок. Робота містить 85 рисунків, 31 таблицю. Додатки викладено на 15 сторінках. Список використаних джерел включає 427 найменувань.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ РІВНЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ

#### **1.1 Змістовно-процесуальна сутність дефініції «організаційно-технологічна надійність» стосовно досліджуваних будівельних проектів та організаційно-управлінського середовища їх впровадження**

Новітня теорія надійності розвивається як засіб вирішення сучасних і абсолютно нових викликів, що постають у процесі виникнення, розвитку та оновлення технічних, організаційних, економічних та управлінських систем. Розроблено численні практичні методи забезпечення надійності систем різного типу та функціонального призначення на стадії їх проектування, створення і експлуатації.

В науковій літературі теоретичні і практичні дослідження в області надійності розвивалися за двома основними напрямками. Перший напрямок пов'язаний з розвитком математичних методів оцінки надійності, особливо стосовно складних систем. У цьому випадку на основі статистичної обробки результатів спостережень за відмовами розробляють методи, що забезпечують високий рівень надійності шляхом оптимізації структури системи. Другий напрямок пов'язаний з вивченням фізичних процесів старіння (зносу, руйнування та ін.). У цьому випадку розробляють відповідні методи розрахунку на довговічність і застосовують технологічні способи, що забезпечують необхідну надійність конструктивних елементів. На сьогодні теорія надійності відображає процес взаємного злиття теоретичних та практичних досліджень, перенесення раціональних ідей з однієї області в

іншу і формування на цій основі єдиної науки про надійність техніки, виробів, конструкцій, об'єктів тощо.

Необхідно враховувати, що теорії надійності будівельного виробництва та виробництва товарів народного господарства не можуть ототожнюватись та взаємодоповнюватись з ряду причин. На відміну від виробництва товарів народного споживання, де є стаціонарне виробництво, певний штат робітників і використовуються постійно верстати та обладнання, будівельне виробництво має ряд відмінностей [42; 44]:

- будівництво включає велику кількість різноманітних елементів і зв'язків між ними;
- будівельне виробництво не володіє стаціонарним місцем випуску кінцевої будівельної продукції;
- будівництво – діяльність з великою відповідальністю, якій характерна розробка проектної документації з певною процедурою узгодження;
- залежно від обсягу будівельних робіт, процес будівництва має різний часовий термін;
- під певний об'єкт використовуються різні матеріали, обладнання тощо;
- в залежності від кожного окремого об'єкта, у будівельному виробництві використовується різна кількість робочої сили;
- підрядники і постачальники обираються, виходячи з рентабельності витрат на логістику при доставці матеріалів на об'єкт.

Тому надійність у будівництві може проявлятися в різних областях: надійність будівельних конструкцій та проектних рішень, економіки, технології, організації будівництва та управління ним тощо.

В науковій літературі зустрічаються різні тлумачення поняття надійності. Із загальнолюдської точки зору, люди і речі називаються надійними, якщо вони відповідають певним очікуванням, і ненадійними – в

протилежному випадку. У вузькому розумінні надійність – це безвідмовність, тобто властивість об'єкта зберігати працездатність протягом певного часу без вимушених перерв. У широкому розумінні надійність об'єкта пов'язують з комплексом його властивостей: безперервно зберігати працездатність протягом певного часу, безперервно зберігати значення встановлених показників якості в заданих межах у процесі експлуатації, бути пристосованим до проведення ремонтів і технічного обслуговування, протистояти зовнішнім впливам та внутрішнім збуренням.

Надійність будівель у широкому розумінні містить п'ять аспектів [113]:

- філософський, що містить питання теорії, категоризації, концепції, визначення і формулювання. Сюди входять критерії відмов окремих конструкцій і будівель в цілому, класифікація відмов за значимістю в системі всієї будівлі;

- технічний, що розглядає питання генезису і синтезу систем будівель, що містять класифікацію елементів і конструкцій за важливістю (стосовно до надійності);

- математичний, що розглядає питання формалізації розрахунків будівель і конструкцій з урахуванням мінливості зовнішніх та внутрішніх факторів у часі, спеціалізацію і поглиблення розрахунку детермінованих систем, що складають будівлю;

- економічний, що передбачає оптимізацію розрахунків надійності з урахуванням усього терміну експлуатації будівель та за допомогою імовірнісних методів;

- організаційний, що нагромаджує й обробляє інформацію про характеристики елементів будівель протягом терміну експлуатації з метою організації і впровадження нормативної системи планово-попереджувальних ремонтів конструкцій і будівель у цілому.

Коло питань, що входять у компетенцію теорії надійності, найбільш повно сформулював академік А.І. Берг [27]: теорія надійності встановлює

закономірності виникнення відмов і відновлення працездатності системи і її елементів, розглядає вплив зовнішніх і внутрішніх впливів на процеси в системах, створює основи розрахунку надійності і прогнозування відмов, вишукує способи підвищення надійності при конструюванні і виготовленні систем і їхніх елементів, а також способи збереження надійності при експлуатації.

Переважно всі типи очікування для оцінки надійності були пов'язані з виконанням певної функції або обов'язку; надійність встановлення вважається високою, якщо вона неодноразово успішно виконувала свої функції, і низькою, якщо при повторних випробуваннях вона відмовляла. При цьому теорія надійності не розробляє методи і засоби пошуку відмов у певних об'єктах – вона має у своєму розпорядженні методи, що дозволяють визначати (на основі аналізу статистичної інформації) імовірність виникнення відмов у сукупності однакових об'єктів.

Відповідно, поняття надійність трактується залежно від контексту, де воно розглядається. С.І. Ожегов трактує термін «надійний» як «той, що вселяє довіру; міцний, насилу піддається руйнації, псуванню; добре працює; постійний, що не припиняється, розрахований на довгий термін, не тимчасовий; стійкий, що тримається твердо, не вагаючись, не падаючи, який відновлюється після незначного відхилення» [224]. У «Сучасному економічному словнику» надійність розкривають як «здатність об'єктів зберігати потрібні властивості, безвідмовно діяти, виконувати належні функції протягом певного терміну» [267]. У своїй роботі [378] Дж. Ендрені характеризує надійність як ймовірність того, що установка або система буде в повному обсязі виконувати свої функції протягом заданого проміжку часу при заданих умовах роботи, при цьому надійність визначається через ймовірність і цей зв'язок є фундаментальним.

У загальноприйнятому розумінні зазначеної теорії поняття «надійність» розглядається як необхідна здатність виконувати певне завдання або як імовірність виконання певної функції або функцій протягом

заданого терміну в існуючих умовах, тобто як безвідмовність виконання проектних дій. Безвідмовність – властивість системи безупинно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання. А працездатність – потенційна можливість виконувати необхідну діяльність на заданому рівні ефективності протягом певного часу. «Стан об’єкта, при якому він здатний виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів у межах, встановлених нормативно-технічною документацією, називають працездатним. Подію, що викликає порушення працездатності об’єкта, називають відмовою» [272].

У своїх працях С.Ф. Пічугін [212; 248] визначає, що як комплексна властивість технічного об’єкта надійність може включати такі компоненти: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережуваність або поєднання цих властивостей. Також акцентує увагу на тому, що для будівельних об’єктів безвідмовність (і пов’язана з нею довговічність) є головною складовою, тоді як ремонтпридатність та збережуваність мають підпорядковане значення. При цьому безвідмовність будівельних конструкцій визначається як здатність зберігати задані експлуатаційні якості, тобто не переходити у граничні стани (стани відмови) впродовж певного терміну служби конструкції. Таке трактування, на його думку, поєднує розрахунок надійності з діючим методом граничних станів.

Усі вищенаведені категорії мають часову характеристику і вказують на необхідність зберігати працездатний стан тільки протягом певного визначеного часу, що вказує на доцільність збереження та підтримки дієвого стану тільки в певні, визначені календарні терміни. Також надійність, як уже зазначалось, додатково має імовірнісну характеристику, яка вказує на здатність забезпечення необхідного результату, але не на гарантію його досягнення. Тому, оскільки надійність представляє собою імовірність, для її оцінки застосовуються статистичні характеристики.

При дослідженні поведінки систем надійність розглядається як одне з основних понять. Відповідно до термінологічної бази систем, лінія поведінки

системи називається надійною відносно певної області складених значень типових елементів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристично-структурні ознаки та складові дефініції «надійність», визначені за підсумками аналізу джерел

№ з/п	Автор	Характеристика	Характерна ознака
1	2	3	4
1	Р. Барлоу, Ф. Прошан [24]	Надійність – це комплексна властивість систем задовільно виконувати необхідні функції впродовж даного інтервалу часу, кількісною характеристикою якого є вірогідність виконання необхідних функцій, безвідмовність, довговічність, стійкість, живучість, безпека і тому подібне	Властивість
2	Енциклопедія бізнесмена, економіста, менеджера [115, с. 387]	Надійність – здатність об'єктів, товарів зберігати певні властивості, незмінні якості протягом заданого періоду	Властивість, незмінна якість
3	Великий енциклопедичний словник [35, с. 778]	Надійність – це комплексна властивість технічного об'єкта (приладу, пристрою, машини, системи); полягає в його здатності виконувати задані функції, зберігаючи свої основні характеристики (при певних умовах експлуатації) у встановлених межах. Надійність охоплює безвідмовність, довговічність,	Властивість

Продовж. табл. 1.1

1	2	3	4
		ремонтпридатність і збережуваність. Показник надійності - ймовірність безвідмовної роботи, напрацювання на відмову, технічний ресурс, термін служби та ін.	
4	В.Р. Млодецький [205, с. 20]	Надійність – це властивість об’єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування	Властивість
5	С.І. Ожегов [224]	Надійний – це той, що вселяє довіру; міцний, насилу піддається руйнації, псуванню; добре працює; постійний, що не припиняється, розрахований на тривалий термін, не тимчасовий; стійкий, що тримається твердо, не вагаючись, не падаючи, який відновлюється після незначного відхилення	Якісні властивості
6	С.Ф. Пічугін [248]	Надійність – це якість, розгорнута в часі. Надійність як комплексна властивість технічного об’єкта може включати такі компоненти: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збережуваність або поєднання цих властивостей	Властивість



Заверш. табл. 1.1

1	2	3	4
7	Словник термінів і понять... [286, с. 225]	Надійність – це властивість об’єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати певні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування	Властивість
8	Сучасний економічний словник [267]	Надійність – це здатність об’єктів зберігати потрібні властивості, безвідмовно діяти, виконувати належні функції протягом певного терміну	Здатність зберігати властивості
9	ДБН В.1.2-14-2018 [83]	Надійність будівельного об’єкта – властивість об’єкта виконувати задані функції протягом заданого проміжку часу	Властивість

Отже, надійність є властивістю, яка притаманна всій системі в цілому і не може приписуватися будь-якій її частині окремо. При об’єднанні декількох систем в одну суперсистему не можна стверджувати, що вона буде надійною, якщо її складові частини характеризуються надійністю. І навпаки, декілька ненадійних систем при об’єднанні можуть створити суперсистему. А також декілька систем можуть утворити надійне ціле при одному способі об’єднання і ненадійне – при іншому [225].

В науковій літературі стосовно будівельного об’єкту надійність розподіляється в часі на проектну, початкову та експлуатаційну (рис. 1.1). При цьому експлуатаційна надійність має пряму залежність від фактичної та проектної, як і фактична від проектної.

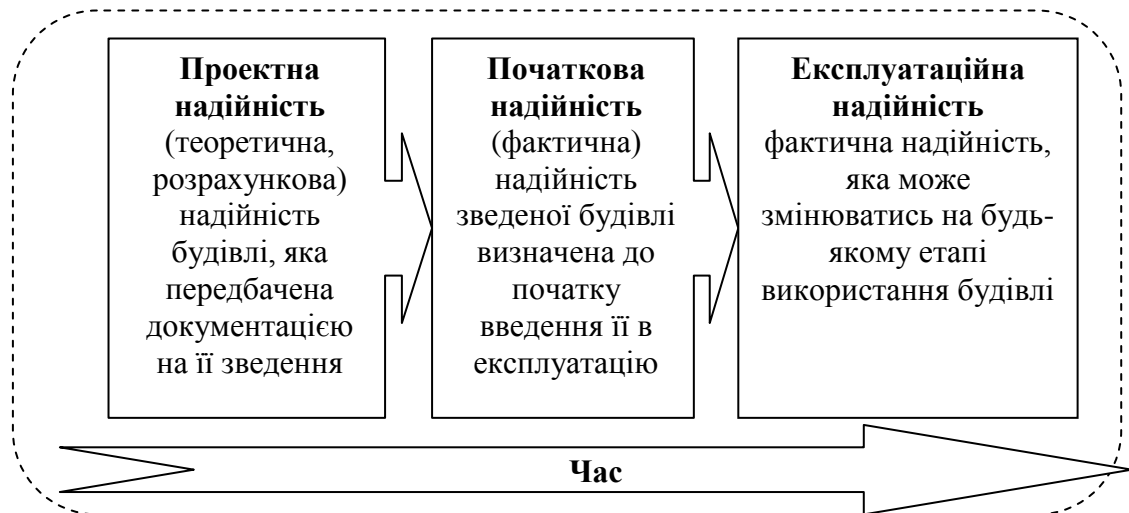


Рисунок 1.1 – Змістовно-часові параметри надійності будівельного об’єкта

Стосовно особливостей та унікальних властивостей будівельного виробництва, надійність виконання будівельних процесів характеризується технологічними та організаційними заходами її забезпечення. Оптимальний рівень надійності будівлі визначають за умови мінімуму витрат на будівництво та експлуатацію за весь період її існування. Негативну тенденцію до перевищення у 1,5-2 рази відповідних показників фактичної вартості та тривалості будівництва, відповідно до показників, визначених на стадії планування, було помічено ще на початку 70-х років минулого століття [75], що спонукало до розвитку системи організаційно-технологічної надійності (ОТН).

Розробці методологічного підґрунтя ОТН будівельних процесів та проектів будівельної галузі присвячена значна кількість робіт, серед яких слід згадати російську наукову школу О.А. Гусакова і О.В. Гінзбурга [228], власне в якій у 1972 році О.А. Гусаковим вперше було запропоновано термін «організаційно-технологічна надійність» для будівельної галузі. ОТН розглядалась як здатність організаційних та технологічних рішень забезпечувати досягнення заданого результату будівельного виробництва в

умовах випадкових збурень, властивих будівництву як складній стохастичній системі [228].

Протягом 1970-80 рр. професором О.А. Гусаковим та його послідовниками було проведено цикл наукових і проектно-експериментальних робіт зі створення теорії та методології організаційно-технологічної надійності будівництва. Були розширені поняття і методи математичної теорії надійності, розроблені для автоматики, радіоелектроніки та інших складних технічних систем зі стаціонарними режимами. Але розробки О.А. Гусакова стосуються переважно умов, які були притаманні будівельному виробництву та процесам організації будівництва в неринковій економіці, характерній для того періоду та оточення. Тому створена науково-теоретична база не враховує ринкових економіко-управлінських та організаційно-технологічних передумов формування сучасних обмежень та вимог до будівельних проектів, які і визначають переважну кількість виникнення відмов та впливають на загальну надійність систем будівельного виробництва.

Вона також не враховує важливу в економіко-управлінському розумінні диференціацію таких, безумовно, різних відмов, як тимчасові відхилення параметрів системи від проектних значень, які здатні самоусуватися та впливають на систему проекту тимчасово і мають переважно часові і вартісні наслідки – з одного боку, і можливий стовідсотковий вихід системи із функціонального становища – з іншого.

Значний внесок у розробку проблем ОТН будівництва внесли наукові школи професорів Ю.Б. Монфреда та Б.В. Прикіна. Наукова школа Б.В. Прикіна переважно досліджувала та досягла певних результатів в розробці теорії оцінки життєвого циклу будівельних систем та будівельних об'єктів зі встановленням ефектів, що виникають відповідно до певних періодів із урахуванням ОТН будівельного виробництва. Серед проблем, які вирішувалися професором Ю.Б. Монфредом і його науковою школою, можна виділити [124]: підвищення ОТН на основі наскрізної уніфікації параметрів

продукції і елементів будівельного виробництва; ОТН заводського виробництва залізобетонних виробів для великопанельних будинків; ОТН виробництва на заводах будівельної індустрії і в будівельних організаціях; ОТН і кількісна оцінка якості будівельної продукції та управління якістю.

Починаючи з кінця 1970-х років науковці [9; 10; 17; 136] імовірнісний характер організаційних і технологічних процесів враховують більшою чи меншою мірою. А в більшості проаналізованих досліджень зверталась увага на низьку надійність планів. Одні звертали увагу на роль процесу управління в забезпеченні надійності досягнення кінцевого результату [208; 209; 204; 205], інші бачили проблему в недосконалому застосуванні методик, за якими розроблялися плани і обґрунтовувалася необхідність їх удосконалення [136; 143; 152; 182]. Оскільки ці процеси не можуть розглядатися у відриві один від одного, тому ОТН кінцевого результату визначається як ефективним плануванням, так і ефективним управлінням у процесі реалізації будівельного проекту, а у подальшому – безпечною експлуатацією.

Ще одним напрямком комплікації питання сучасного організаційно-технологічного забезпечення надійності та безпеки будівництва є те, що останнім часом різке ускладнення систем будівельного виробництва призводить до збільшення кількості параметрів та елементів будівельних проектів (постачальників, виконавців, матеріалів, технічного оснащення тощо), що, відповідно до одного з ключових законів теорії надійності, знижує надійність всієї системи у геометричній прогресії пропорційно до кількості розрахункових параметрів і елементів.

Таким чином, існує об'єктивна необхідність в удосконаленні існуючої парадигми ОТН будівництва, її зміни у відповідності до існуючих ринкових відносин у будівництві, сучасного розуміння забезпечення комплексної надійності реалізації будівельних проектів та в подальшому безпеки об'єктів, як мультиплікативного потоку множини ключових показників проекту, який значною мірою залежить від взаємопов'язаних між собою організаційного, технологічного, економічного та управлінського потоків.

## **1.2 Систематизація європейського досвіду біосферосумісного і «зеленого» будівництва та доцільність його імплементації при реалізації будівельних проектів в умовах вітчизняного девелопменту**

Дослідження щодо біосферної сумісності міст і поселень – відносно нові у будівельній науці. Їх засади тісно пов'язані з проблемами екології та енергоефективності. Норми з будівельної фізики, що створені в Україні за останній час, у цілому відповідають меті біосферної сумісності, однак вони потребують певного коригування у плані розробки методики визначення оцінки ступеня біосферної сумісності як кожного окремого елемента будівлі, так і будівлі в цілому.

Актуальним також є створення в Україні своїх національних «зелених стандартів» та рейтингової системи оцінювання, що відповідають нормативно-методичній базі України, її національним пріоритетам економіки, енергетики, екології. Враховуючи значну кліматичну і ресурсну диференціацію регіонів України, а також наявну нормативну базу в галузі будівництва, варто відмітити той факт, що зарубіжні національні рейтингові системи «зеленого будівництва» не можуть бути повноцінно застосовані в нашій країні в силу того, що вибудовані під їх будівельні норми, національні традиції, ресурсні, енергетичні та економічні пріоритети.

Сутністю створення нового національного стандарту «зеленого будівництва» України є розгляд і осмислення тільки тих концептуальних рекомендацій загальнознаних систем екологічної експертизи об'єктів нерухомості, які зможе ввести в практику національний проектно-будівельний сектор. Вимоги такого стандарту повинні бути спрямовані на скорочення споживання енергетичних ресурсів, використання нетрадиційних, відновлюваних і вторинних енергетичних ресурсів, раціонального водокористування, зниження шкідливих впливів на

навколишнє середовище в процесі будівництва та експлуатації будівлі, включаючи прибудинкову територію, при забезпеченні комфортного середовища проживання людини та адекватної економічної рентабельності архітектурних, конструктивних та інженерних рішень.

Необхідний перехід від стратегії зниження витрат на будівництво до стратегії зниження сукупної вартості володіння будинком, тобто до мінімізації вартості всіх витрат життєвого циклу будинку (будівництво, експлуатація, знесення).

Таким чином, дослідження другого етапу присвячено розробці та вдосконаленню методик та прикладних програм визначення показників біосферо сумісності енергоактивних будівель, а також доцільності використання різних джерел енергії в конкретних природно-кліматичних умовах архітектурно-будівельних районів України. На меті вирішення цих завдань – коригування нормативних вимог до тепло-, світло- та акустичного комфорту приміщень, їх санітарно-гігієнічного стану і як наслідок – розробки проекту системи екологічної сертифікації будівель для території України, який є першим етапом створення в країні комплексної системи забезпечення екологічної безпеки при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів будівництва. Як відомо, аналоги такої системи (LEED, BREEAM, DGNB, система сертифікації «Зелені стандарти» тощо) вже успішно працюють в передових країнах світу.

Біосферосумісність будівництва досліджується як складова біосферосумісності, що розглядається і як «стратегічний пріоритет екологізації науково-технічного розвитку» (за визначенням М.Ф. Замятіної [137]), і як «тип динамічної рівноваги природно-антропогенної системи», і як прикладна реалізація «біосферосумісних технологій регіонально-галузевого розвитку, що забезпечують пропорційний та збалансований розвиток біотехносфери» (за визначенням В.А. Ільчова [147]). Аналіз напрацювань вітчизняних та зарубіжних фахівців із організаційно-технологічної надійності БСБ, вивчення досвіду підготовки та реалізації інвестиційних проектів щодо

екологічних будівельних об'єктів (проект «Сардар-сіті» в ОАЕ, з нульовим викидом парникових газів), дотримання природного циклу екосистеми, що впроваджена Китаї, Танзанії, на острові Фіджі; проекти «Аркон» та «Екополіс», що готуються до впровадження в Російській Федерації) дали підстави інтегрувати «стан організаційно-технічної надійності» об'єкту будівництва з урахуванням біосферосумісності як «стан об'єкту, що полягає у здатності впродовж всього будівельно-інвестиційного циклу не допускати таких змін свого стану і властивостей, а також не викликати змін стану і властивостей інших, пов'язаних із ним об'єктів, які були б небезпечні для людей, будівництва та експлуатації об'єкту та оточуючої екосистеми».

В останні два десятиліття майже одночасно й паралельно з інформаційним моделюванням будинків успішно розвивається ще один, але зовсім з іншого погляду, концептуальний підхід до створення нових об'єктів – екологічно раціональне проектування (sustainable design) [7; 8].

Це поняття, що одержало у світі найбільше поширення, відноситься до загальної концепції стійкого (сталого) розвитку (sustainable development) [8] і по своїй суті просто приречено на тісну взаємодію з технологією BIM.

Сталий розвиток – це модель використання ресурсів, спрямована на задоволення потреб людини та збереження довкілля, при умові, що ці потреби можуть бути задоволені не лише для сьогодення, але і для майбутніх поколінь. Цей термін озвучений Всесвітньою комісією з навколишнього середовища і розвитку (WCED) [7], як результат зростаючої заклопотаності «з приводу швидкого погіршення стану довкілля, людини і природних ресурсів, та наслідків погіршення економічного і соціального розвитку», а також глобального характеру екологічних проблем.

Ще в 1970-ті роки «сталість» використовувалась для опису економіки «у рівновазі з основними екологічними системами підтримки». Екологи вказують на «межі зростання» і представляють в якості альтернативи «сталий стан економіки» з метою вирішення екологічних проблем. «Межі зростання»

– модель наслідків швидкого зростання населення земної кулі і кінцевого постачання ресурсів.

У моделі було розглянуто п'ять змінних в припущенні, що експоненціальна модель точно описує зростання, і що здатність технологій для підвищення доступності ресурсів зростає тільки лінійно. Ці змінні: світове населення, виробництво продовольства і виснаження ресурсів, індустріалізація, забруднення довкілля.

В рамках концепції стійкого розвитку з'явився новий підхід до проектування та зведення об'єктів, названий екологічно раціональним проектуванням. Він передбачає інтеграцію, аналіз та оптимізацію екологічних, технологічних, соціальних та економічних факторів на кожному етапі процесу проектування, широке використання енергозберігаючих технологій і відновлюваних ресурсів, у тому числі замкнутий цикл ресурсоспоживання, гармонічне входження нового будинку в навколишнє природне середовище та багато чого іншого, що повинне зводити до мінімуму шкідливий вплив людської діяльності на навколишнє середовище.

В той же час треба підкреслити, що український ринок нерухомості вийшов на ту стадію розвитку, коли будівельні організації включають до бізнес-портфеля великі проекти, що є технологічно складними та фінансово місткими (площею понад 100000 м<sup>2</sup>). Як правило, це об'єкти багатофункціонального призначення, що дають можливість диверсифікувати ризики будівництва та спробувати свої сили в різних сегментах нерухомості. У той же час багатофункціональні комплекси є дуже складним форматом, що вимагає зваженого підходу до аналізу, вибору і розподілу функцій, оскільки помилки в прорахунках можуть вплинути на затребуваність і успішність роботи всіх без винятку сегментів комплексу [288].

Відповідно до класифікації Urban Land Institute, багатофункціональний, або мультифункціональний (mixed-use), комплекс – це об'єкт, який генерує дохід від трьох і більше функціональних призначень, що мають незалежний попит [288]. Деякі учасники українського ринку відносять до



багатофункціональних комплексів також об'єкти з кількома рівнозначними функціями, наприклад, торгово-розважальні, спортивно-розважальні, спортивно-оздоровчі, торгово-офісні, офісно-складські, готельно-офісні, офісно-житлові, готельно-житлові тощо. Експерти відзначають поділ багатофункціональних комплексів згідно з архітектурним виконанням на горизонтальні (розміщення різних функцій в окремих об'єктах, об'єднаних однією концепцією) і вертикальні (розміщення декількох функцій в одному архітектурному, як правило, висотному обсязі). Вибір того чи іншого варіанту в процесі розробки проекту прямо залежить від розміру, конфігурації, обмежень і розташування земельної ділянки [288].

Однією з причин будівництва багатофункціональних комплексів стало значне подорожчання земельних ділянок, а також дефіцит вільних земельних ділянок у межах міст і особливо в їх центральній частині. Будівництво такого комплексу дає можливість підвищити ефективність використання земельної ділянки за рахунок збільшення щільності забудови та суміщення різних видів діяльності.

При цьому доведено, що одним із ключових факторів біосферної сумісності має стати розумно здійснюване екологічно раціональне проектування, яке не тільки зберігає природу, але і є економічно вигідним, оскільки скорочує витрати на утримання і обслуговування будинку при прогнозуванні цього процесу в тривалій перспективі. Тобто, «зелене» проектування – це не лише проектування в його звичайному розумінні, але й завдання оптимальних параметрів майбутньої експлуатації будинку протягом усього його життєвого циклу.

Актуалізуючи потребу переходу систем організації будівництва на засади біосферосумісності, пріоритетною проблемою вирішено оновлення методологічного та прикладного комплексу організації будівництва. Для пошуку раціонального формату та змісту критеріально-розрахункової бази такого інструментарію в якості будівельних об'єктів для потреб дослідження обрано спортивно-оздоровчі споруди як об'єкти специфічного

антропогенного впливу, що разом із територіями їх забудови (рекреаційними зонами) потребують особливої уваги.

Ускладнення розрахункових моделей приводить до алгоритмізації і комп'ютеризації систем, внаслідок чого створюються нові прикладні програмні комплекси.

Тематику архітектури спортивних споруд в публікаціях різних років найширше охоплено в: роботі В.В. Савченко [275], дослідженні за редакцією Р. Виршилло [49], довіднику Е. Нойферта [419], дослідженнях Н.М. Кир'янової та О.Є. Бильчинського [161], колективній монографії [50], підручниках за загальною редакцією І.Є. Рожина і А.І. Урбаха [11], Л.В. Арістової [325], А.Л. Гельфонд [60], посібнику з проектування [254]. Основний нормативний документ, який нині регламентує проектування цих споруд в Україні – це ДБН В.2-2-13-2003 «Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди» [99].

Згідно з чинним законодавством [264], громадяни України мають право займатися фізичною культурою та спортом незалежно від ознак раси, кольору шкіри, політичних, релігійних та інших переконань, статі, етнічного та соціального походження, майнового стану, місця проживання, мовних або інших ознак. Це право забезпечується шляхом: вільного вибору видів спорту та фізкультурно-спортивних послуг; доступності та безпечності занять фізичною культурою і спортом тощо.

Відповідно, фізична культура – це діяльність суб'єктів сфери фізичної культури і спорту, спрямована на забезпечення рухової активності людей з метою їх гармонійного, передусім фізичного, розвитку та ведення здорового способу життя. Спорт – діяльність суб'єктів сфери фізичної культури і спорту, спрямована на виявлення та уніфіковане порівняння досягнень людей у фізичній, інтелектуальній та іншій підготовленостях шляхом проведення спортивних змагань та відповідної підготовки до них. Спорт має такі напрями: дитячий спорт, дитячо-юнацький спорт, резервний спорт, спорт

вищих досягнень, професійний спорт, спорт ветеранів, олімпійський спорт, неолімпійський спорт, спорт інвалідів тощо.

Кількість та характер споруд для занять спортом та фізичною культурою на кінець 2013 року в Україні становила [129]:

- стадіони з трибунами на 1500 місць і більше – 1102 одиниці;
- легкоатлетичні ядра, що не входять до складу стадіонів – 270 одиниць;
- площинні спортивні споруди, у тому числі майданчики з тренажерним обладнанням, тенісні корти, футбольні поля, інші майданчики – 65827 одиниць;
- приміщення для фізкультурно-оздоровчих занять, у тому числі з тренажерним обладнанням – 16827 одиниць;
- спортивні зали площею не менше 162 м<sup>2</sup> – 17161 одиниць;
- плавальні басейни 50-метрові – 52 одиниці, 25-метрові – 434 одиниці;
- інші (стрілецькі тири, велотреки, споруди зі штучним льодом тощо) – 5448 одиниць.

Значна частина цих комплексів належить приватним підприємствам та організаціям, а менша з них – фізкультурно-спортивним товариствам та установам (навчальним закладам різних рівнів, дитячо-юнацьким спортивним школам, спеціалізованим дитячо-юнацьким школам олімпійського резерву та школам вищої спортивної майстерності), регіональним підрозділам з питань фізичної культури та спорту тощо.

За містобудівними ознаками спортивні комплекси різного спрямування можна класифікувати в залежності від розміщення в структурі міста:

- в історичних і адміністративних центрах міст;
- в зонах, що прилягають до історичного ядра міста;
- в центрах мікрорайонів;
- в приміських зонах, поза містом;

- в промислових районах, наближених до місця праці;
- в зоні розташування вузів, студентських містечок та академічних зон тощо.

Розташування у різних зонах міста накладає відбиток не лише на соціально-економічний формат таких комплексів (спрямованість на певну соціальну категорію споживача, рівень обслуговування тощо), але й на переважаючі напрямки спортивно-оздоровчих послуг, додаткове функціональне насичення. Визначальними факторами є вартість землі і потенційний контингент.

На статус спортивно-оздоровчого комплексу впливає економічний статус контингенту, комерційні передумови, такі як вартість землі, соціально-економічна орієнтація тощо, що визначатиме даний комплекс за соціально-економічним форматом як:

- закриті – клубного характеру із додатковими функціями;
- загальнодоступні – відкриті для всіх категорій населення з обов'язковим номінальним набором функцій.

Згідно зі статистичними даними [129], кількість осіб, що займаються спортом у 2013 році становила 1280611 осіб, і ця кількість постійно зростає, у порівнянні з 2000 роком – на 26%. Тому потреба у спортивно-оздоровчих комплексах постійно зростатиме, за умови, що населення України у віці від 6 до 60 років становить майже 30 млн. чол.

Відповідно у великих містах усе активніше здійснюється процес проектування і спорудження різного роду спортивно-оздоровчих комплексів. Ця тенденція розвитку міського середовища спостерігається в різних країнах і на різних континентах, незважаючи на властиві таким об'єктам складні архітектурні, об'ємно-планувальні, конструктивні й організаційно-технологічні рішення, що зумовлено недостатністю територіальних ресурсів великих міст для забезпечення їх функцій, дефіцитом вільних земельних ділянок та їх високою вартістю, підвищенням попиту на підземні площі для

паркінгів, і, як наслідок, необхідністю найбільш ефективного використання територій та інвестицій, підвищенням споживчих вимог до якості, комфорту і безпеки будівель [36].

Спортивно-оздоровчий комплекс (СОК) – спеціальна споруда, архітектурний об'єкт, призначений для проведення занять, пов'язаних з спортом, фізичною культурою і оздоровчими заходами для зміцнення здоров'я та розвитком спортивних навичок у населення. Головні вимоги, які пред'являються до СОК – це зручні умови для занять усіма видами спорту та оздоровлення, комфорт для відвідувачів, в тому числі забезпечення безпечності занять фізичною культурою і спортом.

Сьогодні проектування і будівництво комплексів для занять спортом та оздоровлення стає все більш затребуваним. Будівництво СОК здійснюється за типовими або індивідуальними проектами. Ці роботи повинні відповідати сучасним вимогам, що пред'являються до будівництва. Проектуючи будівлю, необхідно враховувати такі фактори, що впливають на надійність конструкцій: якість і кількість застосовуваних елементів, режим роботи елементів і деталей, стандартизацію й уніфікацію виготовлення, доступність деталей, вузлів і блоків для огляду і ремонту.

Всі спортивні, спортивно-оздоровчі, спортивно-видовищні об'єкти класифікують за кількома критеріями:

- в залежності від виду спорту – басейни для плавання, треки для велосипедного спорту, зали для занять гімнастикою і так далі;
- в залежності від типу конструкції будівлі – відкриті (розташовані на відкритому повітрі) і криті (що знаходяться у будівлях);
- з урахуванням архітектурного рішення – окремі споруди (можуть використовуватися як для одного, так і для декількох (універсальні) видів спорту за умови трансформації обладнання) і великі комплекси з декількох будівель;

– в залежності від масштабів території, яку обслуговує СОК – мікрорайонні, районні, міські та ін.

Якщо зведення більшості цивільних будівель являє собою достатньо відпрацьований процес, то складність, надійність, безпека будівництва СОК потребують розроблення спеціальних проектів, де організаційно-технологічна модель зведення будівлі в тому або іншому ступені є актуальною для всіх учасників (замовник, інвестор, проектувальник, підрядник) інвестиційно-будівельного процесу.

Кожен подібний комплекс являє собою багатofункціональну будівлю, в якій можуть та/або повинні бути передбачені такі приміщення:

– основні приміщення для занять спортом: спортивні та тренажерні зали, інші комплектації устаткування, необхідні для заняття спортом; зали для навчальних занять і тренувань тощо;

– басейни різних типів і видів, в тому числі дайвінг-центри;

– демонстраційні об'єкти – допоміжні об'єкти з місцями для глядачів;

– кабінети для проведення оздоровчих процедур;

– сауна;

– кафе та інші заклади для відвідувачів;

– ряд допоміжних приміщень, у тому числі технічних. Ключова функція допоміжних приміщень – це забезпечення нормальної роботи основних приміщень. Вони призначені для того, щоб забезпечити технічну експлуатацію СОК, а також високий рівень обслуговування спортсменів, відвідувачів тощо.

Відповідно для проектування і будівництва будівель СОК характерні певні особливості. Основною особливістю вважається необхідність враховувати жорсткі умови експлуатації. Це пов'язано з великим вібраційним і динамічним навантаженням, а також високою вологістю у приміщеннях, де розташовані басейни та сауни. Крім того, при створенні проекту обов'язково потрібно враховувати сучасні санітарно-гігієнічні

вимоги, основні вимоги до будівництва СОК, що містяться в ДБН В.2.2-13-2003 [99]. Вони включають вимоги до місць розміщення, планування, освітлення, вентиляції, опалення спортивно-оздоровчих споруд, влаштування основних і допоміжних приміщень для занять окремими видами спорту, їх санітарного режиму тощо.

Дослідження показують, що при функціональному зонуванні і проектуванні приміщень СОК необхідно приділяти особливу увагу ергономіці, а також забезпеченню санітарно-гігієнічних умов та ретельно підбирати технічні прилади для підтримки фізичних параметрів простору. На основі проведеного дослідження [277], з метою виявлення переваг та недоліків сучасних СОК було визначено:

- основні переваги:
  - сучасний дизайн – 30%;
  - використання природного (зовнішнього) освітлення – 35%;
  - достатність інвентаря для виконання вправ – 35%;
- основні недоліки:
  - недостатність місця – 27%;
  - погана вентиляція – 29%;
  - невдале зонування – 19%;
  - маленькі роздягальні – 14%;
  - невідповідність санітарно-гігієнічним вимогам – 11%.

Для того, щоб врахувати всі ці фактори, необхідно не лише правильно спроектувати, а й правильно підібрати високоякісний матеріал та технічне обладнання.

Будівельні матеріали повинні відповідати вимогам:

- екологічної безпеки;
- розрахункової довговічності;
- низької теплопровідності;
- малої звукопровідності;

- мінімальної щільності;
- естетичним вимогам;
- малої енергоємності виготовлення;
- технологічності виробництва робіт з ними;
- оптимальної вартості та експлуатаційної економічності.

Інженерні системи та обладнання СОК в сукупності повинні забезпечувати здоровий мікроклімат у приміщеннях, зручність користування та економне витрачання природних і техногенних ресурсів. Кожна з інженерних систем повинна відповідати сукупності специфічних для неї вимог.

Організаційно-технологічні особливості та вартість будівництва СОК будуть залежати також від прив'язки об'єкта до місцевості. Це пояснюється тим, що в кожному конкретному випадку умови підключення СОК до інженерних комунікацій, характеристики ґрунтів, наявність на майданчику будівель, що підлягають знесенню, та інші чинники можуть істотно відрізнятись, а значить, будуть відрізнятись і умови забезпечення ОТН будівництва СОК.

Забезпечення ОТН та безпеки СОК буде залежати, в першу чергу, від організаційно-технологічних рішень під час проектування, потім від процесу будівництва, а в подальшому – від моніторингу на стадії експлуатації.

В системі створення СОК під час проектування необхідно врахувати місцезнаходження майбутньої будівлі, її можливу багатофункціональність та визначити:

- гідрогеологічні умови (відсутність ґрунтових вод, відкритий водовідлив, потреба у зниженні рівня ґрунтових вод);
- тип фундаменту, який буде надійним (пальові фундаменти, глибокі опори високої несучої здатності (типу «барет»), плитні фундаменти, в тому числі підвищеної жорсткості (коробчасті), комбіновані плитно-пальові фундаменти);



- необхідну кількість технічних поверхів (1 і більше) та відповідно можливу глибину закладання фундаменту до 10,0 м чи до 20,0-40,0 м і більше);
- конфігурацію будівлю в плані (коло, еліпс, трикутник, квадрат, прямокутник, багатокутник тощо);
- форму будівлі в об'ємі (циліндрична, пірамідальна, призматична);
- можливий тип конструктивної системи (каркасна система з діафрагмами жорсткості, рамно-каркасна система, безкаркасна система з перехресно-несучими стінами, стовбурова система, каркасно-стовбурна система, коробчаста (оболонкова) система, стовбурово-коробчаста система та ін.);
- матеріал несучих конструкцій (залізобетон, в тому числі монолітний залізобетон, сталезалізобетон, металеві, або їх поєднання);
- необхідну та можливу висоту будівлі тощо.

При будівництві СОК необхідно дотриматись геолого-гідрологічних та еколого-біологічних норм. А на стадії експлуатації вчасно запобігати передчасному зносу (технічне обслуговування інженерних мереж і обладнання, несучих конструкцій, покрівлі і фасадів та ін.) та оперативно управляти параметрами спортивно-оздоровчого середовища.

Також потрібно передбачити певні заходи із захисту СОК:

- захист від шумових впливів від розташованих поблизу ділянки забудови доріг, кафе, промислових підприємств;
- захист від динамічних впливів від транспортних засобів та промислових підприємств;
- захист від поверхневих та ґрунтових вод [307].

При будівництві СОК, на думку науковців [161; 254], особливу увагу необхідно приділити вибору ділянки забудови та оцінюванню характеру ґрунту на ній. Рівень стояння ґрунтових вод може проходити не ближче 1,5 м від поверхні землі або 0,5 м від подошви фундаменту будівель. Забруднення

грунту не повинно перевищувати міри, при якій втрачається її здатність до самоочищення і мінералізації органічних речовин.

Серед сучасних тенденцій у галузі проектування та будівництва СОК домінують ідеї: розвиток багатофункціональності, практичності, комерційної спрямованості споруди; єдність високих технологій та збереження навколишнього середовища, ландшафту; дотримання екологічних вимог. На сьогодні найкращими об'єктами у цій галузі визнаються такі, що поєднують сучасні дизайнерські, архітектурно-планувальні, екологічні та енергозберігаючі принципи архітектурної практики [287].

Науково доведено [161; 254], що СОК необхідно будувати з навітряного боку (з урахуванням рози вітрів) від промислових підприємств і житлово-побутових об'єктів, які забруднюють повітря (промислових підприємств, великих автомагістралей, звалищ), на відстані, встановленій для кожного об'єкта, що забруднює повітря (санітарно-захисна зона – 500 м). Крім цього, майданчики і поля спортивних ігор (крім майданчиків для городків), а також спортивне ядро стадіону орієнтуються поздовжніми осями у напрямку північ-південь з допустимим відхиленням не вище  $20^\circ$  [161], а при орієнтації основних критих спортивних споруд крім сліпучої дії сонця враховується його тепловий вплив, що оцінюється в залежності від широти місцевості. У південних районах особливо несприятлива західна орієнтація світлових прорізів, що призводить до перегріву приміщень [41]. Також при плануванні розміщення СОК необхідно приймати до уваги зручності під'їзду і підходу до них від зупинок громадського транспорту. Відстань до зупинки громадського транспорту не повинна перевищувати 500 м.

Будівництво СОК являє собою взаємопов'язану діяльність різних суб'єктів, які поєднані єдиною метою, спрямованою на безпосереднє забезпечення та створення об'єкта будівництва, що включає різні аспекти та етапи будівництва, а також, що вельми важливо, взаємодію різних суб'єктів будівництва у процесі зведення об'єкта нерухомості та пропорційну

відповідальність за якість виконання взятих на себе зобов'язань, починаючи з проектування і завершуючи здачею в експлуатацію.

Незаперечним фактом є те що, будівельний об'єкт, що вводиться в експлуатацію, повинен бути надійним та безпечним. Проте нормальна експлуатація об'єктів нерухомості буде можлива лише тоді, коли буде дотримано вимоги до якості при будівництві. Практика показує, що при зростанні обсягів будівництва дедалі частіше спостерігаються випадки порушення будівельних норм і правил, і як наслідок – небезпечною стає експлуатація зведених при цьому об'єктів. Оскільки питання якості будівельних робіт найчастіше постає при оцінці виконання підрядних робіт, при прийнятті в експлуатацію завершених будівельних об'єктів, тобто на завершальній стадії, то поняття якості будівельних робіт сприймається по-різному, а відповідно різними є підходи науковців [72; 185] до формулювання цього поняття.

На основі проведеного аналізу історії будівництва об'єктів нерухомості з'ясовано, що поняття «якість у будівництві» з'явилося у 60-х роках [6; 183], і під ним і досі розуміється здатність задовольняти суспільні потреби, для яких призначено побудований об'єкт, відповідно до вимог, встановлених правовими нормами, стандартами, нормативно-технічною документацією, показниками проектної потужності та договором підряду на капітальне будівництво [198]. Однак ці дослідження, по-перше, проводилися у радянський період, мали юридично-правове спрямування і багато в чому не відповідають економічній ситуації сьогодення, а по-друге, вони не торкаються проблем дотримання безпеки при досягненні належної якості будівельних робіт.

Якість будівельного об'єкту, перш за все, проявляється в його здатності повною мірою відповідати своєму призначенню та бути безпечним. Тому якість побудованого об'єкта залежить від якості планування капітального будівництва, якості проектування, якості використаних у будівельному

виробництві будівельних матеріалів та виробів, якості виконання будівельно-монтажних робіт.

Незважаючи на різні підходи вчених до поняття якості будівельних робіт, більшість із них робить висновок [156, с. 18], що це сукупність суттєвих для даного виду робіт властивостей: технічних, економічних та інших суспільно-важливих властивостей продукції (робіт, послуг), закріплених у нормативно-технічній документації та договорах на будівництво.

Відповідно, важливим елементом якості будівельних робіт є сукупність властивостей, яким мають відповідати такі роботи. Серед таких властивостей науковці [67, с. 129] виділяють:

- функціональні – рівень відповідності основному призначенню (забезпечення санітарно-гігієнічних та побутових умов, комфортних умов життя, відпочинку);
- технологічні – поєднання ефективності технологічного процесу і рівня продуктивності праці із собівартістю;
- конструктивні, що характеризують здатність об'єкта будівництва зберігати у часі (в процесі експлуатації) у встановлених межах всі параметри, що характеризують здатність виконувати необхідні функції (міцність, довговічність, надійність);
- естетичні – архітектурна виразність зовнішнього вигляду об'єкта будівництва, ретельність і акуратність виконання будівельно-монтажних і спеціальних робіт, санітарно-технічного обладнання;
- ергономічні – ступінь придатності об'єкта будівництва до потреб людини, погодженість за геометричними, силовими та іншими характеристиками.

Спираючись на результати, викладені в технічній та економічній літературі, можна констатувати, що якість будівельних робіт – це не просто сукупність властивостей, а така їх сукупність, що закріплюється у проектній

документації, відбивається у технологічних картах, робочих кресленнях тощо. І саме «проект відбиває досягнутий рівень розвитку техніки, прогресивні технологічні і будівельні проектні рішення» [45, с. 8]. А «якість будівельних робіт – це сукупність їх суттєвих властивостей (функціональних, технологічних, конструктивних, естетичних тощо), закріплених договором, проектом будівництва, актами нормативно-технічного регулювання з метою безпечної експлуатації результату таких робіт» [67, с. 131]

На сьогоднішній день якість будівництва оцінюється шляхом співставлення параметрів об'єкта будівництва з вимогами будівельно-технічної документації – проектів, ДБН, ДСТУ, інструкцій тощо, які спрямовані на дотримання учасниками будівництва вимог щодо побудови будівель та споруд без дефектів та недоліків, а також забезпечення надійності та безпеки об'єкта будівництва. До того ж вони забезпечують якість будівництва на основі впровадження досягнень науки, техніки та передового досвіду в практику проектування та будівництва. Хоча дуже часто у нормативних документах «зазначаються не всі якісні градації параметрів до властивостей, що закладаються в проектне рішення, однак такі акти лімітують максимально чи мінімально припустимі межі відхилення від проектних рішень, встановлюють такі вимоги до будівельних робіт, які гарантують досягнення мінімальних критеріїв якості» [314, 315].

Безумовно, застосування технічних норм та правил у будівництві обумовлено вимогами регулювання будівельної діяльності країн ЄС та покликане, перш за все, враховувати принципи безпечності будівельної продукції по відношенню до здоров'я людини та забезпечення охорони навколишнього природного середовища.

Відповідно, будівельні норми, державні стандарти, норми і правила щодо планування, забудови та іншого використання територій, проектування і будівництва об'єктів містобудування розробляються і затверджуються спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань містобудування та архітектури, іншими центральними органами виконавчої

влади в порядку, визначеному законом, при цьому досягнення якості робіт не є самоціллю, воно має значення для збереження якості об'єкту будівництва при його експлуатації. Тобто від якості виконаних будівельних робіт залежить експлуатація їх кінцевого результату. Саме для цього, на основі нормативно-технічної документації, мають бути вжиті заходи на усіх стадіях будівельного процесу (передпроектній, стадії проектування і реалізації проекту, стадії експлуатації).

Огляд наукової літератури дає право стверджувати, що якість будівельних робіт забезпечує безпечність будівельних об'єктів, і відповідає визначенню, що «безпечність – це відсутність небезпеки, збереженість, надійність» [78, с. 67]. Відповідно безпечним є «стан об'єкта, що полягає у здатності не допускати таких змін свого стану і властивостей, а також не викликати змін стану і властивостей інших, пов'язаних з ним об'єктів, які були б небезпечні для людей і навколишнього середовища» [306, с. 46].

Науковці відзначають, що під час проектування будівлі передбачають визначений (теоретичний) рівень надійності та безпечності її конструкцій і вузлів. Залежно від якості виробів і монтажу, початкова надійність будівлі завжди менша за теоретичну. З першого дня експлуатації будівлі (конструктивного елемента) в окремих її вузлах і конструкціях починають відбуватися зміни, які спричиняють погіршення їх технічних характеристик і показників. Ці зміни за важливістю й інтенсивністю різні: одні приводять до погіршення комфорту приміщень, інші – до аварій і руйнувань усієї будівлі; одні можна швидко усунути, інші – усунути неможливо; одні відбуваються повільно і безупинно, інші – випадково, безсистемно. Але всі зміни через якийсь проміжок часу приводять до порушення працездатності будівлі (неможливості виконання заданих функцій). Отже, протягом усього терміну нормального функціонування існує ймовірність (можливість) виходу з ладу будівлі чи окремих її елементів. Чим менша така ймовірність, тим надійніша будівля. Тому надійність також можна розуміти як збереження якості в часі. При цьому без базової нормальної якості зведення будівлі не може бути мови

про її надійність. Низька якість зведення будівлі спричинить в процесі експлуатації додаткові витрати матеріалів, праці і коштів на перероблення і ліквідацію браку, допущеного в процесі зведення будівлі.

Але відсутність в конструкціях на момент обстеження ознак аварійного чи непридатного для експлуатації технічного стану сама по собі не може слугувати об'єктивною оцінкою безвідмовності, про що свідчить аналіз аварійних обвалень об'єктів будівництва. Так, допущення помилок при проектуванні, наприклад, невідповідність прийнятої розрахункової схеми дійсній роботі конструкції може навіть в початковий період експлуатації (при відсутності дефектів та експлуатаційних пошкоджень) призвести до аварійного обвалення, наприклад, при реалізації граничних розрахункових значень тимчасових розрахункових навантажень (снігового, вітрового або корисного). Хоча при менших рівнях навантаження візуальних відхилень від параметрів нормального чи задовільного стану не спостерігається.

Саме експерт виявляє та фіксує ті чи інші відхилення від встановлених будівельних вимог та правил, визначає, до яких саме змін призвело (приведе) будівництво об'єкта, та як саме впливає (вплине) заміна матеріалів, конструкцій, що допущена в ході будівництва, на можливість існування будови без повного чи часткового руйнування, а зміна об'ємно-планувальних рішень – на можливість та зручність експлуатації внутрішніх приміщень збудованого об'єкта нерухомості [275].

### **1.3 Врахування архітектурно-конструктивної, організаційно-технологічної та екологічної специфіки будівництва при формуванні інвестиційно-будівельного циклу об'єктів біосферосумісних об'єктів**

Для забезпечення безкризового розвитку суспільства в наступництві поколінь системний підхід зобов'язує знати: як суспільство породжує потреби і які вони за наслідками їх задоволення; що виробляти в умовах

обмеженості ресурсів і виробничих потужностей; яка пріоритетність різних видів продукції і виробництв; в яких обсягах виробляти; на основі яких технологій; як розподіляти продукцію і природні ресурси; як забезпечувати екологічну безпеку виробничо-споживчої системи; при цьому відповіді на ці і багато інших запитань багато в чому зумовлені політикою (як внутрішньою, так і зовнішньою), втілення якої в життя господарська система суспільства повинна забезпечити [278, с. 125].

З підписанням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, нашою державою взято зобов'язання щодо здійснення ряду реформ з метою імплементації європейських стандартів у національні нормативні документи. Зокрема передбачено впровадження в Україні до 2020 року Регламенту ЄС № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради Європи від 9 березня 2011 р. Одним із об'єктів цього технічного регламенту є системи протипожежного захисту будинків і споруд та будівельні конструкції і матеріали. На реалізацію взятих зобов'язань вже відбулися відповідні зміни у законодавчій та нормативній базі України, зокрема: прийняті і набрали чинності Закони України [258; 262; 263], а також державні будівельні норми [82] тощо.

Відповідно до Закону України «Про будівельні норми» [258], будівельні норми – це затверджений суб'єктом нормування підзаконний нормативний акт технічного характеру, що містить обов'язкові вимоги у сфері будівництва, містобудування та архітектури. У ст. 16 Закону України «Про основи містобудування» [262] зазначено, що будівельні норми, державні стандарти, норми і правила встановлюють комплекс якісних та кількісних показників і вимог, які регламентують розробку і реалізацію містобудівної документації, проектів конкретних об'єктів з урахуванням соціальних, природно-кліматичних, гідрогеологічних, екологічних та інших умов і спрямовані на забезпечення формування повноцінного життєвого середовища та якнайкращих умов життєдіяльності людини.

Відповідно до [82; 318], будівельні вироби повинні проектуватись і



зводиться так, щоб у разі виникнення пожежі:

- несуча здатність будівельних конструкцій зберігалась протягом певного проміжку часу;
- поява і поширення вогню та диму всередині будівельного об'єкта були обмеженими;
- було обмежене поширення пожежі на сусідні будівельні об'єкти;
- люди могли залишити об'єкт або могли бути врятовані іншим способом;
- враховувалась безпека пожежно-рятувальних підрозділів.

Аналіз вказаної документації дозволяє зробити висновок, що під час здійснення будівництва забудовник повинен суворо дотримуватися архітектурно-будівельних, технічних, санітарних та пожежних норм.

Метою технічних норм у будівництві відповідно до ДБН А.1.1-1-2009 «Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення» [81] є захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів та пожеж. Дотримання цих норм полягає у захисті будівель та споруд від небезпечних геологічних процесів, таких як землетруси, зсуви, підтоплення, затоплення, осідання тощо. Тобто дотримання цих норм забезпечує захист територій, будинків і споруд, їх стійкість, а також безпеку людей та функціонування систем життєзабезпечення у складних інженерно-геологічних умовах.

Тому забезпечення організаційно-технологічної надійності та безпеки споруджуваних об'єктів залежить від впливу сейсмічних навантажень [218]. У зв'язку з цим при плануванні та будівництві СОК дуже важливим є врахування розповсюдження впливів сейсмічних подій на довкілля та сейсморайонування, що впливає на безпеку будівельних об'єктів. В цьому аспекті найбільш важливе значення мають [40; 179; 280] як структура земної кори, так і ґрунтові умови в районах будівництва, в тому числі просідаючі ґрунти, зсувонебезпечні ділянки, карсти, а також наявність геотехнічних

споруд (підземних виробок, тунелів, катакомб та ін.). З іншого боку, велике значення мають технічні рішення будівельного об'єкту як в архітектурно-планувальному аспекті, так і у виборі раціональних конструкцій, де необхідно враховувати новітні підходи до проектування сейсмостійких залізобетонних конструкцій. При цьому потрібен пошук оптимальних рішень від можливих фундаментів до відповідного типу будівельних споруд з урахуванням як небезпечних сейсмічних впливів, так і ефективності врахування взаємодії ґрунтів, фундаментів та конструкцій.

Одночасно з конструктивними та іншими заходами підсилення споруд у сейсмонебезпечних умовах, ефективними можуть бути, на думку науковців, окремі методи активного сейсмозахисту та сейсмозахисного екранування [178], направлені на зменшення зусиль у конструкціях під час землетрусу (адаптивні системи, сейсмоізоляція надземної частини споруд, екранування основ і фундаментів, системи з підвищеним демпфіруванням та гасниками коливань).

У ДБН В.1.1.7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [255] містяться вимоги щодо дотримання пожежних норм, що є обов'язковими для фізичних та юридичних осіб, незалежно від їхньої форми власності та належності, які здійснюють будівельну діяльність на території України. Цих вимог слід дотримуватися під час опрацювання проектної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію, технічне переоснащення, реставрацію, капітальний ремонт будинків і приміщень різного призначення. При цьому, зазначена проектна документація підлягає експертизі (перевірці) органами державного пожежного нагляду в порядку, встановленому законом. Тобто будівельне проектування повинно бути здійснене з дотриманням норм та стандартів, які забезпечують пожежну безпеку будівель та споруд, під якою розуміється такий стан об'єкта, при якому заходи попередження пожеж та протипожежного захисту відповідають нормативним вимогам.

Крім цього, нормами [82] встановлено пожежну класифікацію будівельних матеріалів, будівельних конструкцій, протипожежних перешкод,

зовнішніх пожежних драбин, сходів та сходових кліток, будинків і споруд, а також загальні вимоги до такої продукції, до систем протипожежного захисту будинків.

При цьому науковці акцентують увагу на тому, що відповідні норми та вимоги з протипожежного захисту потребують змін, де для підвищення безпечності для людей під час евакуації з будинків у разі пожежі доцільно визначити мінімальну ширину евакуаційних виходів, коли використовуються двостулкові двері, визначити норми до влаштування місць доступу до будинків та споруд маломобільних груп населення. Передбачити недопустимість блокування дверима, що відчиняються з приміщень у сходову клітку, проходу такої клітки більш ніж на 20 см [221, с. 68].

Відповідно необхідно дотримуватись санітарно-гігієнічних вимог до СОК. Тобто об'єкт будівництва повинен відповідати санітарним нормам, про що безпосередньо зазначено в ст. 11 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [260]. Згідно з цією нормою, об'єктами санітарно-епідеміологічної експертизи є схеми, передпроектна документація, що стосується районного планування та забудови населених пунктів, курортів тощо. Підприємства, установи, організації та громадяни при розробленні та використанні нових технологій, проектуванні, розміщенні, будівництві, реконструкції та технічному переобладнанні підприємств, виробничих об'єктів і споруд будь-якого призначення, плануванні та забудові населених пунктів, інших об'єктів зобов'язані дотримуватися вимог санітарного законодавства. Адже будівництво об'єктів нерухомості передусім спрямоване на створення найбільш сприятливих умов для життя громадян, збереження та зміцнення їх здоров'я, і не повинно бути даниною модним тенденціям.

Згідно з Положенням про державний санітарно-епідеміологічний нагляд в Україні [261], державний санітарно-епідеміологічний нагляд здійснюється шляхом видачі передбачених законодавством висновків, дозволів тощо, а також проводиться перевірка та видаються висновки на

відповідність об'єктів і споруд, що вводяться в експлуатацію, санітарним нормам. Так, за периметром спортивних споруд, розташованих на відкритому повітрі, передбачаються вітро- і пилозахисні смуги з деревних і чагарникових насаджень різної висоти, шириною не менше 10 м, а за периметром окремих спортивних майданчиків – не менше 3 м. Загальна площа озеленення відкритих споруд повинна становити не менше 30% площі земельної ділянки. Зелені насадження знижують забрудненість повітря спортивних споруд на 40-60% влітку і 10-15% взимку, захищають їх від вітру [63].

Криті приміщення СОК забезпечують проведення спортивних занять та оздоровчих процедур незалежно від природних стихій та призначені для захисту від несприятливих чинників середовища, при цьому мікроклімат приміщень нормується за трьома основними параметрами – температура, вологість, рух повітря.

По-перше, приміщення в будівлі повинні бути взаємопов'язані таким чином, щоб забезпечити рух тих, що займаються, в наступній послідовності: вестибюль з гардеробною верхнього одягу – роздягальні чоловічі і жіночі (з душовими і туалетами) – спортивно-оздоровчі зали [46].

По-друге, найважливішим чинником оптимізації умов спортивного тренування є температура повітря [41; 144; 188; 252], яку необхідно постійно підтримувати, залежно від спрямованості та призначення приміщень, від 18<sup>0</sup> до 30<sup>0</sup>, та уникати її перепадів.

По-третє, показники мікроклімату в приміщеннях СОК, такі як відносна вологість та рух (швидкість) повітря, повинні також відповідати санітарно-гігієнічним нормам. Так, вологість повітря повинна підтримуватись в межах 35-60% [58; 188].

Спортивні споруди відносяться до четвертої групи громадських будівель зі змінним тепловим режимом: у робочий час – виходячи з вимог теплового комфорту; в неробочий – виходячи з умов, що забезпечують збереження будівель, обладнання та комунікацій [85; 63; 252]. До засобів регулювання мікроклімату, що забезпечують належні параметри повітряного

середовища, відносяться системи опалення, вентиляції і кондиціонування. У СОК можна планувати водяне опалення з радіаторами, конвекторами і іншими опалювальними приладами, або повітряне, суміжне з вентиляцією, у робочий час, а також чергове місцеве повітряне опалення основних залів.

Система вентиляції повинна забезпечувати надходження в приміщення потрібної кількості чистого повітря і видалення повітря, забрудненого продуктами життєдіяльності [73; 74; 144; 321]. При поганій вентиляції в СОК будуть погіршуватися фізичні і хімічні властивості повітря, підвищиться запиленість, збільшиться кількість мікробів у повітрі, що буде протилежним до поняття оздоровлення.

Технічна норма обсягу вентиляції згідно з ДБН В.2-2-13-2003 «Спортивні та спортивно-оздоровчі споруди» [99] становить для спортивних залів, залів ванн критих басейнів і залів для підготовчих занять –  $80 \text{ м}^3$  на одну особу, що займається, і  $20 \text{ м}^3$  – на одного глядача. Це мінімальний обсяг, що забезпечує необхідні комфортні умови.

Останнім часом у спортивно-оздоровчих спорудах набула поширення найбільш досконала система штучної механізованої вентиляції – кондиціонування повітря. Її особливістю є можливість автоматичної підтримки протягом певного часу потрібних параметрів температури, вологості, руху і чистоти повітря [145]. Тому дані досягнення науки і техніки необхідно враховувати при проектуванні СОК, з метою уникнення запиленості, бактеріального забруднення повітря та накопичення антропогенних (отруйні продукти, які утворюються в процесі життєдіяльності людини (ацетон, вуглекислий газ, аміни, аміак, феноли та ін.)).

Широке використання штучних покриттів при будівництві СОК обумовлено їх довговічністю, гігієнічністю, відповідно сформовано необхідні вимоги до синтетичних покриттів [252; 313]. Підлоги з синтетичних матеріалів повинні відповідати наступним вимогам: гігієнічність, зносостійкість і ін. Особливо важливо, щоб такі підлоги «чинили опір» удару,

були пружними, але не пухкими, з матовою, неслизькою поверхнею, поглинали звук. При розташуванні спортивних залів над іншими приміщеннями настил підлоги слід укладати на звукоізолюючих прокладках.

Спортивні зали, зали ванн в басейнах, криті ковзанки зі штучним льодом, кабінети лікаря, службові приміщення тощо повинні мати пряме природне освітлення. Освітленість повинна бути достатньою, рівномірною і без блиску. Від штучного освітлення потрібно, щоб воно було близьким за спектром до денного, без мерехтіння, та пожежобезпечним [63; 99].

Згідно норм [38; 99], орієнтація бічних світлових прорізів спортзалів, залів ванн басейнів при односторонньому освітленні у центральних і північних районах повинна бути на південний схід, а в південних районах – на північний схід. Якщо ж освітлення двостороннє, то стіна з найбільшою площею світлових прорізів в центральних і північних районах орієнтується на південний схід, а в південних – на північ.

Необхідно зазначити, що орієнтація на можливість максимального використання зовнішнього освітлення є надзвичайно важливою тенденцією в сучасній європейській архітектурі. Таку можливість повною мірою враховано при спорудженні відкритого інноваційного аквацентру Landmark Aquatic Centre (м. Ріжека, Словаччина): саме цю ідею було покладено в основу проектування фасаду будівлі. Цікавою особливістю будівлі є легкий пересувний дах, створений з урахуванням можливих певних змін у його конструкції [287]. При проектуванні й спорудженні центру спорту та дозвілля в м. Сен-Клу (Франція) для того, щоб знизити рівень енерговитрат, передбачено максимальне використання природнього освітлення, всередині вода басейнів нагрівається за допомогою сонця, кольорове скло у вікнах допомагає захистити внутрішні приміщення від перегріву [260].

На основі досягнень науково-технічного прогресу є доцільним та можливим поєднання природного і штучного освітлення. В установках штучного освітлення звичайно прагнуть відтворити умови освітлення під відкритим небом як найбільш природні. Для природнього освітлення

характерні: високий рівень освітленості, плавне зменшення яскравості зверху, сукупний вплив спрямованого і розсіяного світла, односторонні тіні і відомий спектр випромінювання [60]. Рівень штучної освітленості спортивних споруд для окремих видів спорту, а також території ділянок спортивних споруд і комплексів приймається згідно з ДБН В.2.2-13-2003. Для штучного освітлення критих спортивних споруд найчастіше застосовують люмінесцентні лампи. З багатьох видів люмінесцентних ламп для застосування у спортивних залах рекомендуються лампи, що імітують денне світло – ЛБ і ЛТБ, світло яких найбільш сприятливе для зору.

До недоліків люмінесцентного освітлення відноситься так званий стробоскопічний ефект [46, с. 174]. Для виключення цього явища лампи слід включати за дво- або триламповою схемою, при якій пульсації світлового потоку окремих ламп зрушені в часі відносно один одного, а також своєчасно міняти зіпсовані лампи, частота пульсації яких різко зростає.

Велике психогігієнічне значення має раціональне внутрішнє колірне оформлення СОК. Для фарбування стін необхідно використовувати світлі тони: палевий, кремовий, персиковий, світлорожевий, кораловий, морської хвилі, сіро-перловий, небесно-блакитний. Потрібно уникати коричневого кольору (психологічно сумного), яскраво-червоного (збудливого), чорного (поглинаючого занадто багато світла). У забарвленні стін можна використовувати два різних кольори (принцип біколоризму). При цьому світлий тон стін повинен бути трохи вище середнього (коефіцієнт відбиття в межах 40-50%).

Міжнародна організація стандартизації розробила рекомендації з використання кольору з сигнальними цілями [63]:

- сигнальний червоний колір використовується для фарбування протипожежного інвентаря, а також для забороняючих написів;
- сигнальний синій колір – колір інформації. Інформаційні табло у СОК повинні бути пофарбовані в синій колір на білому тлі;

– насичений сигнальний оранжевий колір – рекомендується використовувати при необхідності виділити який-небудь предмет або поверхню (баскетбольне кільце, плаваюча розмітка басейну, край вишки або трампліну).

Розмічати ігрові майданчики рекомендується сигнальним білим кольором. Він має найбільш високий коефіцієнт відбиття, що дозволяє гравцям добре контролювати гру при фіксації меж майданчика за рахунок периферичного зору. Якщо необхідно на одній площі розмістити розмітку для двох ігор, другу слід зробити помаранчевим кольором. При трьох майданчиках, що накладаються один на одного, третій розмічається чорним кольором.

При цьому в основі підлоги необхідно передбачити «гнізда» для кріплення стійок спортивних снарядів, тренажерів. В уніфіковані «гнізда» можна встановлювати стійки для волейбольних або тенісних сіток. Для гри в баскетбол передбачити щити зі стельовою підвіскою, які при необхідності за допомогою ручної лебідки можуть забиратися вгору до стелі. Крім цих щитів уздовж довгих сторін спортивної зали запроектувати стаціонарні щити для тренувань.

Логічним у забезпеченні безпеки буде виділити організаційно-технологічні фактори, які впливають на показники енергоефективності СОК. До основних показників енергетичної ефективності будівель, згідно з ДБН В.2.6-31:2016 [90], можна віднести показник, що визначає витрати теплової енергії на забезпечення оптимальних теплових умов мікроклімату в приміщенні і відноситься до одиниці опалюваної площі або об'єму будинку, тобто питомі витрати теплової енергії.

Переважає більшість тепловтрат відбувається через оболонку будівлі. В.Г. Гагарін в своїй роботі [58] виділяє кілька варіантів зниження питомих тепловитрат через оболонку будівлі:



- шляхом збільшення опору теплопередачі, тобто товщини утеплювача та відповідно збільшення теплотехнічної однорідності коефіцієнту теплопередачі будівлі;

- шляхом спрощення форми будівлі та зниження коефіцієнту компактності.

При цьому слід враховувати також вплив форми будівлі, тому що при однакових об'ємах будівлі та показниках компактності питомі коефіцієнти теплопередачі оболонки будівлі можуть розрізнятися. Також істотний вплив має фактор поверховості. Будівлі з різною поверховістю будуть досягати однакових питомих тепловтрат за рахунок різних значень опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

При виборі форм будівлі важливою задачею архітектора є мінімізація площі і поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій з метою мінімізації тепловтрат у холодний час та теплонадходження у теплий час року. Таким чином, найбільш ефективною є кругла форма. Вона має найменший периметр і відповідно буде мати найменшу площу огорожувальних конструкцій. Також дана форма є сприятливою з точки зору впливу вітрових потоків [220].

Глобальна екологічна та енергетична криза ускладнила проблеми, які стоять перед Україною в економічній і соціальній сферах. Однією з них є проблема екологічної безпеки та енергоефективності будівель.

Останні роки характеризуються інтенсивним розвитком досліджень [43; 53; 155; 163; 181] у галузі «зелених» будівель, особливо в питанні використання відновлюваних джерел енергії в енергозабезпеченні будівель, які дозволяють знизити техногенне забруднення навколишнього середовища. Перехід на альтернативні джерела енергії – вітрову, сонячну, геотермальну, енергію біомаси – дозволяє, з одного боку, відмовитися від імпорту вартісних енергоносіїв і забезпечити споживачів гнучкими локальними енергетичними установками, а з іншого, що найголовніше – суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища.

Архітектура туристичних спортивних споруд розвивається з урахуванням екологічної ситуації, необхідності збереження навколишнього середовища, належного забезпечення умов успішної життєдіяльності людини. У світі будівництва спортивних об'єктів сталася важлива подія: в Швейцарії у минулі роки споруджено цілком самодостатній з погляду обслуговування стадіон, який має власну електростанцію потужністю 1,3 МВт, котра працює на сонячних батареях і повністю задовольняє потреби стадіону. Досвід побудови таких споруд повторено у Тайвані, де створено стадіон з 8844 сонячними панелями, інтегрованими у дах, які виробляють достатньо енергії для роботи 3300 ламп освітлення та двох велетенських телевізійних екранів [287].

Зміни технологій у будівництві [66; 98; 71; 101; 304] створили не тільки можливість для будівництва СОК за енергоощадними технологіями відповідно до екологічних вимог, але і зробили широкодоступними принципово інші вимоги до загального рівня комфорту. Відтепер енергетична ефективність будівництва щораз більше визначається не коштами будівництва, що безумовно надзвичайно важливо, а вартістю експлуатації.

Так, для оцінки ефективності «зеленого» будівництва в багатьох країнах застосовується програма LEED сертифікації (Leadership in Energy and Environmental Design). LEED призначена для забезпечення швидкої ідентифікації та впровадження практичних рішень у галузі проектування «зелених» будівель, їх конструювання, експлуатації та технічного обслуговування. LEED включає 6 категорій (табл. 1.2), необхідні вимоги яких мають бути виконані для того, щоб досягти навіть найнижчого рівня рейтингової системи.

Невід'ємною частиною сучасного енергоефективного будівництва є застосування обладнання, яке використовує та перетворює енергію відновлюваних джерел енергії для потреб опалення, вентиляції та водопостачання. До такого обладнання відносяться сонячні колектори,

вітрові генератори, теплові насоси для рекуперації тепла з повітря, що викидають вентиляційні системи, використання тепла ґрунту або підземних вод. Енергія вітру і сонця при цьому способі завжди органічно доповнює основне джерело теплової енергії [229].

Таблиця 1.2 – Узагальнення змісту та порядку оцінювання якості проектних рішень «зеленого» будівництва за програмою LEED\*

№ з/п	Необхідна вимога / максимальна кількість балів	Характеристика
1	2	3
1	Екологічно стійкі майданчики забудови / 14	Вимоги Агенції з охорони навколишнього середовища США (EPA) включають контроль за ерозією ґрунту і підвищеними опадами. Додаткові бали нараховуються за вибір забудови в екологічно стійких районах, наявність транспорту, зменшення забудованих площ (для нових об'єктів), регулювання дощових потоків і зменшення заасфальтованих площ забудови, а також зменшення світлового навантаження на забудовані площі та його вплив на сусідні ділянки
2	Ефективність водних систем / 5	Включає ефективний полив зелених насаджень, інноваційну очистку стічних вод та зменшення споживання води при експлуатації будівлі, використання дощової води та застосування технологій з низькою витратою води
3	Енергія і навколишнє	Вимоги включають фундаментальний аудит, зменшення хлор-водневих холодильних агентів у

Заверш. табл. 1.2

1	2	3
	середовище / 17	холодильних установках та виконання мінімальних вимог стандарту ASHRAE 90.1-2004 з енергозбереження, оптимізацію енерговитрат у будівлі. Додаткові бали за цією категорією нараховуються за використання відновлюваних джерел енергії
4	Будівельні матеріали й ресурси / 13	Включає зберігання, а також збирання і транспортування сировини для повторної переробки, використання будівельних відходів, а також матеріалів, які швидко відновлюються (наприклад, бамбук), місцевих матеріалів, перероблених матеріалів, а також використання сертифікованого дерева
5	Якість внутрішнього середовища / 15	Включає вимоги щодо контролю за палінням, а також виконання вимог стандарту ASHRAE 62.1-2004 щодо вентиляції і якості повітря всередині приміщень. Додаткові бали нараховуються за підвищення ефективності системи вентиляції; контроль за якістю повітря під час будівництва; використання матеріалів з низьким вмістом шкідливих домішок; встановлення контролю за викидами хімічних і шкідливих речовин в атмосферу; тепловий комфорт; удосконалення автоматичного управління системами опалення
6	Інновації в процесі проектування / до 4	Бали надаються за виключне виконання і перевищення основних вимог за системою LEED або за інноваційний підхід, який основні категорії зазвичай не враховують і не розглядають
	LEED рейтинг: CERTIFIED – 40-49 балів; SILVER – 50-59 балів; GOLD – 60-79 балів; PLATINUM ≥ 80 балів.	

\* Джерело: систематизовано автором за даними [163; 252]

Тому при будівництві СОК, з енергоефективної точки зору, ще на етапі проектування науковці вважають за необхідне розглядати весь комплекс завдань:

- комфорт та екологічна безпека;
- кошти будівництва та кошти експлуатації;
- енергоємність технологій, матеріалів та продуктивність праці;
- енергетична автономізація з широким використанням альтернативних джерел енергії.

Поглиблений аналіз наведених нормативно-правових актів свідчить про те, що архітектурно-будівельні, пожежні, санітарні та технічні норми і правила, які суворо повинні дотримуватися під час будівництва об'єкта нерухомості, введені законодавцем в будівельно-правовий обіг з чітко визначеною метою. Недотримання або істотне порушення таких норм і правил під час зведення об'єкта нерухомості може в подальшому призвести до негативних наслідків: руйнування збудованого об'єкта, заподіяння шкоди життю та здоров'ю людей тощо.

За умови дотримання архітектурно-будівельних, технічних, санітарних та пожежних норм на стадії будівництва СОК, в подальшому також слід дотримуватися вимог щодо рівня показників експлуатаційного режиму.

## **Висновки до розділу 1**

1. Встановлено, що сучасні підходи до проектування та зведення будівельних об'єктів – так званого екологічно раціонального проектування (sustainable design), які передбачають інтеграцію, аналіз та оптимізацію екологічних, технологічних, соціальних та економічних факторів на кожному етапі процесу проектування, широке використання енергозберігаючих технологій і відновлюваних ресурсів, гармонічне входження нової будівлі в

навколишнє природне середовище, що має системно знизити шкідливий вплив людської діяльності на навколишнє середовище.

2. Реалізація перспектив біосферосумісного будівництва в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Тому створення інструментарію організації будівництва для методологічного обґрунтування та прикладного супроводу проектів будівництва на засадах біосферосумісності є актуальною проблемою, що потребує вирішення.

3. На підставі дослідження сучасних теорій надійності встановлено, що з точки зору процесу будівництва, організаційно-технологічна надійність проявляється через надійність проектних рішень та планів, економіки, технології, організації будівництва та управління ним, будівельних конструкцій та будівель у цілому. Оскільки ці процеси не можуть розглядатися у відриві один від одного, тому ОТН кінцевого результату визначається як ефективним плануванням, так і ефективним управлінням у процесі реалізації будівельного проекту, а у подальшому – безпечною експлуатацією об'єкта.

4. Доведено необхідність удосконалення існуючої парадигми ОТН будівництва, її зміни у відповідності до існуючих ринкових відносин у будівництві, сучасного розуміння забезпечення комплексної надійності реалізації будівельних проектів та в подальшому безпеки об'єктів, як мультиплікативного потоку множини ключових показників проекту, який значною мірою залежить від взаємопов'язаних між собою організаційного, технологічного, економічного та управлінського потоків.

5. Біосферосумісність будівництва має досліджуватися як стратегічний пріоритет екологізації науково-технічного розвитку, і як тип динамічної рівноваги природно-антропогенної системи, і як прикладна реалізація біосферосумісних технологій регіонально-галузевого розвитку, що забезпечують пропорційний та збалансований розвиток біотехносфери. Аналіз напрацювань вітчизняних та зарубіжних фахівців із організаційно-

технологічної надійності БСБ, вивчення досвіду підготовки та реалізації інвестиційних проектів щодо екологічних будівельних об'єктів дали підстави визначати «стан організаційно-технологічної надійності» об'єкту будівництва з урахуванням біосферосумісності як «стан об'єкту, що полягає у здатності впродовж всього будівельно-інвестиційного циклу не допускати таких змін свого стану і властивостей, а також не викликати змін стану і властивостей інших, пов'язаних із ним об'єктів, які були б небезпечні для людей, будівництва та експлуатації об'єкту та оточуючої екосистеми».

Основні положення розділу 1 опубліковані автором у наукових працях [327, 329, 331, 333, 334, 338, 339, 344, 345, 346, 347, 351, 352, 353, 355, 356, 357, 358, 359, 387, 390, 396].

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ БУДІВНИЦТВА НА ЗАСАДАХ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ

#### **2.1. Формування загальнометодологічних вимог до запровадження та розробки інструментарію організаційно-технологічного супроводу проектів БСБ**

Відомо, що процесу будівництва властивий тривалий період реалізації проектів, що спричинює суттєві відхилення реальних показників від передбачених у планах робіт. Причому відзначається, що чим на більший період часу розробляється план, тим вища ймовірність порушення планових показників. Сучасні дослідження в галузі технології і організації будівельного виробництва враховують дестабілізуючий вплив факторів зовнішнього та внутрішнього середовища шляхом визначення параметрів календарних планів, технологічних карт тощо з урахуванням рівня надійності їх досягнення.

В процесі проектування організації будівництва СОК основним завданням є побудова організаційно-технологічної моделі, що враховує структуру будівельних потоків і алгоритми їх функціонування та взаємодії. Обидва завдання спочатку формуються на основі проектно-кошторисної документації.

Однак, як правило, при проектуванні організації роботи складних будівельних систем не вдається знайти однозначного рішення. Завжди існує кілька альтернативних рішень побудови системи організації БМР і спеціальних робіт, причому кожен з варіантів допускає можливість істотних модифікацій, а в процесі здійснення будівництва може радикально змінюватися, коригуватися в оперативному порядку.



Вартість будівництва СОК та тривалість виконання робіт залежать від методу організації будівництва, технології виробництва БМР, на вибір яких впливають ухвалені архітектурно-планувальні, конструктивні й інженерні рішення.

Якщо звернутися до [48], то визначення тривалості будівництва залежить від наявних вихідних даних, якими є:

- обсяги будівельних робіт, витрати трудових, матеріально-технічних ресурсів, необхідних для виконання будівельних робіт;
- рішення генерального плану;
- об'ємно-планувальні й конструктивні рішення проекту;
- загальні організаційно-технологічні схеми зведення основного об'єкта та об'єктів підсобного й обслуговуючого призначення, енергетичного господарства, транспорту та зв'язку, зовнішніх мереж;
- перелік, обсяги та тривалість робіт, які виконуються в підготовчий період;
- умови здійснення будівництва (щільність забудови, інженерно-геологічні умови тощо);
- умови фінансування будівництва;
- інформація щодо умов постачання та транспортування від підприємств постачальників будівельних конструкцій готових виробів, матеріалів та обладнання (можливі строки, періодичність, обсяги та комплектність поставки тощо);
- інформація щодо забезпечення будівництва трудовими ресурсами (якісно-кількісний склад, середній виробіток робітників за видами робіт), будівельними машинами та механізмами (перелік, кількість, продуктивність) тощо.

Зважаючи на унікальність СОК, можна припустити, що ОТН значно залежить від тривалості будівництва, яка може бути визначена за [48], а у випадку відсутності необхідних даних буде визначена на основі усереднених

показників, у деяких випадках може бути встановлена директивна тривалість будівництва, відповідно до вимог замовника.

Необхідно зазначити, що кошторисна вартість будівництва СОК повинна враховувати зміну вартості грошей у часі, тому до вартісних показників проектів СОК необхідно на стадії проектування передбачити застосування: індексу інфляції, що визначається Державним комітетом статистики України; індексу зміни вартості будівельно-монтажних робіт, що визначається Мінрегіонбудом України; а також коефіцієнта, що враховує регіональні умови будівництва, який визначається Мінрегіонбудом України.

В умовах сьогодення показники вартості та тривалості будівництва, визначені на стадії планування, суттєво відрізняються від фактичних, зокрема у праці [227] наведено сучасні дані про будівництво низки об'єктів, з яких випливає, що чим більший за площею об'єкт і триваліший термін будівництва, тим більше фактичне відхилення реальних термінів будівництва від запланованих з різних причин, в окремих випадках на 50...100%, що є проблемою забезпечення надійної реалізації будівельних проектів будівельними організаціями.

Визначаючи фактори, що здійснюють визначальний вплив на показники ефективності організаційно-технологічних рішень будівництва, В.І. Большаков, Т.С. Кравчуновська, С.П. Броневицький виділили основні чинники, що впливають на зростання вартості будівництва [36]:

- низький рівень організації будівельного процесу, логістики і розрахунків у будівництві, що спричиняє втрати від браку та простої в сумі до 12-15% вартості будівництва;
- помилки в проектуванні, низька якість проектно-кошторисної документації;
- великі витрати на інженерну підготовку територій, недосконалість правил визначення витрат на підключення до інженерних мереж та головних джерел води, електроенергії, газу;

- зростання цін на будівельні матеріали, вироби і конструкції;
- часта зміна підрядників, недосконалість конкурсних процедур підбору підрядників;

- часті зупинки виробничого циклу і консервація об'єктів через відсутність фінансування (витрати на відновлення будівництва спричинюють втрати до 10% кошторисної вартості).

До факторів, які безумовно впливатимуть на вартість і тривалість будівництва, науковці [36] віднесли архітектурно-планувальні рішення, конструктивні системи будівель, матеріал несучих конструкцій, рівень інженерного забезпечення будівлі, клас енергоефективності будівлі.

Ступінь впливу факторів на вартість та тривалість будівництва подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Провідні характеристики оцінювання та ідентифікації ОТН в проектах БСБ\*

№ з/п	Фактори	Ступінь впливу на	
		вартість будівництва	тривалість будівництва
1	2	3	4
1.	Містоформівні особливості та інвестиційна привабливість міських територій	3	1
2.	Поверховість (багатофункціональність) будівлі	3	3
3.	Загальна площа будівлі	3	3
4.	Будівельний об'єм будівлі	3	3
5.	Методи організації будівництва	3	3
6.	Стисненість будівельного майданчика	3	3

Заверш. табл. 2.1

1	2	3	4
7.	Надійність організаційно-технологічних рішень	3	2
8.	Уніфікованість конструкцій	2	3
9.	Ступінь збірності будівель	2	3
10.	Наявність площ для складування і збирання конструкцій	1	1
11.	Технологічність проектних рішень	3	3
12.	Довговічність будівлі	1	1
13.	Продуктивність праці	1	2
14.	Методи мотивації персоналу	1	1

Примітки: 1 – низький ступінь впливу, 2 – середній, 3 – високий.

\* Джерело: удосконалено автором на основі [36].

Вперше залежність «час-вартість» була досліджена в роботах Келлі, ці дослідження знайшли свій розвиток в теорії управління інвестиційними проектами [126; 146; 159; 231]. Загальний характер цієї залежності представлений на рис. 2.1 [126].

Згідно з рис. 2.1 можливо виділити дві зони виконання робіт:

– зона оптимізації інтенсивності, яка характеризується тим, що зменшення часу виконання робіт за рахунок підвищення інтенсивності призводить до збільшення витрат будівельної організації, але з іншого боку, для скорочення відповідних витрат потрібне зниження інтенсивності виконання робіт;

– зона вимушеної інтенсивності, яка визначає ситуацію, коли збільшення тривалості виконання робіт супроводжується їх дорожчанням, і внаслідок цього вона неперспективна для ухвалення оптимальних рішень.

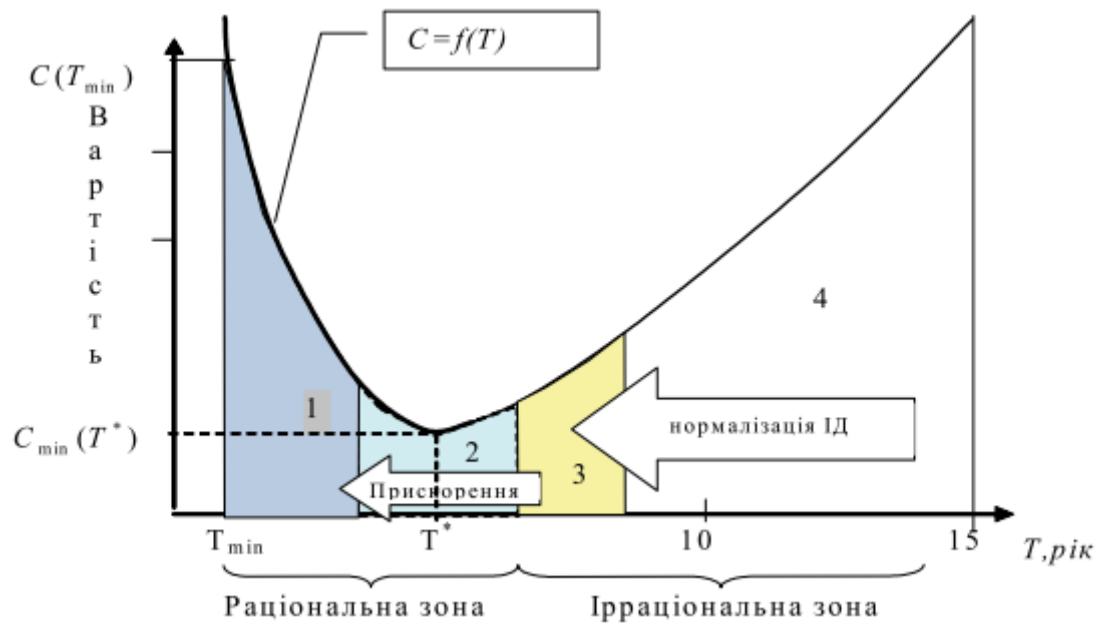


Рисунок 2.1 – Залежність вартості будівельного проекту БСБ від його тривалості:

1 – зона прискорення реалізації проекту; 2 – світовий рівень; 3 – зона нормативних строків будівництва до 1991 року; 4 – зона теперішнього стану.

Якщо допустити, що будівництво будь-якого об'єкта виконується із запланованою якістю, тобто всі можливі відмови впливають на тривалість будівництва, але ніяк не впливають на його якість, то при відмовах за рахунок збереження технології виробництва робіт і якості цих робіт відбувається збільшення тривалості будівництва. В результаті фактичний час, витрачений на будівництво, буде вважатися як сума часу запланованого часу на виконання робіт та часу простою через виникнення відмов. Відповідно час простою через виникнення відмов вплине на економічну складову будівництва СОК, тобто кінцеву вартість реалізації проекту.

Необхідно враховувати і те, що формування в Україні економіки ринкового типу зумовило суттєві зміни в організаційних, виробничих і економічних стосунках між усіма учасниками інвестиційно-будівельного процесу. Інвестувати все частіше доводиться в умовах високої

невизначеності і невпевненості в завершенні проекту, зокрема отриманні очікуваного кінцевого прибутку. Завжди залишається можливість того, що проект СОК, визнаний спроможним, виявиться збитковим, оскільки досягнуті в ході інвестиційного процесу значення параметрів відхиляться від планових або ж які-небудь чинники взагалі не були враховані.

Тому ОТН будівництва СОК може бути досягнута за умови ефективного перспективного планування та, в подальшому, підготовки будівельного виробництва, проектування зведення об'єктів на будівельному майданчику, ув'язки інтересів учасників будівництва тощо. Хоча дослідники [12] зазначають, що у будівництві, яке представляє складну імовірнісну систему, неможливо завчасно передбачити всі обставини, при яких порушується функціонування потоку (технологічного процесу), збір інформації про його надійність представляє собою завдання реєстрації (фіксації) випадкових подій: моментів появи відмов, їх тривалості, причин і обставин втрати працездатності, відхилення інтенсивності будівельних потоків від заданих розрахункових значень; відхилення в термінах виконання запланованих обсягів робіт, закінчення технологічних стадій і етапів робіт, містобудівних комплексів і введення об'єктів в експлуатацію.

Тобто можна припустити, що організаційно-технологічна надійність та безпека буде забезпечуватися через:

- економічну надійність;
- фінансову надійність;
- управлінську надійність;
- виробничу надійність;
- надійність генерального підрядника, будівельної організації (БО)

тощо.

Планування організаційних заходів щодо будівництва завжди пов'язане зі значною невизначеністю ситуації в майбутньому, що в рамках економічної та фінансової надійності має високий рівень імовірності ризику, тобто

невиконання інвестиційної програми будівництва СОК з тих або інших причин. Такими факторами можуть стати можливість нездійснення запланованих цілей (відхилення термінів виконання робіт від планових, збільшення вартості, порушення технології будівництва, зменшення якості або отримання грошових збитків). Відповідно надійність характеризується тим, що кожна дія призводить до одного з множини результатів, при чому кожен результат має свою, визначену експертним шляхом або розраховану, імовірність появи.

Серед заходів із забезпечення фінансово-економічної надійності реалізації проекту, тобто зменшення впливу ризику, науковці виділяють [12; 16; 141; 192]:

- ухилення від ризику. Це відмова від здійснення заходів або проектів, що пов'язані з ризиками;
- передача ризиків, шляхом укладання договорів на постачання, оренду, факторинг і т.д.;
- розподіл і диверсифікація ризиків – використання альтернативних можливостей для отримання доходів і участі в бізнесі;
- об'єднання ризиків – залучення інших партнерів, що мають додаткові ресурси або володіють інформацією;
- лімітування ризиків, шляхом встановлення на підприємстві системи обмежень, що допомагає зменшити ступінь ризику (строків, витрат, інвестицій і т.д.);
- компенсація ризиків шляхом використання різних видів фінансових гарантій, страхування;
- резервування коштів на покриття непередбачених витрат;
- локалізація і попередження ризиків через створення спеціальних підрозділів, які займаються управлінням ризикованими проектами, або підрозділів, які будуть здійснювати з метою попередження ризику маркетингові дослідження чи моніторинг зовнішнього середовища.

При укладанні договорів підряду необхідно розподілити фінансово-економічні ризики між учасниками інвестиційного проекту, щоб була можливість диверсифікувати збиток відповідно до можливостей організацій з управління ризиком і фінансової компенсації наслідків їх прояву. Розподіл ризику здійснюється на стадії узгодження взаємовідносин і закріплюється в договорі. Для реалізації завдання, за допомогою якого можлива оптимізація будівельних процесів при зведенні СОК, може бути використаний пропонуванний підхід, при якому ОТН визначається алгоритмами пошуку імовірнісних відхилень параметрів будівельних потоків в сітвовій структурі будівельних робіт [217].

Управлінська надійність реалізується через здатність виконавців організувати будівельне виробництво шляхом планування і регулювання ресурсів (трудових, матеріальних, фінансових, технічних) та зміни правил їх взаємодії (інтенсивність, послідовність, суміщення) з метою досягнення заданого результату, тобто здійснювати заплановані обсяги робіт і ввести об'єкт в експлуатацію у визначені терміни.

При цьому надійність технологічних рішень повинна забезпечувати безперебійне функціонування будівельного процесу, вибір способу виробництва робіт, що дозволяє виробничому будівельному процесу функціонувати із заданою інтенсивністю та іншими параметрами, таким чином, щоб відхилення, викликані випадковими виробничими факторами, не перевищували певних меж. Процес будівельного виробництва на будь-якому підприємстві здійснюється при визначеній взаємодії трьох визначальних факторів: персоналу (робочої сили), засобів праці і предметів праці. Використовуючи наявні засоби виробництва, персонал виробляє будівельну продукцію, тобто, з одного боку, мають місце витрати живої й упредметненої праці, а з іншого – результати виробництва, які залежать від масштабів застосовуваних засобів виробництва, робочої сили й рівня їхнього використання.



Організаційно-технологічна надійність генерального підрядника, будівельної організації залежить від удосконалення організаційних структур, яке на сьогодні в більшості БО відстало від темпів підвищення рівня технологічності і використовуваних технологій будівництва, що, в свою чергу, веде до втрати керованості БО, коли фактичні терміни проведення робіт не відповідають запланованим, коли розрахункова інтенсивність робіт не відповідає запланованій, що знижує організаційно-технологічну надійність БО. Визначити організаційно-технологічну надійність БО науковці пропонують за допомогою використання таких показників, як [123]: коефіцієнт готовності, інтенсивність відмов на монтажі, коефіцієнт вимушеного простою.

В свою чергу, науковці [112] сутність техніко-технологічної безпеки та надійності підприємства визначають як рівень відповідності застосовуваних на підприємстві технологій найкращим світовим аналогам за оптимізацією витрат. Вчений-економіст Н.Й. Реверчук техніко-технологічну безпеку підприємства трактує як «...захист від можливих витрат унаслідок використання застарілої техніки і технології виробництва продукції, неефективної організації виробничого процесу» [272]. О.М. Петрашова визначає техніко-технологічну безпеку підприємства як складову «економічної безпеки, пріоритетним завданням якої є захист від негативних чинників з метою створення та найефективнішого використання технічної бази і технологічних процесів для забезпечення високого рівня конкурентоспроможності підприємства [244]. На думку О.М. Петрашової [243], техніко-технологічна безпека підприємства характеризується такими ознаками, як:

- якість і відповідність технологічного процесу виробництва та основного капіталу потребам ринку;
- захищеність техніко-технологічної сфери підприємства від негативного впливу зовнішніх і внутрішніх загроз;

- здатність техніко-технологічної сфери підприємства забезпечувати його високу конкурентоспроможність;
- забезпечення за рахунок високої ефективності використання основного капіталу сталого розвитку підприємства.

На підставі досліджень, проведених О.І. Недавнім, С.В. Базилевичем, С.М. Кузнецовим [217], розроблено модель визначення оптимальної надійності організаційно-технологічного проектування будівель за критерієм досягнення максимального прибутку підрядною будівельною організацією. Сутністю моделі є встановлення меж ОТН, при яких прибуток може отримувати плюсові, мінусові і нульові значення, в залежності від зниження розрахункового рівня надійності, з урахуванням балансу витрат на відновлення надійності і оплати штрафів при невиконанні таких.

На підставі аналізу сучасного стану робіт у галузі організаційно-технологічної надійності в будівництві встановлено, що, незважаючи на проведені за останні десятиліття дослідження, надійність планів залишається досить низькою. Однією з причин є те, що оцінка надійності кінцевого результату тільки на підставі рішень, закладених у календарні плани на етапі їх розробки, недостатня. Необхідною умовою є врахування режиму подальшого управління як активної складової процесу підвищення надійності в будівництві, для чого використовують карту оцінки управлінської реалізованості, на основі якої здійснюється вибір варіанта управлінських рішень за етапами виконання плану [195].

Методи підвищення організаційно-технологічної надійності розробки і реалізації календарних планів у будівництві завжди викликали інтерес у науковців. Так, Г.І. Абдуллаєв [2] досліджував підвищення організаційно-технологічної надійності будівництва методом прогнозування відмов, В.З. Велічкін [44] досліджував надійність реалізації будівельних програм, О.О. Мартиш [196] на основі вдосконалення методів планування і вибору раціональних режимів управління вирішував науково-прикладні задачі

підвищення надійності календарних планів будівництва, В.Р. Млодецький [207; 209] у своїх роботах обґрунтував раціональний рівень ОТН у будівельних проектах.

Управлінські рішення щодо підвищення надійності в будівництві спрямовані переважно на оптимізацію ресурсів під час освоєння об'єкта. А за умови, що об'єктів може бути кілька, науковцями [276-278] розроблено алгоритм оптимізації черговості освоєння об'єктів з урахуванням обмежень на порядок їх освоєння та моделі розподілу організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельної організації.

Розроблена методика комбінаторної оптимізації містить в собі 11 функціональних етапів [103, с. 20-23]:

- формування матриці тривалостей БМР кожного об'єкту;
- формування матриці абсолютних обмежень;
- формування матриці відносних обмежень;
- формування загального масиву перестановок;
- ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють абсолютним обмеженням;
- ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють відносним обмеженням;
- формування матриць-альтернатив допустимих перестановок;
- розрахунок матриць-варіантів за заданим методом організації БМР;
- розрахунок базисних оціночних критеріїв для матриць-варіантів організації БМР об'єктів;
- визначення масивів, що відповідають екстремальній черговості робіт;
- формування остаточного ресурсно-календарного плану освоєння будівельних об'єктів з урахуванням організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельної організації.

Здатність побудови ефективних планів, що ґрунтуються на раціональній участі у виконанні запланованих будівельних проектів, є однією зі складових успішного розвитку будівельної організації. А модель оптимального розподілу БМР між підрозділами будівельної організації забезпечує максимально рівномірне завантаження всіх її підрозділів і впливає на надійність організаційної системи будівельного підприємства.

Це зумовлено тим, що надійність організаційної системи визначається ймовірністю того, що в довільний момент часу значення контрольованих параметрів (наприклад, обсяг виконаних робіт у натуральних одиницях) не виходять за межі допустимих відхилень. Відповідно до положень теорії надійності, виробничі системи у процесі цілеспрямованого функціонування можуть перебувати у двох станах: працездатному (що відповідає визначенню надійності) та непрацездатному (що відповідає визначенню ризику). Перехід системи з працездатного стану в непрацездатний характеризується відмовою. На відміну від технічних систем, в організаційних системах цей перехід є не миттєвим (раптовим), а плавним «параметричним». За параметричних відмов поступово накопичуються негативні тенденції в системі, і завдання управління полягає у виявленні стійких негативних тенденцій на ранній стадії їх появи, в результаті чого збільшується час для їх компенсації ще до досягнення межі допустимих відхилень. Отже, управління виключає або зменшує ймовірність появи відмови, підвищуючи загалом надійність функціонування системи.

Відомо, що будівельні системи значно складніші за технічні системи. Головна відмінна особливість будівельних систем – їх організаційний характер, об'єднання у виробничому процесі не лише технічних систем (конструкцій, будівель, машин), але і соціологічних систем (робітників, бригад). Взаємодія цих систем між собою і із зовнішнім середовищем носить імовірнісний характер [125; 126; 160; 232], який, проте, до останнього часу не враховувався організаційно-технологічною документацією із зведення будівель і комплексів, заснованою на детермінованій нормативній базі.

Основною принциповою відмінністю організаційно-технологічної надійності будівництва від надійності інших складних технічних систем є те, що надійність будівельного виробництва характеризується, в першу чергу, як надійність результатів діяльності, коли надійність технічних систем розглядається як надійність функціонування технічних елементів та складових цих систем. Саме тому, на відміну від більшості складних технічних систем, які розглядаються загальною теорією надійності, системи будівельного виробництва характеризуються не повними, а частковими відмовами (збоями у будівельних та пов'язаних із ними процесах, зазвичай із порушенням календарних строків та вартості будівництва), які усуваються в процесі функціонування системи. Як показує досвід роботи і відповідні розрахунки, простої менше як 2 години на добу несуттєво впливають на роботу монтажного потоку, тому що таке відставання може бути ліквідовано за рахунок періодичного зростання продуктивності праці і використання резервів робочого часу.

Але складність такої природи та типу відмов полягає у тому, що параметри системи істотно відхиляються від проектних, але для визначення величини цих відхилень математичні методи згаданої теорії надійності неприйнятні. А кількість та різноманітність характеристик, параметрів, елементів і складових будівельного проекту, які потребують врахування на стадії обґрунтування та розробки проектної документації і проектних пропозицій пояснює те, що будівельні системи значно складніші технічних систем, а, таким чином, потребують спеціалізованих методів та моделей аналізу, оцінки і забезпечення ОТН будівельних проектів.

На першому етапі дуже важливим завданням є створення точної організаційно-технологічної моделі будівництва СОК і відповідної їй математичної моделі. Причому точну відповідність моделі в дійсності багато в чому визначається точністю і достовірністю вихідних даних, тобто інформації, на основі якої здійснюються управлінські дії, а рівень ОТН залежить від кількості та точності потрібної для цього інформації [356].

За результатами досліджень В.Р. Млодецького [204; 205; 208; 209], надійність досягнення кінцевого результату, передбаченого плановим завданням, визначається пасивною та активною складовою, де пасивна складова – це діапазон сприятливих значень параметрів, визначених на етапі планування, а активна складова – це діапазон, якого реально можливо досягнути в реальних умовах виконання робіт. Тобто забезпечення резервів матеріальних та фінансових ресурсів в обґрунтованому розмірі, оснащення робочих місць сучасними знаряддями праці, забезпечення робіт засобами механізації, підвищення кваліфікаційного рівня робітників – все це сприяє, за інших рівних умов, зростанню рівня надійності. Відповідно, організаційно-технологічна надійність будівництва визначається рівнем ефективності роботи системи управління, яка забезпечує виконання робіт, дає можливість певною мірою компенсувати негативний вплив наслідків на результати виконання робіт.

Крім цього, В.Р. Млодецький виділяє об'єктивну та суб'єктивну складові надійності. Об'єктивна складова зумовлена переважно впливом випадкових факторів зовнішнього і внутрішнього середовища, оскільки особливістю будівельних проектів є досить тривалий проміжок часу, за який відбувається освоєння інвестованих коштів. Чим більший період перебігу процесу, тим вища вірогідність впливу на нього негативних факторів внутрішнього і зовнішнього середовища. Суб'єктивна складова полягає у виборі рівня надійності досягнення кінцевого результату. А цей рівень визначається залежно від індивідуальних умов прийняття рішення, як на передінвестиційному етапі, так і в процесі реалізації будівельного проекту.

Серед основних підходів, що забезпечують надійність будівельних процесів, Г.І. Абдуллаєв [3] виділяє такі:

- формування та реалізація методів організації робіт, найбільш доцільних для показників надійності;

- розробка способів створення резервів часу і ресурсів у складі планових та управлінських рішень, що сприяють підвищенню рівня надійності;

- формування у складі планових та управлінських рішень дублюючих методів організації та технології виконання окремих комплексів робіт, що забезпечують дотримання прийнятих показників надійності;

- розробка планових та управлінських рішень з урахуванням компенсації можливих зовнішніх впливів для підвищення рівня надійності.

З огляду на те, що організація будівництва включає цілий цикл різноманітних процесів, то забезпечення організаційно-технологічної безпеки та надійності будівництва СОК залежатиме від спрямування організаційних, технічних, технологічних рішень і заходів суб'єктів будівельного виробництва на дотримання вимог [230] щодо:

- раціональної організації виробничого процесу та управління будівництвом СОК;

- узгодженої діяльності виконавців робіт із будівництва, врахування їх виробничо-господарських та економічних можливостей і інтересів;

- виконання робіт із урахуванням індивідуальних характеристик СОК (архітектурно-планувальні та конструктивні рішення), умов його будівництва (особливі умови будівельного майданчика та умови виконання робіт), складу та обсягів робіт, виділення в будові черг будівництва або пускових комплексів тощо;

- раціональної технології виконання БМР (технологічна послідовність, правила виконання, енергоефективність, підбір виконавців, матеріалів, технічних засобів);

- виконання робіт сезонного характеру, включаючи окремі види підготовчих робіт, у найбільш сприятливу пору року (якщо вимогами замовника не передбачено інше);

- забезпечення якості будівельної продукції;

- строків та вартості будівництва об'єктів (з урахуванням умов фінансування);
- забезпечення комплексної безпеки будівництва;
- приймання виконаних робіт і закінчених будівництвом об'єктів.

Якість організаційно-технологічних рішень щодо забезпечення надійності та безпеки СОК залежить від готовності проектної команди до успішного втілення проекту. З наукової точки зору, основні процедури побудови та розрахунку моделей організації будівництва СОК можна розглядати на основі опису зовнішніх та внутрішніх умов впровадження будівельного проекту, які створені за схемою сітьових моделей та залучають ряд семантичних параметрів.

При побудові моделей будівельного проекту широке розповсюдження отримали графічні методи, як найбільш універсальні, що дають доступну для огляду інформацію про хід роботи. До таких організаційно-технологічних моделей відносяться: лінійні графіки (діаграми) Ганта; циклограми; сітьові моделі.

Для графічного представлення сукупності будівельно-монтажних робіт (БМР) при реалізації проекту СОК безпосередньо потрібно застосовувати організаційно-технологічне моделювання, яке матиме певну структуру, організаційну та технологічну послідовність виконання в часі і просторі робіт при будівництві СОК.

У висновках дослідження [79] зазначено, що «для оцінки критеріїв надійності організаційно-технологічних рішень необхідно використовувати імовірнісні методи, їх створення і використання повинні базуватися на сітьових моделях, тип опису яких носить детерміновано-стохастичний характер».

Варто звернути увагу на те, що науково доведено [54; 102; 206; 208; 251] переваги сітьових моделей як одного з найбільш розповсюджених типів організаційно-технологічних моделей, які застосовуються в практиці



формалізованого представлення будівельних проектів на рівні з лінійними діаграмами і циклограмами. Однією з позитивних відмінностей сітьових моделей від діаграм Ганта і циклограм є те, що при необхідності коригування строків виконання БМР, сітьові моделі дозволяють досліджувати тривалість будівництва СОК без зміни його топології, а лише за рахунок зміни ранніх строків початку, закінчення робіт і резервів часу їх виконання.

Отже, сітьова модель – це така організаційно-технологічна модель, яка відображає комплекс робіт (операцій) і подій, пов'язаних із реалізацією деякого проекту в технологічній і логічній послідовності і зв'язку [54], тобто графічне зображення календарного плану проекту, де в основі сітьової моделі лежить система сітьового планування, а у подальшому і управління.

Проведений аналіз на основі досліджень і розробок, представлених у зарубіжній та вітчизняній літературі, показав, що на практиці можливості сітьового моделювання реалізуються через сітьові моделі, які можуть бути орієнтовані або на події, або на операції, або на операції і події. При цьому, різновиди сітьових моделей по-різному відображають зміст організаційно-управлінської діяльності [66; 102; 114; 251]:

1) сітьова модель, орієнтована на події (в термінах подій) – це сітка, в якій до вершин відносяться події, до дуг – зв'язки між ними (рис. 2.2.). В сітьовій моделі, яка побудована лише в термінах подій, фіксуються факти закінчення певних робіт, вона може бути інформативною і точно відобразити зміст управлінської діяльності щодо проекту, проте моделювати в часі таку діяльність проблематично;

2) сітьова модель, орієнтована на операції (в термінах операцій) – це сітка, в якій до вершин відносяться операції, до дуг – зв'язки між ними (рис. 2.3). Якщо сітьова модель представлена в термінах робіт, то вона дозволяє вирішити багато управлінських проблем: моделювати роботу в часі, аналізувати інформаційні потоки, приступити до розподілу робіт між виконавцями, тобто аналізувати інформаційне забезпечення проекту при вирішенні конкретної управлінської проблеми;

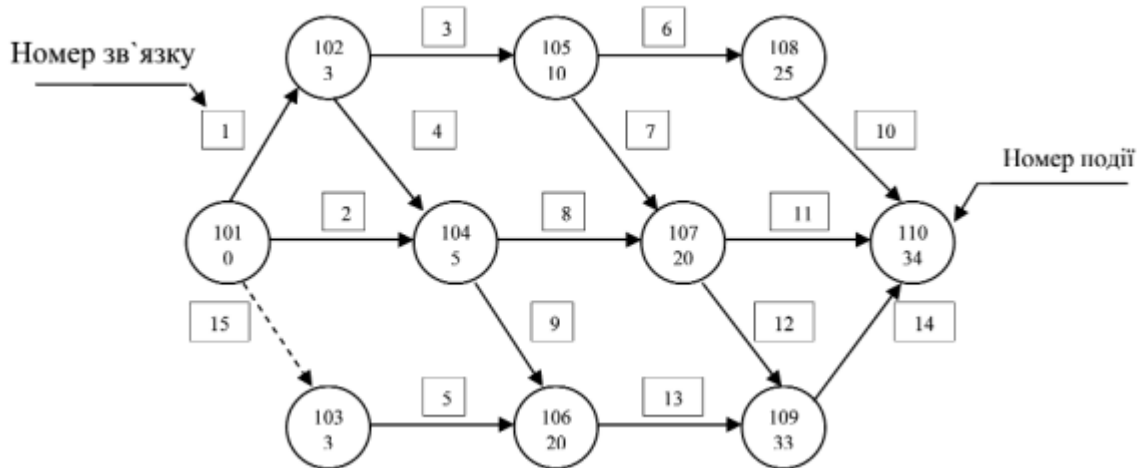


Рисунок 2.2 – Сітьовий графік БСБ, структурований за змістом подій

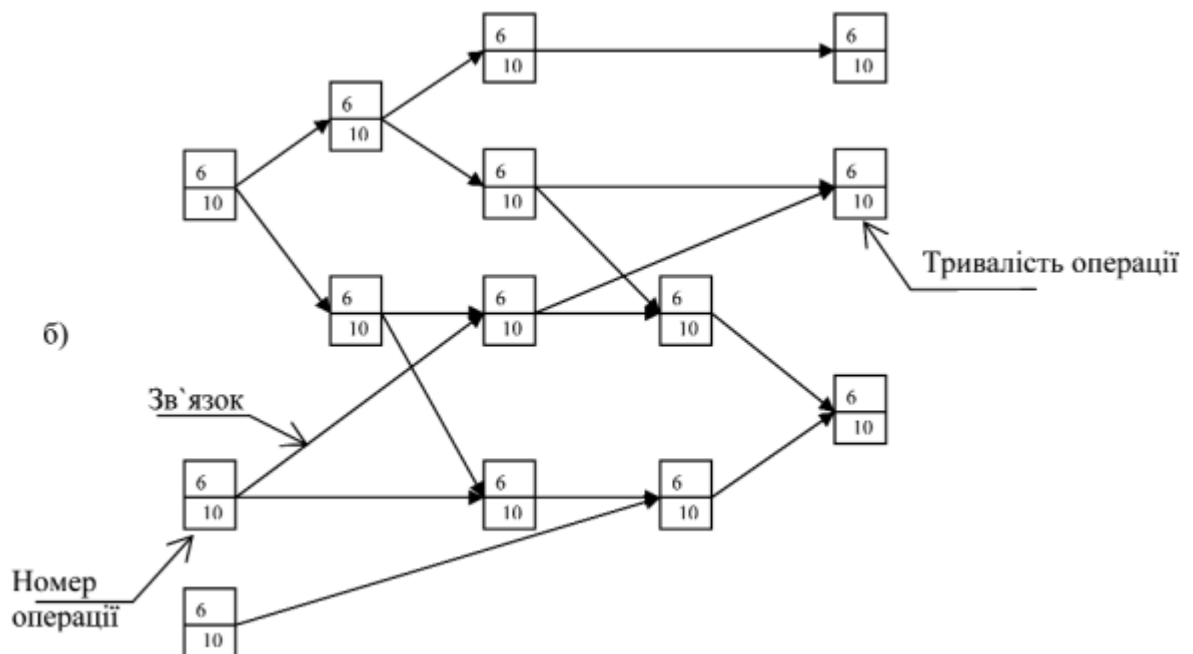


Рисунок 2.3 – Сітьовий графік БСБ, структурований за змістом робіт (операцій)

3) сітьова модель, орієнтована на операції та події (в термінах операцій та подій) – це сітка, в якій до вершин відносяться події, до дуг – операції (рис. 2.4). Дана сітьова модель фіксує склад управлінської діяльності, фіксує певні її стадії, взаємозв'язок між стадіями і їх результати. В той же час така

сітка не дозволяє вивчати інформаційний зміст управління на рівні документів, так як кожна із робіт, що вказана в сітці, як правило, оформляється багатьма документами. Але недолік сітьової моделі компенсується можливістю якісного аналізу управлінської діяльності і її моделюванням в часі, як вручну, так і з використанням прикладних програмних продуктів.

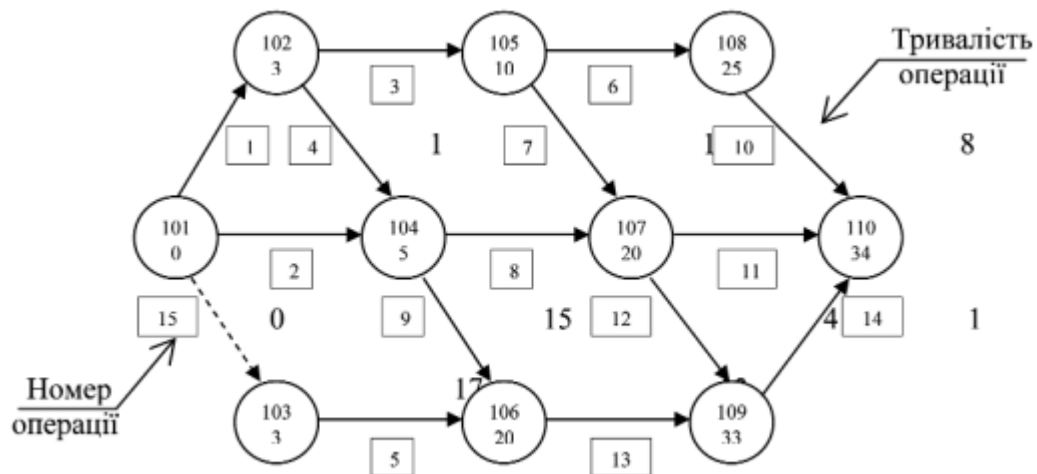


Рисунок 2.4 – Сітьовий графік БСБ, структурований за змістом операцій та подій

Представлені вище сітьові графіки створені для одного і того ж комплексу операцій, що включає в себе 14 операцій і один логічний зв'язок (15). Вершини графа зображуються на графіку геометричними фігурами, а дуги – суцільними і штриховими стрілками. При цьому вершини, зіставлені подіям, зазвичай зображують колами, а зіставлені операціям – квадратами або прямокутниками. Номери вершин проставляються всередині відповідних фігур. Зв'язки між подіями в сітьовій моделі, в термінах подій і дійсні операції в сітьовій моделі в термінах операцій і подій зображуються суцільними лініями з стрілками, фіктивні операції – штриховими лініями з стрілками. Тривалість операцій на сітьовому графіку в термінах операцій

проставляється біля вершин, а на сітьовому графіку в термінах операцій і подій – над відповідними дугами.

Інформаційною основою управління є результати прояву різних імовірнісних процесів, як у виробничій сфері, так і в управлінні. Очевидно, це приводить до необхідності переходу від переважно детермінованих оцінок досліджуваних процесів до імовірнісних. У прикладному плані для цих цілей найбільшою мірою підходять методи теорії надійності технічних систем. Однак у роботі [323] відзначається, що «... ці методи не враховують механічних, фізичних, організаційних, технологічних, економічних і інших явищ, що визначають причини відмов і надійність систем, а також не враховують важливу в економічному й технічному змісті диференціацію таких, безумовно, різних відмов, як відхилення параметрів системи від проектних значень, тимчасові порушення, що самоусуваються, роботи системи («збої»). Всі відмови носять випадковий характер, оскільки викликаються впливом випадкових факторів. Для систем будівельного виробництва характерними є часткові збої, які самоусуваються в процесі безперервного функціонування системи. Природно, що при цьому параметри системи істотно відхиляються від передбачених, але для визначення величини цих відхилень методи математичної теорії надійності неприйнятні».

## **2.2 Узагальнення чинників впливу та оцінювання масштабу відмов будівництва з урахуванням особливостей проектів БСБ**

За результатами аналізу в роботі [123] були визначені області, на які впливають структурні заходи, тобто визначено основні причини виникнення відмови з найбільшим значенням коефіцієнта вимушеного простою:

- відсутність матеріалів, деталей, конструкцій, полуфабрикатів обладнання – 0,0739;
- недоліки структури управління – 0,0263;
- помилки планування і управління – 0,0254.

Якщо більш детально розглянути джерела походження відмов, що виникають, та, таким чином, негативно впливають на рівень ОТН будівництва і ефективність впровадження будівельного проекту, слід зазначити, що технологічні відмови – це часткове або повне припинення будівельного процесу чи відразу групи будівельних процесів за технічною ознакою, яке приводить до відхилення фактичних параметрів від проектних. Щодо організаційної відмови, то це виникнення певної події або ситуації із ознаками організаційного, управлінського або економічного походження, в результаті якої встановлені проектні параметри і терміни виконання проектних дій відхиляються від фактичних.

Оперуючи термінами теорії надійності, процес управління, тобто імовірнісний процес організаційних систем, можна розглядати як відновлення системи після її відмови. Відповідно відмовою буде порушення працездатності системи, під надійністю будемо розуміти властивість системи виконувати задані функції на певному інтервалі часу й при цьому підтримувати значення встановлених виробничих характеристик у заданих межах. Для визначення термінологічного значення різних видів відмов, що зустрічаються в організаційних системах, науковцями [204; 205] проведено їх принципову класифікацію:

- за характером усунення розрізняють відновлювані й не відновлювані відмови. Так, затримка у виконанні роботи, що не лежить на критичному шляху, може розглядатися як переборна відмова, а некомпенсована затримка у виконанні робіт критичного шляху, перевищення договірних строків, є непереборною відмовою;

– за зв'язками з іншими відмовами розрізняють відмови первинні й вторинні. У системі взаємозалежного потоку відмов для цілей управління важливо вичленувати первинну відмову – відмову-причину та націлити зусилля на її усунення. У протилежному випадку відбувається розсіювання ресурсів на компенсацію вторинних, непереборних самих по собі відмов;

– за легкістю виявлення відмови бувають явними й неявними. Явні – це відмови, виникнення яких безпосередньо позначається на стані контрольованого параметра, неявні відмови, у свою чергу, впливають на стан контрольованої системи непрямым чином, що ускладнює їхню ідентифікацію;

– за характером виникнення розрізняють відмови раптові й поступові (параметричні). Раптові відмови одержали назву через те, що зазвичай відсутні видимі ознаки їхнього наближення. Параметричні відмови визначаються випадковим дрейфом контрольованого параметра за межі припустимої зони.

Як уже було визначено в попередньому розділі, надійність – це ймовірність безвідмовної роботи будь-кого чи будь-чого протягом певного (заданого) часу. Таким чином, організаційно-технологічна система забезпечення безпеки та надійності реалізації проекту СОК буде залежати від ймовірності настання подій, які зумовлюють відмову роботи системи, а для забезпечення надійності роботи даної системи необхідно мінімізувати ймовірність настання відмов та ступеня їх впливу. До основних причин відмов у будівництві можна віднести наступні (рис. 2.5).

Виходячи з цього, можливо визначити організаційно-технологічну надійність систем управління будівельним виробництвом як здатність приймати і зберігати організаційні, технологічні і економічні рішення у заданих межах, або досягати результату впродовж заданого часу в межах запроєктованих якостей в умовах дії збурюючих факторів, властивих

будівництву як складній ймовірній системі [37, с. 136], та виділити основні відмови, що впливають на ОТН.



Рисунок 2.5 – Змістовно-функціональна структуризація чинників відмов в проектах (джерело: систематизовано автором за даними [123; 122; 42])

Так, зміни температури атмосферного повітря створюють силовий вплив на несучі конструкції, викликають відмови внаслідок втрати морозостійкості будівельних матеріалів, теплові відмови огорожувальних конструкцій, а також впливають на хід технологічних процесів зі зведення будівель і споруд. Тому температурні впливи слід враховувати в розрахунках надійності будівельних конструкцій і технологічних процесів у будівництві у відповідності з єдиною методологією дослідження й нормування кліматичних навантажень і впливів [235; 249]. Результати метеорологічних спостережень за температурою атмосферного повітря різних періодів спостережень оброблені й узагальнені в роботах [154; 308], завданням яких було нормування температури атмосферного повітря для проектування теплозахисної оболонки будівель та надійності будівельних конструкцій. Указані роботи містять визначальні характеристики температури для розрахунків надійності несучих та огорожувальних будівельних конструкцій та виконання розрахунків надійності будівельних конструкцій, з урахуванням додаткових географічних факторів їх розташування, що впливають на ці характеристики.

Таким чином, організаційна надійність – це здатність організаційних, управлінських, економічних рішень із заданою імовірністю забезпечити отримання запланованого результату функціонування будівельного процесу в стохастичних умовах реалізації проекту, що властиво будівельному виробництву. В основу організаційної надійності закладена здатність таких рішень пов'язувати виконання будівельних процесів, щоб у разі виникнення відхилень було забезпечено їх функціонування. При цьому ключові показники виконання будівельних процесів не повинні перевищувати проектних значень.

В свою чергу, організаційна надійність базується на технологічній, яка повинна забезпечувати безперебійне функціонування будівельних процесів і при впливі технічних факторів не виходити за припустимі проектом межі.



При цьому «надійність організаційних процесів будівництва, як комплексна властивість процесів будівництва, повинна здійснюватись у заданих режимах і параметрах, та забезпечувати задану тривалість, якість, вартість виконаних робіт» [136; 205].

Затримка або зрив календарних термінів виконання проектів у будівництві або збільшення їх вартості обумовлюються дуже великим переліком факторів впливу, але однією з основних причин, а іноді навіть і головною, є недостатній рівень організаційно-технологічної надійності системи «виконавець-проект», тобто «будівельна організація – будівельний проект». Саме у системі координат «виконавець-проект» виникають динамічні зони перетину проектних вимог, рішень і заходів та можливостей і проектно-договірних зобов'язань виконавця, що у підсумку і забезпечує ефективне виконання проекту із заданими характеристиками.

З рис. 2.6 видно, на практиці неможливе 100% виконання проектних дій виключно у межах зон співпадіння (складові вектору  $Z_p^v$ ), що обумовлено їх динамічністю та імовірнісною природою параметрів, які їх характеризують, як в оточенні проекту, так і в оточенні виконавця (будівельної організації), та стохастичністю координат усіх точок перетину та зон співпадіння.

Імовірнісний характер точок перетину (ключових проектних рішень або дій) та зон співпадіння (зон реалізації проектних дій та рішень) зайвий раз доводить, що процес будівництва складний та багатогранний і для його забезпечення вирішується безліч завдань різного ступеня складності.

У ряді випадків єдино можливим інструментом пошуку розташування наведених точок та зон перетину і вирішення завдань забезпечення ОТН будівельного проекту є методи математичного моделювання на всіх етапах життєвого циклу проекту. Їх розробці і дослідженню присвячено значну кількість робіт [10; 182; 220; 227].

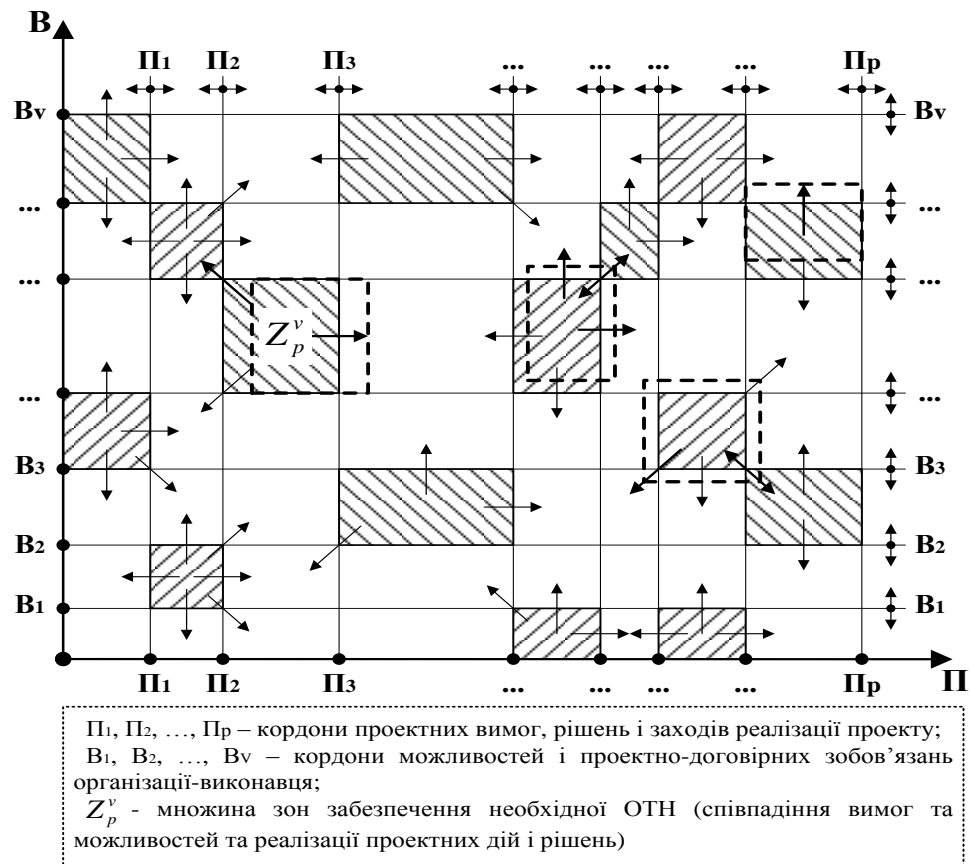


Рисунок 2.6 – Множина зон забезпечення організаційно-технологічної надійності у системі «будівельний проект - будівельна організація»

Так, у завданнях параметричного оцінювання будівельних проектів на різних стадіях життєвого циклу основну роль відіграють різноманітні методи дослідження і, в першу чергу, це оптимізаційні моделі, імовірнісні та статистичні методи, методи аналізу складних систем, а також імітаційне моделювання.

Опрацювання численних наукових робіт показало, що основою при імовірнісному підході є уявлення про розподіли випадкових величин, якими опосередковуються залежності між властивостями досліджуваних об'єктів, але відсутність врахування ймовірнісного, стохастичного характеру будівельного виробництва призводило до неадекватності моделей, до ненадійності більшості організаційно-технологічних, економічних, управлінських рішень. Відповідно, на цій базі науковцями [77; 128; 189; 193;

377] почали розроблятися моделі теорії ймовірності та математичної статистики. Використання імітаційно-моделюючого принципу визначається ускладненням систем і неможливістю натурального експерименту. Тому у будівництві, з його складними організаційно-технологічними й управлінськими структурами, математичне моделювання стає єдиною можливим методом дослідження, який полягає в створенні моделей, що дозволяють використовувати зворотний зв'язок на стадії проектування і планування, розробку надійних формалізованих і нормованих оціночних процедур як засобу економічного дослідження якості та прогресивності рішень в будівництві.

На передпроектній стадії проекту математичне моделювання дозволяє в ряді випадків дати прийнятні оцінки інтегральних технічних, часових, вартісних характеристик і, як результат, спрогнозувати їх імовірність, виявити їх залежність від проектних рішень.

На етапі реалізації будівельного проекту на перший план висувається математичне моделювання організаційно-технологічних та економіко-управлінських рішень будівельних процесів, що дозволяє визначити фактичні характеристики, порівняти їх із апріорними характеристиками проекту та виробити проектні рекомендації щодо коригування проектних дій у разі необхідності, та визначити фактичне значення ОТН системи «виконавець-проект».

Так, один із найпоширеніших підходів у апріорному визначенні ОТН будівельного проекту відноситься до задачі одноцільової оптимізації і стосується прогнозування імовірності виконання із заданим параметром (наприклад, завершення будівельного проекту у заданий термін). У цьому випадку, для визначення ОТН у системі координат «виконавець-проект», розглядається статистична інформація про проекти, в яких брав участь виконавець, та на підставі отриманого статистичного матеріалу визначається рівень ОТН ( $P_{ОТН}$ ) будівельного проекту як імовірність  $p$  виконання робіт з

апріорною тривалістю  $T$ , що не перевищує заданої тривалості проекту  $T_{II}$ :  
 $P_{OTH} = p(T < T_{II})$ .

Нескладно побачити, що у вищевикладеній методиці міститься низка недоліків, яка обумовлюється труднощами у підготовці, наборі і обробці попередньої статистичної інформації про проекти, в яких брав участь виконавець, навіть якщо останній таку інформацію надав у повному обсязі. Якщо виконавець ще не мав достатньо виконаних проектів, які схожі на той, що розглядається і аналізується, статистична інформація буде невичерпна і, відповідно, величина імовірності буде мати низьку достовірність. Якщо ж виконавець має достатню кількість виконаних проектів і існує необхідний обсяг накопиченої статистичної інформації щодо будь-яких параметрів і характеристик їх фактичної реалізації, і така інформація може вважатися достовірною статистичною вибіркою, постають питання врахування особливостей і умов реалізації конкретного проекту під час моделювання його апріорних характеристик та подальшого порівняння із статистичним показниками попередніх проектів, які мали інші особливості, умови реалізації і унікальні, непередбачені проектною документацією, виробничі ситуації, які виникли і були подолані саме у тих виконаних проектах.

Безумовно, показник  $P_{OTH}$  має свою певну користь і у випадку багатоцільової оптимізації проектних рішень послугує як додаткова апріорна інформативна одиниця у вирішенні питань, пов'язаних із доцільністю реалізації будівельного проекту, надійністю запропонованих проектних рішень, можливістю усунення імовірних відхилень тощо. Але згадана методика із наведеними обмеженнями і недоліками унеможливорює достовірне визначення рівня ОТН для окремої проектної характеристики, що також додатково звужує область можливих випадків і знижує достовірність оцінки.

Таким чином, один із найпоширеніших підходів у апріорному визначенні ОТН не може розглядатися як самодостатній та надійний для визначення рівня ОТН системи «виконавець-проект» і прийняття рішення

щодо необхідності включення проекту, що розглядається, до портфелю проектів будівельної організації.

Аналіз наукових досліджень з питань визначення раціонального рівня надійності для будівельних проектів [1; 2; 9; 69; 283; 322] свідчить, що більшість робіт присвячена питанням організаційних заходів щодо компенсації негативних відхилень у роботі, надійності виконання як окремих робіт, так і календарних планів у цілому. При цьому діапазон ОТН виконання окремих робіт чи календарних планів визначається від 0,35 до 0,9, що є дуже широким та необґрунтованим. Лише в роботі [209], дослідження якої базувались на положеннях теорії інформації, встановлено, що раціональний рівень ОТН перебуває в діапазоні 75...85%.

При цьому найвищий ступінь ОТН будівельної організації, яка відповідає ймовірності безвідмовної роботи, що дорівнює одиниці, є на практиці недосяжним, наближення рівня надійності до одиниці призводить до збільшення економічних витрат на проведення заходів щодо підвищення організаційно-технічної надійності і зменшення ефекту від кожного наступного заходу щодо підвищення надійності.

ОТН дає можливість оцінювати сформовані календарні плани будівництва об'єктів не тільки з точки зору якості організаційно-технологічних характеристик, але і з точки зору ризику їх досягнення.

Необхідно зупинитися на розумінні ризиків. Історично категорія «ризик» сформувалася на основі усвідомлення людиною можливих несприятливих наслідків і небезпек під час подій, пов'язаних з тією чи іншою діяльністю, або за наслідками результатів цієї діяльності. Чисельні дослідження цього питання [237; 268; 279] свідчать, що існуюча на сьогодні в нашій країні система забезпечення надійності об'єктів будівництва потребує застосування нових методів і підходів, найбільш перспективними з яких на даний час є керування ризиками.

До керованих ризиків можна віднести:

– терміни: формування календарно-ресурсних планів (КРП) та темпи реалізації проекту СОК; визначення дати початку і дати закінчення інвестиційно-будівельного проекту; контроль термінів реалізації проекту;

– якість: виконання проектних робіт; дотримання технології будівництва; виконання технічних завдань; підбір підрядників та інших стратегічних бізнес-одиниць тощо.

До некерованих ризиків можна віднести ризик настання форс-мажорних обставин та ризик невідповідної експлуатації.

При зведенні об'єктів велике значення має раціональне застосування будівельних машин. Від ефективного використання машин в значній мірі залежить організаційно-технологічна надійність будівництва об'єкту. При цьому критерієм оцінювання ОТН роботи будівельних машин може бути будь-який показник, що знаходиться в вибірці, в тому числі продуктивність, тривалість робіт, енергоємність, вартість одиниці продукції, прибуток і т.д. Основним показником для оцінювання ефективності роботи комплексів машин пропонується вважати собівартість виробництва робіт [217].

У процесі підвищення ОТН потрібно керуватися так званим раціональним рівнем надійності будівельної організації, в тому числі раціональним та ефективним використанням та утриманням будівельних машин та механізмів, тобто рівнем, при якому економічні витрати на проведення заходів із підвищення надійності співвідносяться з підвищенням при цьому ОТН будівельної організації.

Фактичний знос парка машин в будь-якому визначенні суттєво впливає на поточний технічний рівень парка машин і механізмів будівельного підприємства, а також і на всі виробничі процеси. Дослідження ефективної експлуатації будівельних машин приводили в своїх роботах В.П. Андріанов, Ю.В. Білявський, О.П. Трофимов [8], В.Л. Баладінський [23], М.І. Назаренко [213], С.А. Шевцова [375], методи модернізації машин досліджували І.І. Назаренко, В.А. Пенчук, В.І. Сердюк, стан зносу та організації технічного

обслуговування та ремонту машин – Ю.О. Кірічек [158], М.М. Матієшин [197], В.Б. Канарчук [312], С.Є. Ровках [273] та ін.

В сучасних умовах господарювання для одержання максимального прибутку в будівельній організації необхідно зробити оптимальний розподіл засобів механізації при спорудженні об'єктів, а також підвищити коефіцієнт використання машин при виконанні робочих процесів і операцій, що виникли за останні роки. Зміна характеру і умов виробництва будівельних робіт (обсяг робіт на об'єктах, розташування об'єктів один від одного), зміна номенклатури машин та їх технічний стан вимагають дещо іншого підходу до організаційно-технологічної надійності використання. На сьогодні яскраво проявився процес зміни номенклатури будівельних машин, ці зміни відбуваються за двома напрямками – модернізація і відновлення старих найбільш ефективних машин і поява нових, у ряді випадків високоефективних машин, що застосовуються при впровадженні прогресивних технологій. У кожному конкретному випадку у разі прийняття рішень про придбання чи модернізацію техніки необхідно враховувати економічну доцільність такого рішення з урахуванням майбутніх перспективних напрямків використання придбаної техніки [270].

Необхідно враховувати, що в процесі експлуатації потрібно забезпечувати відтворення основних засобів для можливості в подальшому ефективно використовувати будівельні машини та механізми. Знос машин та механізмів, транспортних засобів та засобів малої механізації – це втрата основними засобами їхньої споживчої вартості, що є невід'ємною стороною процесу перенесення їхньої вартості на створюваний за їх допомогою продукт. При цьому можна виділити такі типи зносу [197; 213]:

– фізичний знос основних засобів, які беруть активну участь під час виконання будівельно-монтажних робіт, при цьому його величина залежить від обсягу виконаних робіт (перша форма); та фізичний знос основних засобів від бездіяльності під впливом сил природи (корозія металів тощо),

надзвичайних обставин, тобто знос основних засобів, які тимчасово не використовуються, наприклад, перебуваючи на консервації; при цьому його величина залежить від терміну та умов зберігання таких основних засобів (друга форма);

– моральний знос основних засобів, поява якого пов'язана із науково-технічним прогресом (передчасне знецінення машин та механізмів, транспортних засобів та засобів малої механізації ще за довго до їх повного фізичного зносу): проявляється в знеціненні вже існуючих, серійно виготовлених об'єктів основних засобів в результаті зниження витрат на їх виробництво в сучасних умовах під впливом науково-технічного прогресу, або у частковій втраті основними засобами своєї вартості внаслідок появи більш продуктивних і досконаліх засобів праці.

Тому під час управління засобами праці необхідно враховувати, що в процесі експлуатації потрібно забезпечувати відтворення основних засобів, для можливості в подальшому ефективно використовувати будівельні машини та механізми.

На думку вчених [197, с. 53-54], відтворення може відбуватися як у простій, так і в розширеній формі:

– просте відтворення – це оновлення (відновлення) основних засобів шляхом здійснення їх ремонтів і технічного обслуговування щодо тих об'єктів, які перебували у безпосередньому використанні на будівельному підприємстві, у якому вони були морально та фізично зношені;

– розширене відтворення – це таке оновлення (відновлення) основних засобів, яке передбачає якісне та кількісне розширення діючих основних засобів за рахунок їх поліпшень та здійснення капітальних інвестицій.

Характерним для будівельної галузі є те, що при управлінні активами на підприємствах підрядного будівництва використовують систему планово-попереджувального технічного обслуговування та ремонту будівельної техніки, яка є комплексом організаційно-технічних заходів, що мають



попереджувальний характер, виконуються в плановому порядку і спрямовані на забезпечення справності й працездатності будівельної техніки, поліпшення її технічного стану та зниження витрат на експлуатацію [39, с. 63].

Також, відповідно до чинного законодавства, обов'язковим до виконання для всіх власників будівельної техніки, незалежно від форм власності та відомчої належності, є своєчасне виконання системи планово-попереджувального ремонту будівельної техніки, яке дозволяє попереджати зниження її споживчих якостей внаслідок зносу механізмів, таким чином запобігаючи поломкам і, як наслідок, виникненню витрат на інші види ремонтів. Система планово-попереджувального ремонту на практиці реалізується шляхом: розробки планів технічного обслуговування і ремонту; розробки і здійснення організаційно-технічних заходів, що забезпечують своєчасне та якісне виконання робіт щодо технічного обслуговування і ремонту; організації систематичного обліку напрацювання машин; контролю за реалізацією планів технічного обслуговування і ремонту, якістю виконання робіт.

Така система планово-запобіжного ремонту включає періодичне технологічне обслуговування, під яким розуміють обслуговування, що виконується через інтервали часу (або напрацювання), встановлені в експлуатаційній документації [71]. Відповідно, при управлінні активами потрібно здійснювати технологічне обслуговування техніки, найпоширенішими видами якого є регламентоване обслуговування, обслуговування з періодичним контролем та сезонне.

Крім цього, залежно від тривалості неробочого періоду, будівельні машини проходять міжзмінне, короткочасне та тривале зберігання. Міжзмінне зберігання повинно забезпечити охорону машини і, за можливістю, захист її від впливу низьких температур у зимовий час. Будівельні машини, що не використовуються за призначенням понад 10 днів, ставлять на короткочасне зберігання, понад 2 місяці – на тривале зберігання

(консервацію). Короткочасне зберігання машин можна здійснювати на місцях їхнього використання, а тривале – на спеціально відведених майданчиках і в приміщеннях.

Крім цього, заслуговує на увагу запропонована науковцями система показників оцінювання надійності активної частини основних засобів (табл. 2.2) [197, с. 336-337].

Таблиця 2.2 – Оцінювання надійності машин та механізмів як складова забезпечення ОТН в проектах БСБ

Показник	Розрахунок	Значення і характеристика показника
1	2	3
Оцінка середнього напрацювання до відмови	Середній час справної роботи рухомих основних засобів між 1-ою та і-ою відмовами / середнє число відмов за час $t$	Напрацювання об'єкта від початку експлуатації до виникнення відмови технічний параметр, що характеризує надійність ремонтпридатних виробів
Коефіцієнт готовності	Середній час безвідмовної роботи за певний період / (середній час безвідмовної роботи за певний період + середній час, витрачений на відновлення працездатності машини за цей же період експлуатації)	Ймовірність того, що автомобіль виявиться працездатним у довільний момент часу, крім планованих періодів, протягом яких його використання за призначенням не передбачають. Цей коефіцієнт характеризує одночасно дві різних властивості – безвідмовність і ремонтпридатність

1	2	3
Коефіцієнт технічного використання	Сумарний наробіток всіх рухомих основних засобів / (сумарний наробіток всіх рухомих основних засобів + сумарний час простоїв через плановий і позаплановий ремонти всіх рухомих основних засобів + сумарний час простоїв через аданного позапланове технічне обслуговування)	Найбільш повно характеризує надійність машини, тому що враховує витрати часу в процесі проведення технічного обслуговування, ремонту й усунення відмов всіх видів
Імовірність безвідмовної роботи	Число об'єктів, що відмовили за відповідний час / початкова кількість об'єктів	Імовірність того, що протягом заданого напрацювання (кількості відпрацьованих годин) відмова об'єкта не виникне. Вона є одним із параметрів, що визначає безвідмовність об'єктів. Імовірність безвідмовної роботи групи об'єктів дорівнює добутку імовірностей безвідмовної роботи кожного об'єкта у цій групі
Коефіцієнт оперативної готовності	Імовірність безвідмовної роботи	Ймовірність того, що об'єкт виявиться в працездатному стані в довільний момент часу, крім планованих періодів,

Заверш. табл. 2.2

1	2	3
		<p>протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається, і, починаючи з цього моменту, працюватиме безвідмовно протягом заданого інтервалу часу. Характеризує надійність об'єктів, необхідність застосування яких виникає в довільний момент часу, після якого потрібна певна безвідмовна робота</p>

За умови дотримання та виконання ДБН, з метою уникнення їх простою, раціонального використання шляхом підтримання машин та обладнання в робочому стані, будівельні організації мають всі підстави для налагодження ефективного економіко-аналітичного управління матеріальними оборотними та необоротними активами.

З огляду на те, що система матеріально-технічного постачання та управління виробничими запасами (ВЗ) повинна орієнтуватись на КРП забезпечення безперебійного виробництва (будівництва об'єкта), у будівельної організації є два варіанти в управлінні ВЗ. Використовувати модель управління ВЗ з масштабними обсягами закупівель і мінімальною кількістю поставок, але при цьому необхідно враховувати можливості будівельного майданчика щодо розміщення та зберігання ВЗ. Або з погляду економічної ефективності використовувати модель управління ВЗ з масштабними обсягами закупівель, але з оперативно-необхідною кількістю поставок, що не потребуватиме зберігання і залишить можливість отримати додаткові знижки при закупівлі великих партій ВЗ.

Потреба у забезпеченні мобільності ВЗ виникає на основі реалізації кількох паралельних операційних процесів та циклів виробництва. Дуже рідко на практиці зустрічаються ситуації, щоб підприємство підрядного будівництва реалізовувало лише один інвестиційно-будівельний проект і переходило до наступного тільки тоді, коли повністю завершить попередній проект. При виборі моделі управління ВЗ доцільно класифікувати запаси будівельного підприємства відповідно до циклу будівництва, в якому вони використовуються.

Наприклад, для управління ВЗ, які постачаються часто і використовуються на всіх циклах будівництва, доцільно застосовувати модель економічно обґрунтованого розміру замовлення, адаптовану до вимог концепції вартісно-орієнтованого управління. Для управління ВЗ, які використовуються лише на окремих циклах будівництва, і попит на які є непостійним, доцільно застосовувати систему управління Just in time, яка дозволяє отримувати запас по мірі необхідності і значно зменшити витрати на збереження запасів [373, с. 420].

Для спрощення процесу прийняття управлінських рішень в системі управління оборотними активами вчені [374, с. 10] пропонують застосовувати підхід до класифікації елементів оборотних активів з урахуванням специфіки діяльності будівельних підприємств. ВЗ, відповідно до циклів будівництва, пропонується класифікувати на 4 групи: запаси, які обслуговують підземний цикл будівництва, запаси, які обслуговують надземний цикл будівництва, запаси, які обслуговують опоряджувальний цикл будівництва, а також запаси, які необхідні на всіх етапах будівельного циклу. Така класифікація запасів будівельних підприємств, на думку вчених, дозволяє розробити покроковий алгоритм управління запасами, що є досить зручним, зважаючи на довготерміновий цикл будівництва. Кожну з груп запасів відповідно доцільно класифікувати за ритмічністю постачання на 3 підгрупи: запаси, які постачаються постійно на певному етапі (циклі) будівництва – підгрупа А, запаси, які постачаються з певною періодичністю –

підгрупа В, запаси, які постачаються рідко (1-2 рази) протягом певного циклу – підгрупа С. Для кожної з цих трьох підгруп запасів запропоновано окремий метод управління з визначенням необхідності створення страхового запасу. Така класифікація запасів будівельного підприємства дозволяє підвищити ефективність управління за рахунок скорочення витрат на покупку та зберігання запасів та зменшення кількості надлишкових запасів.

Таким чином, ефективна політика управління матеріальними ресурсами дозволить будівельній організації забезпечити організаційно-технологічну надійність реалізації проекту СОК в межах планової собівартості будівельно-монтажних робіт.

Завдяки новітнім технологіям, постійному технічному переоснащенню будівельної галузі відбувається кардинальний вплив на форми і методи організації будівництва. Поряд із цим не виключений зворотний вплив організації праці на техніко-технологічну складову варіанта. У ширшому аспекті поєднання технологічних, технічних та організаційно-економічних заходів, що забезпечують ефективне використання наявних ресурсів, слід розглядати як систему організаційно-технологічної надійності. Отже, йдеться про системний характер та взаємозалежність даних складових, на основі яких забезпечується надійність та безпека СОК. Відповідно, формування та нормативне забезпечення конкретних організаційно-технічних варіантів будівництва слід розглядати як формування нормативних систем продуктивності.

Процес будівельного виробництва багатокomпонентний, оскільки в ньому поєднані машини й устаткування, матеріали й енергія, людський фактор як найважливіша складова. Розглядаючи певний конкретний випадок, (будівельний об'єкт, будівельний майданчик тощо), можемо говорити про відповідні технологічні і технічні рішення, ті чи інші організаційно-технологічні особливості, властиві саме йому. Йдеться про одну з можливих форм поєднання зазначених складових – варіант. Кожен варіант формують, виходячи з наявних засобів виробництва та людських ресурсів, а

здійснюваний на його основі виробничий процес має відповідний рівень надійності, зумовлений використанням технологій, величиною витрат матеріалів, живої та уречевленої праці тощо. Необхідне таке поєднання технологічних, технічних та організаційно-економічних складових, яке забезпечувало б найвищий рівень організаційно-технологічної безпеки та надійності будівництва СОК.

Виходячи з технологічної можливості сучасної будівельної організації, оскільки визначення оптимальної тривалості будівництва СОК не може розглядатися як самостійна задача без урахування організації робіт з виконання виробничої програми (її обсягів, технології виконання робіт, з одного боку, та ресурсів будівельної організації, яка виконує роботи, з іншого), оптимальна стратегія будівництва СОК залежить від оптимальної організації робіт з реалізації виробничої програми.

Діяльність будівельних організацій в сучасних умовах не може будуватися інакше, як за єдиною моделлю, мета якої – скласти графік робіт для різних виконавців з обов'язковим зазначенням строків початку та закінчення робіт, а також кількості необхідних ресурсів для їх виконання. Для цього може бути побудована нескінченна множина допустимих розв'язків, що різняться варіантами розподілу наявних ресурсів, строками виконання робіт тощо. Тому основним завданням є отримання такого рішення, яке найкраще відповідає конкретній виробничій ситуації та поставленій меті.

Відшукування оптимального варіанту зводиться до визначення доцільних режимів виконання різних комплексів робіт при заданих технологічних і організаційних обмеженнях. Виходячи з конкретних умов діяльності будівельної організації, структури робіт, конструктивних особливостей об'єктів, необхідно встановити не один режим виконання робіт, а деякий діапазон, у межах якого можна «стиснути» або «розтягнути» роботи в часі шляхом зміни швидкості їх виконання, узгодженої з кінцевою метою діяльності будівельної організації. А проблема ресурсно-часової

організації (РЧО) полягає в такому розподілі виконавців за окремими роботами, щоб у будь-який час потреба в них не перевищувала їх обмеженої кількості, а тривалість сітьового процесу була мінімальною.

Тому наукові дослідження [271] доводять, що більш гнучкими є методи, які допускають зміну інтенсивності робіт. Тому в модель необхідно ввести умови, що визначають варіанти можливої інтенсивності виконання кожної роботи, через що тривалість носить змінний характер. За таким підходом можна реально виявити інтенсивність виконання кожної роботи, виходячи з кінцевої мети діяльності будівельної організації. Запропонований науковцями метод має ряд переваг, де у системі сітьового планування та управління (СПУ) між ресурсами та часом відсутня функціональна залежність, а наявні алгоритми ґрунтуються на принципі пріоритетного упорядкування фронту робіт за загальним резервом часу та різницею між часом чергового фронту робіт і часом початку робіт, де оптимізація виконується зсуванням робіт без зміни їх інтенсивності.

### **2.3 Формалізоване врахування антропогенного впливу об'єкту БСБ на оточуюче середовище**

Надійність будівлі залежить від надійності її конструктивних елементів. Однак для користувачів будівлею важлива її надійність загалом, тобто не окремих елементів будівлі, а їхньої сукупності, зокрема стиків та з'єднань, і надійність не тільки міцнісна, але й експлуатаційна (зокрема і надійність функціонування інженерних мереж). Разом з тим у практиці проектування, будівництва й експлуатації часто надійність за міцністю розглядають як головну, а надійність щодо експлуатаційних характеристик - як другорядну. Практично для проектування нових будівель експлуатаційні характеристики не є вихідними (розрахунковими).



Якщо розглядати ОТН з позиції надійності конструкцій, то дане питання необхідно розглядати в певних проміжках часу, оскільки «вічних конструкцій не існує» і «повне уявлення про безвідмовність конструкцій може бути отримане тільки при врахуванні фактора часу й аналізі змін надійності конструкцій упродовж усього їхнього життєвого циклу» [247, с. 5].

При формуванні граничних критеріїв технічного стану конструкцій (елементів) необхідно враховувати їх призначення та наслідки, які можливі при досягненні граничних станів, тобто їх відповідальність по відношенню до загальної несучої здатності і стійкості будівлі (споруди). Поділ конструкцій і елементів будівлі за призначенням вперше був запропонований О.В. Перельмутером і Л.А. Гільденгорном у методиці їх класифікацій, яка приведена у роботі [236]. Зазначена методика класифікацій конструкцій за призначенням у повній мірі увійшла у нині діючі норми з забезпечення надійності та безпеки будівель, споруд [127].

Досконалість конструкції визначається ступенем її відповідності основним вимогам експлуатації і сучасному рівню техніки, при цьому технологічність проектних рішень [76; 111; 153; 266; 284; 319] виступає безпосередньою характеристикою ефективності виробництва і є сукупністю технічних властивостей об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівельних об'єктів, що характеризують відповідність вимогам будівельного виробництва і експлуатації, а також є основною комплексною характеристикою технічного рівня досконалості проектів, що зумовлює на стадії проектування об'єктів організаційно-технологічну надійність будівельного виробництва.

За останні роки значний вклад в розробку методик діагностування окремих конструкцій (елементів) будівель і споруд та оцінку їх технічного стану зробили: С.Ю. Богдан [32] досліджував визначення граничних станів елементів бетонних і залізобетонних конструкцій методами механіки руйнування, Т.А. Галінська та М.О. Овсій [61] у своїй роботі виклали основні

напрямки формування граничних критеріїв технічного стану будівельних конструкцій і елементів, О.І. Голоднов [70] визначив граничний стан сталевих колон і балок при наявності залишкових напружень, Є.В. Клименко [164] удосконалив методологію оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд із залізобетону, Б.Є. Патон [233] окреслив проблеми ресурсу конструкцій, споруд та обладнання в Україні, Є.Ю. Худолей [326] обґрунтував діагностику та оцінку технічного стану залізобетонних конструкцій на основі вибіркового контролю, А.В. Шимановський і С.В. Колесниченко [376] присвятили роботи визначенню залишкового ресурсу сталевих конструкцій, А.М. Югов [379] в межах наукового дослідження провів технічну діагностику та оцінку залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій. Дані дослідження дозволяють проводити лише оцінку технічного стану будівельних конструкцій і елементів шляхом одержання відповідних значень критеріїв на основі аналізу результатів обстеження з урахуванням виявлених дефектів та пошкоджень, але в даних роботах відсутні конкретні значення граничних критеріїв технічного стану для конкретних конструкцій (елементів) будівель.

Сучасний розвиток бізнесу зумовив зміну в технології будівництва і, як наслідок, заміну багатьох будівельних матеріалів відповідно до нових рішень. Цеглу і бетон замінили легкі металоконструкції, застосування яких стало можливим завдяки новим інженерним рішенням. Результатом таких змін стало повсюдне впровадження технологій зведення споруд, в основу яких покладено модульні металоконструкції.

Визначення проектних заходів захисту за рівнем корозійної небезпеки передбачено ДСТУ [104], а незадовільний стан корозійного захисту будівельних металоконструкцій створює загрози аварійних ситуацій для 15...40% будівель і споруд [62; 176].

Встановлена послідовність етапів забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій відображає

стратегію діяльності DMAIC (define, measure, analyze, improve, control): перший етап – визначення (define), другий – вимірювання (measure), третій – аналіз (analyze), четвертий – вдосконалення (improve) та п'ятий – контроль (control).

При цьому розроблення заходів первинного та вторинного захисту за критеріями корозійної небезпеки включає наступні інженерні та статистичні методи «робастного» (сталого) проектування металоконструкцій та їх захисних покриттів [307]:

- менеджмент якості протикорозійного захисту з урахуванням методології системного аналізу та процесного підходу ISO 9001;
- забезпечення надійності та конструктивної безпеки згідно з Єврокодами;
- урахування конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників якості у відповідності до норм ISO 12944, ISO 14713;
- моніторинг корозійного стану металоконструкцій, облік корозійних втрат і попередження аварійних ситуацій на основі OHSAS 18001.

Каркасні будівлі з рамних конструкцій прогоном 18, 21 м використовувались для будівництва:

1) зальних приміщення цивільних будівель:

- спортзали;
- тренажерні зали;
- фітнес-центри;
- тири;
- басейни;
- дельфінарії;
- аквапарки тощо;

2) сільськогосподарських виробничих будівель;

3) будинків і споруди аеродромів сільгоспавіації та ділової авіації.

Залізобетонний каркас та огорожувальні конструкції з касетних сендвіч-панелей у нашій країні і за кордоном широко застосовують при будівництві промислових, виробничих та громадських споруд, оскільки дані будівлі мають значний вільний простір усередині споруди та більш низьку вартість у зв'язку з відсутністю зайвих витрат на будівельні матеріали. Будівлі з двосхилим дахом мають ширину 18, 21 і 24 м з кроком колон – 6 м (рис. 2.7).

Як зазначають науковці [238; 241; 239; 242], перевага цієї технології полягає в тому, що за однакової вартості будівельно-монтажних робіт вартість залізобетонного каркаса будівлі до 1,5 рази дешевша за сталеву, а касетні сендвіч-панелі за однакового опору теплопередачі до 30% економічніші від клеєних тришарових сендвічів. Крім того, монтаж огорожувальних конструкцій із касетних сендвіч-панелей простий і виконується без використання кранів.

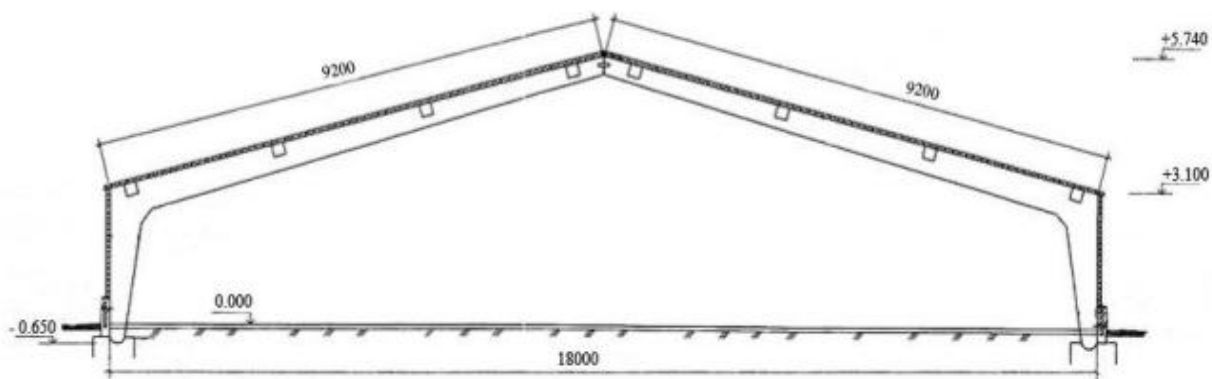


Рисунок 2.7 – Графічна візуалізація конструкції залізобетонного каркаса будівлі в проектах БСБ

Якщо розглядати сталезалізобетонні конструкції, то, на думку науковців [55; 121; 120; 165; 295; 293; 301; 302; 303], сталезалізобетонні конструкції поєднують в собі всі позитивні характеристики як залізобетонних, так і сталевих конструкцій. Сталезалізобетонна конструкція є комплексною, до складу якої входять різноманітні сталеві прокатні профілі,

стрижнева арматура та бетон, поєднані у цілісну конструкцію. Сталезалізобетонні конструкції мають переваги в порівнянні з залізобетонними [293, с. 237]:

- можливість використання будь-яких, зручних замовнику, а не лише модульних, розмірів споруди;
- повна, або майже повна, порівняно з монолітним залізобетоном, відсутність потреби в опалубці;
- більша, порівняно зі сталевими конструкціями, вогне- та корозостійкість;
- менший обсяг монолітного бетону.

Відомо, що застосування залізобетонних конструкцій дозволяє економити сталь: на ферми – до 40%, на балки – до 20%, на колони – 50-70%. Проте при цьому вартість зведення залізобетонних конструкцій вища, ніж сталевих: ферм – до 40%, підкранових балок – до 55%, колон – до 35% [300]. Крім цього, повна вартість споруд з трубобетону значно менша вартості аналогічних залізобетонних та сталевих. Менша маса сталезалізобетонних елементів в порівнянні з залізобетонними полегшує їх транспортування і монтаж. Сталезалізобетон є більш економічним від залізобетону і внаслідок відсутності опалубки, кружал, хомутів, відгинів, петель, закладних деталей; він більш витривалий, менш схильний до механічних пошкоджень. Відсутність розподільної та робочої арматури дозволяє отримати більш високоякісну укладку жорстких бетонних сумішей. Але використання сталезалізобетону при будівництві різних видів СОК потребуватиме виконання додаткових техніко-економічних порівнянь з аналогічними конструкціями, що виготовлені зі сталі та залізобетону.

Також необхідно звернути увагу на вибір раціональної конструкції ригелів покриття. На сьогоднішній день існують дві основні конструкції ригелів: наскрізний (ферма) і суцільний (балка). Питанням оптимізації конструкції рами займалися відомі вітчизняні та зарубіжні інженери й учені: М.В. Бібік, В.М. Бібік, К.Г. Бжовська, М.В. Лавренко [30], В.Ю. Алпатов,

О.В. Соловйов, І.С. Холопов [314], В.В. Катюшин [140], О.О. Нілов, В.О. Пермяков [199], І.Д. Пелешко, В.В. Юрченко [226] та інші. Тому перед конструкторами завжди стояло питання: ригель – балка, яка є достатньо простою у виготовленні, чи ригель – ферма, в якій метал використовується раціональніше, тобто вона легша за масою, економічніша.

На основі аналізу сучасних типових конструкцій рам спортивного комплексу, який провели М.В. Бібик, В.М. Бібик, К.Г. Бжовська, М.В. Лавренко [30], виконано порівняння двох варіантів рам. У результаті обрано більш раціональний варіант – раму з наскрізним ригелем. З точки зору внутрішніх зусиль, у наскрізному ригелі поперечної рами відсутні згинальні моменти, а значення поздовжніх сил мають незначні перевищення. З точки зору переміщень більш вдалою для експлуатації також виявилась рама з фермовим покриттям (різниця близько 20%), а це є досить важливим фактором для спортивних будівель. Упровадження саме цього типу рами в будівництво замість рами із суцільним ригелем дає значну економію на вартості рами (45%) з точки зору витрат сталі при збереженні повної функціональності конструкції. При цьому науковці звертають увагу на те, що за необхідності побудови рами із суцільним ригелем необхідно дотримуватися певних правил [30, с. 27], щоб досягти максимально раціональних результатів.

В Україні сьогодні активно ведеться розробка проектних рішень з використанням методики швидкокомтованих споруд. До цієї категорії відносяться арочні споруди, споруди з надувним куполом і багато іншого. Застосування подібних технологій дозволяє вирішити безліч проблем. Це дозволяє швидко створювати спортивні комплекси і при цьому знизити витрати на їх будівництво.

Як показує практика, трудомісткість робіт на будівельному майданчику при використанні легких металевих конструкцій знижується на чверть, а терміни скорочуються на половину – якщо порівнювати ці витрати з тими,

що необхідні, наприклад, для зведення подібного об'єкту СОК з цегли або залізобетонних панелей.

Сучасний зарубіжний та вітчизняний досвід проектування й експлуатації об'єктів будівництва, а також аналіз причин їх аварій (відмов) [138] свідчить, що сьогодні найбільш гостро постає проблема забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних конструкцій, будівель та споруд на всіх етапах їх життєвого циклу. У процесі проектування і конструювання СОК закладається його теоретична надійність. Під час зведення забезпечується фактична надійність кожного конкретного елемента, що залежить від якості застосовуваних для виготовлення окремих деталей, матеріалів, якості їх складання та монтажу. Після зведення надійність СОК треба підтримувати на необхідному рівні правильною експлуатацією.

Відповідно у процесі технічної експлуатації будівель найбільш істотними є фактори конструктивного характеру. Раціональні конструктивні рішення забезпечують необхідну надійність всіх елементів будівель на встановлений термін експлуатації за мінімальних витрат праці і засобів на підтримку їхньої працездатності. Водночас нераціональні і помилкові конструктивні рішення можуть бути причиною швидкої втрати працездатності чи руйнування окремих конструктивних елементів і всієї будівлі, тобто зробити її небезпечною. Статистичний аналіз дефектів конструкцій будівель показав, що вони викликані як однією причиною, так і поєднанням кількох причин. Помилки проектних рішень складають [117, с. 11] 10% дефектів, низька якість виготовлення деталей і конструкцій – 20%, порушення технологічного регламенту при виробництві будівельно-монтажних робіт – 40%, з інших причин – 10%.

У процесі експлуатації будівель дефекти та їх пошкодження накопичуються, змінюючись кількісно і якісно. Залишені без уваги незначні дефекти можуть привести до серйозних порушень цілісності конструкцій і навіть до аварій. Отже, надійна робота будівельних конструкцій можлива у

випадку, коли під час експлуатації вживають ефективних заходів для усунення дефектів чи обмеження їхнього шкідливого впливу [317].

Питанню забезпечення надійності та безпечної експлуатації будівель і споруд присвячено наукові праці А.Д. Єсипенко [117; 119; 118 та ін.], в яких розроблено концепцію та науково обґрунтовано методи попередження і поновлення відмов конструкцій, елементів та систем будівель і споруд відповідно до нормативно-технічних вимог за мінімальних витрат ресурсів. Але відмови можуть бути різними.

Цілком очевидно, що аварія (відмова, пов'язана з призупиненням експлуатації або порушенням цілісності – обваленням) окремих конструкцій або будівлі чи споруди в цілому може мати різні соціальні та економічні наслідки, що зумовлює потребу в їх аналізі та оптимізації. З іншої точки зору, заходи з підвищення надійності, як правило, завжди призводять до збільшення приведених витрат, пов'язаних зі зведенням та експлуатацією об'єктів будівництва.

Забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки об'єктів будівництва, встановленого нормами [83, 403, 407], під час експлуатації здійснюється шляхом діагностування та контролю їх технічного стану. При цьому рішення щодо можливості використання об'єкта за призначенням у передбачених проектом умовах протягом певного терміну експлуатації, що прогнозується, приймається залежно від встановленої категорії технічного стану. Тобто з точки зору математичного опису процесу технічного діагностування система (в даному випадку будівельна конструкція, будівля чи споруда в цілому) на момент обстеження залежно від здатності виконувати протягом прогнозованого терміну всі передбачені нормативними вимогами функції може знаходитись в одному з чотирьох технічних станів. Основною задачею технічного діагностування є розпізнавання станів технічної системи в умовах обмеженої інформації.



Обстеження технічного стану будівельних конструкцій є самостійним напрямком будівельної діяльності, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будинків.

Та необхідно констатувати, що експлуатація будівельних конструкцій, будівель та споруд ґрунтується на прийнятті рішень в умовах ймовірнісної (статистичної) невизначеності – відсутності повної інформації про об'єкт (наприклад, коли відома множина станів  $X=\{x,y,z,k\}$ , в яких може знаходитись об'єкт, але невідомо, в якому саме стані він знаходиться або буде знаходитись в майбутньому, при цьому розподіл ймовірностей на множині станів  $X$  можна вважати відомим) [191]. Внаслідок цього проектувальник (експерт) не завжди має можливість однозначно оцінити наслідки, таким чином, при прийнятті технічного рішення виникає потреба оцінювання пов'язаних із цим ризиків. Тому в якості інструменту для вирішення задач прийняття рішень, пов'язаних із забезпеченням організаційно-технологічної безпеки та надійної експлуатації об'єктів будівництва, доцільно застосовувати теорію ризиків.

Ризик як кількісна характеристика можливих втрат, спричинених випадковими непередбаченими подіями, що викликають часткове або повне руйнування будівельної конструкції, будівлі чи споруди в цілому або призупинення її експлуатації, може бути виражений як добуток ймовірної відмови (аварії, руйнування) об'єкта на кількість наслідків відмови (економічні та/або соціальні). При цьому, на думку науковців [57], коли при аналізі ризиків виникає необхідність урахування можливості людських жертв або заходів з їх виключення, кількісні задачі призводять до необхідності в тій чи іншій мірі оцінювати безпеку людського життя у вартісному відображенні. Адже об'єкти будівництва, що мають суто економічну відповідальність (тобто при відмові яких цілком виключається можливість людських, соціальних втрат) є певною мірою абстракцією.

Фізичний знос та навантаження будівельних конструкцій – процеси, що протікають в часі, в наслідок чого за період експлуатації об'єкту

будівництва показники експлуатаційної придатності та фактичної надійності змінюються, а отже і змінюються і їх кількісні та якісні оцінки (технічні стани). На надійність будівлі у процесі технічної експлуатації впливають внутрішні напруження в конструкціях, не відповідні їх проектним значенням, зовнішні впливи (у заданому чи іншому режимах), система технічного обслуговування (попереджувального і систематичного) і технічна кваліфікація обслуговуючого персоналу.

Прийнято вважати, що «експлуатаційна надійність будівлі дорівнює добутку надійності самої будівлі на надійність її використання (людський фактор). Останнє поняття враховує усі фактори застосування будівлі і проявляється в зменшенні її надійності. Для зниження негативного впливу людського фактора використовують такі організаційні заходи, як: підготовка і навчання обслуговуючого персоналу, збирання на об'єктах статистичних даних про відмови конструкцій і розробка спеціальних інструкцій і методик з експлуатації систем, їх профілактики і ремонту» [113].

У процесі експлуатації будівель їхній технічний стан змінюється, тобто погіршуються кількісні значення характеристик працездатності, зокрема, характеристик надійності [228; 233]:

– погіршується в результаті зміни фізичних властивостей матеріалів, з яких виготовлені конструктивні елементи, їхніх розмірів і форм, а також характеру з'єднань між ними. Вказані фактори переважно мають закономірний, але іноді і випадковий характер. Процес утрати працездатності конструктивними елементами та їхніми з'єднаннями проходить із малою інтенсивністю, поступово;

– зміни стану відбуваються шляхом руйнування та іншими аналогічними видами втрат працездатності конструктивних елементів, процес виникнення яких у часі також є випадковим, однак характер їх проходження характеризується стрибкоподібною, раптовою зміною технічного стану;

– процеси втрати працездатності конструктивними елементами та їхніми з'єднаннями відбуваються незалежно, однак вони взаємопов'язані.

Основні причини (фактори), що викликають зміну працездатності всієї будівлі та її окремих конструктивних елементів, можна умовно розділити на дві групи: внутрішнього і зовнішнього характеру (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Функціональна діагностика зміни працездатності будівлі в контексті ОТН в проектах БСБ\*

Джерело: систематизовано на основі авторського дослідження

Отже, під надійністю будівлі як складної системи треба розуміти стабільність показників якості й ефективності її функціонування, що залежить від надійності конструкцій та її інженерно-технічних мереж. Задача

оцінки надійності будівлі зводиться до встановлення впливу часткових і повних відмов на якість і тривалість функціонування об'єкта. Визначальним показником надійності будівлі як кінцевої продукції є її оптимальний термін служби.

Науковці відзначають [77; 81; 83; 315; 317; 316; 320], що поняття безвідмовності будівлі як складної технічної системи ширше, ніж для її конструктивних елементів і простих систем, здатних знаходитися лише в двох станах – працездатному чи непрацездатному. Відмови окремих огорожувальних конструкцій і технічних пристроїв зазвичай є частковими відмовами. Не припиняючи функціонування будівлі загалом, вони знижують якість (рівень) функціонування, вихідний ефект об'єкта. Специфіка будівель полягає у неможливості створення полегшених умов для їх роботи загалом або для окремих вузлів чи конструктивних елементів. Важливо зазначити, що в складних конструкціях відмова одного елемента може привести до відмови всієї конструкції, хоча інші елементи продовжують нормально функціонувати.

Порушення працездатності будівлі або окремих конструктивних елементів під час експлуатації виявляються шляхом діагностування та контролю їх технічного стану відповідно до норм [83, 404, 408]. Відхилення від норми називається відмовою. Визначаючи нормативну надійність конструкцій, під відмовою розуміють їх технічний стан, що передусє вичерпанню несучої здатності чи повної втрати експлуатаційних властивостей. Відповідно, відмова – це припинення виконання конструкціями заданих функцій, які визначаються з відповідними допусками.

В науковій літературі [113; 119; 315; 317; 316] відмови будівельних конструкцій класифікують залежно від терміну експлуатації, причин виникнення, діапазону відмов та наслідків, до яких це призведе (рис. 2.9).

Поступові відмови є функцією часу, які викликані головним чином старінням матеріалів, нагромадженням внутрішніх напружень тощо. Раптові відмови спричиняють такі зміни параметрів елемента, коли його варто

вважати непрацездатним. Такі відмови з'являються за умови перерозподілу і підсумовування у вузлах навантажень, дії додаткових зовнішніх навантажень, неврахованих комбінацій навантажень.



Рис. 2.9. Класифікація відмов будівельних конструкцій\*

\* Джерело: систематизовано автором на основі [113; 119; 315; 317; 316]

Розраховуючи системи з огляду на ці два види відмов, орієнтуються на такі положення:

- поступові відмови можна виключити, якщо врахувати всі можливі зміни характеристик і параметрів у часі;
- раптові відмови – випадкові, їх не можна цілком виключити чи передбачити;

– поступові і раптові відмови взаємозалежні [113].

З останнього випливає можливість застосування принципу резервування під час проектування організаційно-технологічної надійності зведення і технічної експлуатації будівель.

На відміну від простих систем, де можливі тільки два стани – нормальний експлуатаційний та відмова – у будівлях більшість конструкцій і елементів може мати кілька станів, що відповідають частковим відмовам і несправностям. У зв'язку з цим відмови класифікують:

- часткова відмова конструкції, посилення якої приводить до повного відновлення надійності будівлі;
- відмова найбільш відповідальних конструктивних елементів будівлі (основ, фундаментів, колон, ригелів і т.п.), що приводять до відмови всієї будівлі. Дані відмови є переважно раптовими.

Варто відзначити, що за наявності досить значної кількості праць зазначеної тематики певне коло теоретичних та методологічних питань організаційно-технологічної надійності та безпеки будівель, зокрема в частині організаційно-технологічного забезпечення, залишаються вивченими недостатньо. Поглиблених досліджень потребують розробка теоретико-методологічних засад механізму управління вибором напрямів забезпечення ОТН будівель; формування адекватних принципів реалізації організаційно-технологічних рішень при проектуванні та зведенні будівель, що і обумовило подальший напрям дисертаційного дослідження та його зміст.

Внаслідок технологічних особливостей та унікальності робочого середовища кожної з фаз життєвого циклу об'єкта, застосування окремого стандарту чи методології в рамках всього об'єкта є неефективним, оскільки інтеграція того чи іншого стандарту/методології через невідповідність окремих його процесів чи групи процесів до специфіки окремої фази життєвого циклу об'єкта закінчується невдачею.

Різні автори вже не раз відзначали неточність українського перекладу поняття «девелопмент». У перекладі з англійської мови development – розвиток, розробка, створення, освоєння, формування, будівництво, подія, вдосконалення, зростання, розширення, розгортання, забудова, удосконалення, проектування, еволюція, покращення, прояв, обставина, доведення, підприємство, підготовчі роботи, нове будівництво, підготовка родовища, виведення, оброблювана ділянка землі, висновок. Але у контексті біосферосумісності цей переклад повинен мати вужчий сенс. Це – розвиток «триваючий» («самодостатній»), тобто такий, який не суперечить подальшому існуванню людства і розвитку його в попередньому напрямі.

Сучасний розвиток інформаційних технологій ознаменувався появою принципово нового підходу в архітектурно-будівельному проектуванні, що полягає у створенні комп'ютерної моделі нової будівлі, яка охоплює всі відомості про майбутній об'єкт – Building Information Model (BIM). Поняття інформаційного моделювання будівлі як засіб її параметризації було запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії (Georgia Tech) Чаком Істманом (Chuck Eastman) у 1975 р. під назвою Building Description System (система опису будівлі) [1]. Пізніше, у 1986 р., англієць Роберт Айш (Robert Aish) вперше використав термін Building Modeling у його нинішньому розумінні при проектуванні Терміналу 3 в аеропорту Хітроу [2]. Також він вперше сформулював основні принципи інформаційного підходу у проектуванні: тривимірне моделювання; автоматичне отримання креслень; інтелектуальна параметризація об'єктів; відповідні об'єктам бази даних; розподіл процесу будівництва за часовими етапами тощо. Термін BIM (Building Information Modeling) вперше з'явився у 1992 р. у роботі Г.А. ван Недервена (G.A. van Nederveen) і Ф.П. Толмана (F.P. Tolman) з Нідерландів [3]. Приблизно із 2002 р. концепцію Building Information Model перейняли розробники програмного забезпечення, зробивши це поняття одним із ключових у своїй термінології. Невдовзі BIM було взято на озброєння Bentley Systems, Autodesk, Graphisoft та ін. Надалі аббревіатура BIM

увійшла до лексики фахівців із систем автоматизованого проектування і набула широкого розповсюдження в усьому світі. BIM може використовуватися як для позначення безпосередньо самої інформаційної моделі будівлі, так і для процесу інформаційного моделювання. Наприклад, компанія Graphisoft – автор широко розповсюдженого пакета ArchiCAD – запровадила термін VB (Virtual Building) – віртуальна будівля, який по суті є BIM. Іноді можна зустріти схоже за значенням словосполучення – електронне будівництво (e-construction). Також BIM визначається як процес генерації та управління даними єдиної інфраструктури впродовж її життєвого циклу, що відбувається із використанням спеціального програмного забезпечення динамічного моделювання будівель у тривимірному просторі та реальному часі, з метою зменшення втрат часу та ресурсів у проектуванні та будівництві. Цей процес відбувається у інформаційній моделі інфраструктури (також позначеній BIM), що включає в себе геометрію будівлі, просторові відношення, географічну інформацію, а також кількість та властивості компонентів інфраструктури тощо [4]. Інформаційне моделювання будівлі – це комплексний підхід до зведення, оснащення, забезпечення експлуатації та ремонту будівлі, який передбачає збирання та комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, фінансової та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями. В інформаційному моделюванні будівля і все, що до неї відноситься, розглядається як єдиний об'єкт. Кожен елементарний модуль, об'єкт будівлі є просторовою інформаційною моделлю, яка пов'язана із базою знань, і в якій кожному елементу можна присвоїти додаткові атрибути. Такі ознаки і переваги органічно впливають із глобальних відмінностей знань від інформації – їх композитивність, ієрархічність, процедуральність та описовість [6]. Будівельний об'єкт відтоді проектується фактично як єдине ціле і зміна будь-якого його параметра тягне за собою автоматичну зміну інших, пов'язаних із ним параметрів і об'єктів,



зміни креслень, візуалізацій, специфікацій, графіка будівництва тощо на всіх етапах життєвого циклу.

З точки зору біосферосумісності, будівельний девелопмент повинен забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем. Особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність усієї біосфери. Більше того, поняття природних систем і ареалів мешкання можна розуміти широко, включаючи в них створене людиною середовище, таке як, наприклад, місто. Основна увага відводиться збереженню здатності до самовідновлення і динамічної адаптації таких систем до змін, а не збереження їх в деякому «ідеальному» статичному стані. Деградація природних ресурсів, забруднення довкілля і втрата біологічного різноманіття скорочують здатність екологічних систем до самовідновлення. Будівництво є одним із потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище. Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – від видобутку та виробництва будівельних матеріалів, будівництва об'єктів, їх експлуатації і закінчуючи демонтажем відпрацьованих будівель. Розроблення методики оцінювання біосферної сумісності архітектурних об'єктів пропонується побудувати на ідеях, закладених для розрахунку показника рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення. Показник біосферної сумісності архітектурного об'єкта  $Z_{bs}$  пропонується розраховувати за формулою:

$$Z_{bs} = (Z_i \cdot m_i) = Z_M \cdot m_M + Z_B \cdot m_B + Z_J \cdot m_J + Z_D \cdot m_D, \quad (2.1)$$

де  $Z_M$  – показник біосферної сумісності матеріалів та виробів заводського виготовлення, з яких побудована будівля;

$Z_B$  – показник біосферної сумісності етапу будівництва будівлі;

$Z_J$  – показник біосферної сумісності етапу життя (експлуатації) будівлі;

$Z_D$  – показник біосферної сумісності етапу демонтажу та утилізації матеріалів та конструкцій, з яких була збудована будівля;

$m_i = \{m_M; m_B; m_D\}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

Точність комплексного оцінювання підвищується у разі врахування коефіцієнтів вагомості показників властивостей. При врахуванні коефіцієнтів вагомості виникає питання їх визначення. Існують розрахункові методи їх визначення, однак вони недосконалі і досить часто дають нелогічні результати.

На сучасному етапі краще застосовувати експертний метод визначення вагових коефіцієнтів, який заснований на використанні узагальненого досвіду та інтуїції фахівців-експертів. Серед експертних методів найбільш прийнятними для визначення коефіцієнтів вагомості є: метод переваг, метод рангів, метод попарного зіставлення та ін. Найпоширеніший метод – метод переваг, який зводиться до того, що експерти нумерують вагомості всіх показників за порядком їхньої переваги таким чином, щоб найбільш важливий з них отримав вагомість під номером 1, наступний за важливістю – номер 2 і т.д. Потім здійснюється розрахунок середньої арифметичної величини за кожним показником з урахуванням думки всіх експертів. Використовуючи метод рангів, експерти оцінюють важливість кожного показника за заздалегідь розробленою шкалою відносної значущості в діапазоні від 0 до 1. Коефіцієнти вагомості  $m_i$  знаходяться, виходячи з оцінок, призначених усіма експертами за кожним показником у всій їх сукупності з використанням рангів.

## **Висновки до розділу 2**

1. За умови, що будівництво будь-якого об'єкта виконується із запланованою якістю, тобто всі можливі відмови впливають на тривалість будівництва, але ніяк не впливають на його якість, то організаційно-

технологічна надійність та безпека буде забезпечуватися через: економічну, фінансову, управлінську, виробничу надійність та надійність генерального підрядника будівельної організації тощо.

2. Визначено, що організаційна надійність – це здатність організаційних, управлінських, економічних рішень із заданою імовірністю забезпечити отримання запланованого результату функціонування будівельного процесу в стохастичних умовах реалізації проекту, що властиво будівельному виробництву. В основу організаційної діяльності закладена здатність таких рішень пов'язувати виконання будівельних процесів, щоб в разі виникнення відхилень було забезпечено їх функціонування. При цьому ключові показники виконання будівельних процесів не повинні погіршувати проектних значень.

3. На підставі сучасних теорій надійності встановлено, що у завданнях параметричної оцінки будівельних проектів на різних стадіях життєвого циклу основну роль відіграють різноманітні методи дослідження і, в першу чергу, це оптимізаційні моделі, імовірнісні та статистичні методи, методи аналізу складних систем, а також імітаційне моделювання. Відповідно доведено, що ОТН будівлі необхідно розглядати при врахуванні фактора часу й аналізі змін надійності конструкцій упродовж їхнього життєвого циклу. Визначальним показником надійності будівлі як кінцевої продукції є її оптимальний термін служби, визначений з урахуванням впливу часткових і повних відмов на якість і тривалість функціонування об'єкту.

4. БСБ є комплексною дефініцією, що визначається як провідна складова інтегрованої організаційно-технологічної надійності проектів будівництва в умовах урбанізації, глобалізаційних викликів та є продуктивним фактором організації життєвого циклу проектів БСБ, передбачає організацію будівництва на ґрунті екологічності та енергоощадності, за умови підпорядкування сучасним організаційним та інформаційно-аналітичним технологіям будівельного девелопменту.

5. Розкрито контентно-процесуальну сутність дефініції «організаційно-технологічна надійність будівництва на засадах біосферосумісності» і у відповідності до цього здійснено формування і обґрунтування методологічних, аналітичних та прикладних вимог щодо запровадження та побудови інструментарію організації будівництва і організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності згідно з Міжнародними вимогами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design).

Основні положення розділу 2 опубліковані автором у працях [327, 329, 330, 331, 333, 334, 337, 338, 346, 355, 390, 392].

### РОЗДІЛ 3

## ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ІНДИКАТОРІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА

### 3.1 Організаційно-технологічна надійність проекту як змістовна основа комплексного організаційного, технологічного та управлінського потоків у проектах БСБ

Більшість наукових робіт та розробок мають результуючі показники ОТН, що мають відносний вираз (частковий, дробовий, відсотковий), але цей підхід до вимірювання рівня ОТН має значні недоліки, а саме: неможливість організації-виконавцю оцінити достатність відносної величини у конкретній виробничій ситуації або у конкретному проектному рішенні, ще до виконання робіт або проектних дій, що розглядаються. Якщо ж розглядати вже стадію проектної реалізації, коли вже існують певні відхилення від проектних значень, або виникла кризова ситуація, то відносний вираз рівня або ступеня забезпечення ОТН не тільки не допомагає у розумінні існуючої конкретної ситуації і не відображає реальний стан речей, а, навіть, може завести в оману і навести на некоректні дії, що не відповідають типу і рівню проблеми.

Певно, застосування відносних виразів рівня або ступеня забезпечення ОТН має сенс, але це стосується випадків, коли необхідно провести апріорну оцінку привабливості проекту, окремих проектних рішень у його складі та можливості конкретної будівельної організації забезпечити цей рівень. Але необхідно пам'ятати, що ключовим припущенням для розгляду та розрахунку такого показника є те, що аналізується попередня (апріорна, передпроектна) можливість реалізації конкретного будівельного проекту у конкретних умовах (що також моделюються) конкретними виконавцями. Це і

обумовлює слабку актуальність розгляду або, навіть, необхідність перерахунку відносного показника ОТН вже під час реалізації проекту, в умовах, які вже змінились (по відношенню до умов, передбачених у проектній документації) і продовжують постійно змінюватися.

Таким чином, вищезазначена обмеженість та неможливість застосування відносного показника ОТН у багатьох ситуаціях зумовлює необхідність розробки оновлених методик та показників визначення рівня ОТН із практично зрозумілим значенням та розмірністю.

Природно, що для забезпечення ефективної організації процесів будівництва із заданими технологічними рішеннями та дотриманням ключових термінів виконання робіт із необхідним рівнем економічної рентабельності та можливістю забезпечення управлінської гнучкості і скорочення часу реакції на проектні зміни показник рівня або ступеня забезпеченості ОТН у координатах «виконавець-проект» повинен мати не відносний, а абсолютний вираз, і рівень абсолютного значення ОТН в кожному мить реалізації проекту повинен відображати стан речей на цю мить та можливий «залишок» (запас) ОТН до певного критичного рівня (наприклад, точки неповернення, яка може розглядатися як точка, за якою неможливе забезпечення виконання проекту у необхідний термін або із необхідною вартістю).

Так, існуючий запас ОТН у координатах «виконавець-проект» може розглядатися як зона контрольованого ризику (рис. 3.1) та рівень можливих втрат будівельною організацією (виконавцем) або зменшення її рентабельності по цьому проекту задля забезпечення контрактних умов та виконання проекту із заданими технічними, часовими та вартісними характеристиками.

Як вже було зазначено, відмови і в технології, і в організації будівельного процесу не обов'язково пов'язані з повною зупинкою процесу, що пояснюється дуалістичним характером виникнення відмов та їх впливу на організаційно-технологічну надійність у системі «виконавець-проект».

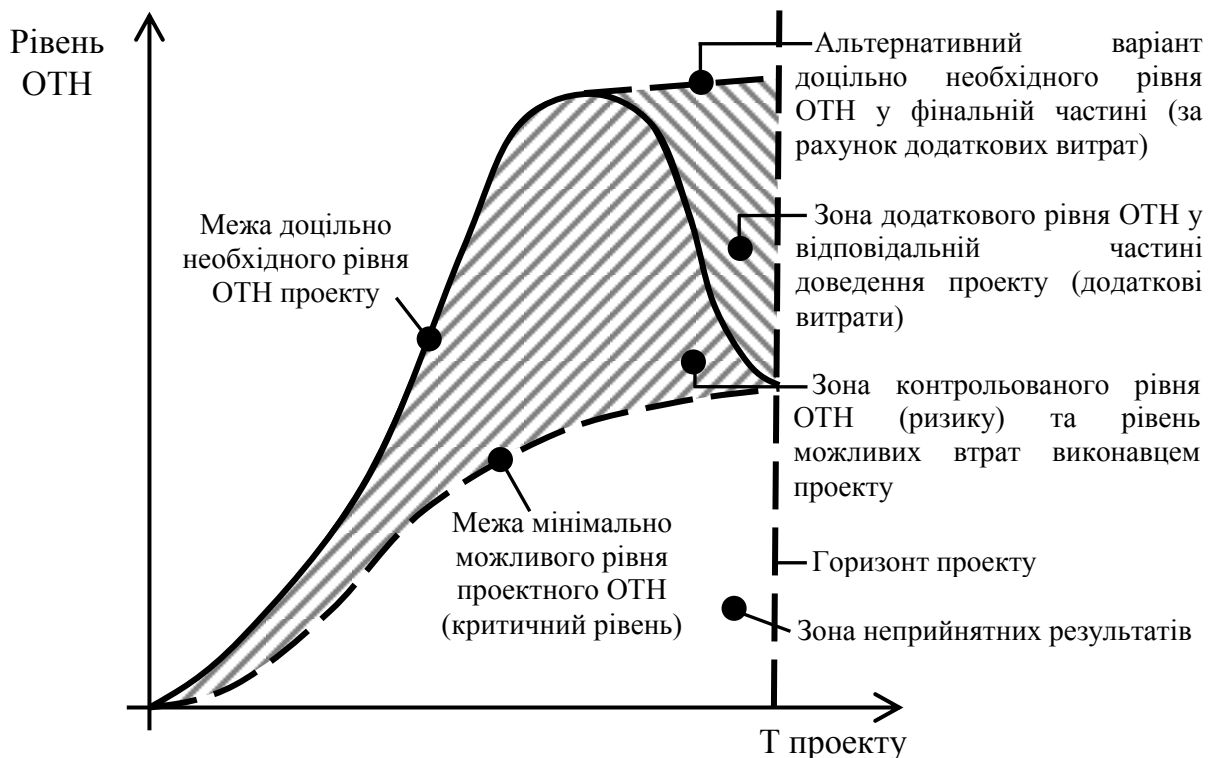


Рисунок 3.1 – Можливий розподіл рівня ОТН на додаткову, контрольовану та неприйнятну зони

З одного боку, цей характер задається сукупністю усіх проектних рішень, як складної технічної системи, яка має складні технічні складові, що можуть відмовити у процесі їх діяльності. З іншого боку, цей характер задається результатами діяльності виконавця та його впливом на технічну систему проекту із одночасною побудовою і використанням організаційно-управлінської, економіко-інформаційної систем проекту, що ускладнює їх функціонування та породжує додаткові джерела відмов у будівельному проекті взагалі. Зважаючи на це, можливо зазначити, що для будівельного проекту в цілому характерним є одночасне функціонування процесів різних типів та джерел походження, і тому у будівництві характерними є збої, які можливо охарактеризувати як часткові відмови, які або самоусуваються в процесі реалізації проекту (тобто функціонування системи «виконавець-

проект») регенеративними властивостями проекту, або усуваються відповідними фаховими службами і професійними діями виконавця.

Якщо розглянути значення результатів збою та наслідків його усунення з позицій діяльності будівельної організації, їх можливо описати наступною пірамідою зв'язків (рис. 3.2): «відмова – засоби усунення відмови виконавцем – організація і процеси усунення відмови виконавцем – діяльність виконавця у проекті – ефективність та рентабельність участі виконавця у проекті».

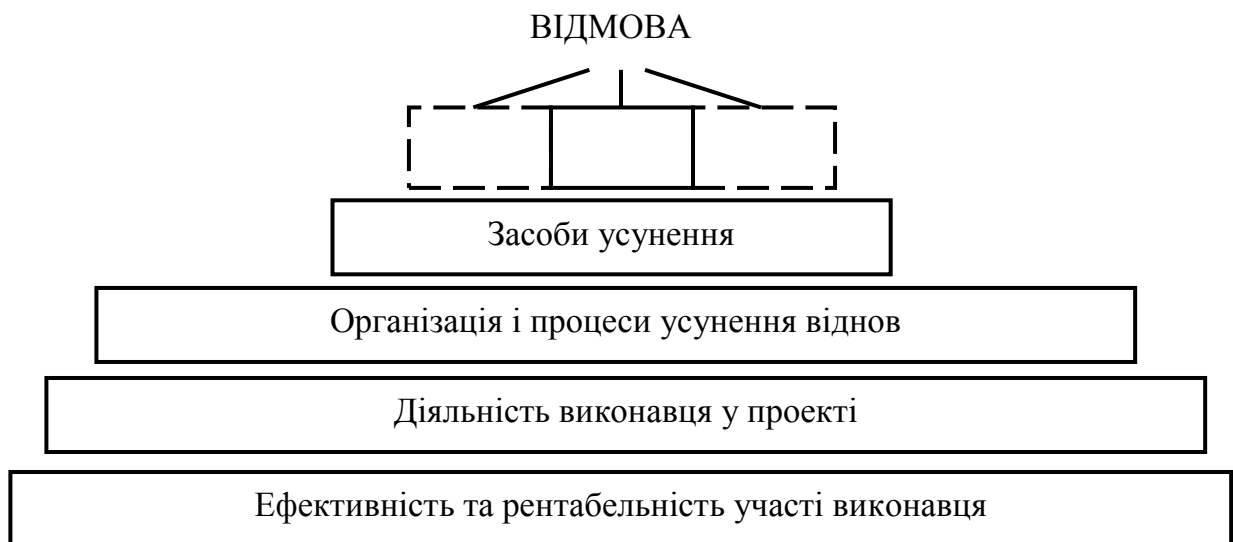


Рисунок 3.2 – Піраміда зв'язків позицій потреби участі у проекті організації-виконавцем та забезпечення його реалізації

Якщо представити наведену структуру зв'язків у дуалістичному вигляді, отримаємо площину діяльності будівельної організації, яка знаходиться у координатах категорій «відмова» та «ефективність діяльності» та, відповідно, для неї описується векторами показників, які характеризують категорії «відмова» та «ефективність діяльності».

Для того, щоб формалізувати характеристику «відмова» у наведеній площині, розглянемо можливі шляхи покращення результатів діяльності



виконавця та підвищення організаційно-технологічної надійності у системі «виконавець-проект».

Підвищення рівня ОТН може досягатися двома принципово різними шляхами:

- розробкою систем будівельного проекту, які надійно функціонують в умовах впливу дестабілізуючих факторів;
- зниженням впливу дестабілізуючих факторів, що порушують надійність функціонування систем будівельного проекту.

Обидва шляхи не виключають один одного і можуть використовуватися як комплексно, так і самостійно.

Перший шлях відноситься до формування множини проектних заходів, які розглядаються виконавцем як система, що вже закладена у перелік необхідних проектних дій задля виконання існуючих вимог до проекту. Цей шлях у множині зон забезпечення організаційно-технологічної надійності системи координат «будівельний проект – будівельна організація» характеризується проектними вимогами, рішеннями і заходами та проектно-договірними зобов'язаннями виконавця та формує апріорне значення проектної ОТН, що у підсумку і повинно забезпечити ефективне виконання проекту із заданими характеристиками.

Другий шлях, навпаки, відноситься до додаткового інструментарію забезпечення успішної реалізації проекту, який формується множиною проектних заходів, що виникають, як правило, в процесі реалізації проекту та які розглядаються виконавцем як система заходів, необхідна для стабілізації системи проекту у разі її відхилення від проектного діапазону значень і забезпечення контрактних умов. Цей шлях у множині зон забезпечення організаційно-технологічної надійності системи координат «будівельний проект-будівельна організація» характеризується можливостями організації-виконавця та формує апостеріорне значення проектної ОТН, що у підсумку і повинно забезпечити отримання динамічних зон перетину вимог та

можливостей із заданими технічними, часовими та вартісними проектними характеристиками, тобто апостеріорне значення ОТН буде розташовуватися на межі або вище доцільно необхідного рівня ОТН (рис. 3.1).

Таким чином, апостеріорне значення ОТН проекту характеризується здібностями організації-виконавця у тактичному та оперативному плануванні і оперуванні власними можливостями (фінансовими, технічними, матеріальними і трудовими, інформаційними) задля створення множини додаткових заходів покращення ОТН за рахунок раціоналізації розподілу, суміщення, зміни послідовності або інтенсивності використання існуючих можливостей і термінового усунення виникаючих відмов. У свою чергу, здатність організації-виконавця забезпечити апостеріорне проектне значення ОТН на рівні не нижче межі доцільно необхідного рівня ОТН проекту або не допустити його зменшення нижче межі мінімально можливого рівня ОТН у разі виникнення відмов (рис. 3.1) характеризує здатність забезпечити очікуваний рівень ефективності та рентабельності її участі у проекті (рис. 3.2), що і є головною метою отримання підряду і виконання проектно-договірних зобов'язань.

Існує і зворотний бік у створенні множини додаткових заходів покращення ОТН та забезпеченні апостеріорного значення ОТН на рівні, достатньому для усунення виникаючих і можливих критичних відмов, що формує негативні тенденції у діяльності організації-виконавця. По-перше, це пов'язано із динамічним нелінійним середовищем функціонування будівельного проекту, що, у свою чергу, призводить до «ефекту насичення», коли при підвищенні кількості додаткових заходів не зберігається динаміка покращення рівня ОТН проекту і він залишається на попередньому рівні або, навіть, навпаки, зменшується за рахунок додаткового ускладнення відповідних складових системи проекту (технічних, організаційних, управлінських тощо). По-друге, використання додаткових заходів задля покращення рівня ОТН пов'язано із додатковими матеріальними, часовими, фінансовими і іншими витратами. Це очікувано знижує ефективність та

рентабельність участі організації-виконавця у проекті та формує негативні тенденції у її розвитку. При цьому відбувається поступове зниження динаміки приросту та абсолютного значення рівня ОТН проекту і відбувається перехід через точку екстремуму і динаміка змінюється на від'ємну, що вказує на недоцільність зайвого насичення множини додаткових заходів. Такий стан проекту характеризується тим, що будь-яке подальше покращення ОТН проекту призводить лише до зайвих зусиль, ускладнення системи проекту і стає нерентабельним, а додатково залучені ресурси не використовуються та здійснені додаткові витрати не виправдовуються.

Наприклад, утримання додаткових систем енергозабезпечення, додаткового парку машин і механізмів, додаткових матеріальних і трудових ресурсів тощо безумовно підвищує рівень ОТН проекту, але вимагає застосування оптимізаційних процедур визначення доцільного рівня додаткового залучення ресурсів, здійснення додаткових витрат і зменшення рентабельності і привабливості проекту.

Теоретично можливий максимальний рівень ОТН проекту характеризується станом, у якому відсутні будь-які відмови. У практиці підрядного будівництва та загалом на ринку будівельно-підрядних послуг такий стан неможливий, отже, теоретичний максимум рівня ОТН є недосяжним і не може виступати актуальним екстремумом у процедурі пошуку максимального рівня ОТН і проведення відповідної оптимізації проектних параметрів. Таким чином, процедура пошуку та визначення необхідного рівня ОТН повинна оперувати меншими рівнями ОТН, які є практично доцільними і прийнятними з точки зору здійснення додаткових витрат та отримання певної рентабельності проекту. При цьому для організації-виконавця існують різні альтернативні варіанти забезпечення певного рівня ОТН та оперування своїми власними можливостями і ресурсами. Альтернативні варіанти підтримки необхідного апостеріорного значення ОТН будуть мати різну трудомісткість, рівень витрат та ефективність і рентабельність їх застосування.

Вищезазначене вказує на необхідність визначення не максимально можливого рівня ОТН (та подальшої екстраполяції усіх необхідних показників), а унікальної для кожного проекту динамічної зони доцільного рівня покращення ОТН (рис. 3.3).

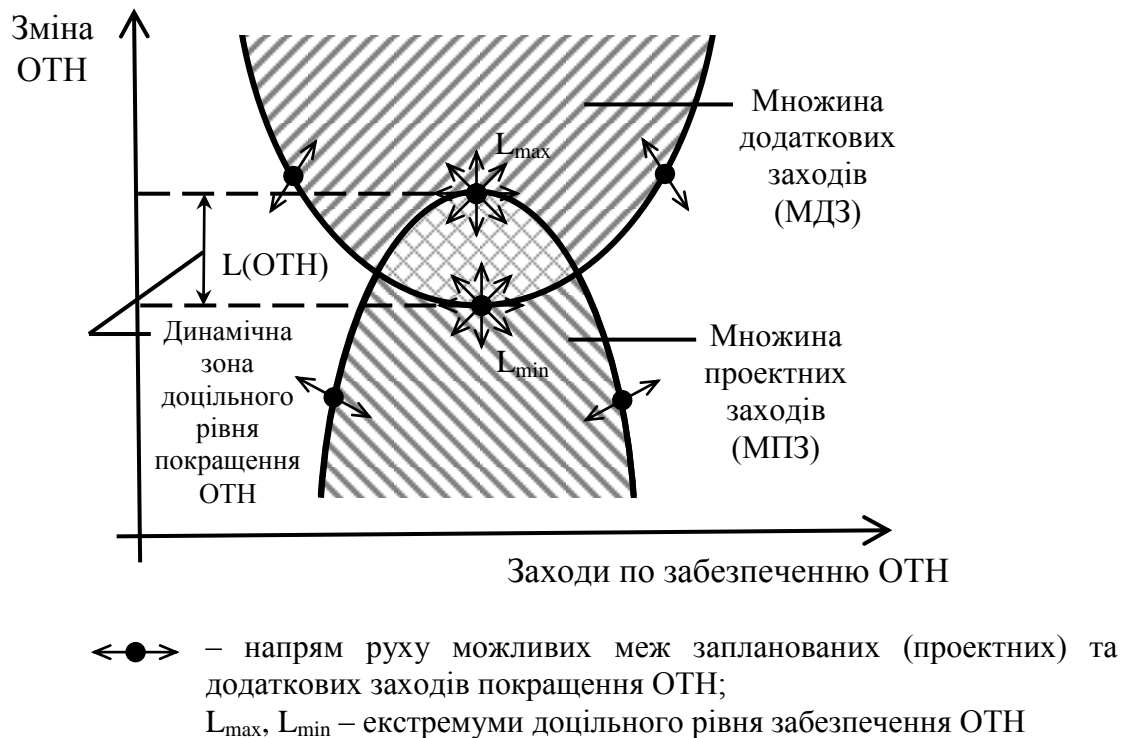


Рисунок 3.3 – Формування динамічної зони доцільного рівня покращення ОТН проекту

Підсумовуючи, слід зазначити, що динамічна зона доцільного рівня покращення ОТН обмежується максимальним та мінімальним екстремумами рівня ОТН, доцільними з точки ефективності та рентабельності участі організації-виконавця у будівельному проекті. Екстремуми можуть бути забезпечені організацією-виконавцем в певних унікальних умовах реалізації проекту за рахунок оптимального розподілу і використання власних можливостей та ресурсу, що покращить показники функціонування виконавця та зміцнить його позиції у конкурентному середовищі.

### **3.2 Визначення формалізованих елементів та підсистем методики оцінювання стану біосферосумісності при реалізації проектів будівництва**

В підрозділі викладено провідні методико-аналітичні вимоги, які визначають специфіку запропонованого підходу та інструментарію організації біосферосумісного будівництва, а також зміст та ієрархію індикаторів, на ґрунті яких для певного будівельного проекту надалі визначатимуться подальші організаційно-технологічні заходи щодо коригування рівня БСБ у відповідності з вимогами замовника, інвестора та інших провідних учасників будівельного інвестиційного процесу.

В даний час під забрудненням навколишнього середовища розуміються небажані зміни фізичних, фізико-хімічних і біологічних характеристик повітря, ґрунтів, вод, що можуть несприятливо впливати на життя людини, рослин, тварин і культурне надбання, виснажувати або псувати сировинні ресурси Землі. Ці негативні зміни є результатом діяльності людини. Вони переривають або порушують процеси обміну і кругообігу речовин, їх асиміляцію, розподіл енергії, в результаті змінюються властивості навколишнього середовища, умови існування організмів, знижується продуктивність або ж руйнуються екосистеми. Прямо чи опосередковано такі перетворення впливають на людину через біологічні ресурси, воду і продукти.

Розрізняють два класи об'єктів забруднень. Об'єкти забруднення першого класу – екосистеми, другого класу – входять до складу екосистем: рослини, тварини, мікроорганізми і сама людина. Основні джерела забруднень антропогенного походження: теплові електростанції (27%), підприємства чорної (24%) і кольорової (10,5%) металургії, нафтохімічної

промисловості (15,5%), будівельних матеріалів (8,1%), хімічної промисловості (1,3%), автотранспорту (13,3%) [97].

Місто є дуже шкідливою екосистемою, існування якої залежить від суміжних екосистем. Воно «дихає чужим повітрям», «п'є чужу воду», «їсть чужу біомасу», при цьому місто виділяє в навколишнє середовище величезну кількість продуктів свого метаболізму.

Для нейтралізації та поповнення ресурсів біосфері необхідні значні площі та час (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Споживання міста з населенням 1000000 жителів [51]

Ресурс чи компонент	Територія міста, тис. га	Споживання	Відтворення	Дефіцит	Територія, необхідна для покриття дефіциту, тис. га
Атмосферний кисень	20	30 млн. т	25-30 тис. т	29,97 млн. т	5000-6000
Вода	20	500 млн. м <sup>3</sup>	5 тис. м <sup>3</sup>	499,995 млн. м <sup>3</sup>	1500-2000
Рослинність і ґрунт у місцях відпочинку	20	5 тис. га	немає	1000-2000 тис. га	1000-2000
Сировина, будівельні матеріали	20	10-12 млн. т	немає	10-12 млн. т	40-50
Паливо (умовне)	20	8-9 млн. т	немає	8-9 млн. т	25-30
Продукти харчування	20	1 млн. т	немає	1 млн. т	500-600

Розрізняють наступні типи забруднень і шкідливих впливів:

– фізичні забруднення: радіоактивні елементи (випромінювання), нагрів або теплове забруднення, шуми;

– біологічні забруднення: мікробіологічне отруєння дихальних і харчових шляхів (бактерії, віруси), зміна біоценозів внаслідок впровадження чужорідних рослин або тварин;

– хімічні забруднення: газоподібні похідні вуглецю і рідкі вуглеводні, миючі засоби, пластмаси, пестициди, похідні сірки, важкі метали, фтористі сполуки, аерозолі та ін.;

– естетичне забруднення: порушення ландшафтів, історичних місць малопривабливими будівлями і ін.

Крім того, виділяють групи забруднюючих факторів:

– матеріальні, що включають механічні: аерозолі, тверді тіла і частинки у воді та ґрунті;

– хімічні: різноманітні газоподібні, рідкі та тверді хімічні сполуки;

– біологічні забруднення: мікроорганізми і продукти їх діяльності;

– енергетичні (фізичні) забруднення: енергія теплова, механічна (вібрація, шум, ультразвук), світлова, електромагнітні поля, іонізуючі випромінювання.

Найбільш небезпечними для всіх видів живих організмів є радіоактивні відходи, які слід віднести і до матеріальних, і до енергетичних забруднень. Крім того, їх практично неможливо знищити.

Розрізняють також точкові (зосереджені) і розосереджені джерела забруднення, а також джерела забруднення безперервної та періодичної дії.

Забруднювачі бувають:

– стійкі (наприклад, солі ртуті, фенольні сполуки з довгим ланцюгом, полімери та ін.), адже не існує природних процесів, що розкладають ці забруднювачі з тією ж швидкістю, з якою вони вводяться в екосистеми;

– нестійкі (у тому числі побутові стічні води), що руйнуються під впливом біологічних процесів.

Будівництво як основна і необхідна частина урбанізації вимагає продуманого і обґрунтованого підходу.

Донедавна основним завданням будівництва було створення штучного середовища, що забезпечує умови життєдіяльності людини. Навколишнє середовище розглядалася лише з точки зору необхідності захисту від її негативних впливів на створюване штучне середовище. Зворотний процес впливу будівельної діяльності людини на навколишнє природне середовище та штучного середовища на природне повною мірою став предметом розгляду порівняно недавно. Лише окремі аспекти цієї проблеми, в міру практичної необхідності, вивчалися і вирішувалися поверхнево (наприклад, видалення та утилізація відходів життєдіяльності, турбота про чистоту повітря в населених пунктах і т.п.). Тим часом будівництво є одним з потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище. Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – видобуток та виробництво будівельних матеріалів, будівництво об'єктів і їх експлуатація, демонтаж відпрацьованих будівель.

Будівництво потребує великої кількості різної сировини, будівельних матеріалів, енергетичних, водних та інших ресурсів, отримання яких здійснює значний вплив на навколишнє середовище. З серйозними порушеннями ландшафтів і забрудненням навколишнього середовища пов'язано ведення робіт безпосередньо на будівельному майданчику. Порушення ці починаються з розчищення території будівництва, зняття рослинного шару та виконання земляних робіт. При розчищенні території будівництва, яка раніше вже займалася під забудову, утворюється значна кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище при спалюванні, або утворюють звалища, які змінюють морфологію ділянок, погіршують гідрологічні умови, сприяють ерозії. Ступінь впливу на природу залежить від матеріалів, з яких зводиться будівля, технології зведення будівель і споруд, технологічної оснащеності будівельного виробництва, типу і якості будівельних машин, механізмів і транспортних засобів та інших факторів.



Територія будівництва стає джерелом забруднення сусідніх ділянок: вихлопи і шум двигунів машин, спалювання відходів. Вода широко використовується в будівельних процесах – як компонент розчинів, як теплоносії в теплових мережах; після використання вона скидається, забруднюючи ґрунтові води і ґрунти введеними в неї компонентами.

Однак саме будівництво – процес відносно швидкоплинний. Значно складніша справа, пов'язана з впливом на природу вже побудованих об'єктів – будівель, споруд та урбанізованих територій. Їхній вплив на навколишнє природне середовище ще недостатньо вивчено, тому практично всі екологічні заходи носять рекомендаційний характер. Що ж стосується нинішніх результатів, то: зменшується кількість дерев, забруднюються води і ґрунти внаслідок промислових викидів та накопичення комунально-побутових відходів, відбувається запилення, газове і теплове забруднення повітря, що призводить до зміни рівня радіації, випадіння опадів, зміни температур повітря, вітрового режиму, тобто до створення штучних умов на урбанізованій території.

В результаті різних впливів – тимчасових, кліматичних, експлуатаційних – проявляються негативні впливи на будівлі та споруди: руйнуються кам'яні та металеві конструкції, вицвітають і руйнуються фарби, змінюють забарвлення зовнішні огорожувальні конструкції, гинуть скульптури та орнаменти пам'яток старовини, корозують дахи, ферми, мости тощо. Залежно від методів відновлення об'єктів виникають відходи виробництва ремонтних робіт – у разі поточного ремонту це можуть бути частини внутрішнього оздоблення, у разі капітального ремонту – додаються у великих обсягах дефектні деталі інженерної структури об'єктів, опалення, водопостачання, вентиляції і т.д. У разі повної ліквідації об'єкта в сучасних умовах в будівельне сміття з великою ймовірністю потрапляють речовини, що негативно впливають на екологію – різні види пластмас, фенолів, формальдегідів і т.п.

В даний час в промисловості і будівельному комплексі використовуються технології «наскрізного ресурсного циклу»: щорічно з біосфери видобувається в середньому на кожного мешканця міста до 20 тонн мінерально-сировинних і паливно-енергетичних ресурсів, з яких виготовляється товарна продукція. Після втрати споживчих властивостей, практично все, що здобуто, перетворюється на відходи. Екологічна ситуація навколо міст і поселень постійно погіршується.

Забруднення від будівель можна класифікувати так. Вони відносяться:

- до фізичних забруднень (теплове забруднення та шум);
- до хімічних забруднень (спалювання палива при видобуванні, виробництві будівельних матеріалів та виробів, будівництві об'єктів; їх опалення, охолодження, гаряче водопостачання, освітлення при експлуатації);
- до біологічних забруднень (пліснява, що утворюється внаслідок незадовільного температурно-вологісного режиму огорожувальних конструкцій);
- до естетичних забруднень (ущільнення забудови, що призводить до знищення історичних малоповерхових будівель та порушення законів відеоекології);
- до стійких забруднень (відходи від полімерних утеплювачів, металопластикових вікон, полімерних конструкційних та оздоблювальних матеріалів);
- до нестійких забруднень (стічні води, харчові відходи тощо).

При визначенні наслідків впливу енергоефективних будівель на довкілля необхідно враховувати витрати енергії на виробництво утеплювачів.

Питанню оцінювання впливу об'єктів будівництва на довкілля присвячено багато наукових досліджень, законів, нормативних документів.

Згідно статті 51 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [132], проекти господарської та іншої діяльності

повинні мати матеріали оцінки її впливу на навколишнє природне середовище (ОВНС) і здоров'я людей. Оцінка здійснюється з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємності даної території, стану навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення об'єктів, екологічних прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

ОВНС є обов'язковим компонентом будь-якого інвестиційного проекту в Україні відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [133], Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» [134].

Взагалі, ОВНС в Україні регулюється положеннями принаймні 12 міжнародних договорів та конвенцій, 42 законів, численними підзаконними нормативними актами, методологічними роз'ясненнями і стандартами [274, 285].

Будь-яке підприємство, що планує здійснити інвестиційний проект, який може мати вплив на довкілля, повинно інформувати відповідні органи місцевого самоврядування, на землях яких знаходиться проєктовані споруди (так звана «Заява про наміри»). Організації, що займаються передпроектними розробками, зобов'язані збирати відповідну інформацію щодо стану довкілля та підготувати матеріали ОВНС в пакеті документації інвестиційного проекту.

Організації-розробники ОВНС повинні мати в своєму складі відповідальних виконавців (інженерів-проектувальників), що мають відповідний кваліфікаційний сертифікат на таку діяльність.

Порядок проведення професійної атестації відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури (в тому числі ОВНС), затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 р. № 554 [257]. Відповідно до пункту 5 зазначеного порядку,

при проведенні Мінрегіонбудом України професійної атестації інженерів-проектувальників (та експертів) залучаються представники відповідних центральних органів виконавчої влади (в тому числі Мінприроди України, Держсанепідслужби України, Держгірпромнагляду України).

Слід відмітити, що повномасштабна ОВНС передбачена лише для об'єктів, віднесених до «Переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 808 від 28.08.2013 р. Щодо інших інвестиційних проектів, їх підготовка вимагає обмеженої ОВНС, в обсягах, що необхідні для потреб погодження та експертизи.

Зміст матеріалів ОВНС, їх структура, порядок підготовки та якість необхідної інформації встановлені ДБН А.2.2-1-2003 [285]. В додатках до цього нормативного акту надані форми документів - наприклад, додаток В містить детальні роз'яснення щодо структури викладення інформації ОВНС, заходи, які розробники ОВНС мають вжити на кожному етапі підготовки та проведення оцінки. Метою цього ДБН є забезпечення належної якості аналізу та контролю за охороною довкілля при реалізації інвестиційних проектів.

При проектуванні об'єктів будівництва, згідно з ДБН А.2.2-1-2003, проводиться оцінка впливу при його експлуатації та будівництві на:

- навколишнє природне середовище (клімат та мікроклімат, повітряне геологічне, водне середовища, ґрунти, рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти);
- навколишнє соціальне середовище;
- навколишнє техногенне середовище.

Установи-розробники проектної документації несуть відповідальність за недотримання державних нормативів, викладення та аналіз інформації щодо охорони навколишнього природного середовища. В Україні передбачена адміністративна та навіть кримінальна відповідальність за порушення правил розробки, здачі проектів, іншої аналогічної документації

замовнику без обов'язкових інженерних систем захисту довкілля (стаття 253 Кримінального кодексу України [180]).

Більшість заходів ОВНС проводяться на самих ранніх стадіях проектних розробок (п. 5.1 ДБН А.2.2-1-2003). Розробник проекту готує важливий документ – «Заяву про наміри», в якому мають бути зазначені всі потенційні проблеми щодо впливу на довкілля та потенційні ризики проекту.

Матеріали ОВНС також комплектуються «Заявою про екологічні наслідки планованої діяльності». Заява про наслідки стисло наводить висновки ОВНС та найбільш важливі коментарі, та повідомляє про її розповсюдження через загальнонаціональні / або місцеві засоби масової інформації, публікації в мережі Інтернет.

Процес консультацій з ОВНС розпочинається з оголошення «Заяви про наміри» реалізувати проект, після чого можуть відбутися початкові громадські обговорення щодо проекту. Кількість громадських обговорень вітчизняними будівельними нормами та законами не регулюється. Друге відкрите слухання доцільно проводити тоді, коли результати ОВНС разом з будь-якими коментарями від громадськості, зібраними впродовж процесу, стають доступними для замовника проекту, генпроектувальника та розробника ОВНС. Примірники ОВНС мають бути доступними для громадськості. Для цього в «Заяві про наміри» реалізувати проект зазначається дата, місце та період ознайомлення громадськості із матеріалами ОВНС та проекту.

Підсумковий варіант ОВНС, що включає усі коментарі громадськості, в складі проектної документації відповідного етапу проектування подається на експертизу (процес аналізу і оцінки проектної документації, який проводиться відповідальними експертними установами і організаціями всіх форм власності згідно вимог статті 31 Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»).

Цей процес включає експертний розгляд проекту та ОВНС – з питань екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища –

організаціями з сертифікованими експертами, що мають відповідний кваліфікаційний сертифікат Мінрегіонбуду України [214].

До 17.02.2011 р. державна екологічна експертиза проектної документації із матеріалами ОВНС в Україні проводилася як окремий процес, спеціалістами територіальних органів Міністерства охорони навколишнього природного середовища України. Наразі дану функцію виконують експерти сертифіковані Мінрегіонбудом України.

Процес експертизи здійснюють сертифіковані експерти з питань санітарних, епідеміологічних, екологічних норм, безпеки праці, збереження енергії, протипожежної безпеки, технології, ядерної і радіаційної безпеки. Мета експертизи – розглянути і схвалити розроблену проектну документацію (у тому числі документи щодо ОВНС). Експертиза (у тому числі частина ОВНС), зазвичай, проводиться в межах 90 днів. Процедура експертизи проектної документації на будівництво об'єктів регулюється Постановою Кабінету Міністрів України від 11.05.2011 р. № 560 «Порядок затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи» [256].

Якщо експертна організація робить висновок, що проектна документація є відповідною, і що проект не матиме шкідливих екологічних наслідків, проект переходить до другої (робочої) стадії планування (РД). На цій стадії ОВНС стає основою для конкретизації екологічних передумов для проектування, закупівлі і спорудження, і дозволяє розробку документів з експлуатації та технічного обслуговування, щоб гарантувати проектування, спорудження та експлуатацію в екологічно прийнятний спосіб.

Звіт про ОВНС – це одна з головних підстав для надання дозволів на реалізацію проекту уповноваженими регуляторними органами в Україні. Процес затвердження ОВНС регулюється відповідальним експертом з питань охорони навколишнього середовища та керівником експертної організації. Процес видачі дозволу на підготовчі та будівельні роботи координується регіональним органом Державної архітектурно-будівельної інспекції.

У США здійснення еколого-експертних досліджень було започатковано Законом про національну політику у сфері навколишнього середовища у 1969 р., норми якого покладають на відповідальних осіб обов'язок підготувати заяву про вплив на навколишнє середовище [7]. У Німеччині ОВНС становить зміст екологічної експертизи. У Великобританії громадська екологічна експертиза являє собою аналог судового слухання, учасники якого мають можливість доказово обговорювати переваги і недоліки того чи іншого адміністративного рішення [130].

На міжнародному рівні правові питання проведення ОВНС визначаються у Конвенції ООН про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, ратифікованій Законом України від 19 березня 1999 р., виконання якої є одним із основних завдань співробітництва у сфері охорони навколишнього природного середовища у відносинах між Україною і Європейським Союзом [201].

Особливості проведення ОВНС у відношенні державних та приватних проектів, планів та програм на рівні Європейського Союзу визначені Директивою Ради 85/337/ЄЕС від 27 червня 1985 р. (зі змінами, внесеними Директивою 97/11/ЄЕС від 3 березня 1997 р.) щодо оцінки впливу деяких державних і приватних проектів на навколишнє середовище [139] та Директивою 2001/42/ЄЕС Європейського Парламенту і Ради від 27 червня 2001 р. стосовно оцінки впливу деяких планів і програм на навколишнє середовище [139].

Питання впливу будівельних об'єктів на біосферу нерідко ставали предметом гострих дискусій у науковій сфері. Одні автори розглядають основні напрямки впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій з конструктивно-технологічної точки зору [25, 305], інші – досліджують економічну складову цього процесу [26, 116, 168, 190], є напрямки з дослідження впливу об'єктів господарювання на медичні [181, 194], соціальні аспекти [169], у ряді робіт розглядаються питання впливу на

екологію будівельних матеріалів [175, 186, 227], проведення будівельних робіт [29, 171, 187, 292], експлуатацію будівель [33, 210, 296, 297, 298].

### **3.3 Пошук та вибір критеріально-параметричного базису візуалізації, моделювання та раціоналізації рівня біосферосумісності об'єктів будівництва**

Результати численних досліджень вітчизняних і зарубіжних фахівців вказують на те, що через несприятливі параметри мікроклімату та екологічні показники внутрішнього повітряного середовища значна частина експлуатованих будівель мають ознаки синдрому «хворої» будівлі. Аналіз опублікованих результатів досліджень за даним напрямком та нормативних вимог із санітарно-екологічного супроводу об'єктів [28, 100, 177, 211] вказують на складний характер впливів різних факторів на екологічний стан і мікроклімат внутрішнього повітряного середовища будівлі як єдиної енергетичної і екологічної системи (ЄЕЕС).

Найбільш успішно характер взаємодіючих факторів в такій складній системі, як ЄЕЕС будівлі, оцінюється при вирішенні завдань оптимізації на базі критеріального аналізу. Розробка архітектурно-будівельного рішення енергоефективної будівлі починається з ретельного аналізу локальних критеріїв оптимальності (ЛКО) з метою отримання максимального теплоенергетичного та екологічного ефекту.

У критеріальному аналізі для вирішення завдання щодо мінімізації витрат теплової енергії в будівлі в умовах повної визначеності розглядається так званий сумарний узагальнений критерій  $K$ , який ототожнює собою комплексний показник енергетичної потреби будівлі при нормативних параметрах мікроклімату приміщень. Він визначається на підставі безрозмірних показників ефективності  $k_i$ , які множаться на коефіцієнти вагомості  $g_i$ , що визначаються експериментальними методами:



$$K = \sum_{i=1}^n g_i \cdot k_i . \quad (3.1)$$

В [25] пропонується включити до цільової функції (2.1) екологічну складову  $Z_{ек}$  у вигляді:

$$Z_{ек} = \sum_{i=1}^n g_i^{ек} \cdot k_i^{ек} , \quad (3.2)$$

де  $k_i^{ек}$  – екологічні параметри;

$g_i^{ек}$  – їхні вагові коефіцієнти, що оцінюють внесок кожного параметру у цільову функцію.

У якості екологічних параметрів пропонується приймати:  $k_{іп}^{ек}$  – потік радону,  $k_{шк}^{ек}$  – концентрацію шкідливих хімічних речовин у повітрі приміщення,  $k_{м}^{ек}$  – параметри мікроклімату,  $k_{р}^{ек}$  – вміст радіонуклідів у будівельних матеріалах, виробках та ґрунтах,  $k_{\gamma}^{ек}$  – рівень  $\gamma$ -випромінювання після завершення опоряджувальних робіт,  $k_{ш}^{ек}$  – шум та вібрація від інженерного обладнання,  $k_{о}^{ек}$  – природна та штучна освітленість,  $k_{т}^{ек}$  – теплотехнічна ефективність об'єкта у цілому.

У [190] стверджується, що сучасна система забезпечення екологічного житлового будівництва (ЕЖБ), яка заснована на принципах допустимого чи виправданого ризику, повинна враховувати кількісну оцінку збитку здоров'ю і життю людини. Для цього необхідний узагальнений натурний показник  $G$ , що характеризує збиток від житлового будівництва. Цей показник повинен враховувати наступне:

- залежність прояву шкідливого впливу житла від віку і статі;
- види прояву збитку від житлового будівництва: смерть або захворювання різного типу і тяжкості;

- розтягнутість у часі дії шкідливого чинника і прояву збитку від житлового будівництва;
- конкуренцію між проявами збитку здоров'ю від природних причин і від розглянутого шкідливого фактора (неекологічного житлового будівництва).

При цьому показник  $G$  необхідний для оцінювання ефективності та оптимальності ЕЖБ та заходів з підвищення його екологічної безпеки.

Цей же показник потрібен для порівняння джерел можливого шкідливого впливу за ступенем шкоди здоров'ю людей.

Одиницею виміру може слугувати узагальнений або приведений людино-рік (або менша одиниця – людино-день).

Втрачені через хворобу роки життя зіставляються з часом скорочення тривалості життя за допомогою коефіцієнта  $k_d$ . При цьому величина  $G$  дорівнює:

$$G = \sum_{i=1}^N g_i = \sum_k N_k g_k, \quad (3.3)$$

де  $k$  – кількість підгруп людей;

$N_k$  – кількість людей  $k$ -ої підгрупи;

$g$  – індивідуальний збиток (математичне очікування скорочення майбутнього життя для  $i$ -го індивідуума);

$g_k$  – середнє значення збитку для  $k$ -ої підгрупи.

Тут підсумовування проводиться за окремими індивідуумами аналізованої групи людей або за підгрупами  $k$  з числом людей  $N_k$ .

У [190] обґрунтовано, що в процесі економічної оцінки якості ЕЖБ можуть бути використані узагальнюючі, індивідуальні і непрямі показники якості:

I. Узагальнюючі показники характеризують якість ЕЖБ всього нового введеного житлового фонду незалежно від його виду (індивідуальне, масове) і призначення (типове, упорядковане, елітне):

1) питома вага житлових будівель, що відповідають світовим стандартам в загальному обсязі введеного в експлуатацію житла;

2) питома вага житлових будівель, що мають екологічний паспорт, у загальному обсязі введеного в експлуатацію житла;

3) питома вага житлових будівель, при будівництві яких використовувалися сертифіковані будівельні матеріали і технології, у загальному обсязі введеного в експлуатацію житла;

4) питома вага атестованих житлових будівель в загальному обсязі введеного в експлуатацію житла;

5) питома вага житлових будинків з екологічно безпечним опорядженням квартир у загальному обсязі введеного в експлуатацію житла;

6) середньозважений бал екологічних житлових будівель;

7) середній коефіцієнт екологічності житла, що вводиться в експлуатацію.

II. Індивідуальні (одиночні) показники якості ЕЖБ характеризують одну з його властивостей:

1) корисність (задоволення потреби в екологічно безпечних житлових умовах, що сприяють релаксації і відновленню сил організму);

2) надійність (довговічність експлуатації житлового будинку);

3) технологічність, тобто ефективність конструкторських і технологічних рішень (трудомісткість, енергоємність);

4) естетичність житлових будинків.

III. Непрямі показники – це штрафи за неякісне ЕЖБ, обсяг і питома вага «забракованих» будівель за критерієм екологічності.

При розрахунку узагальнюючих показників якості нового ЕЖБ пропонується використовувати середній коефіцієнт екологічності житла,

який визначає «екологічну чистоту» житла, тобто частку екологічності житла:

$$K_{\text{ек}} = \frac{\sum (\text{ОВЖ}_i \cdot \text{Ц}_i)}{\text{ОВЖ}_{\text{заг}} \cdot \text{Ц}_{\text{ГДПЕ}}}, \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{ек}}$  – середній коефіцієнт екологічності житла, що вводиться в експлуатацію;

$\text{ОВЖ}_i$  – обсяг введення житла  $i$ -го виду екологічності,  $\text{м}^2$ ;

$\text{Ц}_i$  – вартість  $1 \text{ м}^2$  житла  $i$ -го виду екологічності;

$\text{ОВЖ}_{\text{заг}}$  – загальний обсяг введеного в експлуатацію житла,  $\text{м}^2$ ;

$\text{Ц}_{\text{ГДПЕ}}$  – вартість  $1 \text{ м}^2$  житла з гранично допустимим порогом екологічності.

Другим завданням економічної оцінки якості ЕЖБ є визначення впливу якості ЕЖБ на вартісні показники роботи будівельної організації: обсяг введення житла, виручку від реалізації житла і прибуток. А.Н. Ларіонов рекомендує проводити розрахунок наступним чином [190]:

$$\Delta \text{ВЖ} = (\text{Ц}_1 - \text{Ц}_0) \cdot \text{ОВЖ}_1; \quad (3.5)$$

$$\Delta \text{ВР} = (\text{Ц}_1 - \text{Ц}_0) \cdot \text{ОРЖ}_1; \quad (3.6)$$

$$\Delta \text{П} = [(\text{Ц}_1 - \text{Ц}_0) \cdot \text{ОРЖ}_1] - [(\text{С}_1 - \text{С}_0) \cdot \text{ОРЖ}_1], \quad (3.7)$$

де  $\Delta \text{ВЖ}$  – зміна вартості обсягу введеного в експлуатацію житла;

$\Delta \text{ВР}$  – зміна виручки від реалізації житла;

$\Delta \text{П}$  – прибуток від реалізації житла;

$\text{Ц}_0$  – вартість  $1 \text{ м}^2$  житла з гранично допустимим порогом екологічності;

$\text{Ц}_1$  – вартість  $1 \text{ м}^2$  житла, рівень екологічності якого вище гранично допустимого порогу;

$C_0$  – собівартість будівництва  $1 \text{ м}^2$  житла з гранично допустимим порогом екологічності;

$C_1$  – собівартість будівництва  $1 \text{ м}^2$  житла, рівень екологічності якого вище гранично допустимого порогу;

$ОВЖ_1$  – обсяг введеного в експлуатацію житла з гранично допустимим порогом екологічності,  $\text{м}^2$ ;

$ОРЖ_1$  – обсяг реалізації житла, рівень екологічності якого вище гранично допустимого порогу, м.

В якості методики реалізації принципу оптимізації ЕЖБ у [190] розвивається узагальнений економічний аналіз «витрати-вигоди». Згідно з аналізом «витрати-вигоди», житлове будівництво, пов'язане з впливом на здоров'я населення, вважається економічно обґрунтованим або ефективним, якщо чистий економічний ефект від нього більше нуля. Чистий економічний ефект від житлового будівництва визначається наступним чином:

$$D = E - P - X - Y, \quad (3.8)$$

де  $D$  – чистий економічний ефект від житлового будівництва;

$E$  – повний економічний ефект від житлового будівництва;

$P$  – приведені витрати на житлове будівництво без витрат на екологічну безпеку;

$X$  – приведені витрати на екологічну безпеку (використання екологічно чистих будівельних матеріалів і технологій);

$Y$  – збиток, обумовлений залишковим впливом житлового будівництва на населення після вжитих заходів охорони.

Критерієм оптимальності ЕЖБ служить максимум величини  $D$ . Максимізація  $D$  здійснюється зміною всіх параметрів або характеристик, від яких залежать величини, що входять у формулу (3.8). Критерієм оптимальності ЕЖБ, за умови, що основні технологічні і економічні

характеристики будівельного виробництва фіксовані ( $E$  і  $P$  – константи), служить мінімум величини  $Z$ , яка визначається за формулою:

$$Z = X + Y, \quad (3.9)$$

де  $Z$  – критерій оптимальності ЕЖБ, коли  $E$  і  $P$  – константи.

Поширивши поняття витрат на величину  $Z$ , цей критерій можна сформулювати як мінімум узагальнених наведених витрат  $Z$  (рис. 3.4).

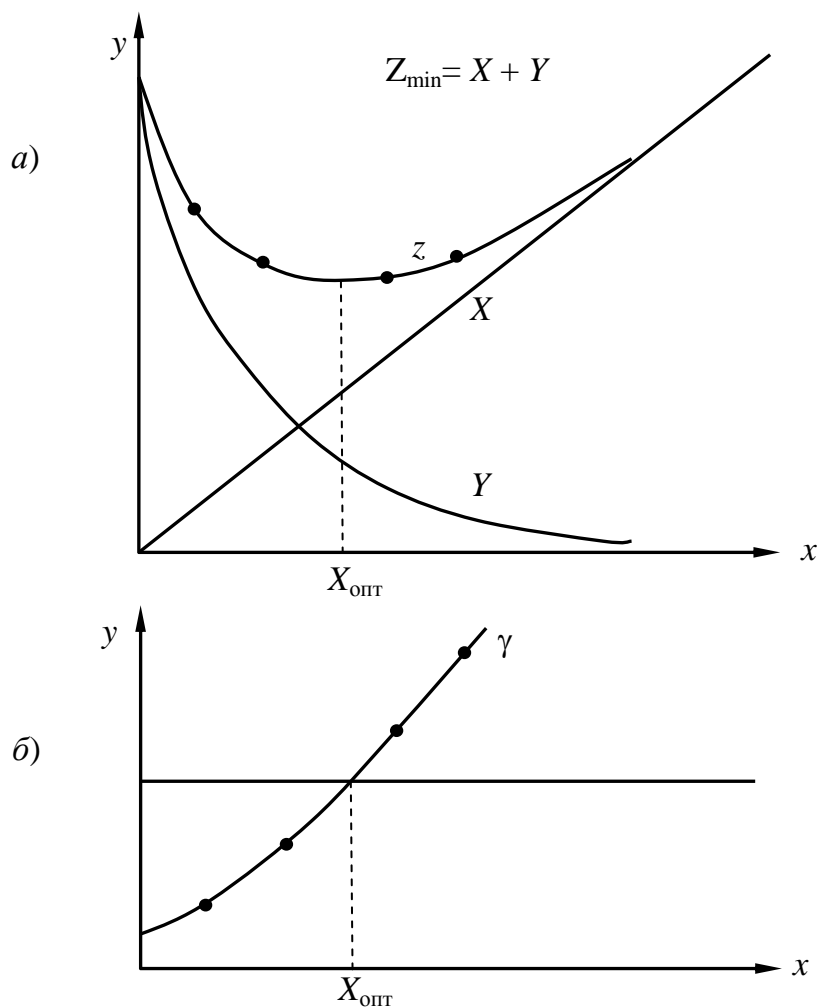


Рисунок 3.4 – Критерій оптимальності витрат на екологічну безпеку житлового будівництва у інтегральній (а) та диференціальній (б) формах

Цей критерій формулюється наступним чином: оптимуму екологічності відповідає максимум чистого економічного ефекту  $D_{\max}$  від житлового будівництва:

$$D_{\max} = E_3 - X, \quad (3.10)$$

де  $D_{\max}$  – максимум чистого економічного ефекту від житлового будівництва;

$E_3$  – повний економічний ефект від житлового будівництва, обчислюваний за формулою:

$$E_3 = Y_0 - Y_1, \quad (3.11)$$

де  $Y_0$  – збиток до здійснення ЕЖБ з приведеними витратами  $X$ ;

$Y_1$  – збиток після здійснення ЕЖБ з приведеними витратами  $X$ .

ЕЖБ є економічно ефективним, якщо  $D_{\max} > 0$ , причому максимуму  $D_{\max}$  відповідає мінімум  $Z$ .

Критерій оптимальності прийнятих заходів щодо забезпечення екологічної безпеки житлового будівництва при аналізі «витрати-вигоди», записаний в інтегральній формулі, у ряді випадків може бути використаний у диференціальній формі:

$$\gamma = a; \gamma = \frac{dX}{dG}; a = \frac{dY}{dG}, \quad (3.12)$$

де  $X$  – витрати на екологізацію житлового будівництва (функція збитку  $G$ );

$Y$  – вартісний еквівалент збитків, обумовлених шкідливим впливом на здоров'я населення житлового будівництва або безпосередньо введеного в

експлуатацію житлового фонду (функція збитку  $G$  або соціально-економічний збиток);

$G$  – об’єктивний збиток здоров’ю аналізованої групи людей;

$\gamma$  – ціна зниження збитку або питомі витрати на усунення одиниці шкоди;

$a$  – ціна збитку.

Точками показані можливі значення функції  $Z=X+Y$  та  $\gamma$  для конкретних засобів екологічної безпеки житлового будівництва

Як видно з рис. 3.4, оптимальним заходам екологічної безпеки житлового будівництва  $X_{\text{опт}}$  відповідає точка перетину кривих  $\gamma(x)$  і  $a(x)$ . Критерій ефективності витрат на екологізацію житлового будівництва в диференціальній формі має вигляд:

$$\gamma \leq a. \quad (3.13)$$

Техніко-економічну оцінку енерго- і ресурсоефективності конструктивних систем у [167] пропонується проводити шляхом порівняння з конкуруючим проектом, застосовуваним в даний час в практиці будівництва.

Оціночний економічний ефект  $\Delta E\Phi$  розраховується за формулою:

$$\Delta E\Phi = E\Phi_k - E\Phi_j, \quad (3.14)$$

де  $E\Phi_k$ , і  $E\Phi_j$  – оціночні економічні ефекти за  $k$ -им і  $j$ -им варіантами порівнюваних конструктивних рішень.

В свою чергу, оціночні коефіцієнти визначаються за формулою:



$$E\Phi = KB + \frac{\sum EВ}{(1+d)^t} \rightarrow \min, \quad (3.15)$$

де KB – кошторисна вартість конструкцій (одноразові витрати), яка визначається за кошторисними документами у складі робочої документації;

T – життєвий цикл будівлі (часовий інтервал від початку будівництва до припинення експлуатації об'єкту або знесення);

EВ – експлуатаційні витрати;

d – норма дисконту;

t – роки реалізації витрат.

Витрати на будівництво (СБ) в загальному вигляді розраховуються за формулою:

$$СБ = f(СМ, П, СМР, СМО, Т, ІН), \quad (3.16)$$

де СМ – витрати на сировину і матеріали для виготовлення будівельних конструкцій;

П – загальновиробничі витрати та прибуток підприємств будівельної індустрії;

СМР – витрати на зведення конструкцій на будівельному майданчику (будівельно-монтажні роботи);

СМО – загальновиробничі витрати та прибуток будівельно-монтажних організацій;

T – транспортні витрати,

ІН – інші витрати.

Експлуатаційні витрати з утримання будівель EВ включають в себе сукупність матеріальних, енергетичних і трудових витрат на проведення відповідних робіт і заходів з утримання в технічно справному стані елементів

і окремих конструкцій будівлі та забезпечення всередині неї необхідного рівня комфорту і мікроклімату:

$$EB = f(AB, PR; KR; IE), \quad (3.17)$$

де АВ – амортизаційні відрахування на реновацію (відновлення) будинку;

ПР – витрати на поточний ремонт будівлі;

КР – витрати на капітальний ремонт будівлі;

ІЕ – інші експлуатаційні витрати.

При екологічній оцінці будівельних матеріалів слід враховувати вплив на навколишнє середовище не тільки самого матеріалу, але і всього комплексу процесів, що супроводжують матеріал за його життєвий цикл – від виготовлення або видобутку до повного знищення, поховання чи, що більш бажано, повторного використання для одержання нових матеріалів або виробів. Останнє дозволяє замкнути життєвий цикл матеріалу, скоротити кількість відходів і кількість видобутої сировини, такий життєвий цикл при його найглибшій оцінці з позиції екології сприяє ресурсозбереженню.

Жоден матеріал, що використовується в будівництві, не може бути названий екологічно чистим, тому що жоден матеріал не може бути виготовлений без витрат матеріальних ресурсів та енергії, які можуть нести негативні якості для навколишнього середовища [175, 186].

В даний час в практику архітектурного проектування у всьому світі впроваджується концепція екологічної оцінки будівельних матеріалів і раціонального їх вибору з точки зору екологічної безпеки для навколишнього середовища і для людини. Вводяться нові поняття – екологічна оцінка, життєвий цикл матеріалу (ЖЦМ), класифікація матеріалів згідно з вимогами щодо захисту навколишнього середовища, екологічно доцільний вибір будівельних матеріалів тощо. В рамках всесвітньої концепції сталого розвитку вирішується завдання формування екологічного світогляду для

вирішення глобальних і приватних екологічних проблем середовища проживання людини. Ця позиція визначена в міжнародних стандартах серії ISO 14000 «Система управління якістю навколишнього середовища» і, зокрема, стандартами ISO 14040-14044 [280, 281, 282, 423, 424], орієнтованими на екологічну якість продукції. Такий підхід спрямований на забезпечення сталого будівництва, стійкої реставрації. При цьому акцент робиться на вирішення основних, глобальних екологічних проблем – ресурсозбереження і запобігання забрудненню навколишнього середовища при будівництві. Пріоритетними є завдання не тільки естетичні та інженерні, але й еколого-матеріалознавчі, що дозволяють забезпечити вибір довговічних, екологічно безпечних будівельних матеріалів та їх використання при проектуванні екологічно комфортних будівель.

Оцінка екологічних ефектів взаємодії будівельних матеріалів з навколишнім середовищем базується на комплексі незалежних методів [190]:

- метод порівняльного аналізу базується на наявній науковій інформації, її аналізі і наступних логічних міркуваннях. Він дає відносну оцінку навантажень на людину і навколишнє середовище і дозволяє розташувати порівнювані матеріали в порядку екологічної переваги, класифікувати їх за екологічною якістю. Результатом є карти екологічного вибору будівельних матеріалів, якими може користуватися споживач;

- системний аналіз полягає в аналізі та математичній оцінці всіх вхідних і вихідних потоків. Використовується для розрахунку екобалансу, впливів матеріалу на середовище і оцінки наслідків цих впливів;

- метод графів дозволяє оцінити прямі і зворотні зв'язки – «якість будівництва – якість середовища»;

- кваліметричний метод оцінює інтегральну якість матеріалу.

Принципова схема оцінки екологічних ефектів за життєвим циклом матеріалу включає аналіз наступних його етапів:

- видобуток сировини;

- виготовлення матеріалів і виробів;
- етап будівництва;
- експлуатація;
- знищення або повторне використання (при заміні матеріалу, знесенні будівлі, споруди).

При видобутку сировини необхідно враховувати її запас, який визначається на основі технічних, економічних та екологічних факторів для конкретного регіону. Видобуток сировини у багатьох випадках призводить до пошкодження екосистем: виділення викидів або можливості екологічних катастроф (при видобутку та транспорті нафти, хлору і т.п.).

На етапі виготовлення будівельних матеріалів аналізується, з якими негативними наслідками для навколишнього середовища доведеться зіткнутися і проводиться розрахунок викидів забруднювачів у навколишнє середовище.

На етапі будівництва важливо попередньо визначити термін придатності різних матеріалів, будівельних елементів і всієї будівлі, а також оцінити довговічність матеріалу. Показником для кращого вибору матеріалів у будівництві стає його довговічність. Важливо, щоб довговічність матеріалів окремих будівельних вузлів максимально відповідала життєвому терміну всієї будівлі. При екологічній оцінці матеріалу враховується – чи можливе утворення відходів, чи можливі викиди в навколишнє середовище шкідливих речовин при виробництві будівельних робіт. Акцент при оцінці продукції оздоблення робиться на аналіз впливу матеріалу на здоров'я мешканців.

На етапі експлуатації екологічне навантаження значною мірою визначене вибором, зробленим на попередніх етапах, і тут додатково необхідно визначити експлуатаційні витрати на догляд за матеріалом для збереження його властивостей.

На останньому етапі життя матеріалу постає питання про оцінку можливості його використання повторно без значної додаткової переробки.

Якщо відходи після знесення будівлі потраплять в навколишнє середовище (звалища тощо), екологічне навантаження визначається поєднанням їх шкідливості та розчинністю у природному середовищі.

При оцінці ЖЦМ обов'язково враховується також комплекс навантажень на довкілля і людину за рахунок транспортування матеріалу. Перевага віддається місцевим будівельним матеріалам і виробленим в безпосередній близькості до місця видобутку для них сировини.

Під час життєвого циклу матеріал або виріб можуть виділяти шкідливі речовини. Йдеться про викид твердих, рідких і газоподібних шкідливих речовин у ґрунт, воду або повітря. Наприклад, такими можуть бути важкі метали з консервантів для деревних будівельних матеріалів, цинк з покрівельних покриттів і т.д. Перелік деяких шкідливих для людини речовин та джерела їх надходження приведений у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік шкідливих речовин, які виділяються з будівельних матеріалів [190]

Речовина	Клас небезпеки	Джерело надходження в повітря приміщень небезпечних речовин
1	2	3
Ацетон	4	Лаки, фарби, клеї, шпаклівки, мастики, мастило для бетонних форм, пластифікатори для бетону
Бутилацетат	4	Лаки, фарби, мастики, шпаклівки, мастила для бетонних форм
Бутанол	4	Мастики, клеї, мастила, лінолеуми, лаки, фарби
Бензол	2	Мастики, клеї, лінолеуми, цемент і бетон з додаванням відходів, мастило для бетонних форм
Ксилоли	3	Лінолеуми, клеї, шпаклівки, мастики, лаки, фарби, мастила
Пропилбензол	1	Клеї, лінолеуми, мастики, шпаклівки
Нікель	2	Цемент, бетон, шпаклівка і інші матеріали з додаванням промислових відходів
Кобальт	1	Барвники і будівельні матеріали з додаванням промислових відходів

Заверш. табл. 3.2

1	2	3
Формальдегід	2	ДСП, мастики, пластифікатори, шпаклівка, мастила для бетонних форм та ін.
Фенол	2	ДСП, лінолеуми на синтетичній основі, мастики, шпаклівка
Етилбензол	3	Шпаклівки, мастики, лінолеуми на синтетичній основі, фарби, клеї, мастила для форм, пластифікатори, цемент, бетон з додаванням відходів
Хром	1	Цемент, бетон, шпаклівки та інші матеріали з додаванням промислових відходів
Стирол	2	Теплоізоляційні матеріали, оздоблювальні матеріали на основі полістиролу
Етилацетат	4	Лаки, фарби, клеї, мастики та інші матеріали
Толуол	3	Лаки, фарби, клеї, шпаклівки, мастики, лінолеуми на синтетичній основі та інші оздоблювальні матеріали
Вінілхлорид	1	Лінолеум, плитка, плівки та інші матеріали на його основі

Особливо небезпечними вважаються викиди, що призводять до глобальних екологічних проблем: пошкодження озонового шару, парникового ефекту, випадіння кислотних дощів. Це можливо через виділення хлору, фтору, вуглеводнів при виробництві полімерних матеріалів тощо; викидів вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ); сірчистого газу ( $\text{SO}_2$ ). Цим проблемам світове співтовариство приділяє особливу увагу і вони враховуються в першу чергу. Так, наприклад, у [381] зібрані дані про вплив на навколишнє середовище багатьох будівельних матеріалів.

При виборі матеріалів необхідно також враховувати енерговитрати на їх видобування та виробництво. Первинні енерговитрати для найбільш часто використовуваних будівельних матеріалів наведені в табл. 3.3.

Основними оціночними критеріями прямої небезпеки матеріалу для людини є санітарно-гігієнічні властивості і характеристики радіаційної та пожежної небезпеки [215].

Таблиця 3.3 – Первинні енерговитрати на видобування та виробництво деяких будівельних матеріалів [90]

Вид матеріалу	Первинні енерговитрати, кВт·год/м <sup>3</sup>
Алюміній	7250
Полістирол	18900
Мінеральна вата	10000
Цемент	1700
Деревоволокнисті плити	800
Цегла керамічна	500
Газобетон	450
Вапняно-піщаний розчин	350
Деревні будівельні матеріали	180
Природні рослинні (очерет, солома, льон та ін.)	9

До санітарно-гігієнічних характеристик матеріалу відносяться: наявність у матеріалі шкідливих для здоров'я речовин, клас їх небезпеки; наявність антистатичних і бактеріостатичних властивостей; наявність запаху; дифузійна активність. Пожежна небезпека оцінюється за показниками: горючість, займистість, поширення полум'я, димоутворювальною здатністю і токсичність.

Радіаційно-гігієнічні властивості матеріалу визначають за класом безпеки матеріалу – за вмістом у них природних радіонуклідів (ПРН).

Регламентованими радіаційними параметрами в будівництві є ефективна сумарна питома активність  $A_{\text{еф}}$  природних радіонуклідів (ПРН) в сировині та будівельних матеріалах, яка вимірюється в Бк/кг.  $A_{\text{еф}}$  обмежує застосування сировини та будівельних матеріалів з підвищеним складом ПРН і використовується при входному радіаційному контролі.

Встановлюються такі допустимі числові значення (класи)  $A_{\text{еф}}$  ПРН в будівельних матеріалах:

–  $A_{\text{еф}} < 370$  Бк/кг (1-й клас) – будівельний матеріал може використовуватися для усіх видів будівництва без обмежень;

–  $A_{\text{эф}} < 740$  Бк/кг (2-й клас) – будівельний матеріал може використовуватися для дорожнього та промислового будівництва;

–  $A_{\text{эф}} < 1350$  Бк/кг (3-й клас) – будівельний матеріал може використовуватися для таких об'єктів:

- промислового призначення, де виключається перебування людей;
- дорожнього призначення поза населеними пунктами;
- дорожнього призначення в межах населених пунктів за умови покриття шаром ґрунту або іншого матеріалу завтовшки не менше ніж 0,5 м.

– для використання будівельних матеріалів з  $A_{\text{эф}} > 1350$  Бк/кг у всіх випадках необхідно одержати дозвіл МОЗ України.

Для визначення ступеня екологічності будівельних матеріалів у [90] запропоновано бальну систему оцінювання. Кожний фактор впливу (пошкодження екосистеми, дефіцит, шкідливі викиди, витрати енергії, вплив на здоров'я людини, утилізація відходів) оцінюється від 1 балу – найменший негативний бал до 3 – найбільший негативний вплив (табл. 3.4).

Для загальної оцінки будівельного матеріалу використовується шкала сумарного екологічного навантаження матеріалу за його життєвий цикл на навколишнє середовище і людину (табл. 3.5).

Оцінка ризику для здоров'я людини – це кількісна й/або якісна характеристика шкідливих ефектів, здатних розвинути в результаті впливу факторів навколишнього середовища на конкретну групу людей при специфічних умовах експозиції. Визначення ризику відносно здоров'я людини складається з: ідентифікації небезпек, оцінки залежності «доза-відповідь», оцінки експозиції, характеристики ризику здоров'ю людини. Оцінка ризику заснована винятково на критеріях, що відбивають безпосередній вплив хімічних речовин на здоров'я найбільш чутливих груп населення. При порівняльній оцінці ризику, що здійснена з метою встановлення пріоритетів серед широкого кола проблем, включаючи характеристику якості, умов і способу життя, як додатковий критерій можуть



використовуватися показники, безпосередньо не пов'язані з ризиком для здоров'я людини, наприклад, ризик розвитку дискомфортних станів.

Таблиця 3.4 – Приклад розрахунку екологічної оцінки впливу будівельних матеріалів на навколишнє середовище

Вид будівельного матеріалу	Негативні ефекти від матеріалу по етапах його життєвого циклу						Сума балів
	Пошкодження екосистеми	Дефіцит	Шкідливі викиди	Витрати енергії	Вплив на здоров'я	Утилізація відходів	
1. Деревні матеріали	1	1	1	1	1	1	6
2. Природний камінь	3	2	1	2	1	1	10
3. Керамічні матеріали	2	1	1	3	1	1	9
4. Матеріали зі скляних та інших мінеральних розплавів	3	1	2	3	1	1	11
5. Металеві матеріали	3	2	3	3	2	1	14
6. Матеріали на основі мінеральних в'язучих	3	1	2	3	2	2	13
7. Матеріали на основі синтетичних полімерів	3	3	3	3	3	3	18

Таблиця 3.5 – Шкала сумарного навантаження будівельних матеріалів на навколишнє середовище і людину

низькі навантаження						середні навантаження						високі навантаження					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Характеристика ризику здійснюється на основі величин прийнятного ризику, що відбивають такі рівні ризику, які не вимагають застосування

додаткових заходів із його зниження й незначні стосовно ризиків, що існують у повсякденній діяльності або житті людей.

Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря проводиться за розрахунками ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів. Ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки  $HI$ . Ризик розвитку канцерогенних ефектів від речовин, яким властива канцерогенна дія, визначається індивідуально та для декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу.

Нормативні вимоги до оцінки впливу планової діяльності на здоров'я населення викладені у зміні № 1 ДБН А.2.2-1-2003 [285]. Згідно цих вимог проводяться розрахунки ризику розвитку неканцерогенних і канцерогенних ефектів від забруднення атмосферного повітря.

Ризик розвитку неканцерогенних ефектів визначається шляхом розрахунків індексу небезпеки  $HI$  за формулою:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (3.18)$$

де  $HQ_i$  – коефіцієнти небезпеки для окремих речовин, які визначаються за формулою:

$$HQ_i = \frac{C_i}{R_f \cdot C_i}, \quad (3.19)$$

де  $C_i$  – розрахункова середньорічна концентрація  $i$ -ої речовини на межі житлової забудови,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$R_f \cdot C_i$  – референтна (безпечна) концентрація  $i$ -ої речовини,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$HQ_i=1$  – гранична величина прийнятого ризику.

Оцінка неканцерогенного ризику здійснюється відповідно до табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки $HQ$
Ризик шкідливих ефектів вкрай малий	Менший ніж 1
Гранична величина прийнятного ризику	1
Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню $HQ$	Більший ніж 1

Ризик розвитку індивідуальних канцерогенних ефектів  $ICR_i$  від речовин, яким властива канцерогенна дія [200], розраховується за формулою:

$$ICR_i = C_i \cdot UR_i, \quad (3.20)$$

де  $UR_i$  – одиничний канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини, мг/м<sup>3</sup>.

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу  $CR_a$ , визначається за формулою:

$$CR_a = \sum ICR_i, \quad (3.21)$$

де  $ICR_i$  – канцерогенний ризик  $i$ -ої речовини.

Оцінка канцерогенних ризиків здійснюється відповідно до табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Класифікація рівнів канцерогенного ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Неприйнятний для професійних контингентів і населення	Більший ніж $10^{-3}$
Прийнятний для професійних контингентів і неприйнятний для населення	$10^{-3} - 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} - 10^{-6}$
Прийнятний	Менший ніж $10^{-6}$

На основі отриманого значення ризику планованої діяльності для здоров'я людини приймається рішення про прийнятність такої діяльності.

При проектуванні енергоефективних будівель необхідно проводити прогнозну оцінку основних соціально-побутових умов проживання місцевого населення в зоні впливу майбутньої забудови. При цьому визначається:

- характер та розміщення прилеглої до об'єкта проектування цивільної забудови;
- наявність об'єктів соціально-побутового, спортивно-оздоровчого, курортного та рекреаційного призначення тощо;
- інженерне облаштування забудови (водопостачання, каналізація, тепlopостачання та інше).

Оцінюються позитивні і негативні впливи нової забудови на соціальні умови життєдіяльності та задоволення потреб місцевого населення, в тому числі його зайнятості, впливи на зони рекреації та обґрунтовуються заходи щодо їх збереження і раціонального використання.

Необхідно передбачати заходи щодо запобігання погіршенню умов життєдіяльності місцевого населення та його здоров'я при реалізації проекту будівництва об'єкта, у тому числі компенсаційні заходи.

Соціальний ризик планованої діяльності визначається як ризик для групи людей, на яку можуть впливати впровадження об'єкта господарської діяльності, із урахуванням особливостей природно-техногенної системи.

Оціночне значення соціального ризику  $R_S$  визначається згідно [285] за формулою:

$$R_S = CR_a \cdot V_u \cdot \frac{N}{T} \cdot (1 - N_p), \quad (3.22)$$

де  $CR_a$  – канцерогенний ризик комбінованої дії декількох канцерогенних речовин, забруднюючих атмосферу, що визначається за формулою (3.21), або приймається рівним  $1 \cdot 10^{-6}$ ;

$V_u$  – уразливість території від прояву забруднення атмосферного повітря, що визначається відношенням площі, віднесеної під об’єкт господарської діяльності, до площі об’єкта з санітарно-захисною зоною;

$N$  – чисельність населення населеного пункту, тис.чол.;

$T$  – середня тривалість життя (визначається для даного регіону або приймається 70 років), люд.-рік;

$N_p$  – коефіцієнт, що визначається за формулами:

для будівництва нового об’єкта:

$$N_p = \frac{\Delta N_p}{N}, \quad (3.23)$$

при реконструкції об’єкта:

$$N_p = \frac{\Delta N_p}{N_{rm}}, \quad (3.24)$$

при відсутності зміни кількості робочих місць:

$$N_p = 0, \quad (3.25)$$

де  $\Delta N_p$  – кількість додаткових робочих місць (при зменшенні із знаком «мінус»);

$N_{rm}$  – попередня кількість робочих місць.

Оцінка рівня соціального ризику визначається за табл. 3.8.

Для оцінювання соціальної складової будівництва житлових будинків у [169] запропонована методика, що базується на шкалі оцінок впливу соціальної складової на стан екологічної безпеки житлової сфери регіону.

Таблиця 3.8 – Класифікація рівнів соціального ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Неприйнятний для професійних контингентів і населення	Більший ніж $10^{-4}$
Прийнятний для професійних контингентів і неприйнятний для населення	$10^{-3} - 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} - 10^{-6}$
Прийнятний	Менший ніж $10^{-6}$

Система оціночних показників соціальної складової житлової сфери урбанізованої території побудована на основі наступних положень:

– забезпеченість населення житлом, як інструмент людського розвитку, передбачає розширення можностей вибору, в тому числі умов проживання (наприклад, за розміром домогосподарств, типом сімей, ustalеними потребами особистості, місцем розташування (необмеженим доступом до соціальної інфраструктури міста, робочими місцями тощо), транспортною доступністю, формами користування та володіння житлом тощо);

– зниження соціального навантаження та житлової нерівності (скорочення кількості бездомних, вирішення житлових проблем трудових мігрантів, переселення громадян із застарілого та аварійного житлового фонду, будівництво соціального житла, державне субсидування, розвиток орендного сектора, реконструкція та повторне використання вільного простору тощо);

– створення умов для поліпшення доступності житла (організація нових робочих місць, підвищення якості дошкільної, шкільної, професійної освіти, розширення правових і фінансових можливостей домогосподарств та ін.).

Розвинена житлова сфера дозволяє людині вільно змінювати місце проживання через зміну роботи, місця навчання, зміни рівня доходу або його раціональних потреб тощо. Житлова нерівність (за ступенем впорядкованості, якістю житлових приміщень; рівнем середньодушових

доходів домогосподарств; ступенем забезпеченості корінного населення і мігрантів, проблемою бездомності тощо) посилює нерівність у доступі до ресурсів, як найважливішого показника людського розвитку.

Шкала оцінювання впливу соціальної складової на стан екологічної безпеки житлової сфери наведена у табл. 3.9.

Таблиця 3.9. – Шкала оцінювання впливу соціальної складової на стан екологічної безпеки житлової сфери регіону

№ кри-терію	Опис критерію	Критеріальні значення		Шкала оцінок ( <i>k</i> )				
		$x_{\max}$	$x_{\min}$	1	2	3	4	5 (еталон)
1	Динаміка зміни кількості домогосподарств у регіоні, тис. шт.	min*	max*	Дуже низька	Низька	Середня	Висока	Дуже висока
2	Відсоток бездомного населення в регіоні, %	0	0,45	Дуже високий	Високий	Середній	Низький	Дуже низький
3	Відсоток соціального житла у загальному обсязі житла у регіоні, %	32,6	15,4	Дуже низький	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
4	Відсоток ветхих і аварійних житлових будинків у загальному обсязі житла у регіоні, %	0	3,4	Дуже високий	Високий	Середній	Низький	Дуже низький
5	Індекс доступності житла, років	3,5	10,2	Дуже низький	Низький	Середній	Високий	Дуже високий
6	Місцерозташування житла – доступність до соціальної інфраструктури, хв	15	60	Дуже низька	Низька	Середня	Висока	Дуже висока

Приведення оцінок до нормованого вигляду здійснюється за формулою:

$$x_{\text{сеп}_i} = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (3.26)$$

де  $x_i$  – прийняте значення оціночного показника, який не порушує екологічної безпеки;

$x_{\min}$  та  $x_{\max}$  – мінімальне та максимальне значення показника;

$i$  – потоковий індекс показника.

Комплексна оцінка показника  $X$  визначається за формулою:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N x_{\text{сер}i} \cdot k_i}{u}, \quad (3.27)$$

де  $k_i$  – коефіцієнт оцінки впливу;

$u$  – загальне число оцінок у прийнятій шкалі;

$N$  – загальне число часткових критеріїв-індикаторів для оцінки кожної складової.

У сучасних наукових теоріях з екологічної безпеки будівництва основна увага приділяється глобальному впливу будівельної продукції на навколишнє середовище. В якості основної техногенної одиниці приймається готовий будівельний об'єкт, для якого визначається скінченна множина факторів, що здійснюють істотний вплив на екосистему. Оскільки процес будівельного виробництва, в порівнянні з природними процесами, є короткостроковим і його впливи носять тимчасовий характер, то таким впливом від будівельного виробництва дуже часто нехтують. Такий підхід є некоректним, оскільки в останні десятиліття почастишала практика реалізації великомасштабних інвестиційно-будівельних проектів, тривалість яких перевищує 2-3 роки.

Основними джерелами забруднень при будівельних роботах є: буропідривні роботи, влаштування котлованів і траншей, вирубка лісу і чагарнику, пошкодження ґрунтового шару і змив забруднень з будівельного майданчика, утворення звалищ будівельного сміття, а також шум.



Будівництво створює додаткове екологічне навантаження і спричиняє погіршення здоров'я людей.

У [292] наведено результати дослідження фізико-хімічних властивостей ґрунтів та проаналізовано склад ентомофауни на ділянках будівництва.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що ґрунти будівельних майданчиків за своїми властивостями досить помітно відрізняються від природних непорушених ґрунтів. Це проявляється, в першу чергу, у фізичних властивостях (об'ємна вага ґрунту на будівельних майданчиках набагато вище, ніж на непорушених територіях, що свідчить про надмірне переущільнення технікою під час будівництва). Величина порожнистості у верхньому горизонті досить низька (43,5%), вона змінюється хаотично, що вказує на погані водопроникні властивості ґрунту.

Недостатнім виявляється і вміст гумусу у верхніх горизонтах. рН водний зміщено в лужний бік – ця риса є характерним явищем для порушених та антропогенно-глибокоперетворених ґрунтів. Наявність будівельного сміття та залишків цементу на поверхні ґрунту будівельних майданчиків також сприяє зміщенню рівня рН у лужний бік.

Макроморфологічна будова профілю свідчить про його порушення.

Дослідженнями було встановлено, що кількість ентомофауни в межах впливу будівельних майданчиків значно зменшена порівняно з непорушеними територіями. Це пояснюється безпосереднім впливом техніки, що задіяна в будівництві, надмірним переущільненням ґрунту, його значним підлужненням, засміченням будівельним сміттям тощо.

Таким чином, виявлено, що властивості ґрунтів, що піддаються впливу будівництва, істотно відрізняються від властивостей еталонних природних ґрунтів.

У [29] запропоновано методику, яка може враховувати розвиток екологічного впливу за весь час будівельного виробництва, моніторинг поточного стану екосистеми, а також задовольнити потребу галузі в

управлінні впливом будівництва на навколишнє середовище протягом всієї тривалості процесу будівельного виробництва.

Будівництво об'єкта розглядається як будівельна система – сукупність всіх етапів будівельного процесу та його учасників, що має об'єктно-орієнтовану спрямованість і реалізовану в умовах впливу встановлених факторів зовнішнього середовища. Схематична формалізація проекту, виділення в його складі структурних елементів дозволяє створити модель, яка може бути піддана подальшому дослідженню. Аналіз моделі дозволяє зробити висновок про наявність у структурі стійких зв'язків – це дозволяє розглядати їх як стандартні самостійні елементи і вивчати поведінку всієї системи, досліджуючи її окремі частини.

В якості основного складового елементу будівельної системи виступає виробничо-технологічний модуль (ВТМ), який представляє собою сукупність груп процесів, об'єднаних технологічної послідовністю і функціональним призначенням, спрямованих на створення будівельних конструкцій, будівельно-технологічних елементів та інженерних систем. Наприклад, зведення житлового будинку може бути представлене у вигляді виробничо-технологічних модулів [187]:

- 1) підземна частина, загальнобудівельні роботи;
- 2) надземна частина, загальнобудівельні роботи;
- 3) зовнішні стіни, загальнобудівельні роботи;
- 4) внутрішнє опорядження приміщень;
- 5) електрика і слабкі струми;
- 6) вентиляція та кондиціонування;
- 7) водопровід, каналізація і злизові стоки;
- 8) теплопостачання;
- 9) вертикальний транспорт;
- 10) системи безпеки (пожежогасіння, димовидалення і сигналізація);
- 11) покрівля;
- 12) фасади;

- 13) благоустрій;
- 14) зовнішні мережі.

Для побудови математичного виразу екологічного навантаження від будівельного об'єкта застосовано методику моделювання факторних систем [59].

Рівняння екологічного навантаження процесу будівництва на оточуюче середовище має вигляд [187]:

$$EI = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot MEI_i), \quad (3.28)$$

де  $W_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го ВТМ;

$MEI_i$  – показник екологічного навантаження (Module Environmental Index) від  $i$ -го ВТМ, який визначається за формулою:

$$MEI_i = w_i x_i, \quad (3.29)$$

де  $w_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го шкідливого виробничого фактора;  
 $x_i$  –  $i$ -й шкідливий фактор.

Нові підходи до вирішення проблеми зниження антропогенного впливу на біосферу запропоновані в концепції біосферної сумісності міст і поселень [201, 205, 206]. Питання про поділ технічних інновацій на прогресивні і регресивні вирішується за їх впливом на симбіотичне життя біосфери і майбутніх поколінь людей. Якщо технології скорочують простір і час симбіотичного життя біосфери і людини – вони регресивні, якщо розширюють – прогресивні.

Основи методу розрахунку балансу біотехносфери розроблені В.О. Іллічовим [147]. В [150, 250] наводиться методика кількісної оцінки балансу біосфери і техносфери території в умовах розглянутої концепції

розширеного відтворення головної продуктивної сили – чистої частини біосфери, в умовах сучасного рівня урбанізації та обов'язкової умови реалізації всіх функцій міста. Для цього запропоновані два інтегральних показника:

$\eta$  – показник відносного значення біосферної сумісності території;

$\xi$  – показник рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення (функції міста).

Відносне значення показника біосферної сумісності території представлено формулою:

$$\eta = \sum_n \sum_i (D_{in} \xi_{in} \Theta - A_{in} \gamma_{in} m_{in}) \quad (3.30)$$

де перший доданок в правій частині – кількісний показник чистої (незабрудненої) біосфери навколишнього середовища;

другий доданок – кількісний показник забруднень від техносфери з максимальними концентраціями, що допускають розвиток (МКДР) на одне робоче місце;

$D_{in}$  – відносне значення необхідної площі біосфери по відношенню до площі ділянки мікрорайону або поселення, що розраховується, яке необхідне для нейтралізації забруднень від техносфери до рівня МКДР з розрахунку на  $i$ -те робоче місце в  $n$ -ій функції міста;

$\xi_{in}$  – коефіцієнт однорідності біосфери, для врахування різної інтенсивності поллютантів;

$\Theta$  – необхідна кількість робочих місць, забруднення від яких має бути поглинуто біосферою на території, що розраховується;

$A_{in}$  – відносне значення параметра забруднень до рівня МКДР  $i$ -го джерела при реалізації  $n$ -ої функції міста, розраховане по відношенню до зонних поширень;

$\gamma_{in}$  – коефіцієнт приведення параметрів забруднення до одного джерела;  
 $m_{in}$  – число робочих місць в  $i$ -му джерелі забруднень у  $n$ -ій функції міста.

Обчислення  $D_{in}$  здійснюється за формулою:

$$D_{in} = \frac{V_{in}}{\Theta_{in} k_{in} S_i}, \quad (3.31)$$

де  $V_{in}$  – обсяг забруднень від  $i$ -го джерела при реалізації  $n$ -ої функції міста, кг/рік;

$k_{in}$  – кількість забруднювача, що утилізується 1 м<sup>2</sup> біосфери, кг/рік;

$S_i$  – площа ділянки, що розраховується, на  $i$ -те робоче місце, м<sup>2</sup>.

Значення параметра  $A_{in}$  розраховується за формулою:

$$A_{in} = \frac{S_{in}}{\Theta_{in} S_i}, \quad (3.32)$$

де  $S_{in}$  – площа забруднення від  $i$ -го полютанту при реалізації  $n$ -ої функції міста, м<sup>2</sup>.

При позитивному балансі біосфери і техносфери ( $\eta > 0$ ) забезпечується здатність біосфери до нейтралізації відходів техногенної діяльності людини. Чим ближче коефіцієнт  $\eta$  до нульового значення, тим менша здатність біосфери до очищення та самовідтворення. При  $\eta \leq 0$  міська екосистема знищена та біосфера не здатна переробити в повному обсязі відходи життєдіяльності людини. При  $\eta > 1$  техногенна діяльність людини на даній території зовсім відсутня.

Показник рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення  $\xi$  є інтегральним коефіцієнтом, який визначається за формулою:

$$\xi = 1 - \frac{\sum_n \sum_i a_{in}^* \bar{\alpha}_{in} \beta_{in}^* - \sum_n \sum_i a_{in} \alpha_{in} \beta_{in}}{\sum_n \sum_i a_{in}^* \bar{\alpha}_{in} \beta_{in}^*}, \quad (3.33)$$

де  $a_{in}$  – відносне значення  $i$ -ої складової в  $n$ -ій функції міста з розрахунку на одного жителя;

$\alpha_{in}$  – коефіцієнт доступності  $i$ -ої складової в  $n$ -ій функції міста з розрахунку на одного жителя;

$\beta_{in}$  – параметр можливості бути реалізованим  $i$ -ою складовою в  $n$ -ій функції міста в даний період часу (за віковими групами, соціальними та іншими особливостями людського потенціалу для території, що розглядається);

$a_{in}^*$  – мінімально необхідне відносне значення параметра  $a_{in}$ , законодавчо гарантованого владою, яке забезпечує розвиток людського потенціалу на розрахунковий період часу;

$\bar{\alpha}_{in}$  – нормоване значення коефіцієнта доступності;

$\beta_{in}^*$  – розрахункове значення параметра реалізованості  $\beta_{in}$  для  $n$ -ої функції міста.

Складність розрахунку показника  $\xi$  полягає у тому, що в даний час у діючих нормативних документах не всі функції міста та окремих об'єктів архітектури і тим більше складові цих функцій  $a_{in}$  є в наявності.

Відповідно до цієї методики у [149] запропонована концептуальна модель біосумісних урбанізованих територій у вигляді багатокomпонентної природно-соціотехнічної структури (рис. 3.5).

Модель включає три взаємодіючі між собою складові, що виступають елементами потрійного балансу біотехносфери:

– природну складову як частину зовнішнього середовища, що містить ресурси, які необхідні для життєзабезпечення людини на урбанізованих

територіях, і яка піддається негативному антропогенному і техногенному впливу;

– соціальну складову як частину зовнішнього середовища, що чекає задоволення своїх раціональних життєзабезпечуючих потреб і при цьому зазнає опосередкованого негативного техногенного впливу з боку навколишнього середовища;

– виробничо-технічну складову, що впливає на природну і соціальну частини і визначає якість життя на урбанізованих територіях і умови формування комфортного і безпечного середовища життєдіяльності.

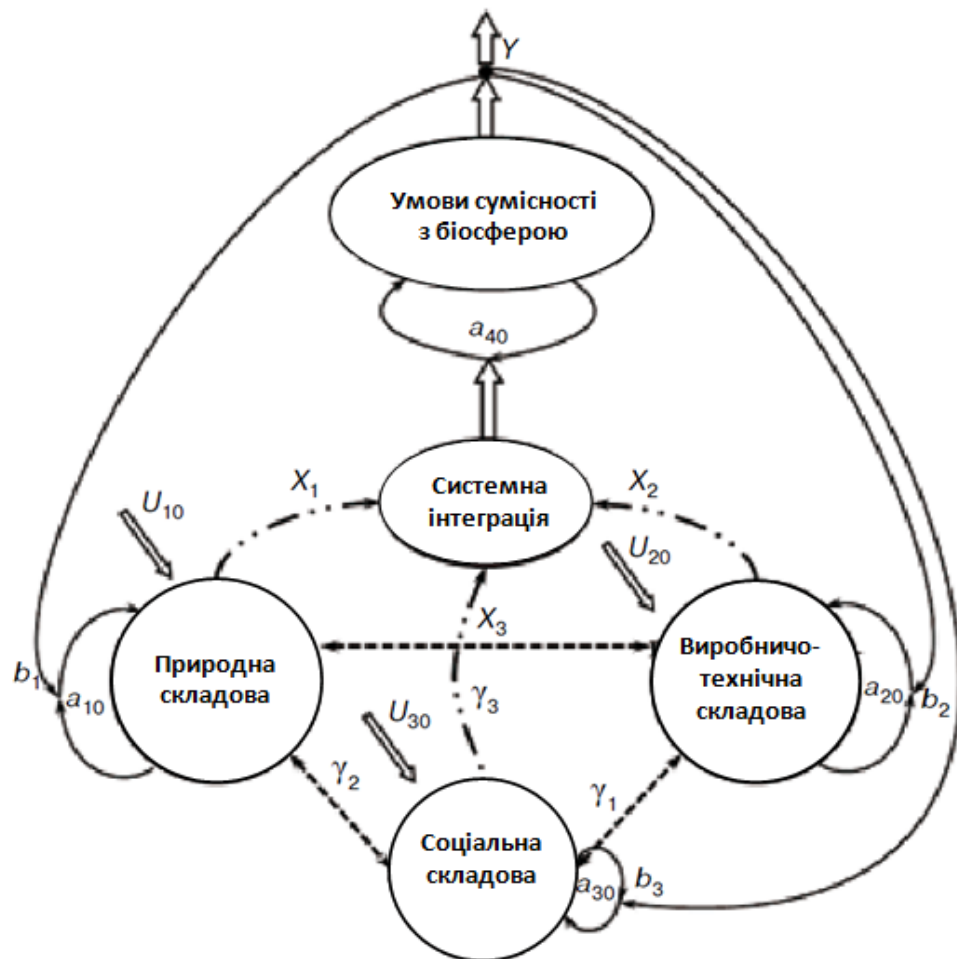


Рисунок 3.5 – Схема концептуальної моделі біосферосумісних урбанізованих територій [149]

Математична модель динаміки зміни стану біосферосумісних урбанізованих територій в загальному вигляді описується нелінійним рівнянням:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = 1, n, \quad (3.34)$$

де  $f_i$  – безперервні або кусково-безперервні функції;

$x_i$  – координати системи, що відображають становище певної точки на фазовій площині або в просторі координат і характеризують стан складових системи в будь-який момент часу.

В якості критерію оцінки збалансованого стану біосферосумісних урбанізованих територій виступає кількісне співвідношення між показниками стану її складових, а саме:

- рівнем задоволення потреб у природних ресурсах (так звані первинні потреби – вода, кисень, повітря, мінеральна сировина тощо);
- рівнем інноваційної розвиненості інфраструктурної складової у містах і поселеннях;
- рівнем розвитку людського потенціалу.

Математичне представлення динамічної системи визначається сукупністю нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \square \\ X_1 = a_{10}X_1 - a_{11}X_1^2 + \gamma_1X_2X_3 - b_1Y + U_{10}; \\ \square \\ X_2 = a_{20}X_2 - a_{22}X_2^2 + \gamma_2X_1X_3 - b_2Y + U_{20}; \\ \square \\ X_3 = a_{30}X_3 - a_{33}X_3^2 + \gamma_3X_1X_2 - b_3Y + U_{30}; \\ \square \\ Y = a_{40} - a_{44}Y^2 + X_1X_2X_3, \end{cases} \quad (3.35)$$



де  $X_1$  – змінна, що характеризує ступінь споживання природних ресурсів і рівень забруднення природного середовища відходами;

$X_2$  – змінна, що характеризує рівень розвиненості виробничо-інфраструктурної складової в регіоні (використання «зелених» технологій, кількість інноваційних виробництв, темпи оновлення основних фондів та ін.);

$X_3$  – змінна, що характеризує ступінь задоволення раціональних життєзабезпечуючих потреб населення урбанізованих територій (робота, житло, освіта, медицина і охорона здоров'я, транспорт тощо);

$Y$  – змінна, що відображає на системному рівні процеси життєдіяльності, які протікають одночасно (ефект синергетики);

$U_{10}, U_{20}, U_{30}$  – змінні, що характеризують керуючі впливи, спрямовані на досягнення цільового стану – сумісності з біосферою і прогресивного розвитку урбанізованих територій;

$a_{10}, a_{20}, a_{30}, a_{40}$  – коефіцієнти зворотного зв'язку, що характеризують вплив різних факторів зовнішнього середовища;

$a_{11}, a_{22}, a_{33}, a_{44}$  – коефіцієнти зворотного зв'язку, що характеризують стабілізуючий вплив зовнішніх факторів на реалізацію біосферосумісного поселення (наприклад, кількість техногенних і побутових відходів, що переробляються інноваційною екологічно безпечною виробничо-інфраструктурною складовою, має ефект компенсації шкідливого впливу відповідної складової на природне середовище);

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  – коефіцієнти, що характеризують взаємний вплив між окремими складовими і компонентами природно-соціологічних структур (опосередкований вплив рівня забруднення атмосферного повітря, водного середовища та інших складових життєзабезпечення на урбанізованих територіях на здоров'я населення тощо);

$b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти, що характеризують стабілізуючий вплив зовнішнього середовища, продиктований, наприклад, змінами нормативно-правової бази, демографічними процесами, міграцією населення тощо.

У рамках цієї концепції у [148] запропонована концептуальна модель повного ресурсного циклу цивільного будинку, в якому відходи, що утворюються протягом життєвого циклу об'єкта, придатні до подальшого ресурсного або енергетичного використання.

Для оцінки екологічної безпеки запропонована методика розрахунку енерго- і ресурсоефективності цивільних будинків повного ресурсного циклу, заснована на таких показниках [172]:

1. Показник безвідходності  $BV_1$  характеризує ступінь використання ресурсів протягом життєвого циклу будівельної продукції та визначається за формулою:

$$BV_1 = \sum \left( 1 - \frac{V_{ij}}{V_i} \right), \quad (3.36)$$

де  $V_{ij}$  – об'єм корисно використаного  $i$ -го ресурсу в  $j$ -му технологічному матеріалі, виробі, процесі (грн., т, м<sup>3</sup> та ін.);

$V_i$  – об'єм введеного в технологічний матеріал, виріб, процес  $i$ -го ресурсу (грн., т, м<sup>3</sup> та ін.);

2. Показник викидів забруднюючих речовин у повітря  $\Pi_n$  – спрямований на оцінювання екологічного стану та рівня технологій, використовуваних у виробництві, ефективності природоохоронної діяльності на підприємствах будівельної індустрії:

$$\Pi_n = \sum \left( 1 - \frac{\Delta \Pi_i}{\Pi_{\Sigma i}} \right), \quad (3.37)$$

де  $\Pi_{\Sigma i}$  – сумарний викид забруднюючих речовин по  $i$ -ому інгредієнту на початок прогнозного періоду, тис. т/рік;

$\Delta\Pi_i$  – зниження викидів забруднюючих речовин по  $i$ -ому інгредієнту на кінець прогнозного періоду за рахунок впровадження заходів щодо зниження негативного впливу на оточуюче природне середовище, тис. т/рік;

3. Показник скидів стічних вод у водні басейни  $C_n$  – спрямований на оцінювання рівня технологій, заходів щодо зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище, якість життя населення:

$$C_n = \sum \left( 1 - \frac{\Delta C_i}{C_{\Sigma i}} \right), \quad (3.38)$$

де  $C_{\Sigma i}$  – сумарне скидання забруднюючих речовин по  $i$ -ому інгредієнту на початок прогнозного періоду, млн. м<sup>3</sup>/рік;

$\Delta C_i$  – зниження скидів забруднюючих речовин по  $i$ -ому інгредієнту на кінець прогнозного періоду за рахунок впровадження заходів щодо зниження негативного впливу на оточуюче природне середовище, млн. м<sup>3</sup>/рік.

4. Показник забруднення ґрунтів  $\Gamma_n$  – спрямований на оцінювання рівня технологій, якості заходів щодо зниження негативного впливу на оточуюче природне середовище, ефективність системи керування відходами на виробництві, в побуті, екологічну безпеку виробництва:

$$\Gamma_n = \sum \left( 1 - \frac{\Delta \Gamma_i}{\Gamma_{\Sigma i}} \right), \quad (3.39)$$

де  $\Gamma_{\Sigma i}$  – кількість відходів по  $i$ -ому виду на початок прогнозного періоду, тис. т/рік;

$\Delta \Gamma_i$  – зменшення кількості відходів по  $i$ -ому виду на кінець прогнозного періоду за рахунок впровадження заходів щодо зниження негативного

впливу на навколишнє природне середовище, вторинного їх використання або переробки, тис. т/рік;

5. Показник землі, виведеної з природокористування поселення (землі, зайняті звалищами відходів)  $F_n$  – територія, виведена з системи природокористування поселення:

$$F_n = \sum \left( 1 - \frac{\Delta F}{F_0} \right), \quad (3.40)$$

де  $F_0$  – площа поселення на початок прогнозного періоду, тис. м<sup>2</sup>/рік;

$\Delta F$  – приріст площі поселення за рахунок зменшення площ, зайнятих звалищами відходів на кінець прогнозного періоду, тис. м<sup>2</sup>/рік;

6. Показник енергоємності будівельної продукції  $E_n$  – спрямований на оцінювання забруднення навколишнього природного середовища у процесі виготовлення будівельної продукції за рахунок спалення паливно-енергетичних ресурсів і відображає об'єм використаного палива, перерахований в умовне паливо:

$$E_n = \sum \left( 1 - \frac{\Delta E_i}{E_{\Sigma i}} \right), \quad (3.41)$$

де  $E_{\Sigma i}$  – сумарна кількість природного палива і продуктів переробки, перерахованих в умовне паливо і витраченого на випуск будівельної продукції на початок прогнозного періоду, тис. м<sup>3</sup>/рік;

$\Delta E_i$  – скорочення кількості використовуваного умовного палива на кінець прогнозованого періоду, тис. м<sup>3</sup>/рік.

Узагальнений показник екологічної безпеки цивільного будинку  $EB_{\Sigma}$  визначається при спільній дії окремих показників (3.36)-(3.41) за формулою:

$$EB_{\Sigma} = (BB_1 \cdot \Pi_n \cdot C_n \cdot \Gamma_n \cdot F_n \cdot E_n)^{1/6} < 1. \quad (3.42)$$

Розрахунок повної енергоємності будівлі  $E$  пропонується розраховувати в тонах умовного палива (т.у.п.) за формулою [227]:

$$E = E_{\text{вир}} + E_{\text{бмр}} + E_{\text{експ}}, \quad (3.43)$$

де  $E_{\text{вир}}$  – енергоємність при виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій;

$E_{\text{бмр}}$  – енергоємність при зведенні будівлі;

$E_{\text{експ}}$  – енергоємність при експлуатації будівлі.

Розрахункова енергоємність при виробництві будівельних матеріалів, виробів і конструкцій  $E_{\text{вир}}$  визначається за формулою:

$$E_{\text{вир}} = E_e + E_m + E_f + E_t - E_p, \quad (3.44)$$

де  $E_e$  – сумарна енергоємність паливно-енергетичних ресурсів, необхідних для виробництва будівельних матеріалів, виробів, конструкцій;

$E_m$  – сумарна енергоємність вихідної сировини, речовин, матеріалів, комплектуючих виробів, необхідних для виробництва будівельної продукції;

$E_f$  – сумарна енергоємність основних виробничих фондів, амортизованих при виробництві будівельних матеріалів, виробів, конструкцій;

$E_t$  – сумарна енергоємність паливно-енергетичних ресурсів, що витрачаються при транспортуванні вихідної сировини, речовин, матеріалів, комплектуючих виробів;

$E_p$  – зниження повної енергоємності будівельних матеріалів, виробів, конструкцій за рахунок повторного використання горючих відходів, скидів та викидів, відходів інших галузей промисловості.

Розрахункова енергоємність при зведенні будинків  $E_{\text{смп}}$  визначається за формулою:

$$E_{\text{смп}} = E_{\text{т1}} + E_{\text{тех}}, \quad (3.45)$$

де  $E_{\text{т1}}$  – сумарна енергоємність транспортування з підприємств-виготовлювачів на будівельний майданчик будівельних матеріалів, виробів, конструкцій;

$E_{\text{тех}}$  – сумарна енергоємність технологічних процесів при зведенні будинків.

Енергоємність будівель і споруд на стадії експлуатації визначається за формулою:

$$E_{\text{експ}} = E_0 + E_{\text{всн}} + E_{\text{гв}} + E_{\text{осв}} + E_{\text{вв}} + E_{\text{ін}} + E_{\text{пр}} + E_{\text{кр}}, \quad (3.46)$$

де  $E_0$  – сумарна витрата енергоресурсів на опалення будівлі;

$E_{\text{всн}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на вентиляцію будівлі;

$E_{\text{гв}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на гаряче водопостачання будівлі;

$E_{\text{осв}}$  – сумарна загальна витрата енергоресурсів на електроосвітлення будівлі та силове споживання (ліфт, забезпечення роботи індивідуальної блочної котельні тощо);

$E_{\text{вв}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на водопостачання та водовідведення будівлі;

$E_{\text{ін}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на інші експлуатаційні потреби (технічне утримання, обслуговування та ін.);

$E_{\text{пр}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на поточні ремонти будівлі;

$E_{\text{кр}}$  – сумарна витрата енергоресурсів на капітальні ремонти будівлі.

Відповідно до здійсненої в роботі постановки задачі, інструментарій проекту біосферосумісного будівництва потребує поетапного та багатокритеріального моделювання варіантів інвестиційно-будівельного

циклу. Особливої уваги потребують питання завчасного врахування функціональних, організаційно-технологічних загроз та перешкод реалізації будівельного проекту як складної динамічної системи. Провідні змістовно-аналітичні та процесуальні ознаки створеного аналітичного інструментарію наведено в табл. 3.10. Їх врахування та упередження доцільно здійснювати з використанням вейвлет-аналізу, стохастичних алгоритмів, адаптованих до потреб досліджуваних об'єктів. Отже, організація циклу будівельного проекту біосферосумісного будівництва формалізовано представляється в єдиній координаті життєвого циклу, у цілісному алгоритмічному форматі як складна організаційно-технологічна та біосоціальна система з мінімальними (заздалегідь очікуваними та оціненими) відмовами.

Таблиця 3.10 – Провідні ознаки інструментарію організації біосферосумісного будівництва

№ з/п	Найменування ознаки	Зміст ознаки
1	2	3
1	Мультикритеріальність опису біотехно-середовища	Формує змістовну картину опису стану біосферосумісності досліджуваного будівельного об'єкта, забезпечує достовірність та обґрунтованість інтегральної оцінки БСБ
2	Адаптованість до змісту та прикладних переваг ВІМ-технологій	Провідна «архітектонічна» ознака створеного інструментарію, яка дозволяє візуалізувати, структурувати та моделювати основні фази, стадії та етапи будівельного проекту у відповідності з організаційно-технологічним змістом робіт, архітектурно-будівельними елементами будівельного об'єкту, складовими фронту та станом БСБ
3	Адаптованість до євро-стандартів у будівництві та архітектурі	При реалізації проекту БСБ із залученням іноземних інвесторів створює необхідне аналітичне підґрунтя для візуалізації та моделювання ходу робіт у відповідності з міжнародними стандартами (єврокодами) щодо архітектури та будівництва

1	2	3
4	Спроможність до динамічного обстеження стану біосферосумісності об'єкта (для наступного коригування)	Ця характеристика в створюваному інструментарії реалізується за допомогою динамічного вейвлет-аналізу як математичної основи формалізації
5	Ознака синергії	Реалізується через спроможність створеного інструментарію моделювати, розраховувати та коригувати стан БСБ на всіх етапах створення будівельного об'єкту, у відповідності зі встановленими замовником (інвестором та майбутніми споживачами) вимогами щодо біосферосумісності, включаючи дотримання цих вимог щодо використовуваних матеріалів та конструкцій
6	Адаптованість до сучасних стандартів енергоощадності та «зеленого» будівництва	Забезпечується спроможністю створеного інструментарію оцінити можливості пошуку та відбору раціональних варіантів використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення біосферосумісності будівельного проекту; прикладні модулі створеного інструментарію на поточній координаті впровадження проекту БСБ надають формалізований висновок: <ul style="list-style-type: none"> <li>- щодо рівня біосферосумісності;</li> <li>- щодо рівня енергоощадності та можливостей сертифікації проекту у відповідності з національними стандартами «зеленого» будівництва</li> </ul>
7	Пошук додаткових резервів приросту рівня біосферосумісності проекту	7а. Спрямованість інструментарію на вирішення завдань додаткового приросту БСБ через модернізацію організаційно-технологічних рішень щодо інтегрального освітлення будівель і споруд 7б. Вирішення окремими модулями створеного інструментарію прикладних задач надання організаційно-технологічних рішень щодо поліпшення стану «стійкості щодо зсуву» для територій річкового та морського узбережжя, що є об'єктом діяльності при реалізації проектів біосферосумісного будівництва



У відповідності до викладених вище вимог (табл. 3.10) методико-аналітична система оцінювання рівня БСБ ґрунтується на ієрархічній системі первинних індикаторів, які впорядковані у наступні групи:

1. Якість внутрішнього середовища – 15 первинних індикаторів;
2. Використання земельної ділянки і якість зовнішнього середовища – 13 первинних індикаторів (фрагмент подано в табл. 3.11);
3. Енергія та енергоефективність – 7 первинних індикаторів;
4. Характеристики життєвого циклу девелоперського будівельного проекту, оцінені на відповідність вимогам – 14 критеріїв;
5. Матеріали, конструкції та якість архітектурних рішень – 10 критеріїв;
6. Відповідність системи девелопменту вимогам організації будівництва на засадах біосферосумісності – 3 індикатори.

Таблиця 3.11 – Зміст первинних індикаторів  $\hat{h}_{mj}$  оцінювання будівельного об'єкту за рівнем біосферосумісності (фрагмент)

№ груп та критерію, $(m/m_j)$	Назва індикаторів оцінювання БСБ об'єкту та груп, в які ці індикатори впорядковуються	$\beta_m / \beta_j$
1	2	3
Група 1 ( $m=1$ )	Якість внутрішнього середовища	21
1.1	Температура повітря	1,56
1.2	Відносна вологість повітря	1,56
1.3	Швидкість руху повітря	1,05
...	...	...
1.7	Світловий режим приміщень	1,05
1.8	Шумовий режим приміщень	1,05

Заверш. табл. 3.11

1	2	3
1.9	Амплітудні і частотні характеристики магнітного та електричного полів	1,05
1.10	Концентрація негативних та позитивних іонів у повітрі	1,05
1.11	Контроль запахів	0,53
1.12	Радіаційний фон та захищеність приміщень від накопичення радону	1,05
1.13	Прогнозований (фактично оцінений) рівень екологічності внутрішніх приміщень	1,56
1.14	Характеристика успішності проекрованої (наявної) системи інженерного забезпечення будівлі	3,68
1.15	Візуальний комфорт	1,05
Група 2	Використання земельної ділянки і якість зовнішнього середовища	19,5
2.1	Оцінка якості вибору ділянки забудови (в т.ч. наявність археологічних досліджень, резерви розширення)	1,56
2.2	Ризики розміщення ділянки (правові, технічні, інженерно-геологічні)	1,05
...	...	...

Примітка:  $\tilde{h}_{mj}$  - позначення первинного індикатора БСБ;  $j$  - порядковий номер в групі;  $m$  - номер групи;  $\beta_m$  та  $\beta_j$  - відповідно первинні частки внеску оцінки по групі/індикатору в значення інтегрального показника  $Z_{bsb}$ ;  $j$ -порядковий номер первинного індикатора в групі.

Формалізована підсистема основних співвідношень біосферосумісності в системі «організація будівництва» для будівельного проекту в тривимірному просторі охоплює ключові складові:

- стейкхолдери проекту (інституційні учасники та виконавці);
- ресурси стейкхолдерів, структуровані за видами робіт та етапами девелоперського проекту;
- поточний та стратегічний стан біосферосумісності об'єкту.

Така формалізація забезпечена інтеграцією прикладних інструментів вейвлет-аналізу (дискретних та неперервних вейвлет-перетворень) із застосуванням програмних комплексів Mathcad та DeveloperStudio.

### **Висновки до розділу 3**

1. Пропонована в роботі система оцінювання рівня біосферосумісності базується на визначенні рейтингового показника як функції інтегральної сукупності оцінок досягнення певних рівнів відповідності за пріоритетними напрямками (категоріями). Кожна категорія представлена окремою групою специфічних вимог до архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, екологічних та адміністративно-управлінських рішень проекту.

2. Пропонується визначати рейтингову оцінку біосферосумісності за наступними категоріями, які вміщують в собі такі критерії:

- якість внутрішнього середовища – 15 критеріїв;
- використання земельної ділянки і якість зовнішнього середовища – 13 критеріїв);
- енергія та енергоефективність – 7 критеріїв;
- життєвий цикл об'єкту – 14 критеріїв;

– матеріали, конструкції та якість архітектурних рішень – 10 критеріїв;

– відповідність системи девелопменту вимогам організації будівництва на засадах біосферосумісності – 3 критерії.

3. В якості критеріїв оцінки збалансованого стану біосферосумісних урбанізованих територій виступає кількісне співвідношення між показниками стану її складових, а саме:

- рівень задоволення потреб у природних ресурсах;
- рівень інноваційної розвиненості інфраструктурної складової у містах і поселеннях;
- рівень розвитку людського потенціалу.

4. Методологічну основу інструментарію організації БСБ складає універсальна методологічна концепція та методика організаційно-технологічного реінжинірингу проектів. Ця концепція надає науково обґрунтовані засади для адаптації архітектурно-планувальних, розрахунково-конструктивних, організаційно-технологічних рішень будівельного проекту (включаючи оцінку рівня біосферосумісності використовуваних в процесі будівництва матеріалів та виробів) до вимог БСБ впродовж усього інвестиційно-будівельного циклу – від ініціації проекту до його введення в дію (або демонтажу будівлі і споруди).

Основні положення розділу 3 опубліковані автором у працях [327, 330, 334, 335, 338, 341, 347, 351, 353, 359, 363, 366, 389, 390, 393, 394].

**РОЗДІЛ 4**

**СИСТЕМА ФОРМАЛІЗОВАНОГО УЗГОДЖЕННЯ РІВНЯ**  
**БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ ОБ’ЄКТУ БУДІВНИЦТВА З БУДІВЕЛЬНО-**  
**КОНСТРУКТИВНИМИ, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ТА**  
**АДМІНІСТРАТИВНИМИ РІШЕННЯМИ ДБП**

**4.1 Загальноаналітичне підґрунтя методики оцінювання впливу інвестиційно-будівельного циклу на стан екорівноваги довкілля**

В даному розділі викладено зміст та провідні інновації стосовно запровадженої в роботі формалізаційної та методико-алгоритмічної системи раціональної оцінки, компромісного узгодження та прийняття рішень щодо ДБП у відповідності з рівнем БСБ, узгодженим на інституційному рівні проекту. Представлена система формалізації проекту БСБ алгоритмізована наступним чином (табл. 4.1.) у 17 етапів.

Таблиця 4.1 – Методико-алгоритмічні етапи узгодження рівня біосферосумісності об’єкту будівництва з будівельно-конструктивними, організаційно-технологічними та адміністративними рішеннями ДБП

№ з/п	Зміст етапу	Підсумки етапу
1	2	3
1	Підготовка спеціального аналітичного підрозділу в організаційній структурі управління девелоперським будівельним проектом, структурованого за типом мобільної тимчасової команди, що наданий в розпорядження інституційного рівня адміністрування проекту і допомагає йому реалізовувати в проекті стратегію забезпечення директивних вимог щодо біосферосумісності	Визначено стратегію реалізації вимог БСБ в даному проекті (домінування, компромісної раціоналізації, мінімізація зусиль)

Продовж. табл. 4.1

1	2	3
2	Формування первинного складу експертного журі для наступного оцінювання об'єкту за первинними індикаторами рівня біосферосумісності	Визначено первинну кількість і склад експертів
3	Узгодження складу експертного журі між інституційними учасниками девелоперського проекту в циклі підготовки-інвестування. Присвоєння рангів експертам (важелів пріоритету)	Склад експертів узгоджено
4	Підготовка модулів для складання експертних матриць оцінювання ДБП за первинними індикаторами біосферосумісності	Підготовлено програмно-аналітичну основу для оцінювання ДБП за первинними індикаторами
5	Формування вихідних даних будівельного об'єкту з проектно-кошторисної документації та супровідних документів ДБП для подальшої трансформації у первинні індикатори	
6	Вибір єдиного універсального виміру для всіх первинних індикаторів, їх груп та результуючого показника, з використанням функції Харрінгтона, та адаптованих до змісту первинних індикаторів трансформаційних шаблонів. Встановлення фіксованих меж (діапазонів) щодо достовірної і однозначної семантично-бальної інтерпретації розрахунків	
7	Надання експертами оцінок проекту за первинними індикаторами. Визначення середньозважених експертних оцінок за первинними індикаторами, де: - порядковий номер первинного індикатора в групі; - номер групи в ієрархії розрахунку результуючого показника БСБ; - порядковий номер експерта в складі експертного журі; - ранг експерта; - середньозважена оцінка індикатора в частках одиниці з використанням функції Харрінгтона; - семантична оцінка первинного індикатора за шкалою Харрінгтона	Одержано середньозважені оцінки ДБП за кожним із первинних індикаторів, середньозваженого щодо рангів експертних думок
8	Сполучення оцінок за первинними індикаторами у групові оцінки, з використанням групових коефіцієнтів	Одержання оцінок рівня БСБ за групами індикаторів

Продовж. табл. 4.1

1	2	3
9	Розрахунок очікуваного значення підсумкового показника БСБ у форматі первинного складу факторної ієрархії оцінювання	Очікуване значення результуючого показника стану БСБ проекту в цілому
10	Співставлення одержаного значення стану БСБ (за базовим варіантом рішень проекту) з прийнятою стратегією девелопменту проекту на подальше коригування цього рівня	Первинна оцінка результуючого показника БСБ
11	Виявлення домінант серед первинних індикаторів. Суттєве скорочення змісту домінант до 8-10. Спрощення ієрархії до виду: «скоригований індикатор - результуючий показник БСБ»	Визначено стратегічні домінанти досягнення директивного рівня БСБ
12	Виявлення провідних напрямів альтернативного моделювання та коригування архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних рішень, вартісно-кошторисних та адміністративно-управлінських рішень для узгодження з директивними вимогами щодо БСБ	
13	Побудова реактивних аналітичних карт чутливості проекту за домінантами біосферосумісності – модулів у форматі RSPC (від англ. «the reactive sensitivity of a project to change» - функція очікуваної чутливості проекту на зміни). RSPC представлено у вигляді функцій приростів – загальної тривалості (робочих днів), сукупної трудомісткості виконання всіх робіт по проекту (люд.змін), кошторисної вартості проекту за зведеним кошторисом (млн. грн.), витрат на адміністрування девелоперського проекту (млн. грн.)	
14	Здійснення вибору рішень проекту щодо забезпечення раціонального (для вимог даної системи девелопменту проекту – через частково компромісну оптимізацію рішень по локальним критеріям – домінантам БСБ) рівня біосферної сумісності	
15	Зворотне коригування архітектурно-будівельних, організаційно-технологічних та організаційно-управлінських рішень на досягнення раціонально-	Розроблено і узгоджено зміст, регламент дій на

Заверш. табл. 4.1

1	2	3
	компромісних вимог щодо БСБ	досягнення директивного рівня БСБ
16	Розробка спеціальним підрозділом в структурі девелопменту проекту змісту, регламенту, календарного плану та оперативного бюджету функціонально-технологічних, технічних та організаційно-управлінських дій	
17	Забезпечення оперативного контролю за змістом та регламентом дій, виявлення фактичної динаміки досягнення директивних вимог БСБ за основними віхами, домінантами БСБ та в цілому за проектом (акумульованим підсумком). Здійснюється підготовка відповідних програмних модулів на формування підсумкової гістограми динаміки рівня БСБ в процесі реалізації ДБП	Відображається динаміка стану БСБ для ДБП впродовж його життєвого циклу

В основі побудови узагальненої функції лежить ідея перетворення натуральних значень часткових відгуків у безрозмірну шкалу бажаності. Значення часткового відгуку, перетворене в безрозмірну шкалу бажаності, позначається через  $d_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) і називається частковою бажаністю. За основу береться одна з логістичних функцій Є.К. Харрінгтона – так звана «крива бажаності»:

$$d_i = e^{-e^{(-y)}} \quad (4.1)$$

Ця функція визначена на всій дійсній осі  $y$ , має дві горизонтальні асимптоти  $d_i=0$  і  $d_i=1$ ; проміжок ефективних значень на шкалі  $y$   $[-2; +5]$ . (рис. 4.1). Вісь координат  $y$  називається шкалою часткових показників, вісь  $d(y)$  – шкалою бажаності.

Шкала бажаності має інтервал від нуля до одиниці. Значення  $d_i=0$  відповідає абсолютно неприйнятному рівню даної властивості, а значення  $d_i=1$  – найкращому значенню властивості. Значення  $d_i=0,37$  зазвичай відповідає межі допустимих значень.



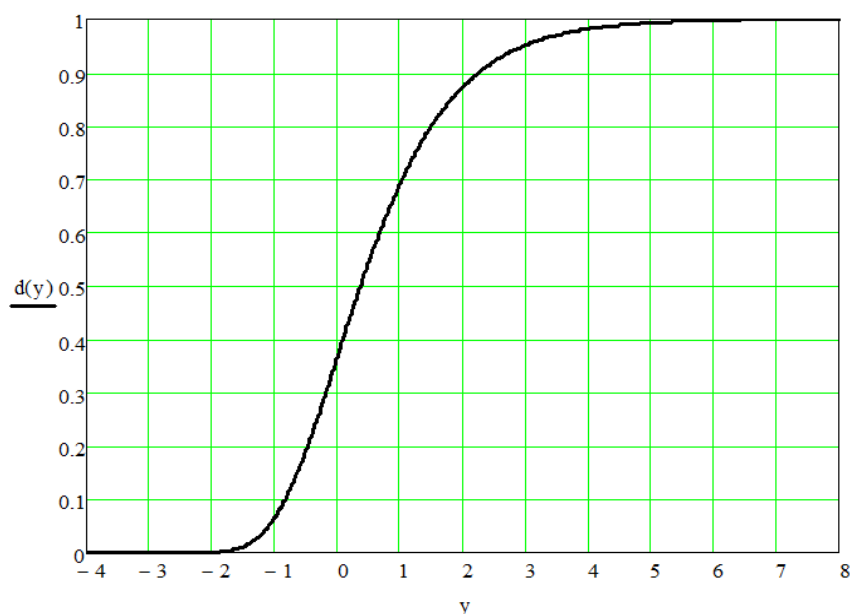


Рисунок 4.1 – Функція бажаності Є.К. Харрінгтона як аналітична основа оцінювання будівельного проекту за індикаторами БСБ

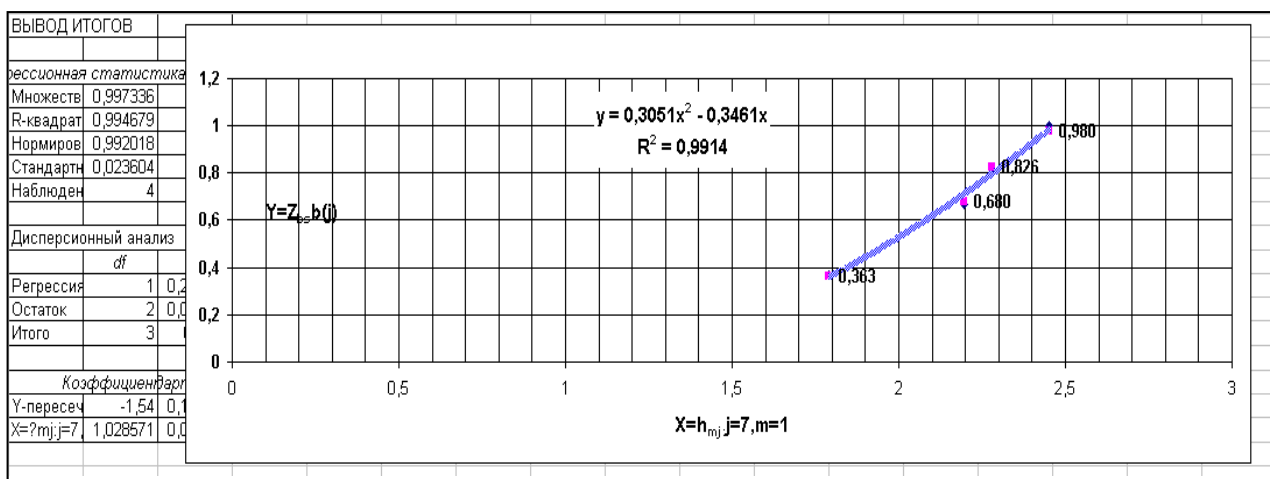
В табл. 4.2 наведено інтерпретаційний діапазон оцінок за шкалою бажаності. Фрагмент шаблону оцінювання об'єкту за первинним індикатором «рівень освітленості» представлено на рис. 4.2, в табл. 4.3 – фрагмент розрахункової експертної матриці визначення домінант біосферосумісності об'єкту за підсумками ранжування первинних індикаторів.

Таблиця 4.2 – Стандартні оцінки за шкалою бажаності

Інтерпретаційна семантична оцінка відповідності вимог щодо БСБ	Пропонований експертам діапазон бальних оцінок за шкалою бажаності
1	2
Відмінно, відповідає євровимогам	$0,8 \leq d < 1$
Добре, за даним індикатором успішно реалізовано стратегію досягнення біосферосумісності	$0,63 \leq d < 0,80$
Задовільний рівень досягнення вимог БСБ в даному проекті	$0,37 \leq d < 0,63$

Заверш. табл. 4.2

1	2
Погано, наближається до критичної межі вітчизняних стандартів будівництва (за даним індикатором)	$0,20 \leq d < 0,37$
Дуже погано, не відповідає вітчизняним стандартам будівництва	$0 \leq d < 0,20$



Примітка: рівень задовільної межі БСБ за індикатором  $Z_{bsb}=0,67$ ; прийнято на основі нормативу щодо середньорічної тривалості інсоляції, згідно ДБН В 2.5-28:2018 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» (на заміну ДБН В.2.5-28:2006).

Рисунок 4.2 – Фрагмент шаблону оцінювання об'єкту за первинним індикатором – рівнем освітленості

Таблиця 4.3 – Розрахункова експертна матриця визначення домінант біосферосумісності будівельного об'єкту за підсумками ранжування первинних індикаторів (фрагмент)

Шифр первинного індикатора	Зміст первинного індикатора,	Скоригований та середньозважений щодо думок всіх експертів ранг індикатору БСБ як основа визначення домінант БСБ в даному проекті.	Порядкові номери експертів, d												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
			Важіль експертної думки (збільшується із збільшення значення), L(d)												
			2	2	1,7	1,7	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1
			Визначений експертом ранг індикатору (зростання пріоритету в напрямі зменшення значення), $\bar{R}(d)=\sum_{d=1}^{12} L(d)$												
j	m	$\bar{h}_{mj}$	SR-h(m;j)	0,122	0,122	0,1037	0,103659	0,091463	0,091463	0,060976	0,060976	0,060976	0,060976	0,060976	0,060976
1	1	Температура повітря	24,09756098	27	26	24	22	21	23	22	24	26	25	24	24
2	1	Відносна вологість повітря	7,536585366	8	8	7	6	7	8	8	7	7	8	9	8
3	1	Швидкість руху повітря	47,53658537	47	51	52	46	45	49	49	48	47	45	44	43
4	1	Світловий режим приміщень	3,512195122	4	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3
5	1	Шумовий режим приміщень	1,347560976	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1

В табл. 4.4 визначено стратегічні домінанти біосферосумісності.

Таблиця 4.4 – Визначення стратегічних домінант біосферосумісності, що мають бути в подальшому реалізовані системою девелопменту будівельного проекту (фрагмент)

Шифр первинного індикатора		Зміст первинних індикаторів, що упорядковані шляхом експертно виявленого домінування впливу на підсумковий показник БСБ	Скоригований та середньозважений щодо думок усіх експертів ранг індикатору БСБ як основа визначення домінант БСБ в даному проекті	Рівень домінування (зростає в напрямі зменшення числа)
j	m	ħmj	SR-h(m;j)	CR
5	1	Шумовий режим приміщень	1,347560976	1
2	5	Рівень налаштованості системи девелопменту проекту та організаційної структури його адміністрування на вимоги біосферосумісності	2,6711	2
4	1	Світловий режим приміщень	3,512195122	3
3	5	Оцінка спроможності виконавців (субпідрядників) раціоналізувати функціональні та організаційно-технічні характеристики робіт для виконання директивних вимог БСБ	5,014	5
2	2	Ризики розміщення ділянки	6,4233	4
1	5	Індикатор потреби додаткових кошторисних та адміністративно-управлінських витрат на досягнення (коригування) вимог щодо БСБ	8,2371	6
4	5	Індикатор врахування можливих стохастичних факторів, що впливатимуть на тривалість стадій циклу ДБП і становлять опосередковану загрозу дотриманню директивного рівня БСБ	9,0188	7

Привести значення розмірних (натуральних) показників  $x$  якості виробів в безрозмірні  $y$  при лінійній залежності між ними можна за формулою:

$$y = ax + b, \quad (4.2)$$

де коефіцієнти  $a$  і  $b$  знаходяться з системи рівнянь:

$$\begin{cases} b + a x_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_1}}; \\ b + a x_2 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_2}}, \end{cases} \quad (4.3)$$

де  $d_1$  і  $d_2$  – значення оцінки за шкалою бажаності натуральних показників  $x_1$  і  $x_2$ , які задають градацію якості.

Узагальнений показник бажаності  $D$ , який враховує дію  $n$  факторів впливу на біосферу, розраховується за формулами:

– без урахування коефіцієнтів вагомості кожного фактора:

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n}, \quad (4.4)$$

– з урахуванням коефіцієнтів вагомості кожного фактора:

$$\begin{cases} D = (d_1)^{m_1} \cdot (d_2)^{m_2} \cdot \dots \cdot (d_n)^{m_n} \\ m_1 + m_2 + \dots + m_n = 1 \end{cases}, \quad (4.5)$$

де  $m_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го фактора.

Точність комплексної оцінки підвищується при врахуванні коефіцієнтів вагомості показників властивостей.

При врахуванні коефіцієнтів вагомості виникає питання їх визначення. Існують розрахункові методи їх визначення, однак вони недосконалі і досить часто дають нелогічні результати. На сучасному етапі краще застосовувати експертний метод визначення вагових коефіцієнтів, який заснований на використанні узагальненого досвіду та інтуїції фахівців-експертів.

Серед експертних методів найбільш прийнятними для визначення коефіцієнтів вагомості є: метод переваг, метод рангів, метод попарного зіставлення та ін. Найпоширеніший метод – метод переваг, який зводиться до того, що експерти нумерують вагомості всіх показників в порядку їхнього переважання таким чином, щоб найбільш важливий з них отримав вагомість під номером 1, наступний за важливістю – номер 2 і т.д. Потім здійснюється розрахунок середньої арифметичної величини по кожному показнику з урахуванням думки всіх експертів.

При використанні методу рангів експерти оцінюють важливість кожного показника за заздалегідь розробленою шкалою відносної значимості в діапазоні від 0 до 1. Коефіцієнти вагомості  $m_i$  знаходяться, виходячи з оцінок, призначених усіма експертами по кожному показнику у всій їх сукупності за формулою:

$$m_i = \frac{R_i}{\sum_i^n R_i}, \quad (4.6)$$

де  $R_i$  – сума перетворених рангів, присвоєних експертами кожному показнику якості, що визначається за формулою:

$$R_i = \sum_{j=1}^k R_{ij}, \quad (4.7)$$

де  $k$  – кількість експертів;

$n$  – кількість показників якості, вага яких визначається.

Необхідно відзначити, що функція (4.1) не дозволяє використовувати без додаткових викривлень відгуки  $y$ , що розподілені за законами, відмінними від нормального, наприклад такі, якість яких спочатку зростає у міру зростання їх числових значень, а потім після деякої величини (або

діапазону величин) починає спадати. Тому існують інші формули для визначення часткових функцій бажаності. Так, у [5] запропоновані такі способи побудови цих функцій:

– через встановлення найбільш бажаного значення, спираючись на вид емпіричної функції розподілу досліджуваного параметру;

– за лівою та правою границями діапазону бажаних значень;

– за лівою границею і місцем розташування оптимальної бажаності;

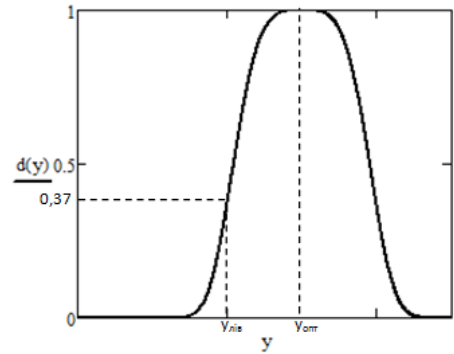
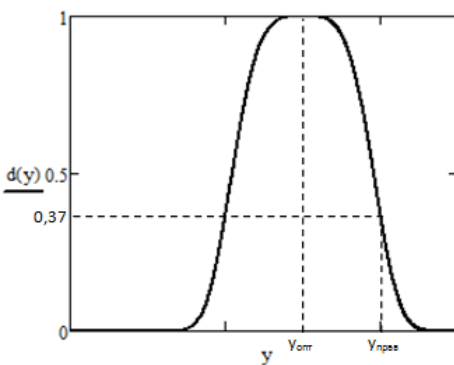
– за правою границею і місцем розташування оптимальної бажаності.

Формули для розрахунку функцій бажаності і вигляд цих функцій наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Функції бажаності при розподіленні відгуку за законами, відмінними від нормального

Формула для розрахунку	Вигляд функції
1	2
<i>Функція бажаності на основі завдання найбільш бажаного значення</i>	
$d_i = \begin{cases} \frac{(y-y_{\text{опт}})^2}{y(1-y)}, & y \in [0,1]; \\ 0, & y = 0 \wedge y = 1 \end{cases} \quad (4.8)$	
<i>Функція бажаності за лівою та правою границями діапазону бажаних значень</i>	
$d_i = e^{-\left(\frac{2 \cdot y - y_{\text{лів}} - y_{\text{прав}}}{y_{\text{прав}} - y_{\text{лів}}}\right)^2} \quad (4.9)$	

Заверш. табл. 4.5

1	2
<i>Функція бажаності по лівій границі і місцем розташування оптимальної бажаності</i>	
$d_i = e^{-\left(\frac{x-x_{\text{опт}}}{x_{\text{опт}}-x_{\text{лів}}}\right)^4} \quad (4.10)$	
<i>Функція бажаності по правій границі і місцем розташування оптимальної бажаності</i>	
$d_i = e^{-\left(\frac{x-x_{\text{опт}}}{x_{\text{опт}}-x_{\text{прав}}}\right)^4} \quad (4.11)$	

При розв'язанні конкретних задач вигляд часткової функції бажань можуть мати і інший вигляд. Наприклад, якщо апріорі відома градація оцінки якості того чи іншого процесу, то можливе безпосереднє співставлення стандартної оцінки шкали бажаності зі шкалою якості цього процесу.

Розроблення методики оцінювання біосферної сумісності архітектурних об'єктів, зокрема енергоефективних будинків, пропонується побудувати на ідеях, закладених при розрахунку показника рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення  $\xi$ . Цей принцип частково реалізований у узагальненому показнику екологічної безпеки цивільного будинку ЕБ. Але узагальнений показник екологічної безпеки не враховує соціальні, медичні та естетичні аспекти біосферної сумісності. Крім того, деякі аспекти

потребують уточнення та вдосконалення. Запропонований нами раніше коефіцієнт біосферної сумісності конструкцій  $\varpi$  [299] – також є лише частковим коефіцієнтом біосферної сумісності.

Показник біосферної сумісності будівлі  $D$  пропонується розраховувати за формулою:

$$D = (D_M)^{m_M} \cdot (D_B)^{m_B} \cdot (D_J)^{m_J} \cdot (D_D)^{m_D}, \quad (4.12)$$

де  $D_M$  – показник біосферної сумісності матеріалів та виробів заводського виготовлення, з яких побудована будівля;

$D_B$  – показник біосферної сумісності етапу будівництва будівлі;

$D_J$  – показник біосферної сумісності етапу життя (експлуатації) будівлі;

$D_D$  – показник біосферної сумісності етапу демонтажу та утилізації матеріалів та конструкцій з яких була збудована будівля;

$m_M, m_B, m_J, m_D$  – вагові коефіцієнти відповідних показників, які визначаються за формулою (4.6).

На даному етапі розроблення методики розрахунку біосферної сумісності будівель вагові коефіцієнти приймаються однаковими за умови рівності їхньої суми одиниці.

## **4.2 Визначення критеріальних показників біосферосумісності проекту на різних етапах будівельного процесу**

### **4.2.1 Розрахунок показника біосферної сумісності матеріалів та виробів.**

Показник біосферної сумісності матеріалів та виробів є комплексним показником, що враховує вплив на біосферу видобування сировини,



транспортування на заводи будівельної індустрії, виготовлення матеріалу або виробу, його складування та зберігання на складах заводів.

Цей показник пропонується розраховувати за формулою (4.8):

$$\left\{ \begin{array}{l} d_{M.ki} = \sum_{j=1}^k (d_{M.kij})^{m_{M.kij}}, \quad k = \text{П, СВ, Г}; \\ D_{Mi} = (d_{M.пи})^{m_{M.пи}} \cdot (d_{M.сви})^{m_{M.сви}} \cdot (d_{M.ги})^{m_{M.ги}} \cdot (d_{M.еи})^{m_{M.еи}} \cdot (d_{M.ви})^{m_{M.ви}} \cdot (d_{M.зи})^{m_{M.зи}} \cdot (d_{M.си})^{m_{M.си}}; \\ D_M = \frac{\sum_{i=1}^n D_{Mi} \cdot V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \end{array} \right. \quad (4.13)$$

де  $d_{M.пij}$  – показник викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини у повітря на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулою (4.1), де:

$$y = \frac{4,953}{N} \cdot x + 4,958, \quad (4.14)$$

де  $N$  – нормативно допустиме значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу;

$x$  – фактичне значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу.

Формула (4.14) отримана за формулами (4.2)-(4.3) при:

$$\begin{cases} x_1 = 0, & d_1 = 0,993; \\ x_2 = N, & d_1 = 0,37. \end{cases} \quad (4.15)$$

Це обґрунтовується тим, що при відсутності викидів матеріал не шкодить екології, а при викидах більших за встановлену норму – оцінка незадовільна.

$m_{M.пij}$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -ої забруднюючої речовини повітря для  $i$ -го матеріалу;

$k$  – кількість забруднюючих речовин в  $i$ -му матеріалі;

$d_{M.свij}$  – показник скиду  $j$ -ої забруднюючої речовини у стічні води на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14);

$m_{M.свij}$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -ої забруднюючої речовини водного басейну для  $i$ -го матеріалу;

$d_{M.гij}$  – показник забруднення ґрунтів  $j$ -ою забруднюючої речовиною на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14);

$m_{M.гij}$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -ої забруднюючої речовини ґрунтів для  $i$ -го матеріалу або виробу;

$d_{M.пi}$  – комплексний показник викидів забруднюючих речовин у повітря на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу;

$d_{M.свi}$  – комплексний показник скидів стічних вод у водні басейни на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу;

$d_{M.гi}$  – комплексний показник забруднення ґрунтів на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу;

$d_{M.ei}$  – показник енергоємності будівельної продукції на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустима витрата енергії на виготовлення одиниці об'єму даного матеріалу,  $x$  – фактична витрата енергії на одиницю об'єму;

$d_{M.бі}$  – показник відновлення природного середовища на виготовлення  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулою (4.1), де:

$$y = -\frac{0,166V}{N} \cdot x + 1,666, \quad (4.16)$$

де  $N$  – кількість років експлуатації матеріалу у будівлі до його повної заміни;

$V$  – об'єм матеріалу у будівлі;

$x$  – кількість років, необхідних природі на відновлення пошкоджень, пов'язаних з виготовленням одиниці об'єму матеріалу чи виробу.

Формула (4.16) отримана за формулами (4.2)-(4.3) при:

$$\begin{cases} x_1 = N, & d_1 = 0,8; \\ x_2 = 2N, & d_1 = 0,37. \end{cases} \quad (4.17)$$

Це обґрунтовується тим, що якщо природа відновлюється швидше ніж руйнується матеріал, то це дуже добре, а якщо на відновлення потрібно в 2 рази більше часу, ніж строк експлуатації матеріалу, то це вже незадовільно.

$d_{M,zi}$  – показник впливу на здоров'я населення на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, який розраховується за формулою:

$$d_{M,zi} = (d_{M,zi-1})^{m_{M,zi-1}} \cdot (d_{M,zi-2})^{m_{M,zi-2}}, \quad (4.18)$$

де  $d_{M,zi-1}$  – показник ризику неканцерогенних ефектів на здоров'я населення одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу або виробу, що визначається за формулою:

$$y = HI - 1, \quad (4.19)$$

де  $HI$  – індекс безпеки розвитку неканцерогенних ефектів;

$$y = -0,383 \cdot \lg(CR_a) - 1,52, \quad (4.20)$$

де  $CR_a$  – канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох канцерогенних речовин.

Формула (4.19) та аналогічна їй (4.20) отримані з системи рівнянь:

$$\begin{cases} a \cdot \lg(x_1) + b = \ln \left( \frac{1}{\ln \left( \frac{1}{d_1} \right)} \right); \\ a \cdot \lg(x_2) + b = \ln \left( \frac{1}{\ln \left( \frac{1}{d_2} \right)} \right); \\ x_1 = 10^{-6}, \quad d_1 = 0,63; \\ x_2 = 10^{-4}, \quad d_2 = 0,37, \end{cases} \quad (4.21)$$

Вибір логарифмічної функції обґрунтовується тим, що градація впливу має логарифмічну шкалу. Співставлення оцінки впливу із шкалою бажаності дає можливість зафіксувати співвідношення  $x_1$  і  $d_1$  та  $x_2$  і  $d_2$ . При значенні  $x=10^{-3}$  за формулою (4.1) отримуємо  $d=0,233$ , що задовільно відповідає умові «дуже погано».

$m_{M.zi_1}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику неканцерогенних ефектів;

$m_{M.zi_2}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику канцерогенних ефектів;

$d_{M.ci}$  – показник соціального ризику впливу виготовлення  $i$ -го матеріалу або виробу на одиницю його об'єму, який розраховується за формулою (4.1), де:

$$y = -0,383 \cdot \lg(R_s) - 1,52, \quad (4.22)$$

де  $R_s$  – соціальний ризик;

$m_{M.пi}, m_{M.сви}, m_{M.ги}, m_{M.еi}, m_{M.ви}, m_{M.зи}, m_{M.сi}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників;

$D_{Mi}$  – показник біосферної сумісності  $i$ -го матеріалу або виробу на одиницю його об'єму;

$V_i$  – об'єм  $i$ -го матеріалу або виробу у будівлі.

#### **4.2.2 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу будівництва.**

Показник біосферної сумісності етапу будівництва  $D_B$  є комплексним показником, що враховує вплив на біосферу технологічних процесів будівництва, включаючи транспортування виробів і матеріалів з заводів будівельної індустрії чи безпосередньо з місць видобування. Цей показник пропонується розраховувати за формулою (4.13), де індекс «М» замінюється на індекс «Б», при цьому члени, що входять у формулу, будуть мати такі значення:

$d_{B.пij}, d_{B.сvij}, d_{B.гij}$  – показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу, які розраховуються за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустиме значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу;  $x$  – фактичне значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу;

$m_{B.пij}, m_{B.сvij}, m_{B.гij}$  – вагові коефіцієнти показників забруднення відповідно повітря, стічних вод та ґрунту  $j$ -ої забруднюючої речовиною для  $i$ -го технологічного процесу;

$k$  – кількість забруднюючих речовин, що викидаються при проведенні  $i$ -го технологічного процесу;

$d_{B.пi}, d_{B.сви}, d_{B.ги}$  – комплексні показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт забруднюючих речовин на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу;

$d_{Б.еi}$  – показник енергоємності одиниці об'єму  $i$ -го технологічного процесу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустима витрата енергії на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу,  $x$  – фактична витрата енергії на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу;

$d_{Б.вi}$  – показник відновлення природного середовища на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – кількість років експлуатації конструкції, матеріалу або виробу, що були створені (вмонтовані) у будівлі до їхньої повної заміни у результаті проведення  $i$ -го технологічного процесу,  $x$  – кількість років, необхідних природі на відновлення пошкоджень, пов'язаних з проведенням одиниці об'єму  $i$ -го технологічного процесу;

$d_{Б.зi}$  – показник впливу на здоров'я населення на одиницю об'єму  $i$ -го технологічного процесу, який розраховується за формулою (4.18) при заміні індексу «М» на індекс «Б», при цьому члени, що входять у формулу будуть мати такі значення:

$d_{Бзi_1}$  – показник ризику неканцерогенних ефектів на здоров'я населення одиниці об'єму  $i$ -го технологічного процесу, що визначається за формулами (4.1) і (4.19);

$d_{Бзi_2}$  – показник ризику канцерогенних ефектів на здоров'я населення одиниці об'єму  $i$ -го технологічного процесу, що визначається за формулою (4.1) і (4.20);

$m_{Б.зi_1}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику неканцерогенних ефектів;

$m_{Б.зi_2}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику канцерогенних ефектів;

$d_{Б.сi}$  – показник соціального ризику впливу  $i$ -го технологічного процесу на одиницю його об'єму, який розраховується за формулою (4.1) і (4.22);

$m_{Б.пi}$ ,  $m_{Б.свi}$ ,  $m_{Б.гi}$ ,  $m_{Б.еi}$ ,  $m_{Б.вi}$ ,  $m_{Б.зi}$ ,  $m_{Б.сi}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

$D_{Bi}$  – показник біосферної сумісності  $i$ -го технологічного процесу на одиницю його об'єму;

$V_i$  – об'єм  $i$ -го технологічного процесу при будівництві будівлі.

### 4.2.3 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу експлуатації будівлі.

Показник біосферної сумісності етапу експлуатації (життя) будівлі  $D_{\text{Ж}}$  є комплексним показником, що враховує вплив на біосферу процесів, що тривають під час її експлуатації. Цей показник пропонується розраховувати за формулою:

$$D_{\text{Ж}} = (D_{\text{П.П}})^{m_{\text{П.В}}} \cdot (D_{\text{П.Р}})^{m_{\text{П.Р}}} \cdot (D_{\text{К.Р}})^{m_{\text{К.Р}}}, \quad (4.23)$$

де  $D_{\text{П.П}}$  – показник біосферної сумісності повсякденних процесів, пов'язаних з експлуатацією будівлі;

$D_{\text{П.Р}}$  – показник біосферної сумісності поточних ремонтів;

$D_{\text{К.Р}}$  – показник біосферної сумісності капітальних ремонтів;

$m_{\text{П.В}}, m_{\text{П.Р}}, m_{\text{К.Р}}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

Показник біосферної сумісності повсякденних процесів  $D_{\text{П.П}}$  пропонується розраховувати за формулою (4.13), де індекс «М» замінюється на індекс «П.П», при цьому члени, що входять у формулу, будуть мати такі значення:

$d_{\text{П.П.п.ij}}, d_{\text{П.П.с.в.ij}}, d_{\text{П.П.г.ij}}$  – показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, які розраховуються за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустиме значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;  $x$  – фактичне значення викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;

$m_{\text{П.П.п.ij}}, m_{\text{П.П.с.в.ij}}, m_{\text{П.П.г.ij}}$  – вагові коефіцієнти показників забруднення відповідно повітря, стічних вод та ґрунту  $j$ -ої забруднюючої речовиною для  $i$ -го повсякденного процесу;

$k$  – кількість забруднюючих речовин, що викидаються при  $i$ -му повсякденному процесі;

$d_{П.П.пи}$ ,  $d_{П.П.сви}$ ,  $d_{П.П.ги}$  – комплексні показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт забруднюючих речовин на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;

$d_{П.П.еi}$  – показник енергоємності одиниці об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустима витрата енергії на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу,  $x$  – фактична витрата енергії на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;

$d_{П.П.ви}$  – показник відновлення природного середовища на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.16), де  $N$  – кількість років експлуатації будівлі,  $x$  – кількість років, необхідних природі на відновлення пошкоджень, пов'язаних з проведенням одиниці об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;

$d_{П.П.зи}$  – показник впливу на здоров'я населення на одиницю об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, який розраховується за формулою (4.18) при заміні індексу «М» на індекс «П.П», при цьому члени, що входять у формулу будуть мати такі значення:

$d_{П.П.зи_1}$  – показник ризику неканцерогенних ефектів на здоров'я населення одиниці об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, що визначається за формулами (4.1) і (4.19);

$d_{П.П.зи_2}$  – показник ризику канцерогенних ефектів на здоров'я населення одиниці об'єму  $i$ -го повсякденного процесу, що визначається за формулою (4.1) і (4.20);

$m_{П.П.зи_1}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику неканцерогенних ефектів;

$m_{П.П.зи_2}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику канцерогенних ефектів;

$d_{П.П.си}$  – показник соціального ризику впливу  $i$ -го повсякденного процесу на одиницю його об'єму, який розраховується за формулою (4.1) і (4.22);



$m_{П.Ппи}, m_{П.Псви}, m_{П.Пги}, m_{П.Пеи}, m_{П.Пви}, m_{П.Пзи}, m_{П.Пси}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

$D_{Bi}$  – показник біосферної сумісності  $i$ -го повсякденного процесу на одиницю його об'єму;

$V_i$  – об'єм  $i$ -го повсякденного процесу за строк експлуатації будівлі.

Показник біосферної сумісності поточних ремонтів  $D_{П.Р}$  пропонується розраховувати за формулою:

$$D_{П.Р} = (D_{M1})^{m_{M1}} \cdot (D_{B1})^{m_{B1}} \cdot (D_{D1})^{m_{D1}}, \quad (4.24)$$

де  $D_{M1}$  – показник біосферної сумісності матеріалів та виробів заводського виготовлення, необхідних для проведення поточних ремонтів, що визначається аналогічно  $D_M$ ;

$D_{B1}$  – показник біосферної сумісності процесу проведення поточних ремонтів, що визначається аналогічно  $D_B$ ;

$D_{D1}$  – показник біосферної сумісності утилізації матеріалів та конструкцій які були вилучені у при поточних ремонтах, що визначається аналогічно  $D_D$ ;

$m_{M1}, m_{B1}, m_{D1}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

Показник біосферної сумісності капітальних ремонтів  $D_{К.Р}$  пропонується розраховувати за формулою, аналогічною (4.24).

#### **4.2.4 Розрахунок показника біосферної сумісності етапу демонтажу будівлі.**

Показник біосферної сумісності етапу демонтажу будівлі та утилізації відпрацьованих матеріалів та конструкцій  $D_D$  є комплексним показником, що враховує вплив на біосферу процесу руйнування будівлі, сортування відходів, транспортування на заводи вторинної переробки для виготовлення

матеріалу або виробу чи на звалища з подальшою утилізацією. Цей показник пропонується визначати за формулою:

$$D_{\text{Д}} = (D_{\text{М2}})^{m_{\text{М2}}} \cdot (D_{\text{Р}})^{m_{\text{Р}}}, \quad (4.25)$$

де  $D_{\text{М2}}$  – показник біосферної сумісності матеріалів при руйнуванні будівлі;

$D_{\text{Р}}$  – показник біосферної сумісності процесу руйнування та транспортування відходів на заводи вторинної переробки чи утилізації;

$m_{\text{М2}}, m_{\text{Р}}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

Показник біосферної сумісності матеріалів при руйнуванні будівлі  $D_{\text{М2}}$  пропонується розраховувати за формулою (4.13), де індекс «М» замінюється на індекс «М2», при цьому члени, що входять у формулу будуть мати такі значення:

$d_{\text{М2.п}ij}, d_{\text{М2.св}ij}, d_{\text{М2.г}ij}$  – показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го матеріалу при його утилізації, які розраховуються за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустиме значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го утилізованого матеріалу;  $x$  – фактичне значення викидів  $j$ -ої забруднюючої речовини на одиницю об'єму  $i$ -го утилізованого матеріалу;

$m_{\text{М2.п}ij}, m_{\text{М2.св}ij}, m_{\text{М2.г}ij}$  – вагові коефіцієнти показників забруднення відповідно повітря, стічних вод та ґрунту  $j$ -ої забруднюючої речовиною для  $i$ -го утилізованого матеріалу;

$k$  – кількість забруднюючих речовин, що викидаються при утилізації  $i$ -го матеріалу;

$d_{\text{М2.п}i}, d_{\text{М2.св}i}, d_{\text{М2.г}i}$  – комплексні показники викидів відповідно у повітря, стічні води та ґрунт забруднюючих речовин на одиницю об'єму при утилізації  $i$ -го матеріалу;

$d_{M2.ei}$  – показник енергоємності утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.14), де  $N$  – нормативно допустима витрата енергії на утилізацію одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу,  $x$  – фактична витрата енергії на утилізацію одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу;

$d_{M2.vi}$  – показник відновлення природного середовища при утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, який розраховується за формулами (4.1) і (4.16), де  $N$  – прийнятий еталонний термін відновлення,  $x$  – кількість років, необхідних природі на відновлення пошкоджень, пов'язаних з проведенням одиниці об'єму  $i$ -го повсякденного процесу;

$d_{M2.zi}$  – показник впливу на здоров'я населення утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, який розраховується за формулою (4.18) при заміні індексу «М» на індекс «M2», при цьому члени, що входять у формулу будуть мати такі значення:

$d_{M2zi\_1}$  – показник ризику неканцерогенних ефектів на здоров'я населення утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, що визначається за формулами (4.1) і (4.19);

$d_{M2zi\_2}$  – показник ризику канцерогенних ефектів на здоров'я населення утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, що визначається за формулою (4.1) і (4.20);

$m_{M2zi\_1}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику неканцерогенних ефектів;

$m_{M2zi\_2}$  – ваговий коефіцієнт показника ризику канцерогенних ефектів;

$d_{M2.ci}$  – показник соціального ризику впливу утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу, який розраховується за формулою (4.1) і (4.22);

$m_{M2pi}$ ,  $m_{M2cvi}$ ,  $m_{M2gi}$ ,  $m_{M2ei}$ ,  $m_{M2vi}$ ,  $m_{M2zi}$ ,  $m_{M2ci}$  – вагові коефіцієнти відповідних показників.

$D_{M2 i}$  – показник біосферної сумісності утилізації одиниці об'єму  $i$ -го матеріалу;

$V_i$  – об'єм  $i$ -го утилізованого матеріалу.

Показник біосферної сумісності процесу руйнування та транспортування відходів на заводи вторинної переробки чи утилізації  $D_p$  пропонується розраховувати за формулою, аналогічною (4.24).

#### **Висновки до розділу 4**

1. Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – видобуток та виробництво будівельних матеріалів, будівництво об'єктів, їх експлуатація і демонтаж відпрацьованих будівель. При оцінці біосферосумісного впливу будівельних матеріалів слід враховувати вплив на навколишнє середовище не тільки самого матеріалу, але й усього комплексу процесів, що супроводжують матеріал за його повний життєвий цикл – від видобутку до повного знищення, поховання чи, що більш бажано, повторного використання для одержання нових матеріалів або виробів.

2. Розроблення методики оцінювання впливу об'єктів БСБ виконано на основі оцінок впливу будівель за узагальненою функцією бажаності Харрінгтона, що дозволило отримати способи універсалізації загального підходу до проблеми оцінювання ефективності існуючих і проєктованих об'єктів різного призначення, а також досліджувати можливість оптимізації як самих методів порівняння, так і процесу розробки нових проєктних рішень за умови дотримання критеріїв БСБ. Методика впроваджує розрахунок показників біосферної сумісності матеріалів та виробів, етапу будівництва, етапу експлуатації будівлі, етапу демонтажу будівлі.

3. Запроваджена в даному розділі аналітична система прийняття рішень є цілком адаптованою до сучасних вимог щодо забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель та споруд, які визначені Міжнародними нормами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design). Згідно вимог Eurocode, даний інструментарій розглядає надійність

будівельного об'єкту як поєднання безпеки, придатності до нормальної експлуатації і довговічності. Безпечність розглядається як властивість будівельного об'єкта зберігати придатність до експлуатації впродовж передбаченого терміну без потенційної загрози життю і здоров'ю людей.

4. Мультикритеріальність опису біотехносередовища та адаптованість до місця, призначення і прикладних переваг BIM-технологій є провідними аналітичними характеристиками створеного інструментарію організації біосферосумісного будівництва. Характеристика БСБ – як провідна архітектурно-процесуальна характеристика створюваного інструментарію – забезпечує належні для специфіки проекту біосферосумісного будівництва візуалізацію, структуризацію та моделювання основних фаз, стадій та етапів будівельного проекту у відповідності з організаційно-технологічним змістом робіт, архітектурно-будівельними елементами будівельного об'єкту, складовими фронту та станом БСБ.

5. Застосований на підставі вищезазначених міркувань апарат оцінювання рівня БСБ – на ґрунті використання універсальної функції Харрінгтона та семантичної шкали оцінювання – забезпечує формалізовану трансформацію мультифакторних оцінок в сукупний (інтегральний) показник біосферосумісності будівництва. Зазначений інтегральний показник – на поточній координаті впровадження проекту – коригується з нормативними вимогами. Результати оцінювання дають підстави для подальшого коригування організаційно-технологічних рішень з метою приведення рівня БСБ у відповідність з директивними вимогами.

Основні положення розділу 4 опубліковані автором у працях [327, 328, 335, 338, 339, 348, 349, 352, 354, 389, 390].

## РОЗДІЛ 5

### АНАЛІТИЧНІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПОНЕНТИ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ОРГАНІЗАЦІЇ БІОСФЕРОСУМІСНОГО БУДІВНИЦТВА

Модульність і багатоваріантність є одним із головних принципів забезпечення гнучкості будівельного виробництва. У будівництві тривалість, кошторисна вартість, трудомісткість та інші організаційно-технологічні характеристики є ймовірнісними в силу впливу на них випадкових факторів, тому вони повинні характеризуватися розподілами, що відображають ймовірності досягнення запроєктованих величини цих показників. Це твердження повною мірою відноситься і до проміжних (за етапами і стадіями втілення девелоперського проекту) та підсумкових результатів біосферосумісності проекту (будівель та споруд в його складі), рівень якої знаходиться в певних межах і залежить від ймовірної зміни вихідних даних (проектних рішень) і впливу зовнішніх умов (процесів будівництва і експлуатації, що зазнають впливу як внутрішніх, так і зовнішніх чинників). Вивчення на основі ймовірнісно-статистичного принципу моделей і методів, що застосовуються для дослідження таких складних систем, як ДБП, виявило, що проблеми організації БСБ мають вирішуватись із обов'язковим застосуванням динамічно-оцінюваних і коригованих ймовірнісно-стохастичних оцінок, в яких провідні організаційно-технологічні характеристики та рівень БСБ є випадковими величинами.

Дослідження даного розділу відображають продуктивні результати спрямування змісту та прикладних інструментів динамічного вейвлет-аналізу для вирішення завдань організації будівництва на засадах біосферосумісності.

В даному розділі відображено зміст та науково-прикладні інновації складених на ґрунті вейвлет-аналізу тих складових створеного

інструментарію організації БСБ, які надалі будуть використані системою адміністрування ДБП в якості основних аналітико-прикладних засобів організаційно-технологічної регламентації підготовки та реалізації ДБП на засадах БСБ:

А) компонента компромісної оптимізації організаційно-технологічних та функціональних рішень ДБП;

В) організаційно-технологічна компонента локалізації вимог БСБ на рівні окремих комплексів будівельних та спеціальних робіт, що віддані девелопером і замовником для виконання окремим субпідрядникам ДБП;

С) методичний інструментарій вейвлет-аналізу, прикладні компоненти якого в даній роботі були переналаштовані для виконання завдань динамічної стохастичної оцінки впливу важко передбачуваних дій факторів зовнішнього середовища ДБП на зміну його організаційно-технологічних характеристик та підсумкового показника біосферосумісності будівельного проекту;

Д) аналітичний комплекс виявлення переваг застосування енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії для забезпечення біосферосумісності будівельного проекту;

Е) модернізація формату застосування та організаційно-технологічних рішень щодо інтегрального освітлення будівель і споруд як об'єктів БСБ.

Призначення компоненти А) полягає в альтернативному моделюванні динамічних функціоналів типу (5.1), які відображають зміну (абсолютний та відносний приріст або скорочення) провідних організаційно-технологічних характеристик ДБП (тривалість та кошторисна вартість), що розглядаються як залежні змінні від дії аргументів, в якості яких використано домінанти 1-7 (рис. 5.1), що визначені попередніми компонентами інструментарію.

На рис. 5.2 представлено фрагмент функціоналу, який відображає формалізовані зміни загальної тривалості та кошторисної вартості ДБП під дією домінанти  $d_3$  – «світловий режим приміщень».

Функціонали по всім компонентам інтегруються. Надалі, імперативно, інституційним рівнем ДБП визначаються обмеження щодо можливих змін,

коригувань початкових (планових) значень загальної тривалості будівництва та операційного (інвестиційного) бюджету проекту.

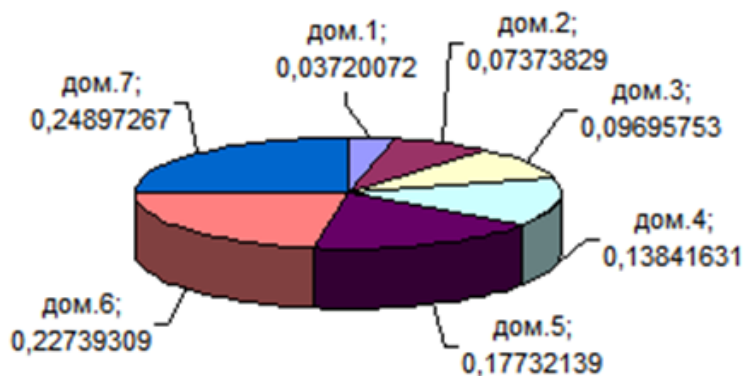


Рисунок 5.1 – Питома вага  $\mathcal{U}_M$  доміант БСБ в остаточному рішенні ДБП

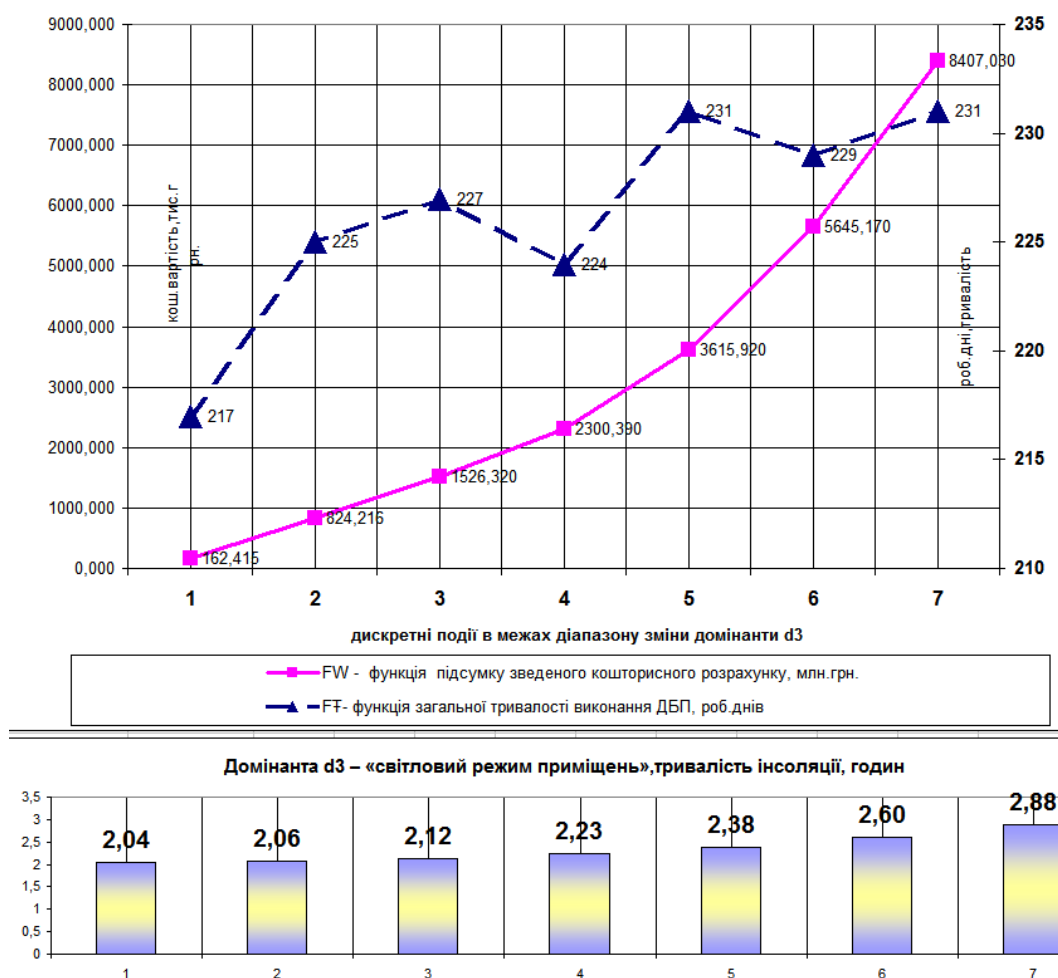


Рисунок 5.2 – Формування функціоналів проекту за окремими доміантами біосферосумісності



Це, в свою чергу, надає обґрунтовані підстави для того, щоб серед численних варіантів ДБП (із змінними домінантами БСБ) обрати той, який надає максимуму рівня БСБ. Такий пошук здійснюється з використанням алгоритмів компромісної оптимізації на ґрунті мінімізації «матриці втрат»:

$$\lambda_M \rightarrow \dot{A}(M;s) \rightarrow \{\dot{A}(M;s) \rightarrow s=1 - N_M\}, \quad (5.1)$$

$$FW_M = f^{ecm} \{ W^{bas}; \lambda_M \}, \quad (5.2)$$

$$FT_M = f^{ecm} \{ T^{bas}; \lambda_M \}, \quad (5.3)$$

де  $M$  – порядковий номер домінанти БСБ –  $d_M$ ,  $d_M=1-7$ ;

$\lambda_M$  – номер дискретної події по окремій домінанті,  $d^M=1-7$ , яка реалізує раціонально компромісний варіант ДБП, натуральне число;

$\dot{A}(M;s)$  – локальна альтернатива ДБП – один із варіантів ДБП, який відрізняється від базового зміною окремої домінанти з порядковим номером  $s$ ;

$N_M$  – кількість дискретних подій в межах діапазону змін по окремій домінанті БСБ;

$\{\dot{A}(M;s) \rightarrow s=1-N_M\}$  – множина локальних альтернатив ДБП, що утворені зміною окремої домінанти в межах дискретного діапазону його зміни;

$FT_M$  – функція загальної тривалості виконання ДБП, визначена як залежна змінна від номеру дискретної події  $\lambda_M$  по окремій домінанті,  $d^M=1-7$ ; робочі дні;

$T^{bas}$  – загальна тривалість виконання ДБП в базовому (плановому) варіанті, робочих днів;

$FW_M$  – локальна функція загального операційного бюджету ДБП або підсумку зведеного кошторисного розрахунку, визначена як залежна змінна від номеру дискретної події  $\lambda_M$  по окремій домінанті,  $d^M=1-7$ ; млн. грн.;

$W^{bas}$  – підсумок зведеного кошторисного розрахунку в базовому (плановому) варіанті проекту, млн. грн.;

$f^{ecm}$  – позначення, що відображає економетричний характер побудови функцій;

$|RT\{\lambda_1, \dots, \lambda_2 \dots \lambda_M\}|$  - підсумковий вектор раціонально компромісної оптимізації, елементами якого є номери окремих варіантів (подій)  $\lambda_M$  щодо домінант (1-7), що за результатами розрахунку матриці втрат визначають компромісно раціональну альтернативу;

$rg_M$  – ранг пріоритет врахування домінанти БСБ в раціонально-компромісному щодо БСБ варіанті ДБП, раціональне число;

$\acute{\alpha}_M$  – ваговий коефіцієнт врахування домінанти БСБ в раціонально-компромісному щодо БСБ варіанті ДБП, частка одиниці (рис. 5.2).

З урахуванням локального простору варіантів ДБП в межах  $\{\acute{A}(M;s) \rightarrow s=1-N_M\}$  по кожній домінанті, матимемо разом варіантів  $N_1 \cdot N_2 \cdot \dots \cdot N_7$ , що складатимуть простір вибору.

Далі обираються такі варіанти, які неточно (в межах дискретного діапазону) задовольняють вимогам врахування домінанти БСБ через  $\acute{\alpha}_M$  – по 2 події по кожній домінанті, тобто матимемо 14 варіантів. На представленому на рис. 5.2 прикладі з урахуванням, що показник  $\acute{\alpha}_M$  для третьої домінанти складає  $\acute{\alpha}_3=0,097$ , матимемо, що в першому наближенні раціонально-компромісне значення  $d_3^{\wedge}$  для домінанти  $d_3$  складатиме:

$$d_3^{\wedge}=2,04 + (2,88-2,04) \cdot 0,097 = 2,1215. \quad (5.4)$$

Обираємо найближчі до цього значення  $d_3^{\wedge}=2,1215$  дві події 3 та 4, зі значеннями  $d_3(3)=2,12$  та відповідно  $d_3(4)=2,23$ . Аналогічно розрахункам, візуалізованим на рис. 5.2, формуємо цілісне поле варіантів по всім домінантам, обираємо по ним по дві події. Для остаточного вибору матимемо максимально  $14^2=196$  варіантів. З цього числа відкинемо ті, що не

відповідають граничним обмеженням інституційних учасників щодо максимально можливого перевищення базових значень  $W^{bas}$  та  $T^{bas}$ .

Далі по всім варіантам оцінюємо рівень різнозважених відносних середніх втрат (%) щодо кошторисної вартості та тривалості виконання робіт в цілому по проекту:

$$\{FW(\tilde{n}) \leq W^{max} \ \& \ FT(\tilde{n}) \leq_M T^{max}\} \rightarrow \tilde{n} = 1, 2, \dots, N^{or} \quad (5.5)$$

$$\|matr-L(\tilde{n})\| = 0,65 \cdot [(W^{bas} - FW(\tilde{n})) / W^{bas}] + 0,35 \cdot [(FT(\tilde{n}) - T^{bas}) / T^{bas}] \quad (5.6)$$

$$\|matr-L(\tilde{n})\| \rightarrow \min; \tilde{n} \rightarrow \hat{A}(\tilde{n}) \rightarrow \hat{A}^{c,opt}, \quad (5.7)$$

де  $\tilde{n}$  – порядковий номер альтернативи ДБП з простору остаточного формалізованого відбору;

$N^{or}$  – кількість альтернатив (75), що задовольняють обмеженням (5.6) та лишилися для остаточної раціоналізації та відбору з числа, що було одержано попередньо (144);

$\|matr-L(\tilde{n})\|$  – елемент «матриці втрат» по кожній з альтернатив, що лишилися зі 144 первинних альтернатив ДБП;

$\hat{A}(\tilde{n})$  – модельована альтернатива реалізації ДБП з порядковим номером в межах від 1 до  $N^{or}$ .

Варіант раціонально-компромісної альтернативи  $\hat{A}^{c,opt}$  для ДБП, який надасть мінімальних значень «матриці втрат», слід обирати для впровадження.

Наступна складова інструментарію – В-компонента – здійснює реструктуризацію змісту обраної А-компонентної альтернативи ДБП  $\hat{A}^{c,opt}$ , яка забезпечує раціонально-компромісний рівень задоволення вимог БСБ для інституційних учасників проекту – на рівень організацій-виконавців (субпідрядників в девелоперському проекті).

Призначенням С-компоненти є подолання віртуальної невизначеності циклу реалізації ДБП. З використанням динамічного вейвлет-аналізу ця компонента враховує дію окремих важко передбачуваних факторів

зовнішнього та внутрішнього середовища через стохастичні події. Зазначені стохастичні події використовуються як аргументи для коригування залежних від них провідних організаційно-технологічних характеристик ДБП – тривалості та кошторисної вартості виконання стадій і комплексів робіт, а також результуючого показника інструментарію – рівня біосферосумісності об'єкту.

### **5.1 Стохастичне моделювання та виявлення рівня невизначеності біотехносередовища будівельного проекту із застосуванням методичного апарату та прикладних інструментів вейвлет-аналізу**

Вейвлет-перетворення (ВП) одновимірного сигналу є представлення його у вигляді узагальненого ряду із системою базисних функцій:

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (5.8)$$

який містить материнський вейвлет  $\psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$  з параметром часового масштабу  $a$  та зсуву в часі  $b$ .

В якості базисних функцій можна застосовувати широкий набір вейвлетів, які обов'язково повинні мати такі основні властивості:

1. Обмеженість. Квадрат норми функції повинен бути кінцевим:

$$\|\psi\|^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty. \quad (5.9)$$

2. Локалізація. Вейвлет-перетворення застосовує локалізовану базисну функцію по часу та по частоті:

$$|\psi(t)| \leq C(1 + |t|)^{l - \varepsilon}. \quad (5.10)$$

3. Нульове середнє. Графік базисної функції повинен осцилювати та мати нульову площину:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0. \quad (5.11)$$

4. Самоподібність (автомодельність). Всі вейвлети конкретного сімейства мають те саме число осциляцій, що і материнський вейвлет, бо отримані з нього масштабним перетворенням  $a$  та зсувом  $b$ .

Базисні вейвлет-функції широко представлені в [13]. Вони можуть бути дискретними або неперервними, дійсними або комплексними. Існують базисні вейвлети, які описуються аналітично у вигляді формул. Наприклад, Mhat-вейвлет (mexican hat) є дійсним неперервним базисом. Його аналітичний запис має вигляд:

$$\psi(t) = (1 - t^2) \exp(-t^2 / 2), \quad (5.12)$$

спектральна щільність:

$$\Psi(\omega) = (i\omega) \sqrt{2\pi} \exp(-\omega^2 / 2). \quad (5.13)$$

Існують також вейвлет-функції, які задаються ітераційними виразами, що легко обчислюються комп'ютерами. Наприклад, вейвлет Добеші (Daubechies), що реалізовано в програмі Mathcad. Вибір конкретного типу вейвлету залежить від поставленої задачі та характеристик сигналу (впливу).

Вейвлет-спектр є функцією двох аргументів: часового масштабу  $a$ , який обернений до частоти, та зсуву сигналу по часу  $b$ :

$$W(a, b) = \left( S(t), \psi_{ab}(t) \right) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad (5.14)$$

де  $S(t)$  – сигнал:

$$S(t) = \frac{1}{C_{\psi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} W_s(a, b) \psi_{ab}(t) \frac{dadb}{a^2}, \quad (5.15)$$

$C_{\psi}$  – нормуючий коефіцієнт:

$$C_{\psi} = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Psi(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega < \infty, \quad (5.16)$$

$\psi(\omega)$  – Фур'є-перетворення вейвлета  $\psi(t)$ . Для ортонормованих вейвлетів  $C_{\psi} = 1$ .

Способи візуалізації вейвлет-спектру можуть бути різними. Найбільш широко застосовується візуалізація у вигляді площини  $ab$  з локалізацією екстремумів коефіцієнтів або у вигляді поверхні в тривимірному просторі.

Дискретне вейвлет-перетворення сигналу:

1. Діадне вейвлет-перетворення. Виконується дискретизація параметрів  $a$  та  $b$  через степені двійки:

$$a = 2^m, \quad b = k \cdot 2^m, \quad \psi_{mk} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \psi\left(2^{-m}t - k\right), \quad (5.17)$$

де  $m$  і  $k$  – цілі числа.

2. Дискретне на основі теореми Котельнікова. Спектр сигналу не містить частот більших за  $f_m$  і повністю визначається дискретною послідовністю своїх миттєвих значень:

$$S(t) = \{S\}_i = \sum_{i=1}^{N-1} S(i\Delta t) \delta(t - i\Delta t), \quad (5.18)$$

де  $N = 2^{n_0}$  – число відліків;

$\Delta t = 1/2f_m$  – крок по часу;

$f_{\partial} = 1/\Delta t = 2f_m$  – частота дискретизації;

$\delta(t - i\Delta t)$  – дельта-функція.

3. Швидке вейвлет-перетворення сигналу (кратномасштабний аналіз (КМА)). Сигнал  $s(t)$  представляється у вигляді сукупності послідовних наближень грубої (апроксимуючої)  $A_m(t)$  та уточнюючої (деталізуючої)  $D_j(t)$  складової:

$$S(t) = A_m(t) + \sum_{j=1}^m D_j(t) = \sum_k a_{mk} \varphi_{mk}(t) + \sum_k d_{mk} \psi_{mk}(t), \quad (k = 1, 2, \dots, N), \quad (5.19)$$

де коефіцієнти  $a_{mk}$  і  $d_{mk}$  залежать від базисних функцій  $\varphi(t)$  та  $\psi(t)$ .

Ці функції однозначно визначаються коефіцієнтами  $h_n$  ( $n$  – степінь вейвлету):

$$\varphi(t) = 2 \sum_n h_n \varphi(2t - n); \quad \psi(t) = 2 \sum_n g_n \varphi(2t - n); \quad (5.20)$$

$$h_n = (\varphi(t), \varphi(2t - 1)); g_n = (-1)^n h_{2k - 1 - n}.$$

В роботі досліджена ефективність застосування вейвлет-перетворення для аналізу сигналів різної природи порівняно з перетворенням Фур'є. Результати аналізу таких сигналів повинні містити не тільки загальну частотну характеристику (розподіл енергії сигналу по частотним складовим), але і відомості про певні локальні координати, на яких виявляють себе ті чи інші групи частотних складових або відбуваються швидкі зміни частотних складових сигналу. На відміну від перетворень Фур'є, вейвлет-перетворення одновимірних сигналів забезпечує двовимірну розгортку, при цьому частота і координата розглядаються як незалежні змінні, що дозволяє аналізувати сигнали відразу в двох просторах.

В роботі застосовано дискретне вейвлет-перетворення гармонічного, нелінійного та стохастичного впливів із застосуванням базисних вейвлет-функцій Добеші, які реалізовані в програмному комплексі Mathcad. Основними етапами вейвлет-перетворення є декомпозиція, тобто представлення впливу через базисні вейвлет-функції та коефіцієнти перетворення, аналіз впливу в частотно-часовому просторі (вейвлет-спектрограма) та синтез (реконструкція) впливу для оцінки ефективності застосування конкретної базисної вейвлет-функції.

Спектральний аналіз гармонічного впливу за допомогою швидкого перетворення Фур'є та дискретного вейвлет-перетворення представлено на рис. 5.3-5.6.

$$f(x) := \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{x}{T_0}\right) \quad (5.21)$$



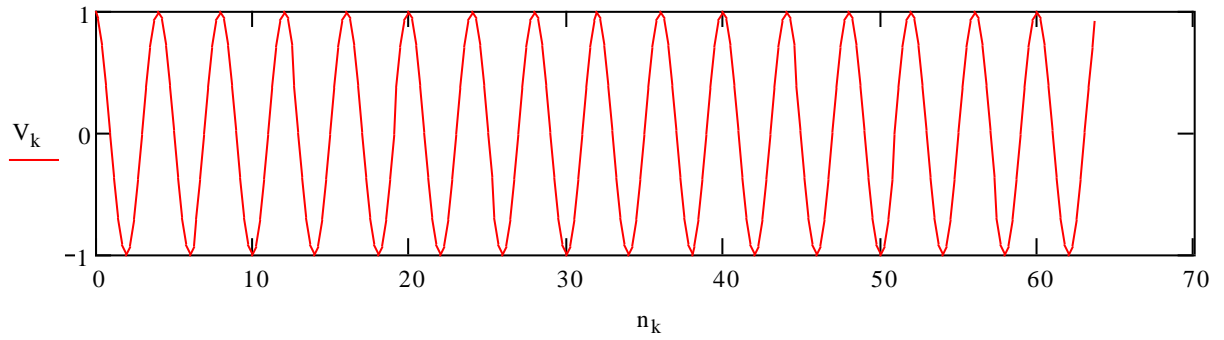


Рисунок 5.3 – Гармонічний вплив (ТО=4 с)

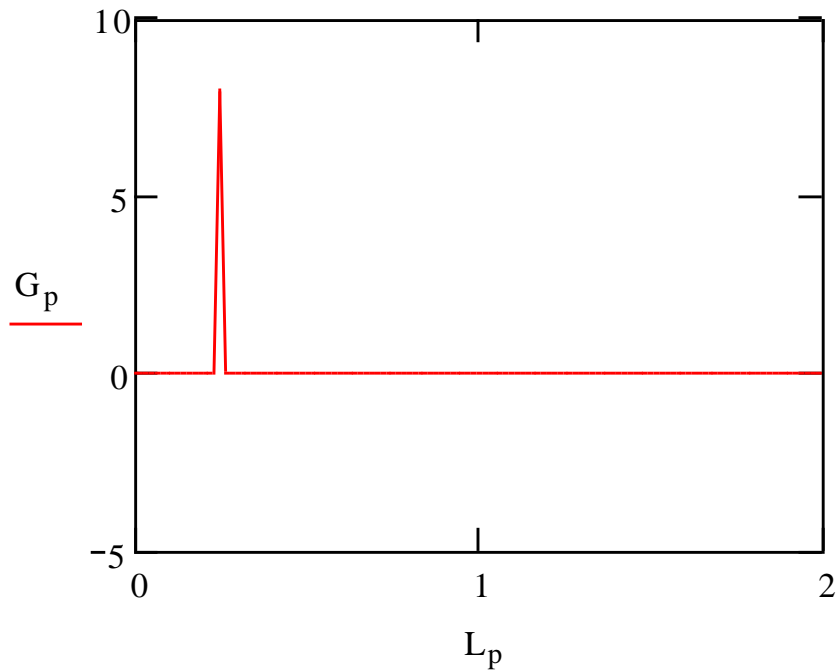


Рисунок 5.4 – Спектр Фур'є гармонічного впливу (0,25 Гц)

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на декомпозицію гармонічного впливу представлено на рис. 5.5.

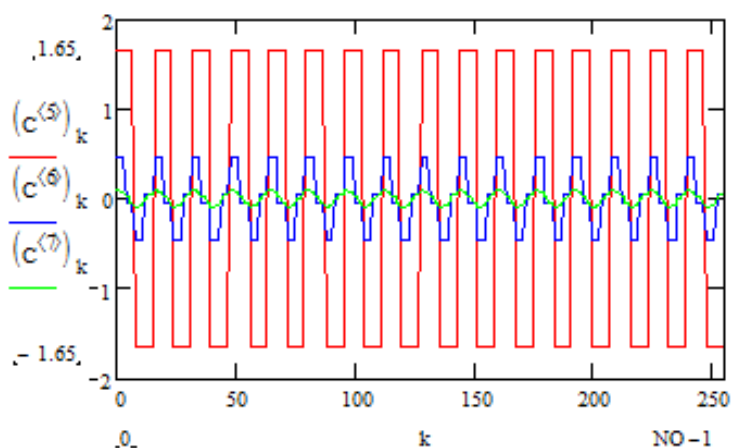


Рисунок 5.5 – Коефіцієнти вейвлет-функції з різними масштабами та зсувом в часі

Вейвлет-перетворення гармонічного впливу в частотно-часовому просторі подано на рис. 5.6.

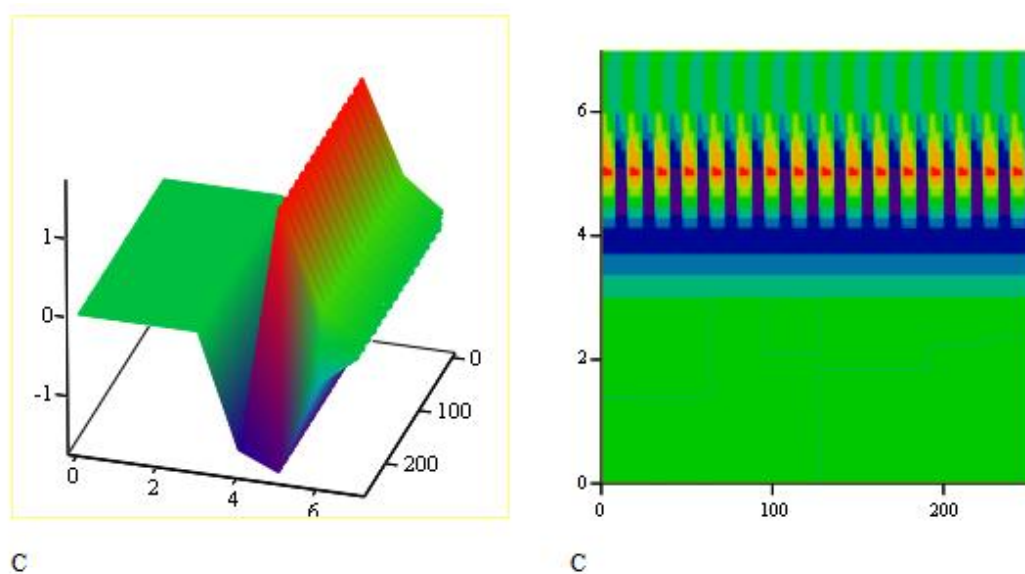


Рисунок 5.6 – Вейвлет-спектрограма гармонічного впливу

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на реконструкцію (синтез) впливу представлено на рис. 5.7.

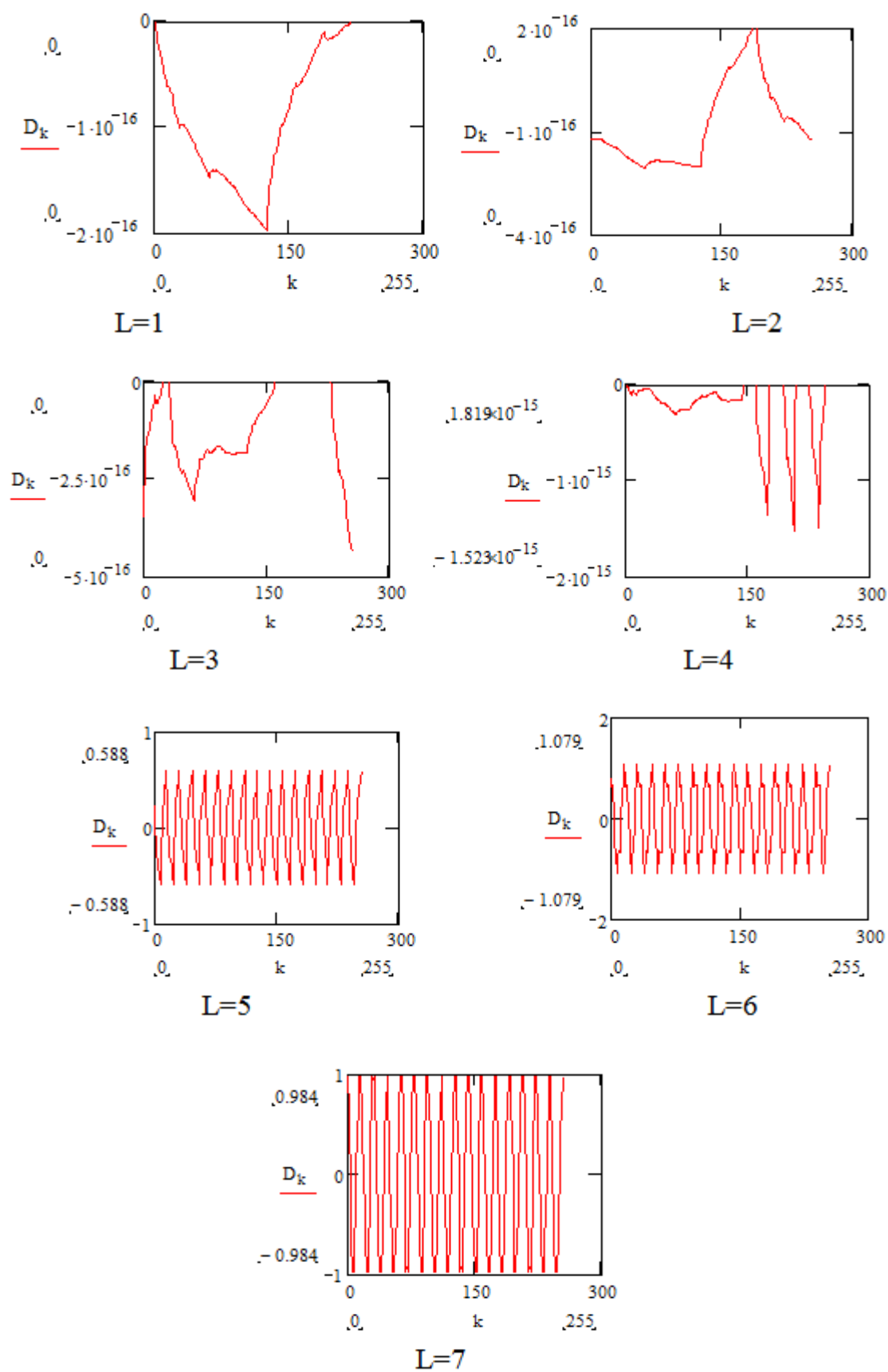


Рисунок 5.7 – Вплив вейвлет-коефіцієнтів на синтез гармонічного впливу

Синтез впливу з урахуванням всіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є представлено на рис. 5.8 та в табл. 5.1.

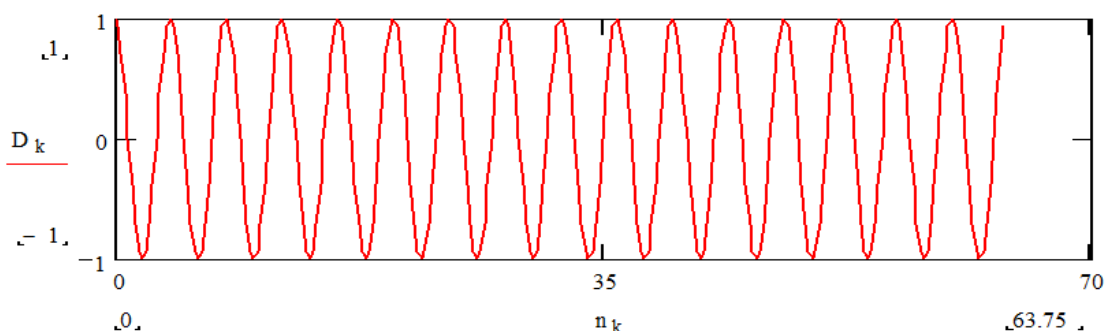


Рисунок 5.8 – Синтез гармонічного впливу

Таблиця 5.1 – Синтез впливу з урахуванням всіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є

k	Вплив, V	Синтез сигналу ШПФ, VV	Синтез сигналу ДВП, D
1	1	1	1
2	0,924	0,9239	0,924
3	0,707	0,7071	0,707
4	0,383	0,3827	0,383
5	0	-2,347e-12	0
6	-0,383	-0,3827	-0,383
7	-0,707	-0,7071	-0,707
8	-0,924	-0,9239	-0,924
9	-1	-1	-1
10	-0,924	-0,9239	-0,924
11	-0,707	-0,7071	-0,707
12	-0,383	-0,3827	-0,383
13	0	2,3468e-12	0
14	0,383	0,3827	0,383
15	0,707	0,7071	0,707
16	0,924	0,9239	0,924
17	1	1	1
18	0,924	0,9239	0,924
19	0,707	0,7071	0,707
20	0,383	0,3827	0,383

На спектрограмі Фур'є гармонічного впливу (рис. 5.4) на основній гармоніці 0,25 Гц спостерігається енергетичний виплеск, але ми не бачимо як веде себе сигнал в часі. На вейвлет-спектрограмі цього впливу (рис. 5.6) простежується наявність однієї частоти протягом всього часу, що свідчить про стаціонарність впливу. Це дає змогу порівняно з перетворенням Фур'є отримати більш якісні характеристики впливу. Реконструкція гармонічного впливу однакова для двох методів його обробки.

Спектральний аналіз нелінійного впливу за допомогою швидкого перетворення Фур'є та дискретного вейвлет-перетворення представлено на рис. 5.9-5.12.

$$f(x) := \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{x}{T_0}\right) \cdot \cos\left(\pi \cdot \frac{x}{T_0}\right) \quad (5.22)$$

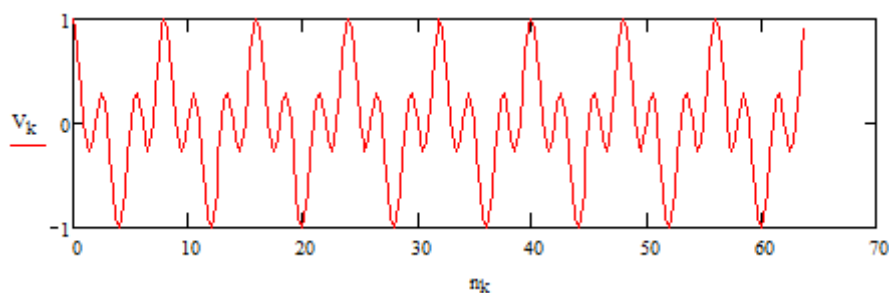


Рисунок 5.9 – Нелінійний вплив ( $T_0=4$  с)

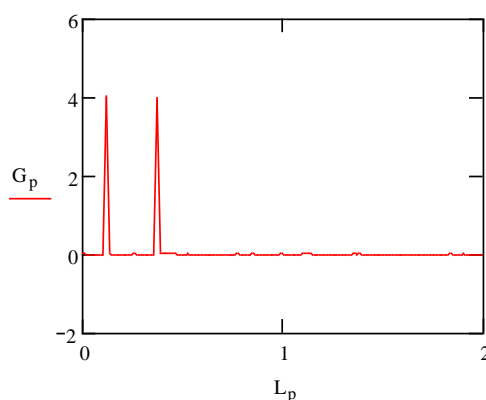


Рисунок 5.10 – Спектр Фур'є нелінійного впливу (0,125 Гц, 0,375 Гц)

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на декомпозицію нелінійного впливу представлено на рис. 5.9.

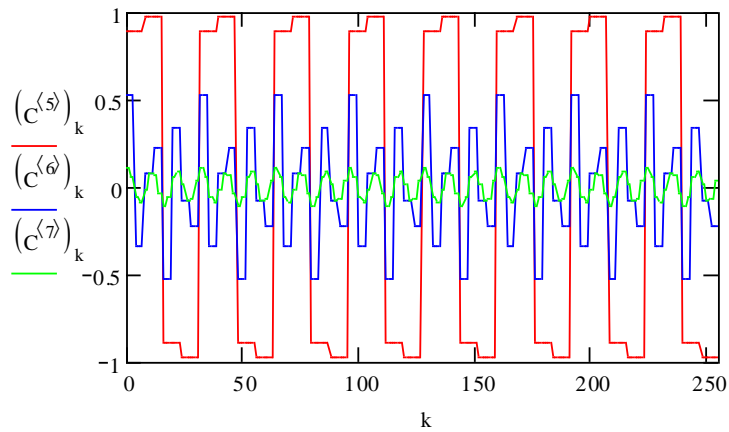


Рисунок 5.11 – Коефіцієнти вейвлет-функції з різними масштабами та зсувом в часі

Вейвлет-перетворення нелінійного впливу в частотно-часовому просторі подано на рис. 5.12.

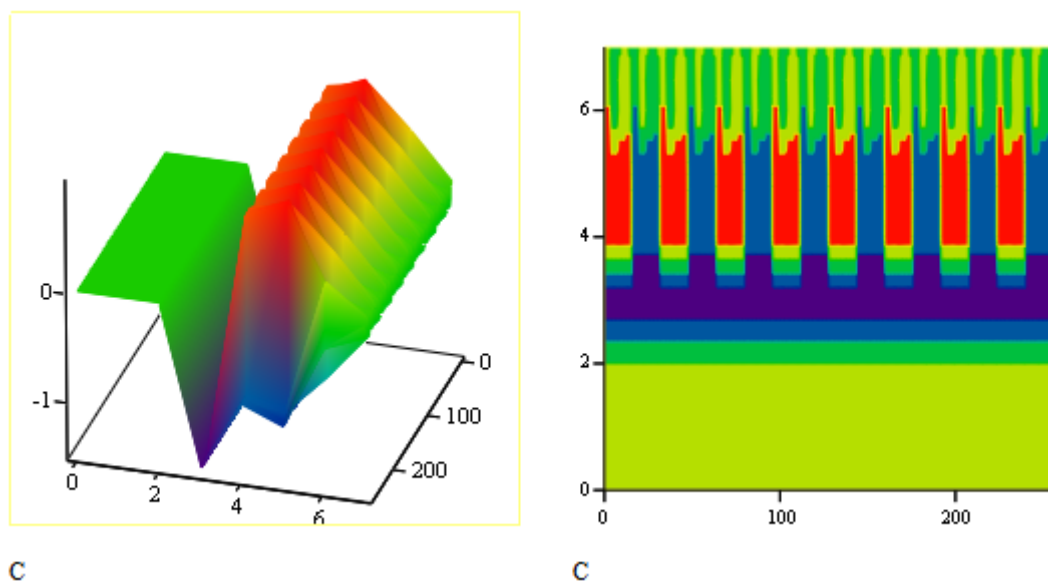


Рисунок 5.12 – Вейвлет-спектрограма нелінійного впливу

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на реконструкцію (синтез) впливу представлено на рис. 5.13.

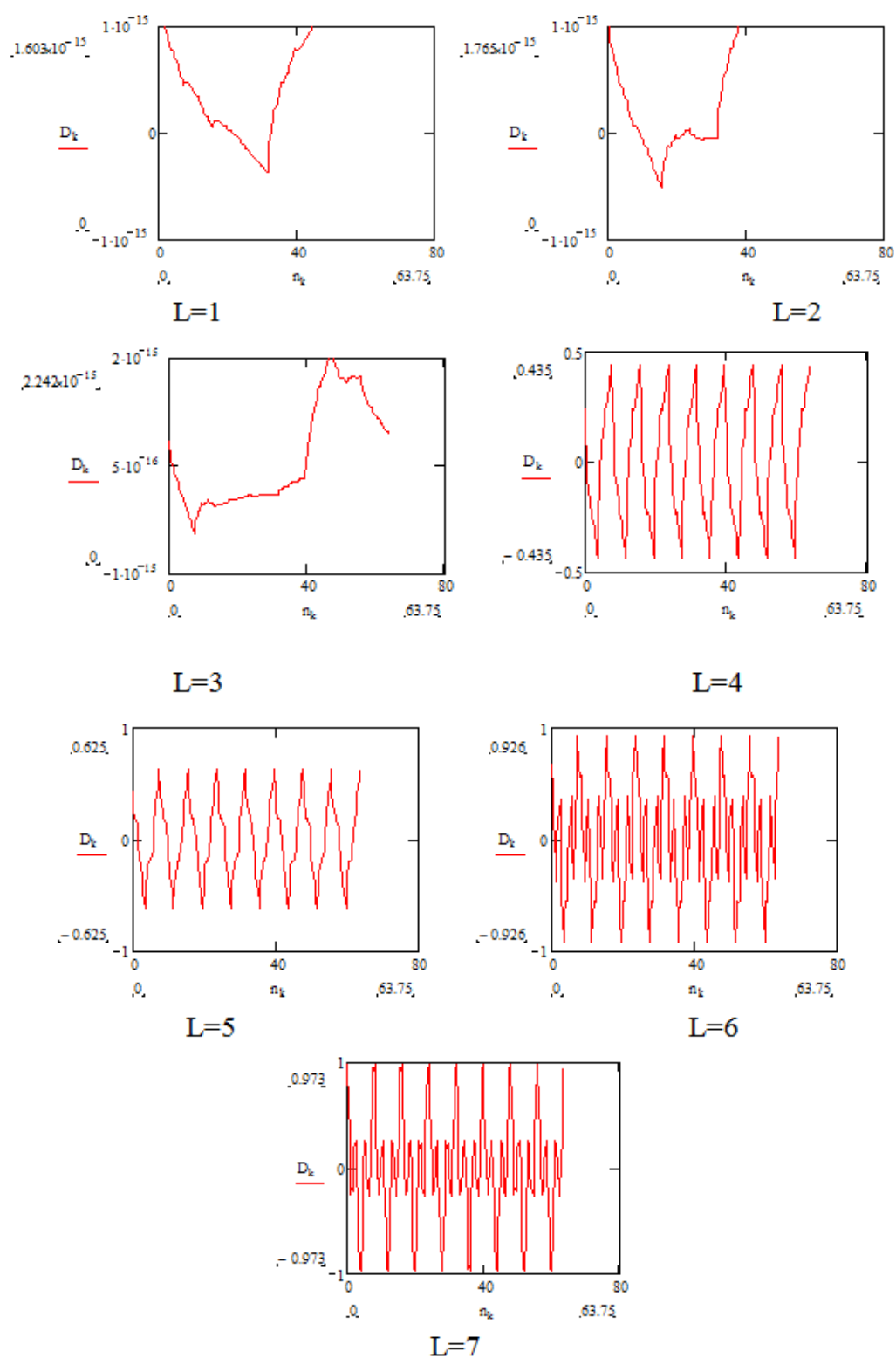


Рисунок 5.13 – Вплив вейвлет-коефіцієнтів на синтез нелінійного впливу

Синтез впливу з урахуванням усіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є представлено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Синтез впливу з урахуванням всіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є

k	Вплив, V	Реконструкція ШПФ, VV	Реконструкція ДВП, D
1	1	1	1
2	0,906	0,9061	0,9061
3	0,653	0,6533	0,6533
4	0,318	0,3182	0,3182
5	0	-5,2542e-13	0
6	-0,213	-0,2126	-0,2126
7	-0,271	-0,2706	-0,2706
8	-0,18	-0,1802	-0,1802
9	0	-1,0039e-13	0
10	0,18	0,1802	0,1802
11	0,271	0,2706	0,2706
12	0,213	0,2126	0,2126
13	0	-7,6123e-13	0
14	-0,318	-0,3182	-0,3182
15	-0,653	-0,6533	-0,6533
16	-0,906	-0,9061	-0,9061
17	-1	-1	-1
18	-0,906	-0,9061	-0,9061
19	-0,653	-0,6533	-0,6533
20	-0,318	-0,3182	-0,3182



На рис. 5.14 представлений спектр Фур'є. На основних частотах 0,125 Гц та 0,375 Гц спостерігаються енергетичні виплески. На вейвлет-спектрограмі протягом всього часу простежуються виплески в діапазоні основних гармонік впливу. Реконструкція нелінійного впливу однакова для двох методів його обробки.

Спектральний аналіз стохастичного впливу, реалізація якого формується за допомогою випадкових чисел, представлено на рис. 5.14-5.17.

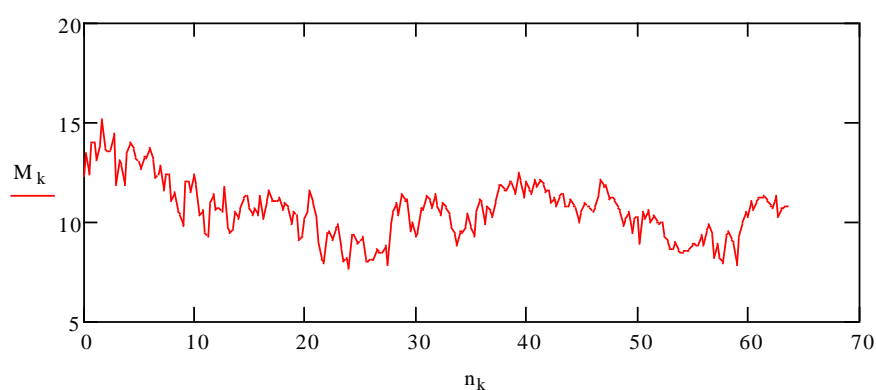


Рисунок 5.14 – Стохастичний вплив

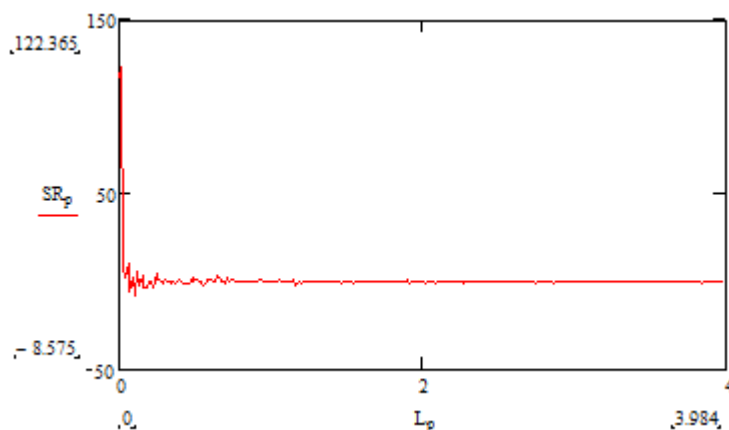


Рисунок 5.15 – Спектр Фур'є стохастичного впливу

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на декомпозицію стохастичного впливу представлено на рис. 5.14. та в табл. 5.3.

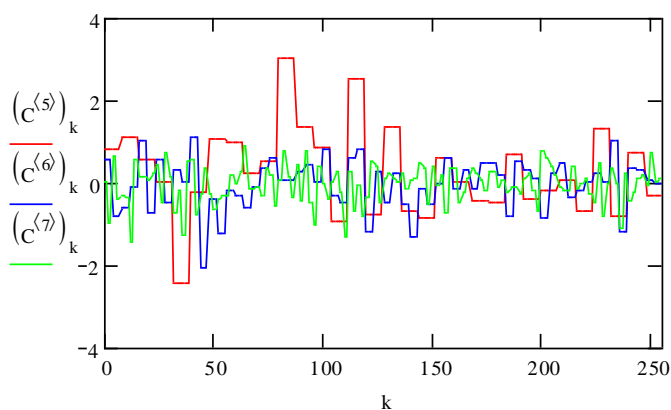


Рисунок 5.16 – Коефіцієнти вейвлет-функції з різними масштабами та зсувом в часі

Таблиця 5.3 – Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на декомпозицію стохастичного впливу

k	Коефіцієнти вейвлет-перетворення при декомпозиції впливу, S						
	C=1	C=2	C=3	C=4	C=5	C=6	C=7
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,032	0,672
2	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,032	0,672
3	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,032	-0,75
4	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,032	-0,75
5	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,534	0,081
6	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,534	0,081
7	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,534	-0,116
8	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,178	0,534	-0,116
9	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	-0,043	0,106
10	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	-0,043	0,106
11	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	-0,043	-0,563
12	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	-0,043	-0,563
13	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	0,42	-6,006e-3

Заверш. табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8
14	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	0,42	-6,006e-3
15	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	0,42	0,148
16	-2,615	-3,723	3,661	-0,81	-0,188	0,42	0,148
17	-2,615	-3,723	3,661	5,987e	1,422	-0,41	0,379
18	-2,615	-3,723	3,661	5,987e	1,422	-0,41	0,379
19	-2,615	-3,723	3,661	5,987e	1,422	-0,41	-0,808
20	-2,615	-3,723	3,661	5,987e	1,422	-0,41	-0,808

Вейвлет-перетворення стохастичного впливу в частотно-часовому просторі подано на рис. 5.17.

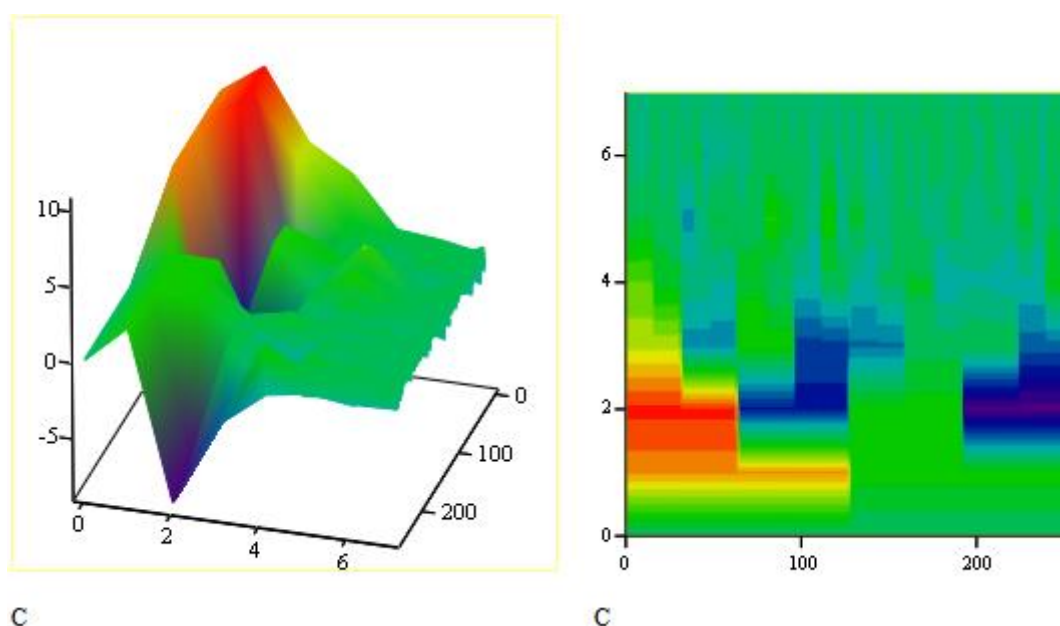


Рисунок 5.17 – Вейвлет-спектрограма стохастичного впливу

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення на реконструкцію (синтез) впливу представлено на рис. 5.18.

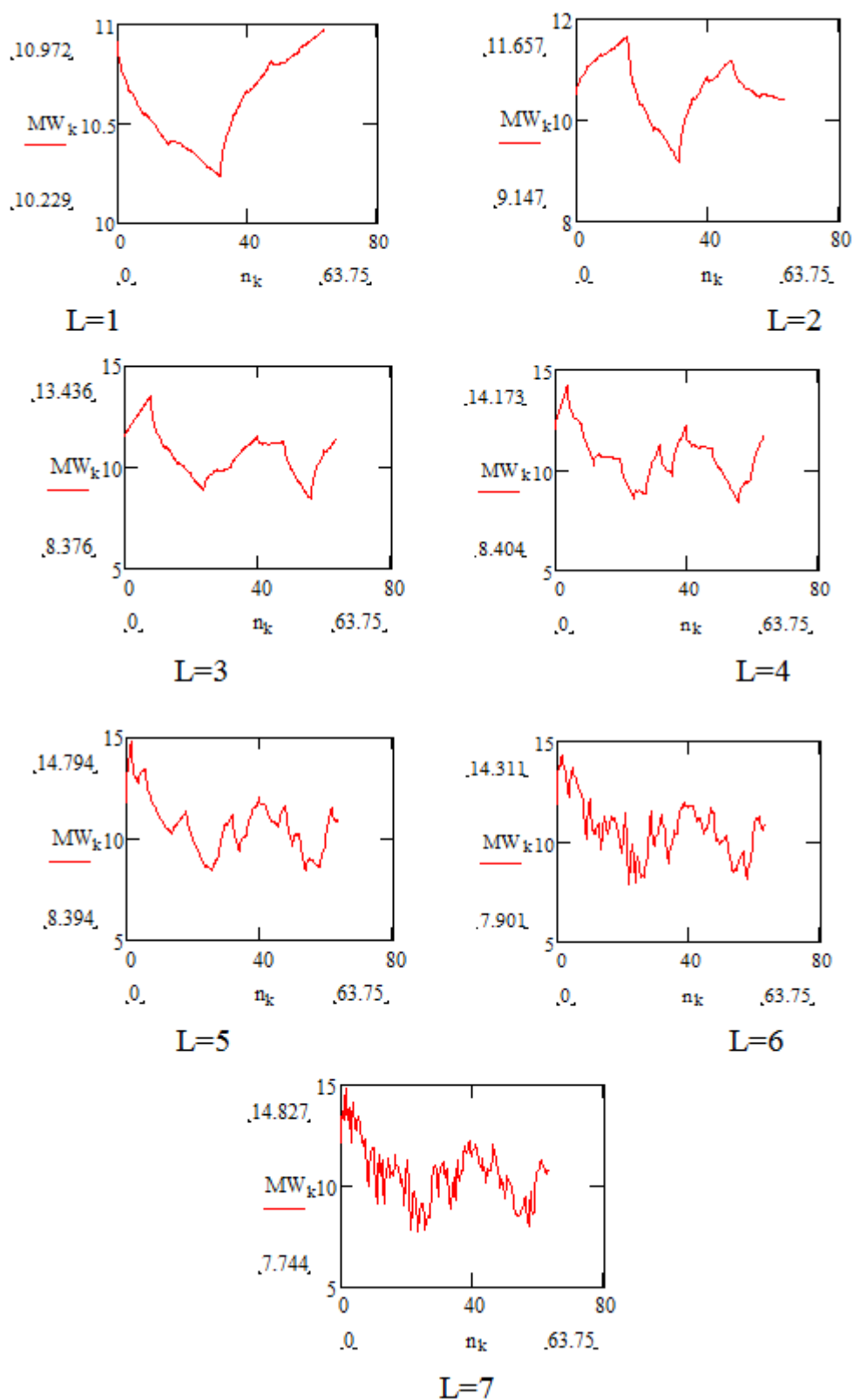


Рисунок 5.18 – Вплив коефіцієнтів на синтез стохастичного впливу

Реконструкція (синтез) впливу з урахуванням всіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є представлено на рис. 5.19 та в табл. 5.4.

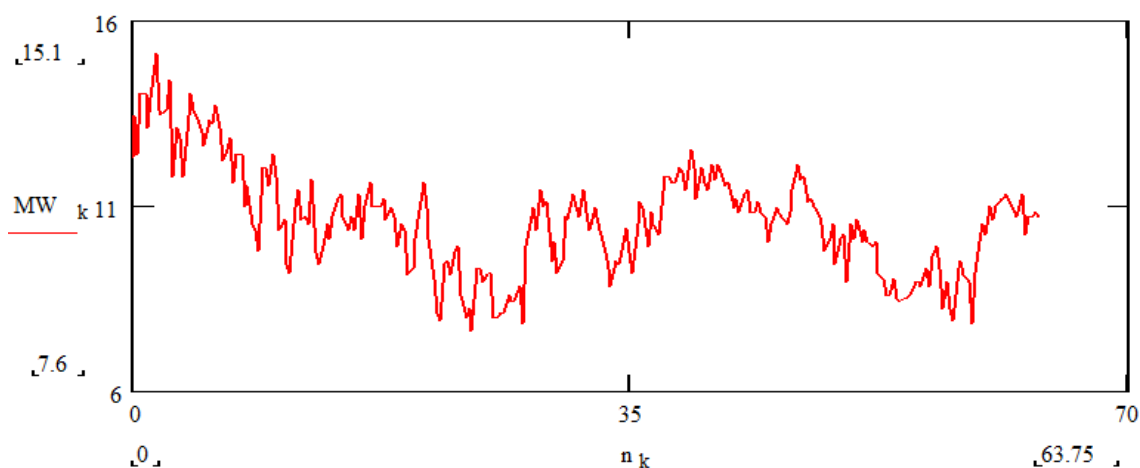


Рис. 5.19. Реконструкція (синтез) стохастичного впливу

Таблиця 5.4 – Реконструкція (синтез) впливу з урахуванням всіх коефіцієнтів вейвлет-перетворення та коефіцієнтів Фур'є

k	Вплив M	Синтез впливу за допомогою коефіцієнтів вейвлет-перетворення, MW							
		L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	L=6	L=7	$\Sigma$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12,3	10,916	10,51	11,463	12,011	11,778	11,91	12,155	12,3
2	13,4	10,875	10,591	11,547	12,187	12,493	12,706	13,19	13,4
3	12,4	10,851	10,64	11,62	12,341	12,939	13,22	13,306	12,4
4	14	10,822	10,698	11,695	12,501	13,457	13,809	13,669	14
5	14	10,81	10,724	11,759	12,639	13,706	13,719	13,41	14
6	13,1	10,793	10,759	11,826	12,783	14,027	13,811	13,317	13,1
7	13,9	10,772	10,802	11,896	12,932	14,42	14,086	14,203	13,9
8	15,1	10,752	10,843	11,965	13,08	14,794	14,311	14,827	15,1
9	13,6	10,747	10,853	12,023	13,206	13,949	13,938	13,826	13,6

Заверш. табл. 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	13,5	10,739	10,871	12,084	13,338	13,43	13,726	13,261	13,5
11	13,6	10,726	10,898	12,148	13,476	13,238	13,674	13,718	13,6
12	14,4	10,715	10,922	12,211	13,612	12,959	13,579	13,901	14,4
13	11,8	10,699	10,955	12,277	13,754	13,006	13,121	13,078	11,8
14	13,1	10,685	10,985	12,342	13,895	12,966	12,76	12,525	13,1
15	12,8	10,671	11,013	12,407	14,034	12,838	12,496	12,363	12,8
16	11,8	10,657	11,042	12,472	14,173	12,733	12,207	12,096	11,8
17	13,4	10,66	11,039	12,525	13,641	12,986	12,878	13,294	13,4
18	14	10,657	11,045	12,581	13,288	13,143	13,291	14,1	14
19	13,6	10,651	11,06	12,641	13,115	13,204	13,447	13,501	13,6
20	13,2	10,646	11,072	12,699	12,895	13,291	13,673	13,278	13,2

На спектрограмі Фур'є стохастичного впливу (рис. 5.15) спостерігається значний енергетичний виплиск на малих частотах і малі виплески на багатьох інших частотах, але не можна визначити локалізацію складових впливу в часі. На вейвлет-спектрограмі (рис. 5.17) простежується наявність однієї домінуючої частоти протягом усього часу, що свідчить про стаціонарність впливу, і наявність інших частотних складових, які локалізовані в обмежених діапазонах часу. Реконструкція стохастичного впливу із застосуванням дискретного вейвлет-перетворення виконано більш точно, ніж за допомогою перетворення Фур'є.

Таким чином, вейвлет-перетворення дає змогу дослідити різні види впливів в частотно-часовому просторі та отримати більш якісні їх характеристики.

## **5.2 Побудова та використання формалізованої моделі квазістаціонарного стохастичного впливу оточуючого середовища проекту БСБ на підсумковий показник біосферосумісності**

Вітрове навантаження відноситься до кліматичних факторів, які носять випадковий характер і мають значний вплив на будівельні споруди. Аналіз сучасних вітчизняних та зарубіжних теоретичних і експериментальних досліджень показав, що існуючі нормативні документи і методики потребують уточнення і розвитку [20, 34, 162, 4, 21, 84, 18]. Важливим напрямком є вдосконалення математичних моделей вітрового навантаження на споруди, які розташовані в важкодоступних місцях і знаходяться в несприятливих умовах експлуатації [172, 22, 413, 414, 385, 194]. Особливо це стосується відповідальних споруд, аварії на яких можуть призвести до значних екологічних катастроф. Можливість адекватного подання та встановлення розрахункових проектних значень вітру за порівняно невеликими обсягами метеорологічних даних дає імовірнісне моделювання. Багато дослідників використовують моделі квазістаціонарного диференціального випадкового процесу [4, 34, 162, 21] та послідовності екстремальних значень вітрового навантаження, яка описується подвійним експоненціальним законом розподілу Гумбеля [234]. Для формування моделей реалізація вітрового навантаження розділяється на характерні однакові за тривалістю відрізки, на кожному з яких визначаються характеристики вітру. До них відносяться: середня швидкість вітру, яка усереднена за деякий проміжок часу; максимальна швидкість вітру з повторюваністю за деякий період часу та коефіцієнти поривчастості (пульсації) вітру. Імовірнісні моделі навантаження подаються у вигляді розподілу цих характеристик.

Для моделювання стаціонарних і нестаціонарних стохастичних впливів все частіше застосовуються методи вейвлет-аналізу. Це пов'язано з гострою потребою отримати адекватні математичні моделі як зовнішніх впливів, так і

стохастичних коливань споруд із якісними характеристиками їх стану в частотно-часовому просторі, які дозволять прогнозувати стохастичну поведінку споруд. Огляд існуючої літератури показав, що область застосування вейвлет-аналізу і надалі розширюється [404, 399, 415, 398, 405, 422, 420, 401, 380, 418, 382, 31, 110, 426, 13, 397, 399, 202, 18, 311, 65].

В роботі виконано вейвлет-аналіз та математичне моделювання вітрового потоку, реалізацію якого отримано науковцями Національного Антарктичного центру України [194] на основі отриманих метеорологічних даних місцевості з 5-хвилинним усередненням за три місяці 30.03.2016-29.06.2016 рр. (рис. 5.20).

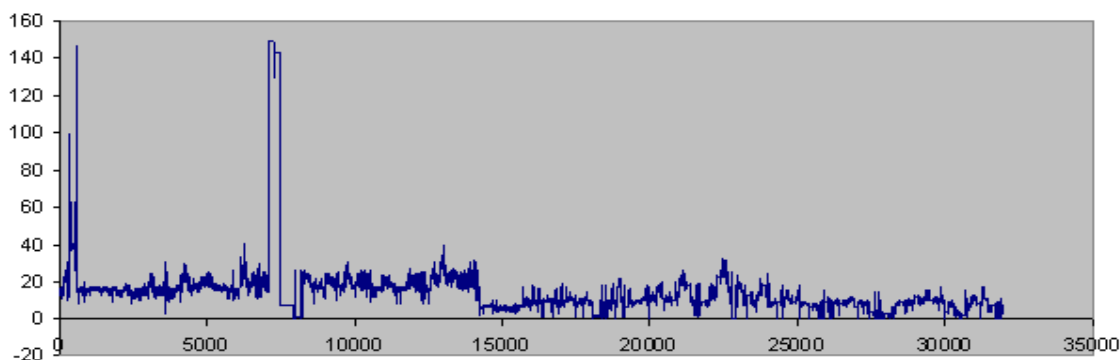


Рис. 5.20. Повна реалізація вітрового потоку згідно метеорологічних даних, с ( $\Delta t=300$  с; ср. 14,29 м/с; макс. 149,1 м/с)

Вибірка характеристик вітрового навантаження виконана по відрізках в один день. В роботі застосовано вейвлет-аналіз наявної реалізації вітрового потоку з метою визначення домінантних частот і для формування імовірнісної моделі вітру. При побудові частотно-часових вейвлет-спектрів реалізацій вітру в один день застосовано методику дискретного вейвлет-перетворення [31, 110, 426] та неперервного вейвлет-перетворення, яка наведена в роботі [397]. Використані базисні вейвлет-функції Добеші (Dobechies), Морле (Morlet), Пауль (Paul) та «Мексиканская шляпа» (Mexican hat), які реалізовані в програмах Mathcad та DevelopStudio.



В роботі виконано вейвлет-аналіз 97 реалізацій вітрового потоку. Приклади реалізацій вітрових потоків за один день та їх вейвлет-спектрограми, що отримані за допомогою дискретного вейвлет-перетворення із застосуванням базисних вейвлет-функцій Добеші, представлені на рис. 5.21-5.31.

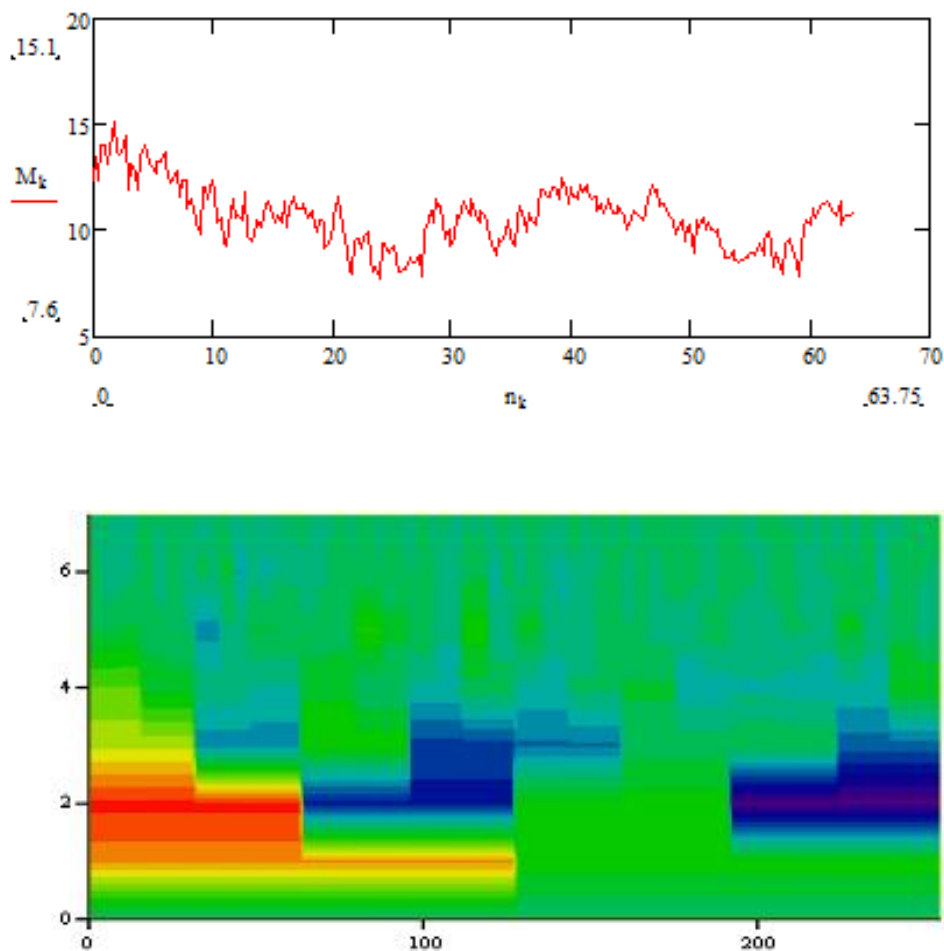


Рисунок 5.21 – Реалізація вітрового потоку №13 та її вейвлет-спектрограма

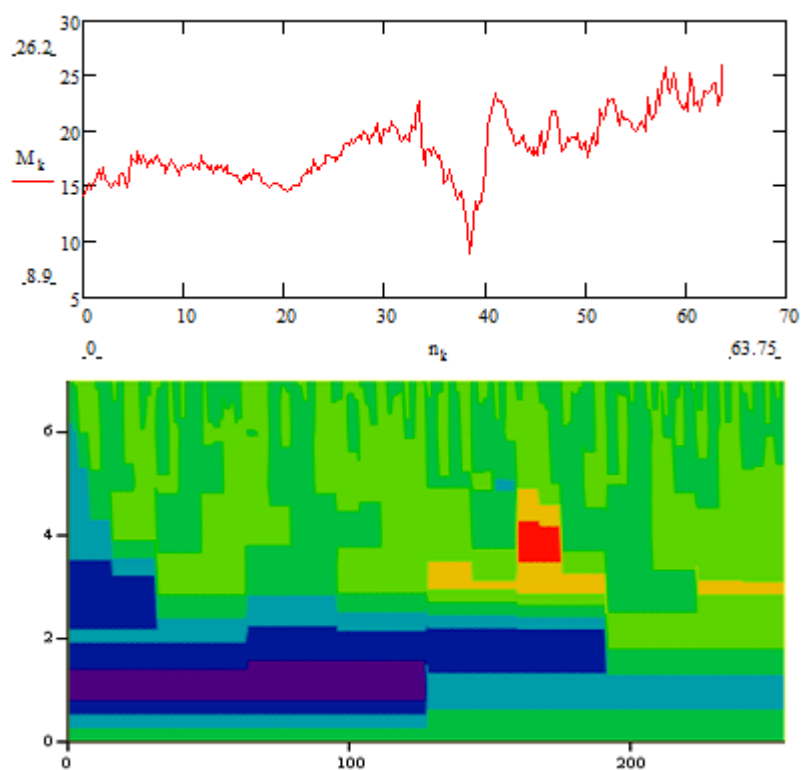


Рисунок 5.22 – Реалізація вітрового потоку № 15 та її вейвлет-спектрограма

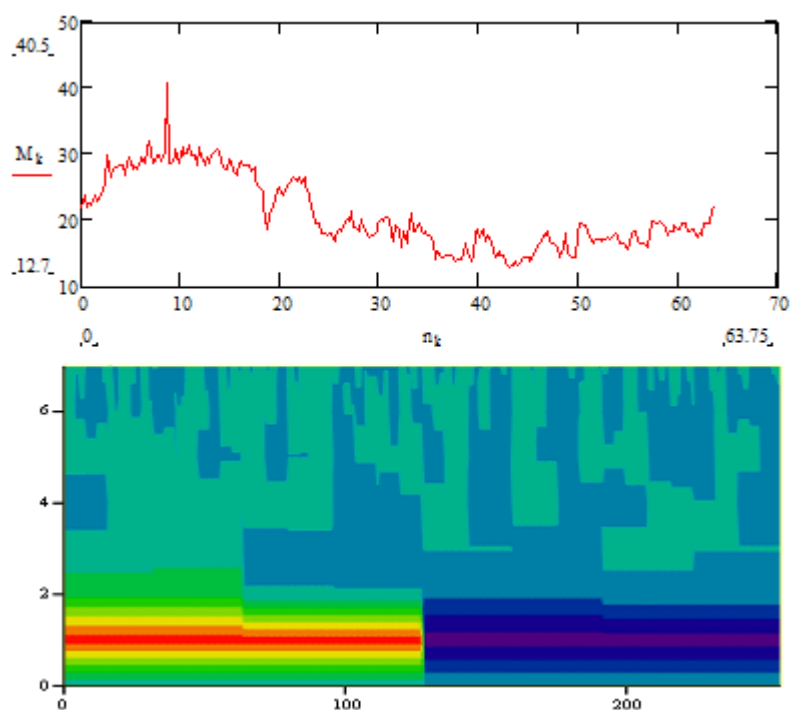


Рисунок 5.23 – Реалізація вітрового потоку №21 та її вейвлет-спектрограма

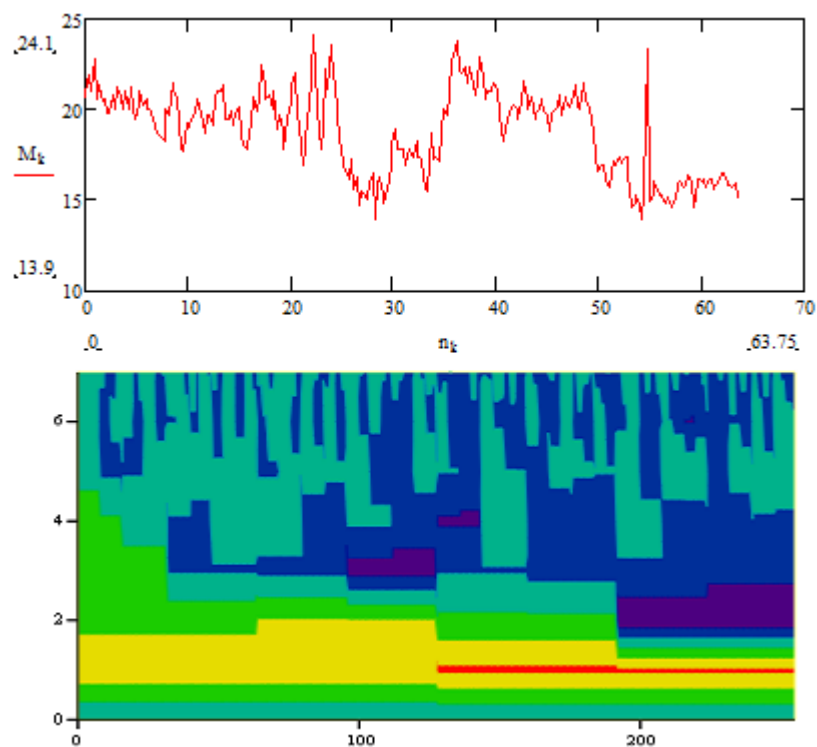


Рисунок 5.24 – Реалізація вітрового потоку №25 та її вейвлет-спектрограма

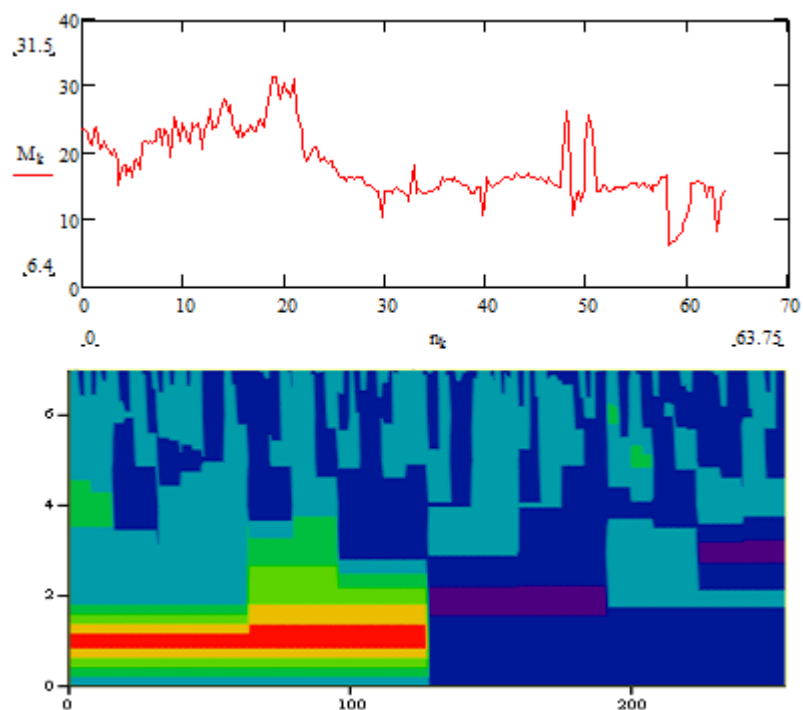


Рисунок 5.25 – Реалізація вітрового потоку №36 та її вейвлет-спектрограма

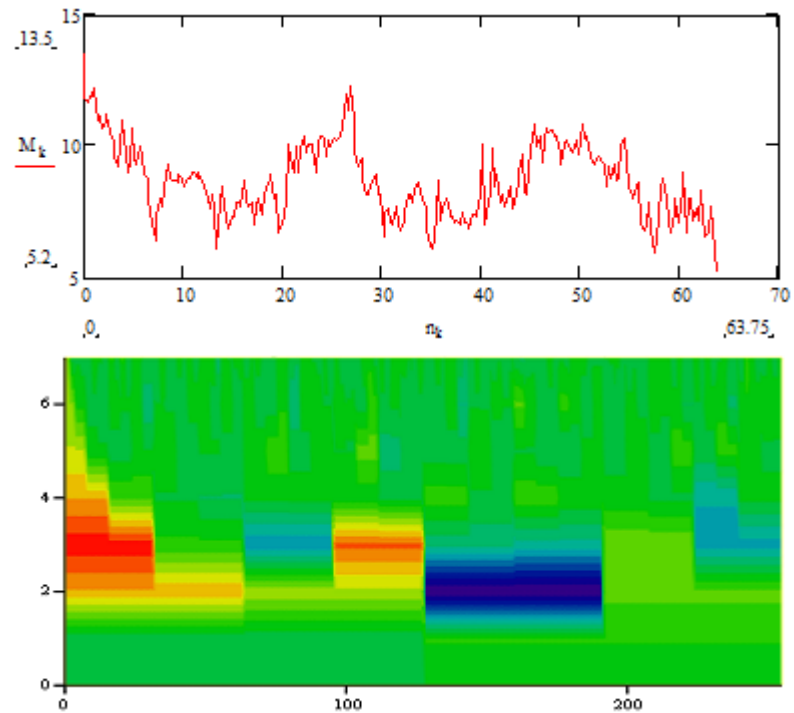


Рис. 5.26. Реалізація вітрового потоку №43 та її вейвлет-спектрограма

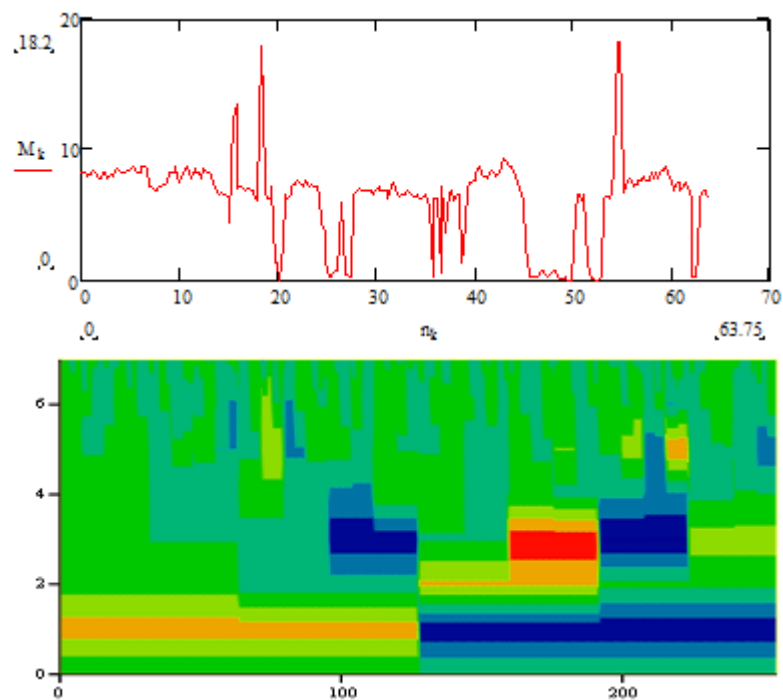


Рисунок 5.27 – Реалізація вітрового потоку №51 та її вейвлет-спектрограма

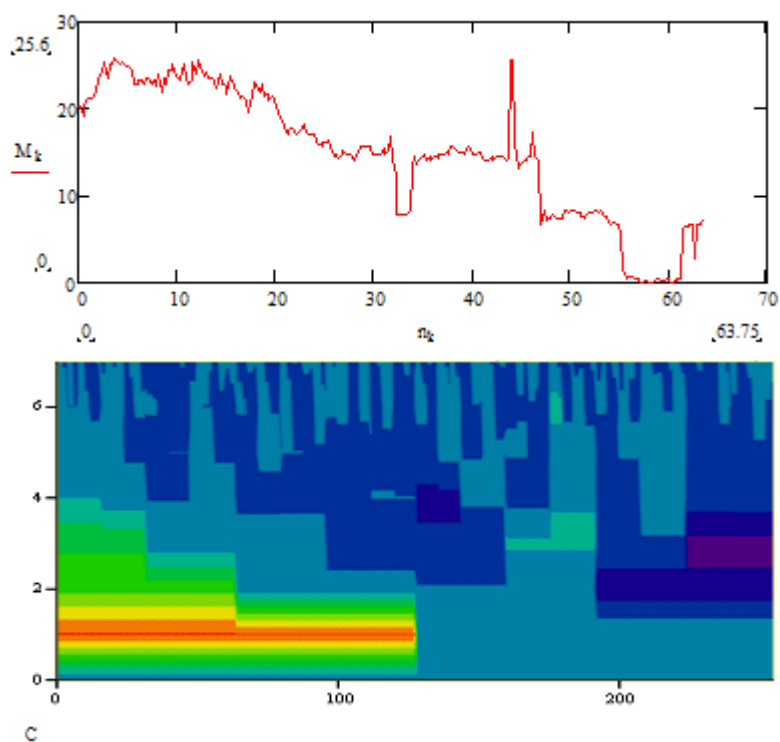


Рисунок 5.28 – Реалізація вітрового потоку №66 та її вейвлет-спектрограма

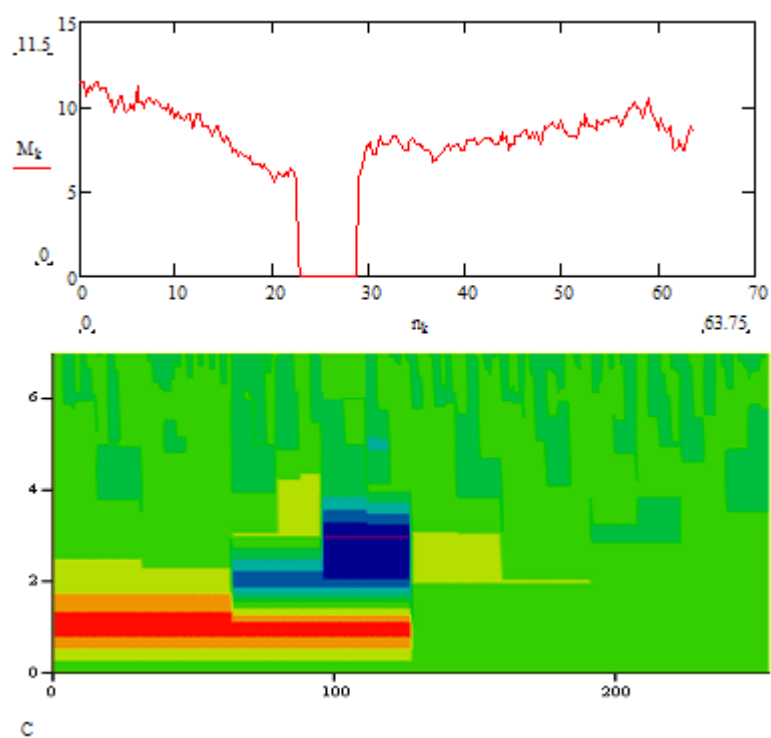


Рисунок 5.29 – Реалізація вітрового потоку №81 та її вейвлет-спектрограма

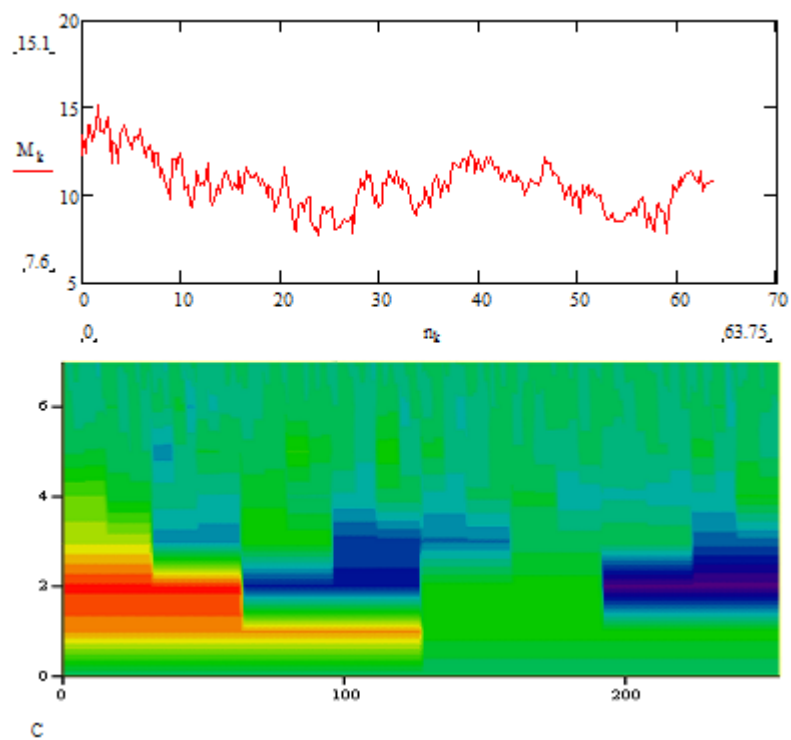


Рисунок 5.30 – Реалізація вітрового потоку №90 та її вейвлет-спектрограма

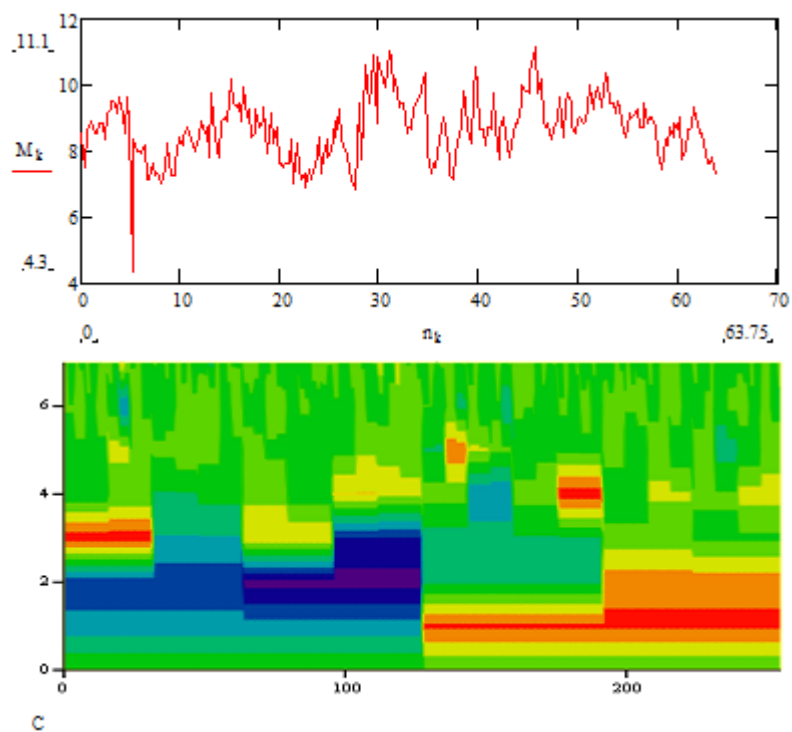


Рисунок 5.31 – Реалізація вітрового потоку №97 та її вейвлет-спектрограма

При застосуванні неперервного вейвлет-перетворення вітрового потоку материнські вейвлети подано у вигляді двомірних матриць в комплексній формі.

Значення найменших масштабів вейвлетів, кроків по часу та масштабу (частоті) приймалися з урахуванням рекомендацій, що наведені в [397].

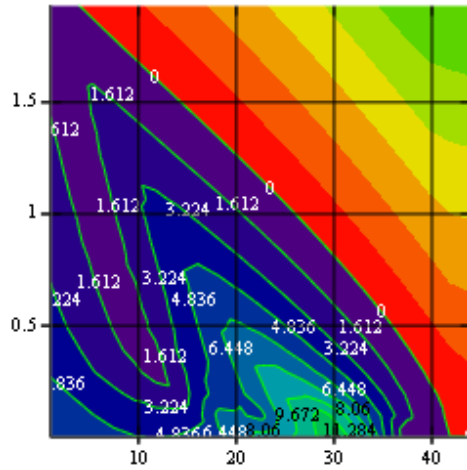
Виконано неперервний вейвлет-аналіз реалізацій вітрового потоку, які представлені на рис. 5.32а (№13 – 11.04.2016 р.), рис. 5.32б (№15 – 14.04.2016 р.), рис. 5.32в (№21 – 22.04.2016 р.), з кроком по часу 0,25 с. Мінімальні масштаби базисних вейвлетів-функцій приймалися [0,125; 0,25; 0,50; 1,0] с.

Обчислювались Фур'є-періоди, з урахуванням яких експоненціально збільшувались масштаби вейвлетів до 44 значень.

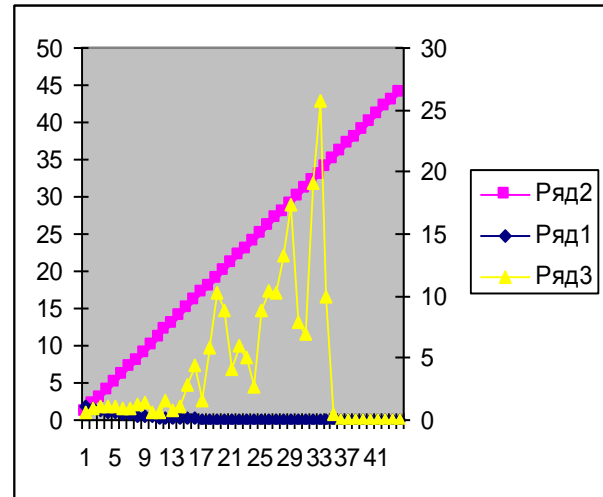
На рис. 5.32-5.34 представлені вейвлет-спектри (Фур'є-образи) амплітуд реалізацій вітру, які отримані при застосуванні базисних вейвлет-функцій Морле, Пауль та «Мексиканская шляпа», які реалізовані в програмі DevelopStudio.

Вейвлет-спектри (Фур'є-образи), які отримані за допомогою базисних вейвлетів Морле та Пауль, є схожими. Домінантною частотою вітрового потоку у 87% вейвлет-спектрів є частота 8,12 Гц, яка спостерігається протягом всього часу для різних реалізацій. При застосуванні вейвлета «Мексиканська шляпа» вейвлет-спектри в багатьох випадках містять дві основні частоти 8,93 Гц та 15,21 Гц. Час локалізації цих частот різний.

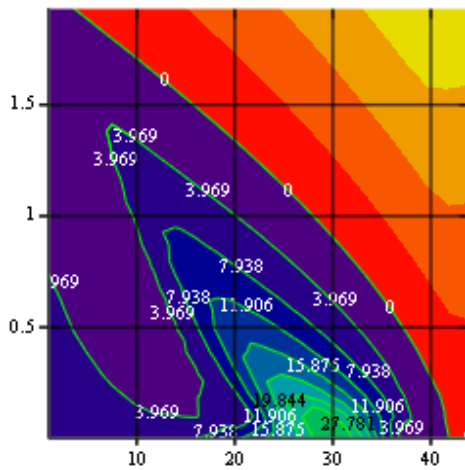
Отримані результати вейвлет-аналізу вітрового потоку свідчать, що цей вплив є квазістатичним. Цей факт може бути застосовано при побудові його математичної моделі.



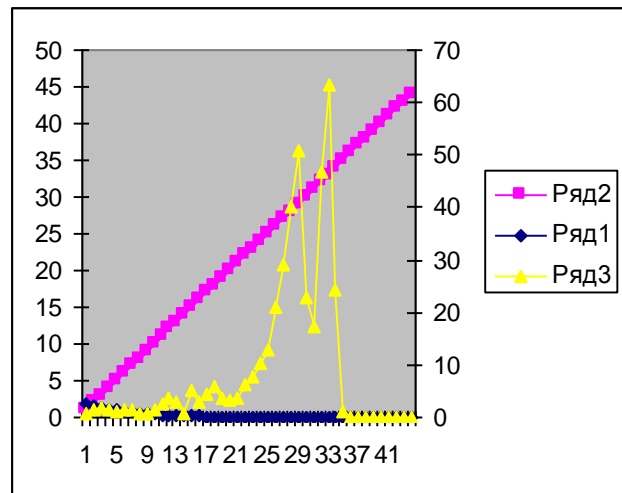
(M,G,L)



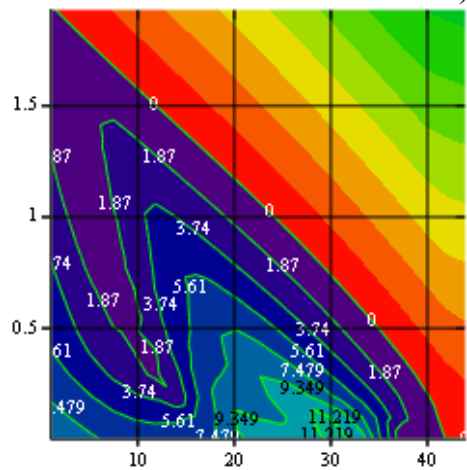
а) 11.04.2016 р.



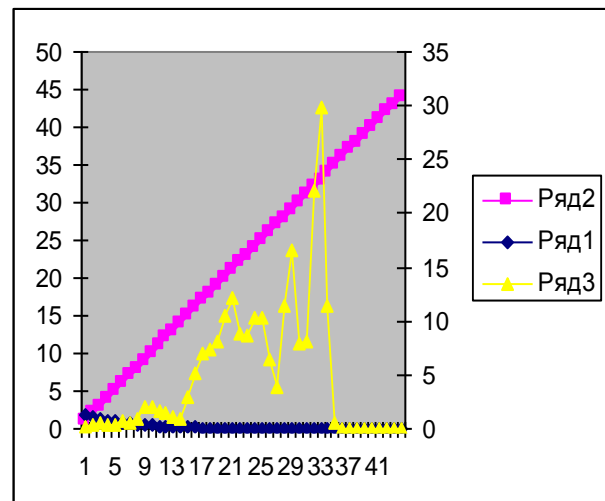
(M,G,L)



б) 14.04.2016 р.



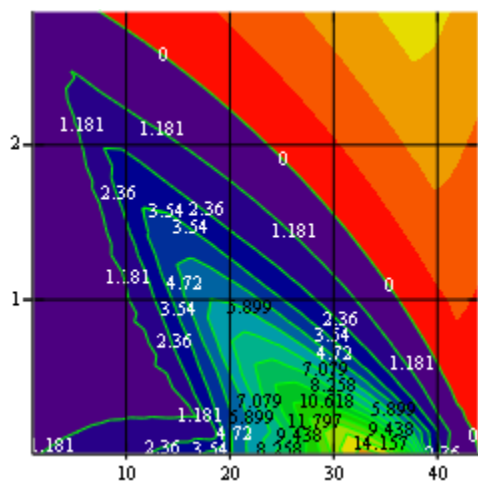
(M,G,L)



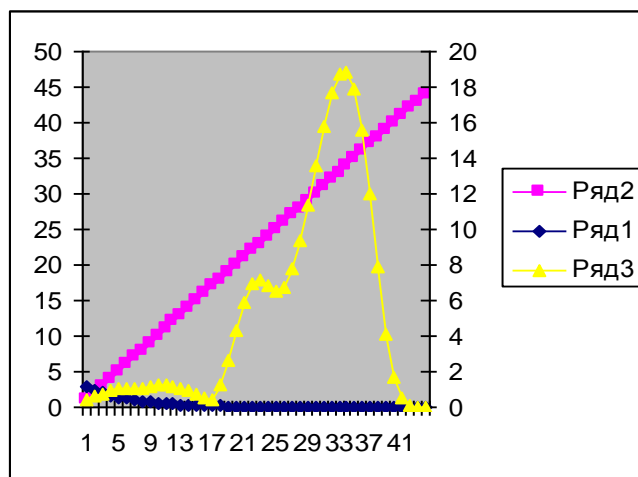
в) 22.04.2016 р.

Рисунок 5.32 – Вейвлет-спектри (Фур’є-образи) реалізацій вітру за один день (материнський вейвлет Морле)

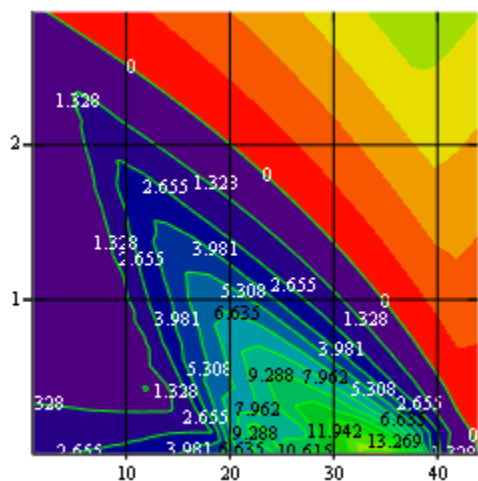




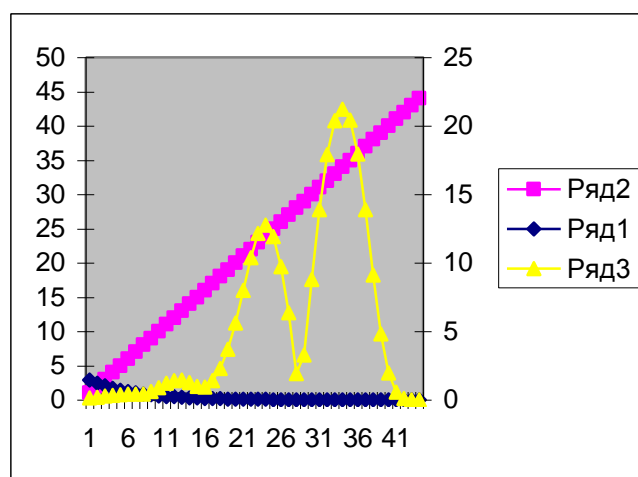
(M,G,L)



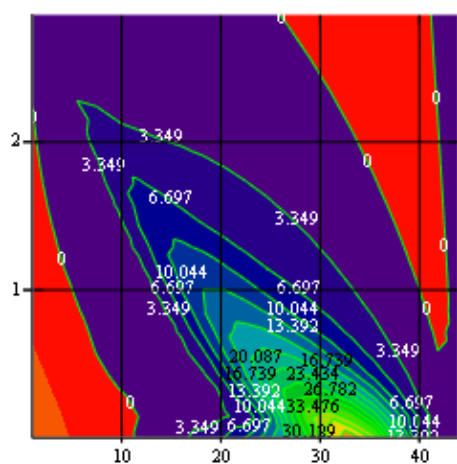
а) 11.04.2016 p.



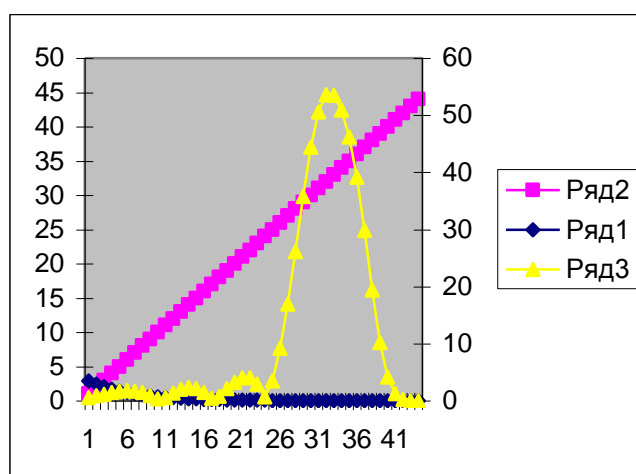
(M,G,L)



б) 14.04.2016 p.

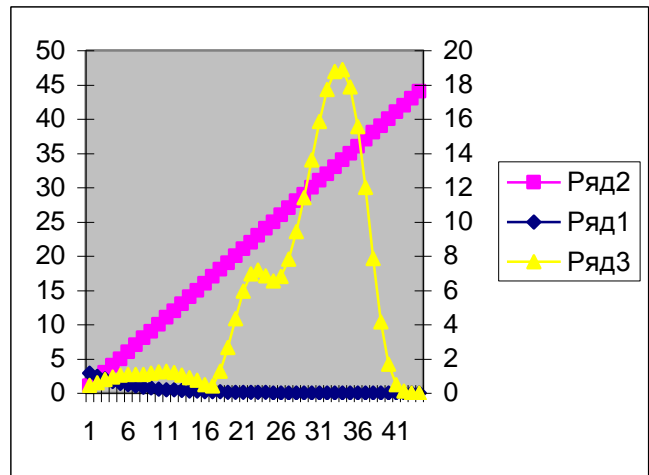
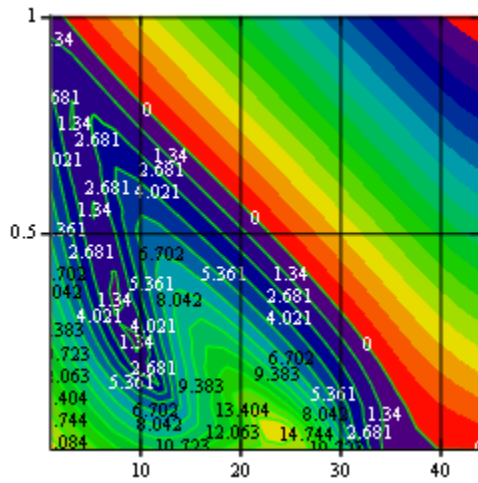


(M,G,L)



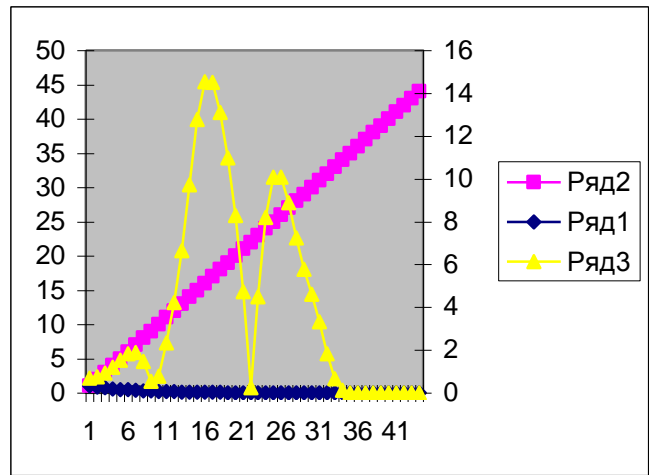
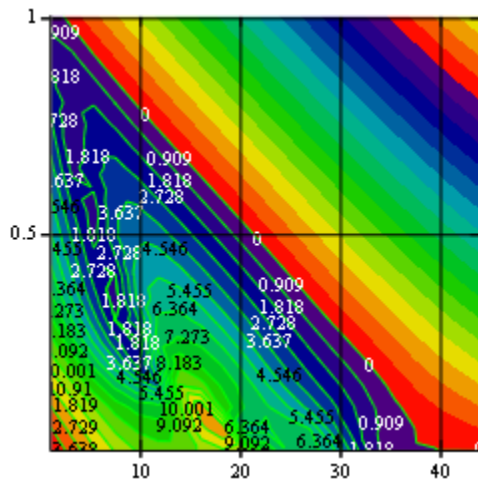
в) 22.04.2016 p.

Рисунок 5.33 – Вейвлет-спектри реалізацій вітру за один день (материнський вейвлет Пауль)



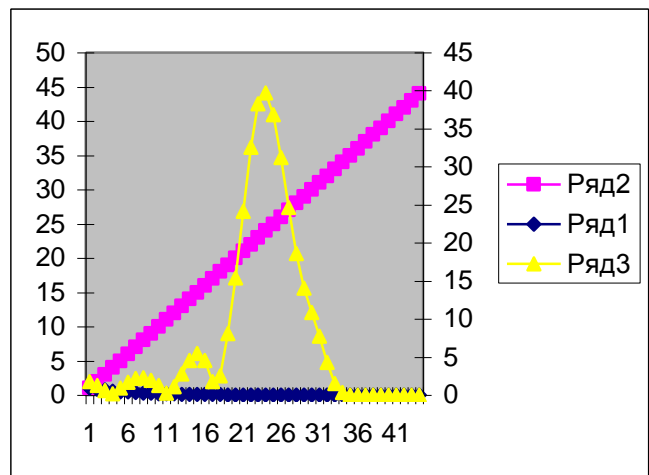
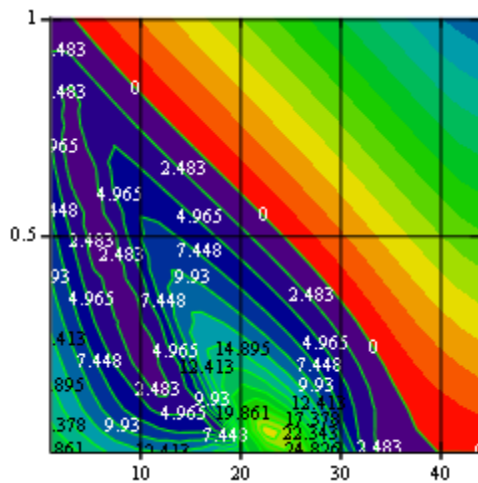
(M,G,L)

а) 11.04.2016 p.



(M,G,L)

б) 14.04.2016 p.



(M,G,L)

в) 22.04.2016 p.

Рис. 5.34. Вейвлет-спектри (Фур'є-образи) реалізацій вітру за один день (материнський вейвлет «Мексиканська шляпа»)

Таким чином, вітровий потік може бути представлено у вигляді імовірнісної моделі:

$$V(t) = \sqrt{2} \sum_{k=1}^N \sqrt{D_k} \cos(\omega_k t), \quad (5.23)$$

де  $\sqrt{D_k} = \sqrt{G_{vv}(\omega_k) \Delta\omega}$  – амплітуда швидкості вітрового потоку;

$G_{vv}(\omega_k)$  – спектральна щільність впливу;

$\omega_k = k\Delta\omega$  – частота вітрового потоку.

Вейвлет-аналіз вітрового потоку, який виконано за допомогою дискретного та неперервного вейвлет-перетворень із застосуванням вейвлетів Добеші, Морле, Пауля, «Мексиканська шляпа», дозволив виконати математичне моделювання квазістаціонарного (вітрового) стохастичного впливу у вигляді імовірнісної моделі.

Актуальність застосування теорії та методів вейвлет-аналізу при дослідженні нестационарних стохастичних коливань складних просторових конструкцій, в тому числі при сейсмічному впливі, зумовлена гострою потребою більш точного прогнозування їхньої динамічної поведінки та ідентифікації характеристик конструкцій в частотно-часовому просторі [13, 397, 399, 202, 18, 311, 65, 245, 194, 184, 203].

В роботі виконано дискретне вейвлет-перетворення нестационарного стохастичного впливу (сейсміки), який представлено у вигляді акселерограми (рис. 5.35).

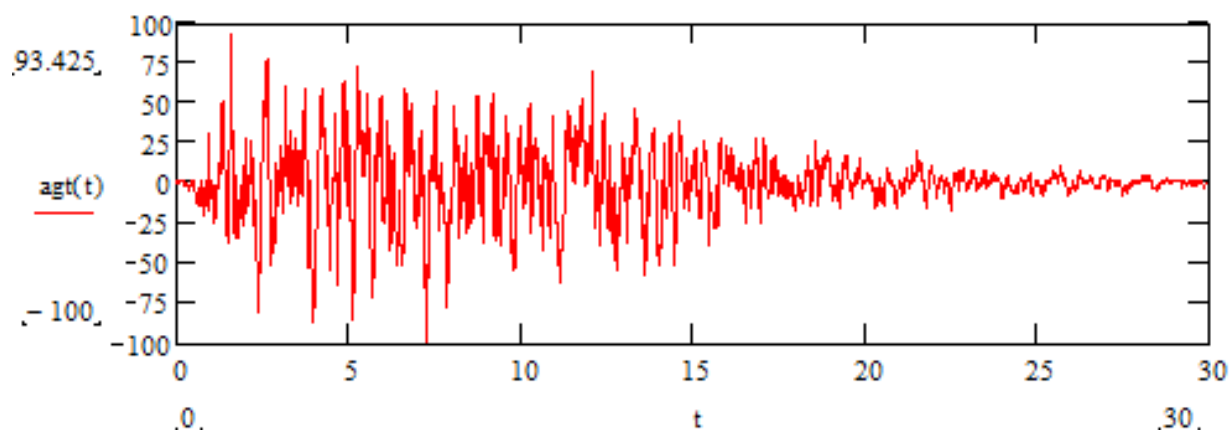


Рисунок 5.35 – Акселерограма

Вплив коефіцієнтів вейвлет-перетворення при декомпозиції прискорення ґрунту із застосуванням базису Добеші подано на рис. 5.36.

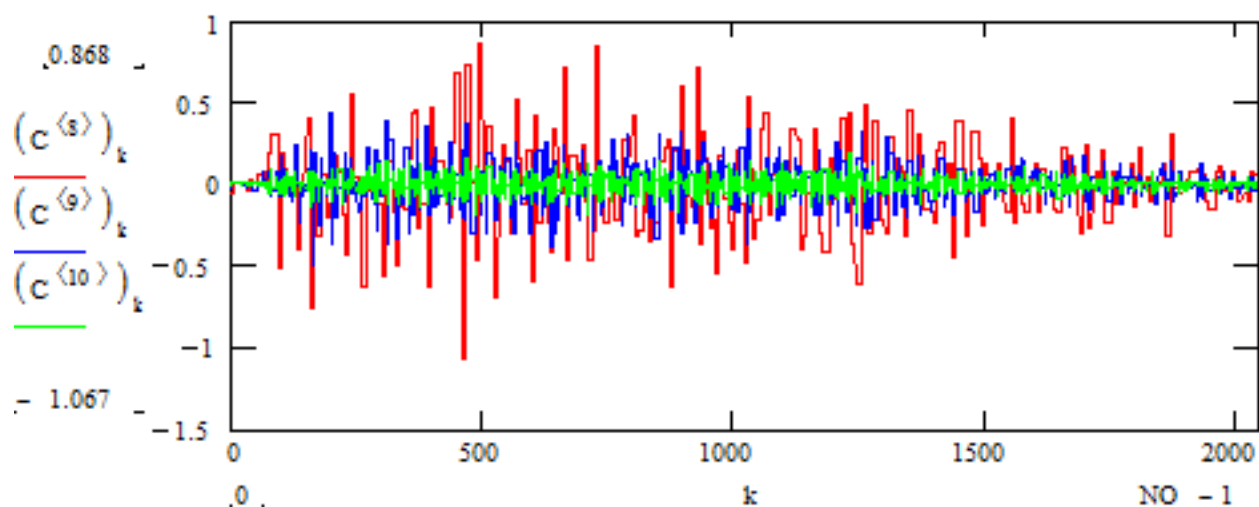


Рисунок 5.36 – Коефіцієнти вейвлет-перетворення впливу з різними масштабами та зсувом в часі

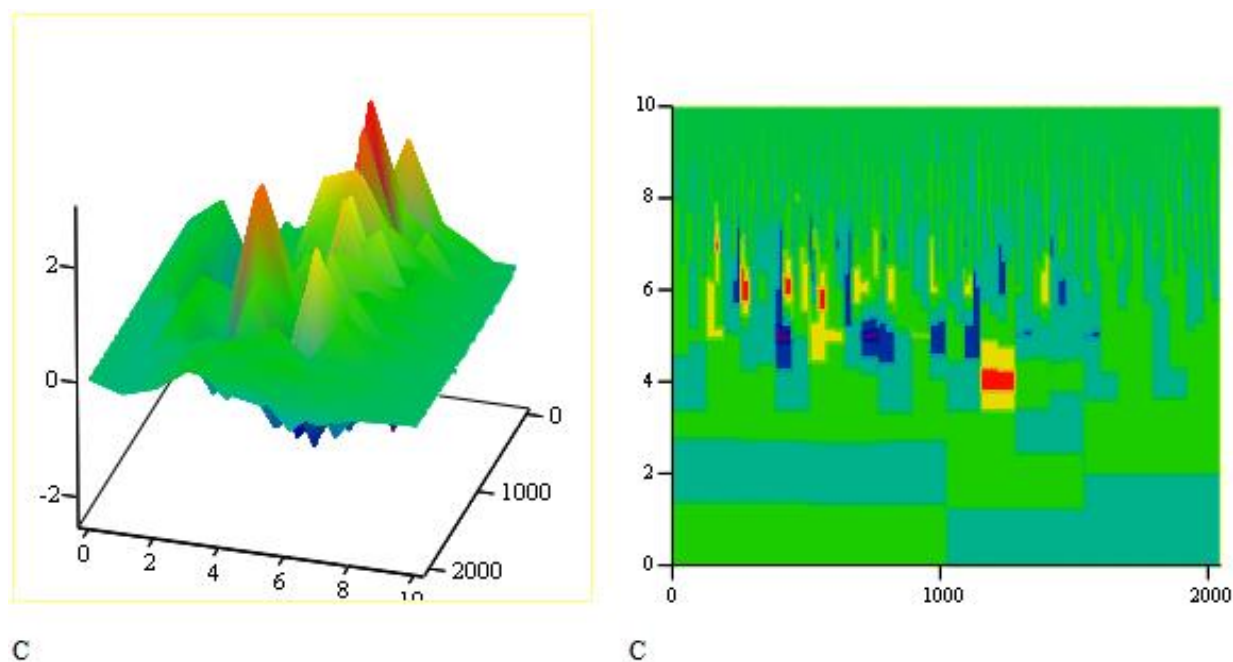


Рисунок 5.37 – Вейвлет-спектрограма впливу

За допомогою статистичних методів та вейвлет-аналізу акселерограма може бути представлена у вигляді стаціонарного впливу (рис. 5.38) та огинаючої (рис. 5.39) [4, 203].

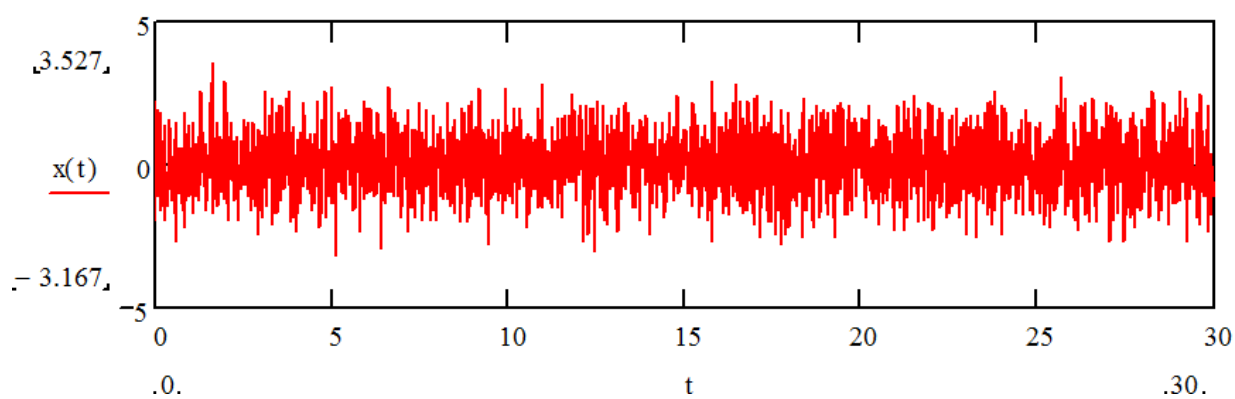


Рисунок 5.38 – Стаціонарна складова акселерограми

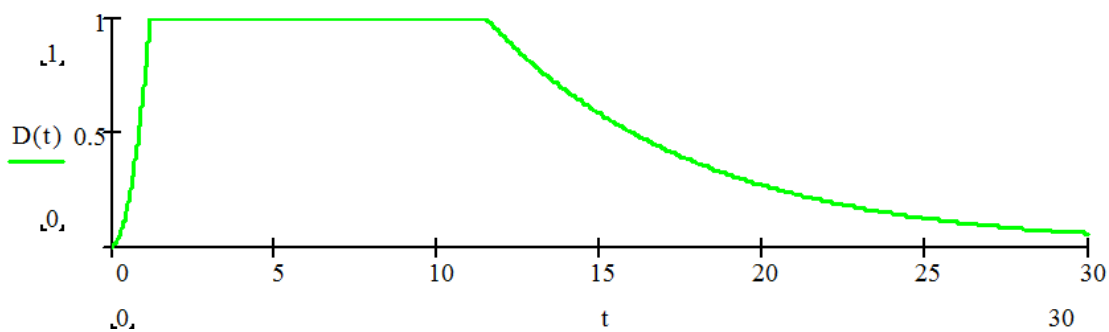


Рисунок 5.39 – Огинаюча акселерограма

В теорії сейсмостійкості спектральний метод розрахунку споруд, який, будучи одним з розділів методу рухомих хвиль, на думку А.М. Курзанова та інших дослідників [202, 234, 184, 203], перетворений на універсальний і доведений до непридатності суперечливими допущеннями і емпіричними коефіцієнтами. Аналіз нормативних вимог будівництва в сейсмічних районах згідно з ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» показує, що виконання цих вимог не забезпечує сейсмостійкість споруд. Будівельні норми містять застарілу резонансну доктрину, що не враховує небезпеку великих сейсмічних переміщень основи, найбільших в найбільш сейсмічнонебезпечних слабких ґрунтах III категорії за сейсмічними властивостями.

На думку дослідників [162, 4, 21, 84, 20,234, 184, 203], актуалізацію норм і правил із будівництва в сейсмічних районах можна і потрібно здійснювати шляхом:

- оновлення розрахункової моделі споруди, наприклад, заміни жорсткого кріплення моделі в ґрунті на пружно-пластичне;
- заміни дискретної моделі споруди на континуальну, придатну для розрахунку моделі на рухомі хвилі, з урахуванням подвоєння амплітуди хвилі при відбитті від верху споруди;
- врахування «ефекту балки Тимошенко» при згинальних коливаннях моделі по високих власних формах;

- врахування хвильового характеру сейсмічних переміщень ґрунту основи і їх найбільшої розрахункової амплітуди;
- включення в сучасні норми вимоги розрахунку висотних споруд на пряму і відбиту сейсмічну хвилю.

Таким чином, в основу розрахунків будівель на сейсмостійкість вважаємо, що слід покласти спектр хвильової реакції осциляторів з розподіленою масою, що забезпечує можливість моделювання руху хвиль і їх фільтрації в пружно-пластичній моделі будівлі. Також вважаємо, що разом з нормуванням амплітуд прискорень ґрунту, як міри інтенсивності землетрусу, слід нормувати амплітуди його пружного переміщення і швидкості.

В роботі виконано моделювання нестационарного стохастичного впливу (сейсміки) із застосуванням теорії рухомої хвилі. На основі вейвлет-спектра зафіксовано час настання максимального прискорення ґрунту  $t_1$  і час початку його затухання  $t_2$ . За допомогою теорії рухомої хвилі в момент часу  $t = t_1$  формується рухома поперечна згинальна хвиля в конструкції, характеристики якої обчислюються на основі прискорення ґрунту  $a(t)$ , переміщення ґрунту  $A(t)$ , частоти власних коливань конструкції  $\omega_0$  та її жорсткості при зсуві  $B$ .

В момент часу  $t_1$  обчислюється дисперсія прискорення ґрунту  $D_k(t)$  за його спектральною щільністю, що отримана за допомогою вейвлет-аналізу впливу:

$$\sqrt{D_k} = \sqrt{G_{aa}(\omega_k) \Delta\omega}, \quad (5.24)$$

де  $G_{aa}(\omega_k)$  – спектральна щільність впливу;

$\omega_k = k\Delta\omega$  – частота впливу.

Вплив може бути змодельований у вигляді прямокутних або синусоїдальних імпульсів:

$$\begin{cases} t = t_1 & x(t) = A(t) \sin \tilde{\omega} \left( t - \frac{z}{\tilde{v}(t)} \right), \\ t_1 > t \geq t_2 & a(t) = \sqrt{2} \sum_{k=1}^N \sqrt{D_k(t)} \end{cases}, \quad (5.25)$$

де  $\tilde{\omega} = 2\pi / \tilde{T}$  – частота рухомої хвилі;

$\tilde{T} = 2\pi \sqrt{a(t)/A(t)}$  – період поперечних згинальних коливань;

$\tilde{v}(t) = \sqrt{B\omega_0}$  – швидкість рухомої хвилі;

$z$  – вертикальна координата споруди.

Таким чином, представлена імовірнісна модель нестационарного (сейсмічного) стохастичного впливу із застосуванням теорії рухомої хвилі, нелінійної теорії пружності, статистичних методів, теорії і методів вейвлет-аналізу дасть можливість більш якісно дослідити динамічну стійкість складних просторових конструкцій і прогнозувати їх подальшу поведінку.

Методико-аналітичне підґрунтя подолання невизначеності в динамічній системі «будівельний об'єкт – територія забудови (оточуюче біотехносередовище) – будівельні роботи» ґрунтується на методичному інструментарії вейвлет-аналізу, за допомогою якого визначаються динамічні стохастичні оцінки впливу окремих архітектурно-конструктивних та організаційно-технологічних характеристик на підсумковий показник біосферосумісності будівельного проекту.

Перша підсистема досліджень, що відображені в даному розділі, присвячені застосуванню динамічного вейвлет-аналізу в якості альтернативного прикладного інструменту стохастичної оцінки варіантів моделей організації будівництва по досліджуваному проекту БСБ,



формалізоване відображення сутності моделі застосування вейвлет-аналізу в даній роботі подано виразом (5.26):

$$W_{\text{БСБ}}^{\text{din}} = \text{FS}\{\text{Arh}(m,k); \text{OTN}(s,k); k;t\}$$

$$t=[T_0;T^{\text{end}}]; \quad W_{\text{БСБ}} \cap [-15\%;+15\%] \rightarrow p_{\text{БСБ}}; p_{\text{БСБ}} \geq 0,85 \quad (5.26)$$

де  $W_{\text{БСБ}}^{\text{din}}$  – стохастично зважена оцінка рівня біосферосумісності будівельного проекту, визначена на підставі стохастичної оцінки результатів моделювання численних варіантів проекту, в яких рівень біосферосумісності виступає критеріальним показником, а її аргументами – архітектурно-конструктивні та організаційно-технологічні характеристики будівельного проекту;

$\text{Arh}(m,k)$  – аргументи (залежні змінні) моделі, окремі варіативні архітектурно-конструктивні характеристики будівельного проекту, зміна яких впливає на рівень біосферосумісності проекту;

$m$  – порядковий номер характеристики в складі підсистеми  $\text{Arh}(m,k)$ ;

$k$  – номер імітації;

$\text{OTN}(s,k)$  – аргументи (залежні змінні) моделі, провідні варіативні організаційно-технологічні характеристики будівельного проекту;

$s$  – порядковий номер характеристики в складі підсистеми  $\text{OTN}(s,k)$ ;

$t$  – часова координата, що визначає віхи та стадії реалізації будівельного проекту;

$T_0, T^{\text{end}}$  – відповідно часові моменти початку та завершення будівельно-інвестиційного циклу;

$Kda$  – кількість імітацій, що моделюють варіанти реалізації будівельного проекту на певній часовій координаті;

$[-15\%;+15\%]$  – довірчий інтервал, що визначається 15% відхиленням від директивних (визначених замовником, його інституційними партнерами та споживачами) значень, як щодо критеріального показника, так і щодо окремих аргументів зі складу  $\text{OTN}(s,k)$ ;

$R_{БСБ}$  – ймовірність попадання рівня біосферосумісності у 15%-ий довірчий інтервал, що має складати не менше 0,85.

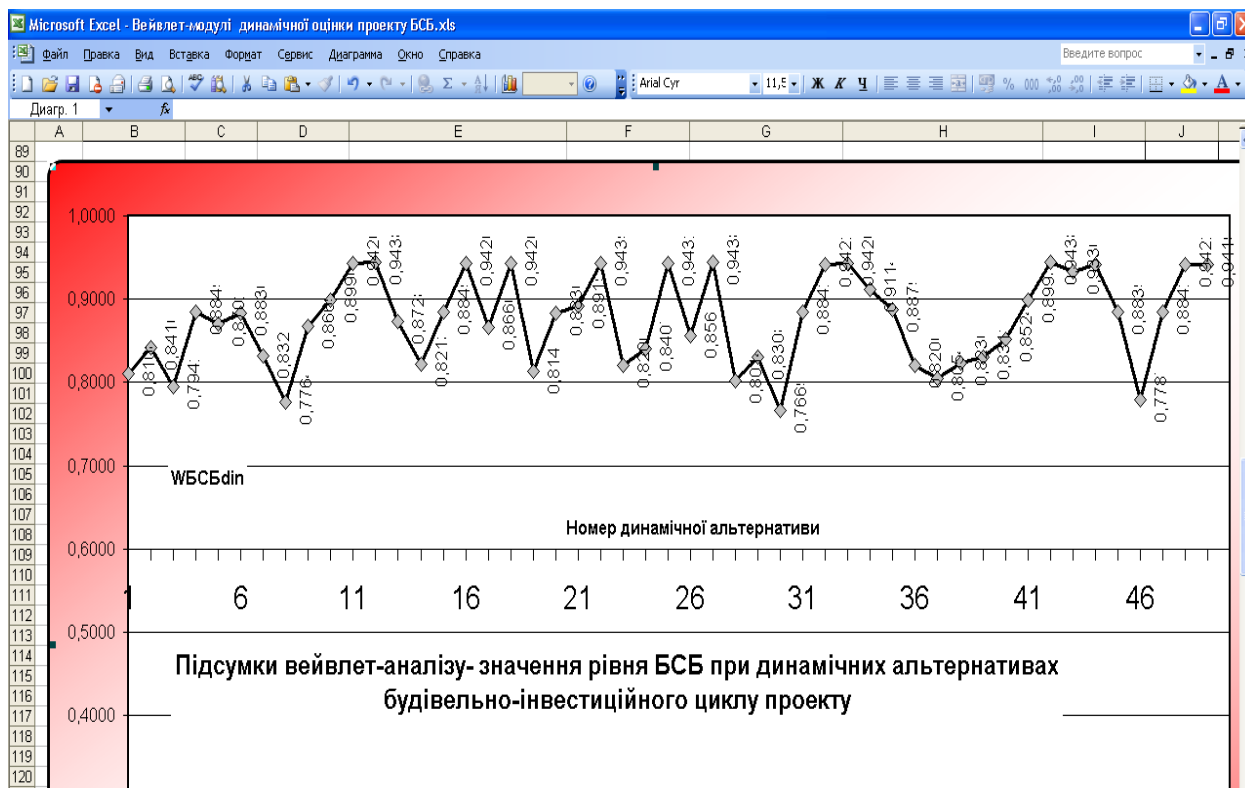


Рисунок 5.40 – Стохастичний розподіл рівня біосферосумісності проекту, одержаний з використанням вейвлет-аналізу (у форматі створеного комплексу прикладних програм)

У форматі створеного інструментарію позитивним результатом динамічного вейвлет-аналізу слід вважати за умови 0,85. На поданому в табл. 5.5 фрагменті підсумків вейвлет-аналізу відображено позитивний результат попадання (67) середньо-стохастичної оцінки трудомісткості виконання будівельних та спеціальних робіт за основним об'єктом будівництва – у довірчий інтервал (за підсумками 75 імітацій).

Друга підсистема досліджень даного розділу відображає інноваційні складові створеного інструментарію організації біосферосумісного будівництва, спрямовані на вирішення задач:

– виявлення напружено-деформованого стану ґрунтового масиву під дією статичних, динамічних, гідродинамічних та сейсмічних навантажень на території забудови (зокрема, в рекреаційних зонах, що досліджувались в даній роботі);

– інженерного захисту територій (включаючи необхідний комплекс протизсувних заходів).

Таблиця 5.5 – Порівняльна динаміка рівня біосферосумісності та трудомісткості виконання робіт та рівня біосферосумісності проекту

Разом динамічних альтернатив	Kda (заг)	75	Разом динамічних альтернатив	Kda (заг)	75
Середнє математично очікуване значення рівня БСБ за підсумками динамічного вейвлет-аналізу	$W_{\text{БСБ}}^{\text{дин}}$	0,8750	Нормативне значення рівня трудомісткості робіт по проекту (за основним об'єктом будівництва), тис. люд.-год за підсумками динамічного вейвлет-аналізу	$Tm^{\text{норм}}$	1798,4
кількість варіантів (динамічних альтернатив), імітацій), що забезпечують попадання рівня БСБ у 15%-ий довірчий інтервал	Kda(W)	69,000	кількість варіантів (динамічних альтернатив, імітацій), що забезпечують попадання NPV у 15%-ий довірчий інтервал	Kda (ТМ)	67
Верхня межа довірчого інтервалу щодо директивного рівня БСБ 15%	$W_{\text{БСБ}}^{\text{up}}$	1,0000	Верхня межа довірчого інтервалу щодо трудомісткості, ТМ+15%	$Tm_{\text{норм}}^{\text{up}}$	2068,16
Нижня межа довірчого інтервалу щодо директивного рівня БСБ 15%	$W_{\text{БСБ}}^{\text{down}}$	0,7437	Нижня межа довірчого інтервалу щодо трудомісткості, ТМ-15%	$Tm_{\text{рм}}^{\text{down,но}}$	1528,64
Ймовірність забезпечення вимог щодо БСБ	$p_{\text{БСБ}}$	0,9200	Ймовірність забезпечення вимог щодо БСБ	$p_{\text{БСБ}}$	0,89333
Підтверджено забезпечення вимог щодо БСБ у межах довірчого інтервалу (так чи ні)	так/ні	так	підтверджено забезпечення вимог щодо БСБ у межах довірчого інтервалу	так/ні	так

### **5.3 Розробка прикладної формалізовано-аналітичної основи організації інженерного захисту територій забудови в рекреаційних зонах**

Захист берегів від розмиву і пов'язаного з ним зсувного руйнування берегових територій – найгостріша соціально-економічна та екологічна проблема, що стримує освоєння рекреаційних та інших ресурсів прибережної смуги України.

Основними причинами недосконалості діяльності в галузі захисту морського узбережжя є: недостатня вивченість природних берегоформуєчих процесів та недосконалість засобів спостереження за ними; здійснення робіт щодо захисту морського узбережжя без достатнього наукового обґрунтування; недостатнє врахування закономірностей природних процесів у прибережній смузі моря при формуванні складу проектних рішень; некомплексність ведення робіт та незавершеність формування берегозахисних та берегорегулюючих споруд у локальні комплекси, що повністю охоплюють берегові природні системи, в яких існує високий рівень взаємозв'язків природних процесів, що не забезпечувало їх проектну ефективність.

У розв'язанні цих питань велике значення мають сучасні теоретичні розробки з регулювання берегових процесів, моделювання напружено-деформованого стану морського узбережжя, застосування енергоефективного інженерного захисту та ін.

Морське узбережжя Чорного і Азовського морів займає значну частину південного кордону України. Воно охоплює п'ять адміністративних одиниць – Донецьку, Запорізьку, Херсонську, Миколаївську та Одеську області, а також Автономну Республіку Крим. Загальна довжина берегової лінії перевищує 3000 км. Окрім цього значну частину території займають береги штучних морів – Київського, Канівського, Кременчуцького, Дніпродзержинського, Каховського водосховищ.

Аналіз вітчизняних та зарубіжних літературних джерел показує, що на сучасному етапі розвитку науки і техніки недостатньо мати лише кількісну оцінку процесу зміни НДС ґрунтового масиву, а треба ще мати якісний прогноз розвитку небезпечних геодинамічних процесів. Крім цього, особлива увага приділяється застосуванню екологічних систем інженерного захисту прибережних територій шляхом використання конструкцій та превентивних заходів із забезпечення стабільності узбережжя.

Одним із основних природних факторів, що формують берегову зону, є дія хвиль. Результатом такого впливу є абразія берегів (механічне руйнування берегів в результаті дії хвиль і прибою), що призводить до поширення небезпечних геологічних процесів уздовж усього узбережжя. Слід додати значний вплив наносів і виносів сезонними течіями, що призводить до тотального зменшення пляжів і, таким чином, підсилюють дію хвиль на стабільність прибережних територій. Таким чином, понад 100 га землі втрачається для різного використання щороку. Це призводить до зменшення територій для містобудування і розвитку туризму, має згубний вплив на берегову екосистему.

Для вирішення даної задачі необхідно мати методику для розв'язання задач взаємодії ґрунтового масиву з конструкціями захисту від небезпечних геологічних процесів.

Дане наукове дослідження направлене на вдосконалення методики чисельного моделювання, яке дозволить розробити раціональний інженерний захист узбережжя морів і річок з використанням біосуміснозбалансованих технологій та конструкцій, що, в свою чергу, забезпечить раціональне природокористування та сталий розвиток.

Основними проблемами екологічного стану української акваторії є руйнування берегів, зумовлених активною дією хвиль і, як наслідок, інтенсифікація негативних геологічних процесів, деградація земель прибережної смуги внаслідок несанкціонованого будівництва. Тому однією з

пріоритетних задач державного значення захисту території України є забезпечення стабільності території та надійності інженерного захисту.

Проблема, що вирішується, полягає у розробці методики чисельного моделювання, що забезпечить розробку інноваційних рішень щодо застосування енергоефективних екосистем інженерного захисту прибережних територій моря або річки, що має важливу екологічну значимість та високий соціально-економічний ефект.

Для цього необхідно мати математичний апарат для проведення досліджень щодо зміни напружено-деформованого стану (НДС) основи при взаємодії із конструкціями захисту при дії геодинамічних процесів.

Для реалізації поставленої мети необхідно, в першу чергу, провести ряд досліджень по виявленню впливу абразії моря на стабільність території складеної, особливо це стосується Одеси та Одеської області, де широко розповсюджені зсуви та обвали, переважно лесовими ґрунтами, які внаслідок зволоження, з одного боку, та дії моря, з іншого боку, зумовлюють деформаційні процеси ґрунтового масиву, що свідчить про недостатню вивченість даного питання, а також вказує на необхідність вживання превентивних заходів з метою забезпечення стабільності території.

Сучасне будівництво направлене на максимальне використання простору, особливо в містах з розвиненим туристичним бізнесом. Це призводить до зведення будівель і споруд, проектування яких вимагає детального аналізу НДС конструкцій при дії як статичних, так динамічних навантажень. Існуючі методи базуються на використанні емпіричних або спрощених методів досліджень з ігноруванням реальних властивостей ґрунтової основи або потребують значних капіталовкладень та часу на розрахунки, що не завжди можливо.

Для об'єктивного підходу до вирішення проблеми інженерного захисту узбережжя необхідно мати комплексну картину формування НДС ґрунтового масиву при взаємодії з захисними конструкціями під дією чинників як природного, так і техногенного характеру.

Розробка прикладної формально-аналітичної основи організації інженерного захисту територій забудови в рекреаційних зонах потребує обґрунтування інструментального апарату, який поєднує геологічну будову і геодинамічні процеси ґрунтового масиву узбережжя і базується на сучасному підході до застосування комп'ютерних технологій чисельного моделювання напружено-деформованого стану з комплексним аналізом реального природнього стану територій, які перебувають під впливом динамічних навантажень від дії хвиль. Робоча гіпотеза організації будівництва на принципах біосферосумісності базується на використанні екологічних систем інженерного захисту з застосуванням природних матеріалів, заглиблених підводних споруд, які гасять енергію хвиль, захищають прибережну смугу та довкілля.

Тому на сучасному етапі розвитку, відповідно до концепції сталого розвитку, треба шукати ефективний механізм адекватної оцінки екологічної ситуації, екологічного регламентування господарської діяльності, в тому числі будівництва в межах акваторії, та прогнозування наслідків її реалізації.

Невід'ємною частиною БСБ є розробка енергоефективних заходів шляхом застосування екологічних систем інженерного захисту узбережжя.

Використання сучасних розрахункових комплексів дозволяє користуватися новими можливостями проектування інженерних конструкцій для захисту узбережжя, що дозволяє моделювати напружено-деформований стан системи «основа – захисна споруда» в широкому діапазоні навантажень, як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації. Таким чином, проектувальник на різних стадіях прогнозує вид небезпечного стану (значення осідання, зсуву) або характер «відмови» одного з елементів системи «основа – захисна споруда». Потім за допомогою інженерних заходів, наприклад, поліпшення будівельних властивостей ґрунтів або зміною геометричних розмірів інженерних конструкцій, підвищити надійність варіанту. Часто з'являється можливість економії матеріалів або підвищити ефективність інженерних заходів.

Сучасні архітектурні тенденції та складність рельєфу ділянок будівництва ставлять задачі забезпечення надійної експлуатації ділянок схилів та ярів, що межують з територією забудови. Крім того, все частіше об'єкти житлового будівництва та міської інфраструктури стають причиною створення аварійно-небезпечних ділянок рельєфу навіть в тих місцях, що раніше вважались стабільними. Виконується підрізання схилів та гірських масивів, розширення акваторій морських узбережь та дельт річок. Для вирішення всіх цих задач необхідно використовувати новітні засоби та технології в галузі будівельних матеріалів, технології будівельного виробництва, механіки ґрунтів та інших наук.

Однією з таких технологій, що знайшла новий погляд на галузь використання, стала технологія ґрунтових ін'єкційних анкерів з жорсткою арматурою, що бере свій початок від утримуючих конструкцій підземних виробок, знаних як «австрійський метод розробки тунелів» Рабцевіча (1964-1965 рр.). Цей метод розробки підземних тунелів був заснований на влаштуванні пасивної, тобто не попередньо напруженої, сталевий арматури в скельовому ґрунті (так звані «скелеві болти»), що об'єднуючись з «цементним молоком» утворюють армований цементоґрунт. Ця концепція комбінування пасивної сталевий арматури і «цементного молока» була використана Ленгом на початку 60-их рр. Перше своє застосування як технологія ґрунтових ін'єкційних анкерів з жорсткою арматурою ця технологія започаткувала в 1972 р. на будівництві залізної дороги в Версалі (Франція), де з її допомогою утримувався піщаний схил висотою 18 м (Рабек і Тоуді, 1974 р.). Завдяки швидкості та низькій ресурсоемкості, ця технологія швидко поширилась країнами Європи. В Німеччині, починаючи з 1975 р. по 1981 р., проводяться дослідження стінок за даною технологією на базі Університету Карлсруе. Сьогодні ця технологія широко використовується в світі, як основа для різного виду систем на основі габіонів, георешіток для закріплення схилів та узбережь, проводяться числові та натурні дослідження.



В Україні ця технологія є відносно новою і потребує апробації в рамках українських інженерно-геологічних умов, з проведенням числового моделювання та натурних досліджень і відповідної реалізації отриманих результатів в державних нормативних документах України.

Методика чисельного моделювання НДС схилу з урахуванням нелінійного деформування, що пропонується, побудована на застосуванні моментної схеми методу скінчених елементів [386].

Повні деформації ґрунтового середовища представляються у вигляді суми пружних  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e$  та пластичних  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p$  деформацій.

$$\partial \varepsilon_{\alpha\beta} = \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e + \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p. \quad (5.27)$$

Для визначення  $\partial \varepsilon_{\alpha\beta}^p$  використовується теорія пластичної течії у формі неасоційованого закону:

$$\partial \hat{\varepsilon}^p = d\lambda \frac{\partial F_p}{\partial \hat{\sigma}} \varepsilon_{\alpha\beta}^e + \partial \varepsilon_{\alpha\beta}^e, \quad (5.28)$$

де  $d\lambda$  – малий скалярний множник;

$F_p$  – потенціал пластичності.

За критерій граничного стану приймається модифікований критерій Кулона-Мора:

$$\tau_{max} - \sigma \operatorname{tg} \varphi_1 - c_1 \leq 0 \text{ при } \sigma \leq p_0, \quad (5.29)$$

де  $\tau_{max}$  – максимальні дотичні напруження;

$\sigma$  – нормальні напруження на площадці, де діє  $\tau_{max}$ ;

$\varphi_1$  – розрахункове значення кута внутрішнього тертя за першою групою граничних станів;

$c_i$  – розрахункове значення ґрунту за першою групою граничних станів;

$p_0$  – мінімальний тиск, при якому ґрунт втрачає свою макроструктуру (структурна міцність ґрунту).

За умову пластичної течії  $f$  прийнятий модифікований критерій Мізеса-Губера.

Граничний стан настає по досягненню умови  $f=0$ , де  $f$  приймає вигляд:

$$\begin{cases} f = T + \sigma_m \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0, & \text{при } \sigma_m \geq P_0 \\ f = T + P_0 \operatorname{tg} \psi - \tau_s = 0, & \text{при } \sigma_m < P_0 \end{cases} \quad (5.30)$$

Інваріанти  $\sigma_m$  та  $T$  тензора напружень  $\hat{\sigma}$  обчислюються за формулами:

$$\sigma_m = \frac{1}{3} \sigma_{ij} g^{ij}; \quad T = \sqrt{\frac{1}{2} s^{ij} s_{ij}}; \quad s^{ij} = \sigma_{ij} - \frac{1}{3} \sigma_m g^{ij} \quad (5.31)$$

В якості потенціалу пластичності використовується функція  $F$ :

$$F = T^2 - A \operatorname{tg} \psi (\sigma_m + H)^2, \quad (5.32)$$

де  $g^{ij}$  – метричний тензор;

$\operatorname{tg} \psi$  і  $\tau_s$  – параметри, які визначаються через механічні властивості ґрунтів;

$\psi$  – кут на октаедричній площадці;

$T$  – інтенсивність дотичних напружень;

$\sigma_m$  – гідростатичний тиск;

$P_0$  – рівень гідростатичного тиску, що визначає перехід від конічної поверхні до циліндричної –  $2 \text{МПа}$ ;

$\Lambda$  – коефіцієнт дилатансії, значення якого визначається різними функціями.

Граничний опір всебічному обтисненню  $H$ :

$$H = \frac{\tau_s}{tg\psi}, \quad (5.33)$$

де  $\tau_s$  – константа, аналогічна зчепленню в ґрунтовому середовищі.

Для побудови розрахункових співвідношень користуємося відомою залежністю:

$$d\varepsilon^p = \Lambda(\chi)d\gamma^p, \quad (5.34)$$

де  $d\varepsilon^p$  – приріст об'ємної пластичної деформації;

$\Lambda$  – коефіцієнт дилатансії;

$d\gamma^p$  – приріст інтенсивності пластичних деформацій зсуву;

параметр зміцнення, значення якого залежить від співвідношення поточної щільності  $\rho_i$  і критичної щільності  $\rho_{cr}$  та характеризує розрихлення (дилатансія) або ущільнення (контрактансія).

Інженерний захист територій в теперішній час є досить поширеним питанням, особливо це стосується берегових зон в межах населених пунктів.

В межах Чорноморського узбережжя Одеської області широко розповсюджено підтоплення окремих ділянок цієї території. Водонасичення є результатом сукупної дії атмосферних опадів, підземних вод, витоків із водонесучих комунікацій, неконтрольованого поливу зелених насаджень тощо.

В геологічному відношенні територія складена неогеновими та четвертинними відкладами. Неогенові відклади представлені меотичними глинами. Вище залягає шар понтичного ярусу. Четвертинні відклади

представлені бурими глинами, які безпосередньо залягають на вапняках, та лесовими суглинками і супісками. Виявлено два водоносних горизонти. Перший знаходиться в лесових суглинках, водоупором служать бурі глини. Цей водоносний горизонт (техногенного характеру) відрізняється непостійним режимом і значним чином пов'язаний з опадами та витокami із водонесучих комунікацій. Другий горизонт води в шарі понтичного вапняку, водоупором є меотичні глини. Тут слід зауважити на специфічних властивостях ґрунтів, які складають дану ділянку.

На цій території над шаром вапняку знаходяться значні об'єми перевідкладеного лесового ґрунту. Інфільтрація атмосферних опадів та ґрунтові води техногенного походження зумовлюють накопичення вологи над шаром глин та вапняку. Це призводить до зниження параметрів лесових ґрунтів як у верхній, так у нижній частинах схилу. Нижче на рис. 5.41 наведено характерний інженерно-геологічний розріз цієї території.

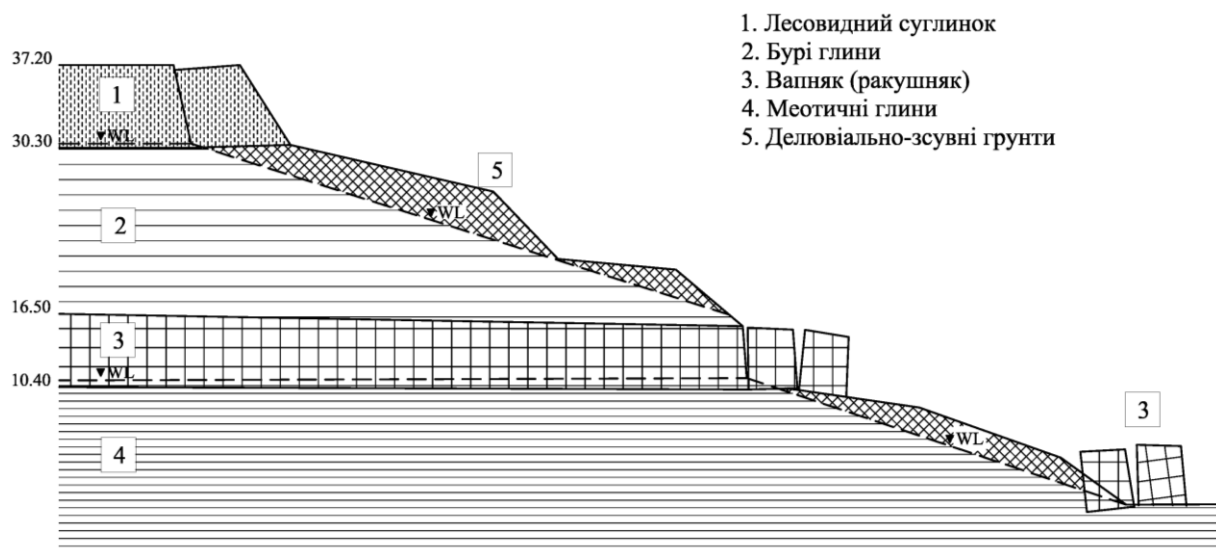


Рисунок 5.41 – Характерний інженерно-геологічний переріз цієї території

В верхній частині схилу формується скол, який супроводжується відокремленням лесового блоку та формуванням зсуву із зриванням лесового ґрунту та його подальшим переміщенням в бік моря.

Отже, лесові ґрунти, які перемістились внаслідок зсуву верхнього ярусу, підвищують ймовірність розвитку зсуву нижнього ярусу. Тобто спостерігається взаємозв'язок між ними: одночасно відбуваються явища абразії, що розмиває ґрунти донних відкладів під шаром вапняку, так і його надмірне навантаження перевідкладенними ґрунтами, яке спричиняє його руйнування.

Таким чином, можуть розвиватися два локальних схилових процеси – в зоні плато відбувається руйнування лесової товщі внаслідок зволоження і просідання, та біля моря, шляхом переміщення донних відкладів. Ці процеси пов'язані між собою і в певних ситуаціях підсилюються дією кожного з них.

Фізико-механічні характеристики ґрунтів (табл. 5.6) даного узбережжя визначені згідно даним лабораторних випробувань, так, після проведення інженерно-геологічних вишукувань було виділено наступні інженерно-геологічні елементи:

ІґЕ-1 лесовидний суглинок, товщиною 6,9 м;

ІґЕ-2 бурі глини, товщиною від 13,8 до 15,1 м;

ІґЕ-3 вапняк (ракушняк), товщиною від 6,1 до 4,5 м;

ІґЕ-4 меотичні глини, товщиною понад 21 м;

ІґЕ-5 делювіально-зсувні ґрунти, товщиною до 3,8 м.

Найбільш активну роль у формуванні рельєфу відіграють морські течії, які у штормовий період транспортують значні об'єми наносів берегових накопичень. На окремих ділянках швидкість розмивання берегів досягає 5 м/рік. Така активізація абразійного процесу пов'язана з постійною дією морських хвиль і призводить до руйнування прибережної смуги. В цей час об'єм виносів перевищує об'єм наносів і складає більше 10 тис. м<sup>3</sup>/рік.

Це пояснюється тим, що зменшення прибережної смуги підсилює руйнування берегових виступів штормовими хвилями. Що, в свою чергу, викликає погіршення умов стійкості схилів, які межують з береговою лінією і тим самим викликає зміщення гірських порід вниз по схилу. Скорочення пляжної смуги підсилює також динамічну дію хвиль на прибережну зону.

Таблиця 5.6 – Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Номер ІГЕ	Найменування ґрунту	Нормативні значення							
		Природна вологість, част. од.	Число пластичності	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Модуль деформації, МПа	Щільність ґрунту, т/м <sup>3</sup>	Питоме зчеплення, кПа	Кут внутрішнього тертя, град
		W	I <sub>p</sub>	I <sub>L</sub>	e	E	ρ	c	φ
1	Суглинок твердий, лесовидний	0,25	0,12	<0	0,79	20	1,9	28	20
2	Глини, тверді, бурі	0,22	0,18	<0	0,77	30	1,96	60	22
3	Вапняк (ракушняк)	0,20	-	-	0,48	45	2,0	-	30
4	Глини, тверді, меотичні	0,20	0,19	<0	0,72	40	2,0	80	22
5	Делювіально-зсувні ґрунти	0,27	0,1	0,5	0,81	6	1,6	15	18

Таким чином, процес абразії спричиняє неперервне зменшення ґрунтових мас у підніжжі схилу. Внаслідок виносу частини донних відкладів морськими хвилями відбувається руйнування шару вапняку від його корінного залягання і розвиваються проблемні зони в шарі меотичних глин.



Рис. 5.42. Характер руйнування в зоні плато

Такі деформації відносять до зсувних процесів нижнього ярусу. Під час зміщення частина вапняку подрібнюється, переноситься і накопичується безпосередньо на березі та в морі, а їх рух додатково руйнує пляжну зону.

Для укріплення берегової лінії необхідно виконати розрахунки, згідно яких розроблено ряд заходів із укріплення пляжної зони. Так як в теперішній час надзвичайно актуальним є збереження природних ресурсів та екологічність технологій що використовуються в будівництві, матеріалом для цього виду робіт було обрано габіонні конструкції різних типів, а саме: габіони коробчастого типу та габіонні матраси типу «Рено» (рис. 5.43).

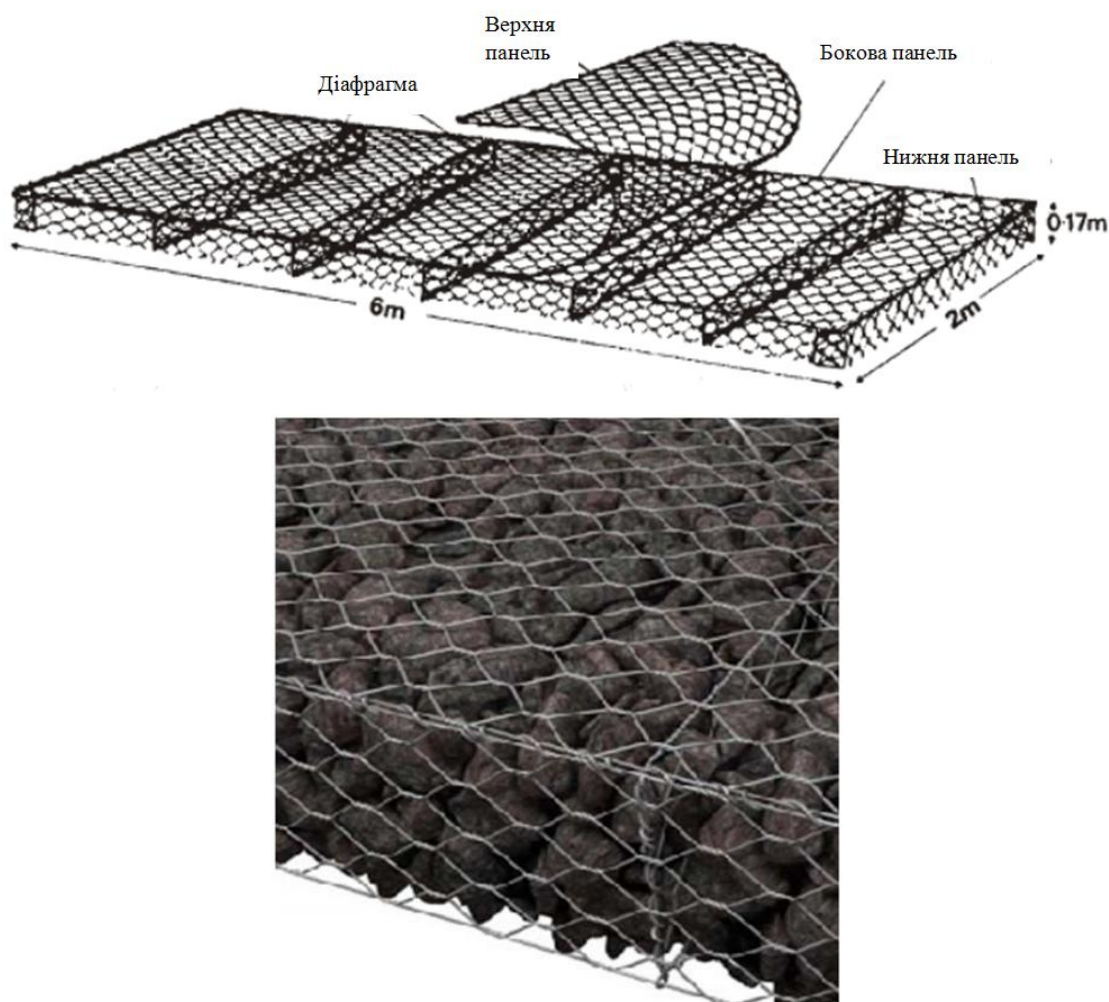


Рисунок 5.43 – Схема габіонного матрацу типу «Рено»

Габіонні матраци – це об’ємні габіонні конструкції з сітки подвійного

кручення. Вони мають невелику висоту і велику площу покриття, вони так само, як і коробчасті габіони діафрагмами діляться на секції з інтервалом 1 м по довжині, а кромки панелей підсилені дротом більшого діаметру.

Габіонні матраци використані для закріплення берегової лінії, оскільки через свої властивості можуть бути встановлені під водою, що зменшує руйнування берегових виступів під дією штормових хвиль. Через особливості конструкції габіонні матраци можуть витримати значні деформуючі навантаження без розриву.

В умовах влаштування захисту слабкої нестабільної основи ця властивість є надзвичайно важливою. Також укріплення виконується в пляжній зоні, де важливим є збереження ландшафту та рослинності, що притаманна саме цій місцевості. Габіони пропускають крізь себе воду та осадки, не руйнуючи цілісність, та є природними будівельними блоками що не перешкоджають росту рослинності, трав'яного покриву, що робить їх натуральними та екологічними спорудами. З часом простір між камінням заповнюється пилом, мулом та брудом, що сприяє розвитку рослин, тому зливаючись з природним середовищем габіони перетворюються на частину природного ландшафту. Крім того, акумуляція частинок ґрунту сприяє збільшенню міцнісних властивостей споруди, що виконує роль в'язучого.

Для аналізу та розрахунку схилу був використаний метод скінченних елементів (МСЕ), який в теперішній час визнаний як загальний метод вирішення широкого кола задач. Він реалізований у великій кількості розрахункових програм, якими користуються як науковці, так і інженери в повсякденному житті для вирішення конкретних задач. Суть МСЕ полягає в апроксимації суцільного середовища з нескінченно великим числом ступенів вільності сукупністю підобластей, що мають скінченне число ступенів вільності. Між цими елементами встановлюється взаємозв'язок. Для задач моделювання ґрунтового масиву використані співвідношення у формі переміщень. У межах кожного елемента задаються функції, так звані функції форми, які визначають переміщення у внутрішній області елемента по



переміщенням у вузлах. Невідомими МСЕ є можливі і незалежні переміщення у вузлах скінченно-елементної моделі.

Основним підходом цього методу є припущення, що шуканий параметр досліджуваного фізичного явища представляється в формі деякої глобальної функції  $u(x, y, z)$ , що розповсюджена по всьому об'єму неперервної ділянки середовища або деякої області  $\Xi$ . Така функція відтворюється частинами в кожному окремому фрагменті ділянки  $\Xi$ . Крім того, для вирішення задачі ділянку досліджень необхідно попередньо розбити на елементарні ділянки (фрагменти) з урахуванням наступних критеріїв: геометрії досліджуваної ділянки, особливостей фізичного процесу, що протікає, та критерію точності шуканого результату. Елементарні фрагменти, в межах яких і здійснюється локальний пошук шуканої функції за допомогою функцій форм, називають скінченними елементами. Функції форм будуються на основі інтерполяційних поліномів, що використовуються для пошуку значень шуканої функції в обраних точках досліджуваної ділянки.

В результаті аналізу розрахункових комплексів для проведення розрахунків був прийнятий програмний комплекс Plaxis. Оскільки розрахунки проводились з урахуванням конструктивної та фізичної нелінійності, було прийнято спрощення розрахункової схеми до плоскої постановки. В свою чергу, таке спрощення, хоч і дозволяє отримати коректні результати в межах досліджуваної ділянки, проте вимагає обережного підходу до вибору жорсткісних параметрів захисних конструкцій, оскільки моделювання відбувається в межах ділянки, що має розмір в напрямку осі  $Y$  1,0 м. Таким чином, розрахунковий комплекс сприймає жорсткість окремих елементів захисних конструкцій, наприклад, ґрунтових анкерів чи елементів огороження, як суцільну конструкцію, без урахування відстані в плані між ними.

Враховуючи все вищезазначене, жорсткість кожного ряду ґрунтових анкерів та залізобетонних елементів огороження – збірних залізобетонних

плит серії 3.505.1-15 були приведені до жорсткості суцільних конструкцій круглого та прямокутного перерізу з постійною приведеною шириною  $b^*$  чи діаметром  $r^*$ . Приведена на 1 п.м. захисної конструкції площа поперечного перерізу ґрунтового анкеру чи плит огороження складає:

$$S' = S / k, \quad (5.35)$$

де  $S$  – площа одного конструктивного елемента;

$k$  – крок елементів в ряду.

Приведений модуль деформації елемента конструкції складає:

$$E' = \frac{E \cdot \pi \cdot a}{\sqrt{12} \cdot k}, \quad (5.36)$$

де  $E$  – модуль деформації бетону;

$a$  – поперечний розмір елемента захисної конструкції.

Остаточні параметри жорсткості на згин та осьовий стиск, необхідні для розрахунку, складатимуть:

$$EI = \frac{E' \cdot a'^3}{12} \quad (5.37)$$

$$ES = E' \cdot a' \cdot l \quad (5.38)$$

Значення, отримані у виразах (5.36) та (5.38), використовуються в якості жорсткісних характеристик самої конструкції, тому суттєвим чином впливають на загальне переміщення елементів розрахункової схеми (конструкцій).

Усі розрахунки були виконані в плоскій постановці.

Система передбачає можливість виокремлення окремих ПГЕ за даними

інженерно-геологічних вишукувань майданчика. Ця система орієнтована на автоматичне визначення змінного модуля пружності на кожній стадії зведення. У відповідності з цією моделлю, по всьому масиву визначаються значення нормальних та дотичних напружень.

За допомогою цього розрахункового комплексу реалізовано розрахунок стійкості схилу при зміні характеристик окремих шарів ґрунту, у зв'язку з накопиченням вологи, що призводить до зміни міцнісних та деформативних характеристик ґрунту.

Нижче наведено скінченно-елементну модель (СЕМ) схилу.

Розрахунки стійкості схилу проводились у 7 етапів. Подібний розрахунок можливий завдяки реалізованому поетапному навантаженню чи розвантаженню, монтажу та демонтажу елементів схеми. Тобто реалізоване моделювання нелінійних завантажень.

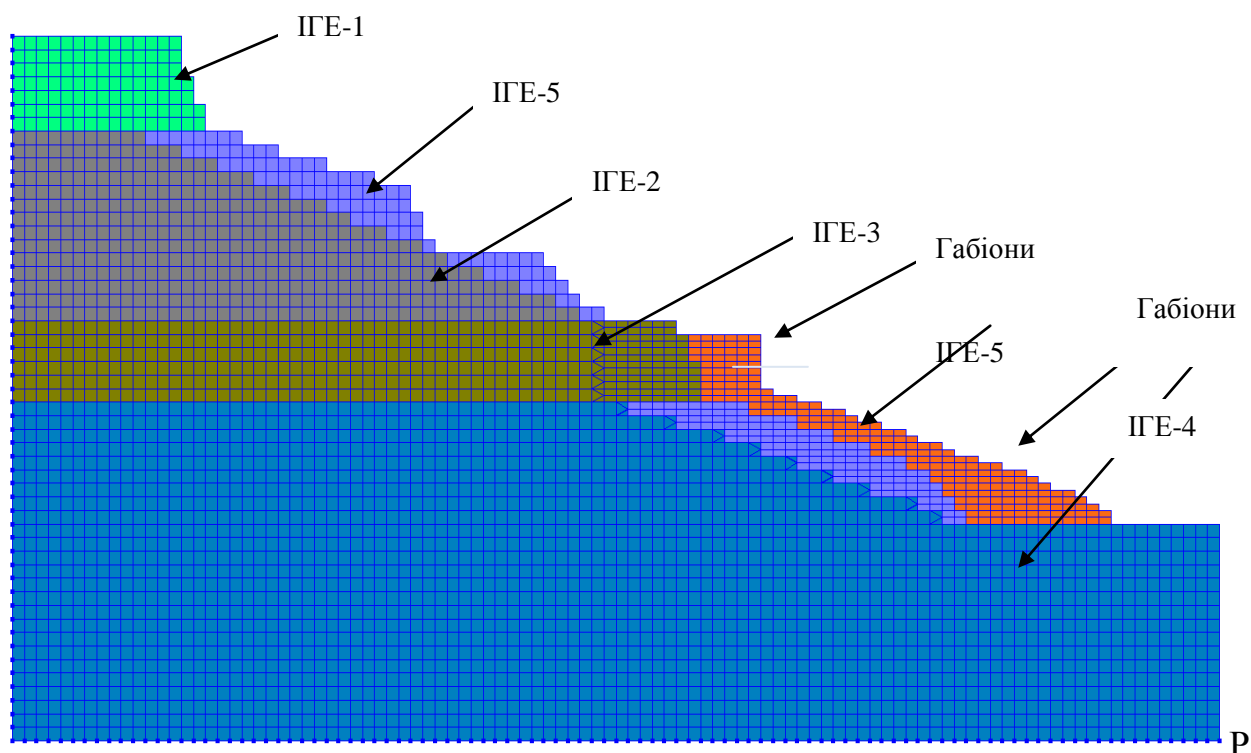


Рисунок 5.44 – Скінченно-елементна модель (СЕМ) схилу

В постановці були змодельовані наступні етапи.

Перший етап – це моделювання СЕМ схилу та визначення напружено-

деформованого стану ґрунтового масиву.

На другому та третьому етапах змодельоване поступове погіршення фізико-механічних характеристик внаслідок впливу підвищення рівня ґрунтових вод. Перед початком цього етапу необхідно обнулити переміщення, визначені на попередньому етапі.

Потім протягом 4-6 етапів відбувається встановлення габіонних матраців.

На сьомому етапі встановлюються габіони на рівні ПЕ-3 з метою припинення подальшого руйнування вапняку.

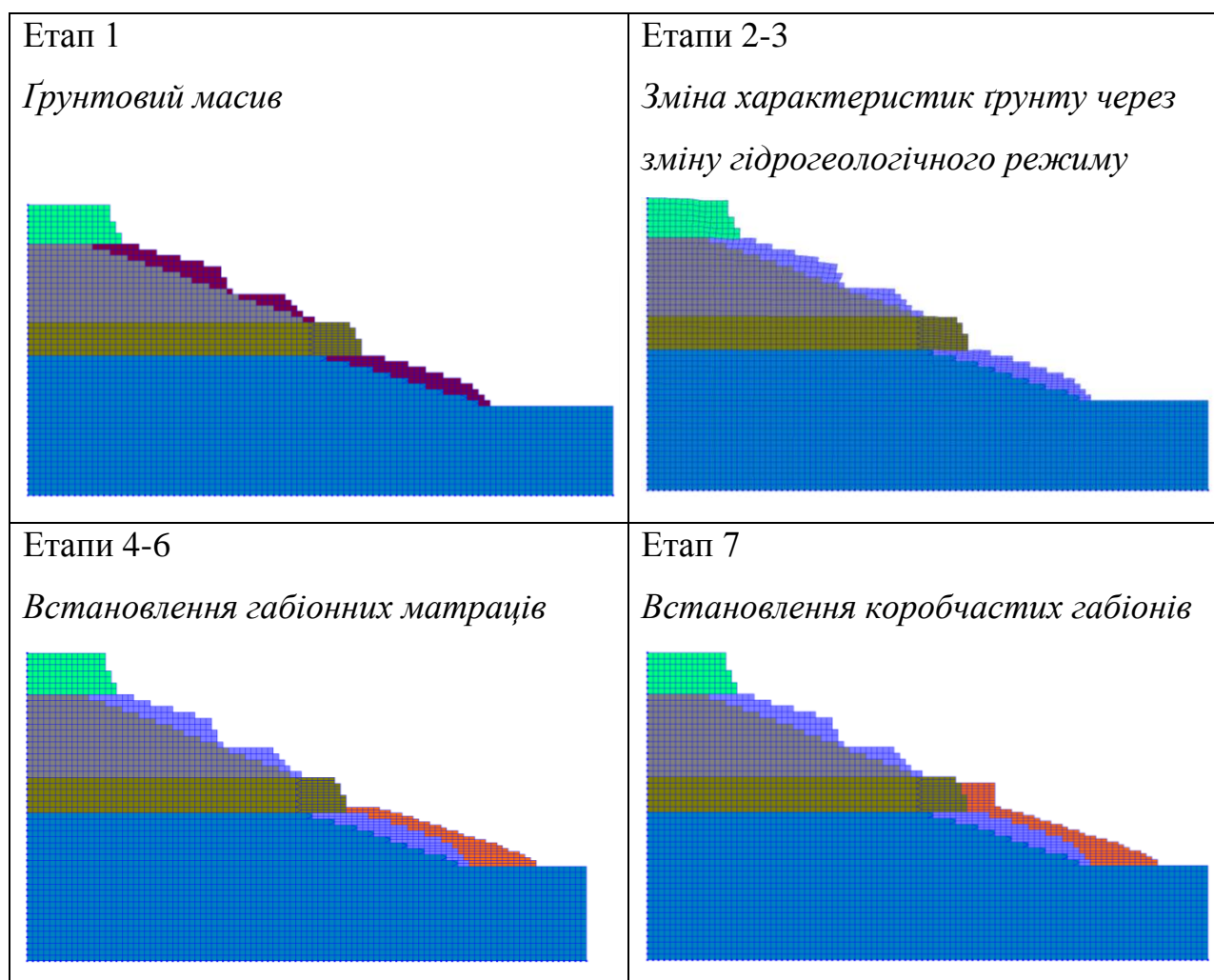


Рисунок 5.45 – Етапи розрахунку стійкості схилу

Вище наведено схеми, де видно поступове укріплення схилу за

допомогою габіонних матраців, та подальше укріплення схилу вже безпосередньо габіонами (рис. 5.45). Укріплення берегової зони розроблено з урахуванням властивостей такого типу відкосів, а саме – берегові відкоси можна умовно поділити на три частини – підводна зона, зона змінного режиму та незатоплювана зона. Наявність цих зон зумовлює використання різних матеріалів та методів укріплення узбережжя.

Для укріплення підводної та зони змінного режиму використані габіонні матраци, так звані матраци «Рено» з ПВХ покриттям – полівінілхлорид захищає від корозії та наділений стійкими характеристиками щодо агресивного середовища. Форма та конструкція цих матраців дозволяє покривати великі похилі поверхні, повторюючи рельєф. На незатоплюваній зоні, згідно розрахунків та даних геологічних вишукувань, відбуваються процеси руйнування та обвалу ґрунту, тому необхідно закріпити верхню частину схилу.

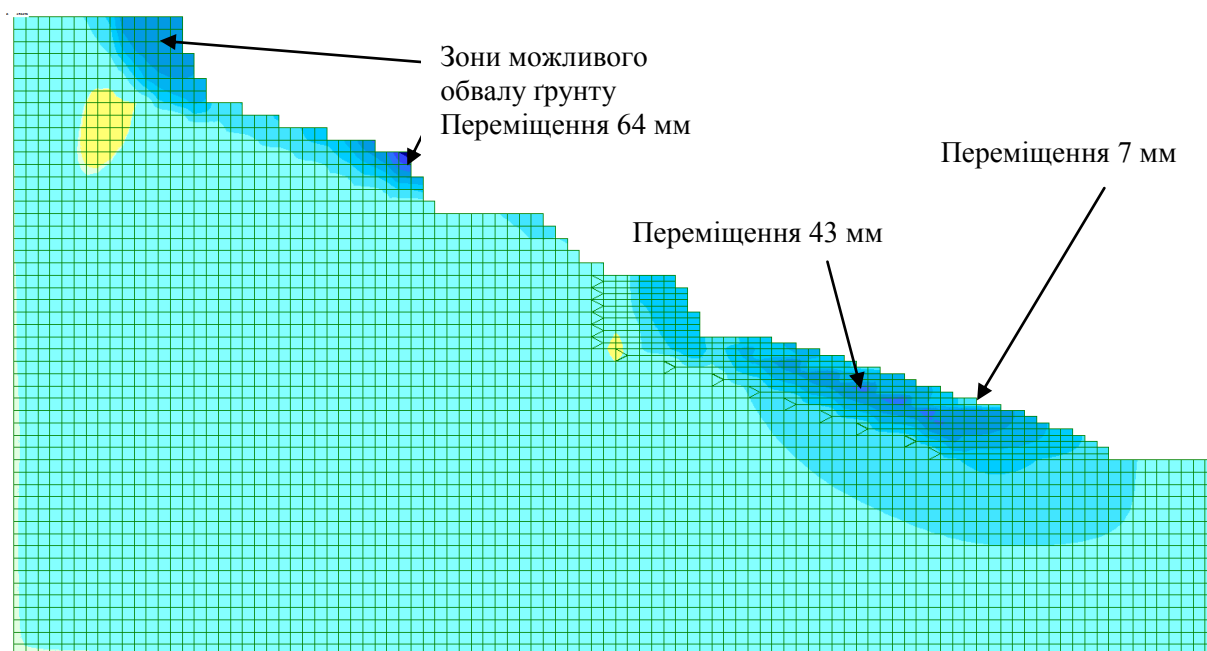


Рисунок 5.46 – Вертикальні переміщення схилу на етапі влаштування габіонних матраців

Схил вище рівня води згідно проекту закріплено габіонами коробчастої форми. Закріплення виконано в зоні обвалу вапняку (рис. 5.41). Вище по схилу закріплення не передбачені, так як враховано те, що закріплення нижньої частини схилу дасть змогу зупинити руйнування берегової лінії та подальший обвал верхніх шарів ґрунту.

Нижче наведено горизонтальні переміщення елементів схилу після зміни гідрогеологічного стану і після встановлення захисних конструкцій.

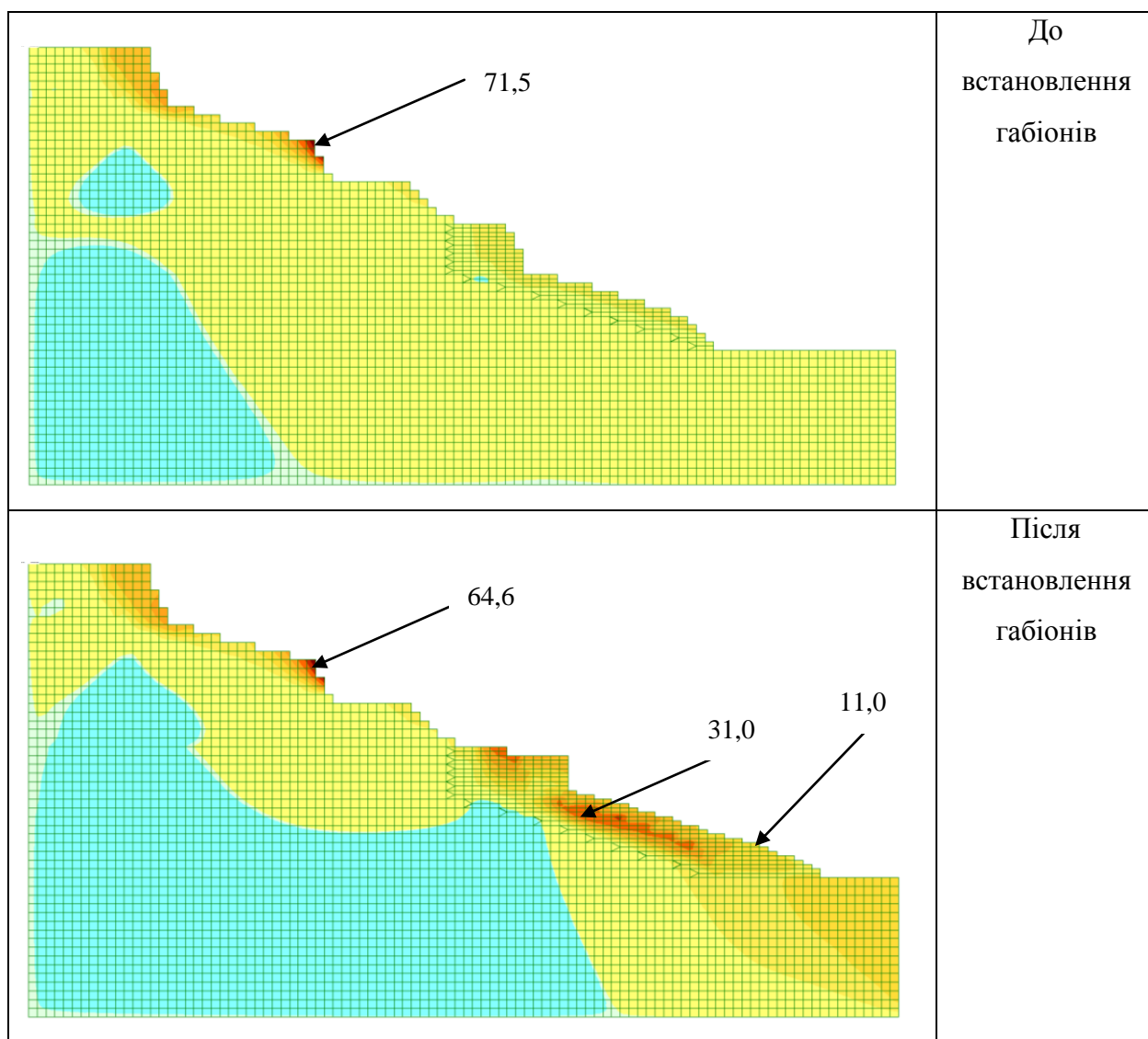


Рисунок 5.47 – Переміщення по осі X, мм

Проаналізувавши горизонтальні переміщення, можна побачити, що

встановлення захисних конструкцій в нижній частині схилу сприяє стабілізації відкосу. Горизонтальні переміщення на рівні водонасиченого ґрунту в нижній частині схилу майже в 3 рази нижчі, ніж переміщення габіонних матраців, що утримують ґрунт в цій зоні.

Нижче на рис. 5.48 показано зони пластичних деформацій.



Рисунок 5.48 – Зони пластичних деформацій

Отримавши результат нелінійного розрахунку, маємо можливість побачити зони пластичності в елементах схеми та прогнозувати розвиток потенційних кривих ковзання в цих зонах.

На рис. 5.49 можна побачити сформовані дотичні напруження після підсилення схилу габіонними конструкціями.

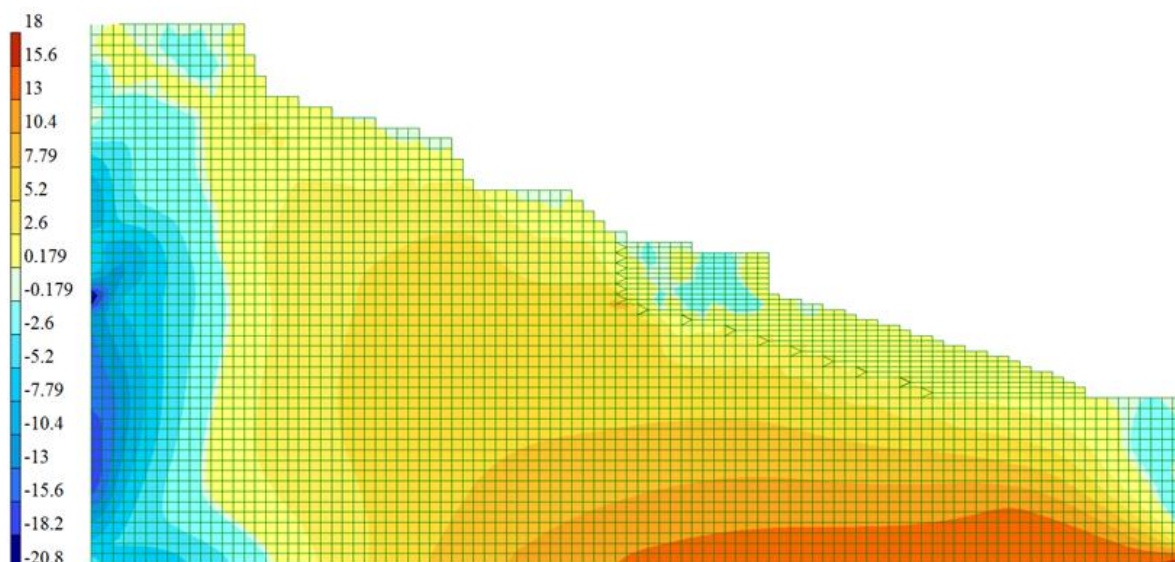


Рисунок 5.49 – Дотичні напруження,  $\tau/\text{м}^2$

Слід зауважити, що незважаючи на те, що обраний метод скінчених елементів є одним з найпоширеніших на сьогодні методів розрахунку задач стійкості захисних конструкцій з урахуванням поетапного зведення та геологічних змін фізико-механічних характеристик ґрунту, необхідно визнати: даний підхід до вирішення поставленої задачі не враховує послаблення жорсткісних характеристик елементів огороження захисних конструкцій в місцях стику окремих плит огороження, а також зміни механічних характеристик ґрунтів в зонах стиків, за рахунок зміни гідрологічного стану оточуючого ґрунту.

## Висновки до розділу 5

1. Обґрунтована можливість застосування інструментів динамічного вейвлет-аналізу для потреб динамічної (оцінюваної в поточних координатах часу інформаційно-будівельного циклу проекту) стохастичної оцінки рівня біосферосумісності будівництва, в порівнянні з провідними організаційно-



технологічними характеристиками. Це створює належні наукові підстави для вибору варіантів організації будівництва, що є раціональними водночас і з позицій біосферосумісності, і з позицій задоволення очікувань провідних учасників реалізації проекту.

2. На основі застосування динамічного вейвлет-аналізу виявлений вплив чинників середовища проекту БСБ на підсумковий рівень біосферосумісності:

- проаналізована ефективність застосування математичних методів аналізу стохастичних впливів різної природи на основі дискретних та неперервних вейвлет-перетворень;

- досліджено застосування теорії та методів вейвлет-аналізу для отримання якісних динамічних характеристик складних просторових конструкцій в частотно-часовому просторі;

- проведено вейвлет-аналіз стохастичних впливів (реалізацій вітрового потоку та сейсмічного навантаження) за допомогою дискретного та неперервного вейвлет-перетворень із застосуванням вейвлетів Добеші, Морле, Пауля, «Мексиканська шляпа», які реалізовані в програмних комплексах Mathcad та DeveloperStudio;

- виконано математичне моделювання квазістаціонарного (вітрового) стохастичного впливу у вигляді імовірнісної моделі за допомогою методів вейвлет-аналізу, статистичних та вібраційних методів;

- побудована імовірнісна модель нестаціонарного (сейсмічного) стохастичного впливу із застосуванням теорії рухомої хвилі, нелінійної теорії пружності, статистичних методів, теорії і методів вейвлет-аналізу.

3. Критеріальним показником в даній моделі адаптованого застосування вейвлет-аналізу обрано середнє математично-очікуване значення рівня БСБ. Аргументами критеріального показника є стохастично розподілені організаційно-технологічні, архітектурно-конструктивні, екологічні та інші характеристики будівельного проекту, що відповідають

окремій альтернативі реалізації проекту, яка визначена із застосуванням стохастично-імітаційних алгоритмів.

4. Позитивними підсумками вейвлет-аналізу вважатиметься факт попадання критеріального показника рівня БСБ у 15-відсотковий довірчий інтервал відхилень від нормативного значення БСБ, що узгоджується замовником спільно з іншими провідними суб'єктами будівельно-інвестиційного процесу.

Основні положення розділу 5 опубліковані автором у працях [327, 328, 332, 389, 335, 336, 342, 348, 349, 366, 388].

## РОЗДІЛ 6

### РОЗРОБКА ТА АДАПТАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА НА ЗАСАДАХ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ

#### 6.1 Розробка та впровадження прикладних модулів із пошуку та застосування відновлюваних джерел енергії у форматі прикладного інструментарію організації біосферосумісного будівництва

В Україні існують такі механізми стимулювання виробництва відновлюваної електроенергії:

- «зелений» тариф;
- пільги в оподаткуванні;
- пільговий режим приєднання до електричної мережі.

Незважаючи на згадку в Законі України «Про електроенергетику» документа, що підтверджує походження електроенергії з відновлюваних джерел (так званого «зеленого» сертифіката), схема застосування та обігу таких сертифікатів не знайшла свого розвитку у підзаконних нормативно-правових актах і не використовується державними регуляторами.

Стимулювання виробництва за допомогою «зеленого» тарифу поширюється майже на всі відновлювані джерела енергії (за винятком електроенергії, виробленої великими гідроелектростанціями). При цьому вся відновлювана енергетика розподілена на дві групи:

- електроенергія, щодо якої законом установлений гарантований мінімальний «зелений» тариф (енергія вітру, сонця, біомаси та малих ГЕС);
- електроенергія, на яку гарантований мінімальний «зелений» тариф не поширюється.

В останньому випадку «зелений» тариф встановлюється Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг, виходячи з аналізу витрат на будівництво й утримання електростанцій та обґрунтованої норми прибутку виробника електроенергії.

«Зелений» тариф не поширюється на електроенергію, для виробництва якої одночасно використовуються як відновлювані, так і традиційні джерела.

Схема стимулювання виробництва електроенергії за допомогою «зеленого» тарифу встановлена до 01.01.2030 р. та поширюється на суб'єктів господарювання, які виробляють електроенергію з відновлюваних джерел енергії на електростанціях, введених в експлуатацію в період її чинності. Держава гарантує законодавче закріплення вимоги про закупівлю електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, протягом усього строку дії порядку стимулювання, і оплату такої електроенергії в повному обсязі.

Розмір «зеленого» тарифу на електроенергію, вироблену електростанціями, що будуть введені в експлуатацію або істотно модернізовані після 2014, 2020 і 2024 років, знижується на 10%, 20% і 30% відповідно. Електростанції вважаються істотно модернізованими, якщо вартість модернізації енергетичного обладнання перевищує 50% від його початкової вартості.

Використання нетрадиційних джерел енергії є одним із перспективних напрямів енергоресурсозбереження в сфері теплопостачання і одночасно сприяє вирішенню проблем БСБ (табл. 6.1).

У даний час витрати палива на виробництво 1 Гкал тепла в комунальній теплоенергетиці України складають 160-180 кг у.п., у розвинених країнах – 145-150 кг. Перевитрата палива призводить до збільшення майже вдвічі викидів в атмосферу – 45 г/МДж CO<sup>2</sup> замість 26 г/МДж CO<sup>2</sup> [14; 15; 39].

У зв'язку з усвідомленою нагальною необхідністю енергозбереження та актуальними екологічними проблемами у всьому світі, зокрема в Україні, все більше уваги приділяється використанню відновлюваної екологічно

чистої енергії, насамперед, енергії Сонця, оскільки за два тижні Сонце віддає Землі таку кількість енергії, яку споживають усі жителі нашої планети протягом року.

Таблиця 6.1 – Потенціал альтернативних джерел енергії в Україні

Вид	Річний потенціал		Річне заміщення природного газу
	млрд. кВт·год	млн. т умовного палива	млрд. м <sup>3</sup>
Вітроенергетика	41,7	15,0	13,04
Сонячна енергетика	28,8	6,0	5,22
Геотермальна енергетика	105,1	12,0	10,43
Біоенергетика	27,7	10,0	8,7
Гідроенергетика	162,8	20,0	17,40
Енергетика зовнішнього середовища	154,7	18,0	15,65
Разом	520,8	81,0	70,44

У [174] було проаналізовано надходження сонячної радіації на територію України та зроблено геліокліматичне районування, згідно з яким її терени поділено на чотири райони (рис. 6.1).

Зокрема, територія України належить до зони із середнім рівнем інтенсивності надходження сонячної радіації, що зумовлює доцільність залучення сонячної енергії для енергозабезпечення будівель шляхом використання пасивних та активних геліосистем і фотоелектричних модулів.



Рисунок 6.1 – Потенціал сонячної енергії на теренах України [231]

Так, можливість використання сонячного випромінювання збільшується в напрямку з північного заходу ( $1070 \text{ кВт/м}^2$ ) на південний схід ( $1440 \text{ кВт/м}^2$ ) з найвищим потенціалом на Кримському півострові. При цьому період часу для ефективного використання сонячних колекторів у південних областях України становить 7 місяців (з квітня до жовтня), у північних областях – 5 місяців (з травня до вересня). Насамперед, сонячні колектори для нагрівання води широко використовуються в південній частині України, а їх кількість збільшується з кожним днем, але варто зазначити, що фотоелектричне обладнання може ефективно працювати і протягом року.

На даний момент в Україні розташована найбільша сонячна електростанція в Європі [135; 288] та планується, що видобуток сонячної енергії в Україні буде зростати щорічно на 90%. У нас є всі передумови для успішного розвитку ринку сонячної енергії, а саме: високий показник енергетичного освітлення сонячною радіацією (СР), пільговий «зелений» тариф [135], а також сприятливий стан щодо звільнення від податків, якого

має дотримуватися наша держава, оскільки у подальшому енергетична стратегія України передбачає досягнення 20% виробництва енергії з відновлюваних джерел уже до 2020 р. Але останні суттєві зміни, передбачені законопроектом внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» (щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії), які стосуються кожного з напрямів альтернативної енергетики, можуть уповільнити ріст відновлюваних джерел енергії в Україні [131].

Натомість значні можливості енергозабезпечення будівель відкриваються саме завдяки впровадженню фотоелектричних модулів і сонячних колекторів для систем гарячого водопостачання, опалення та електропостачання, оскільки за допомогою сонячних колекторів можна отримувати енергію без шкідливого навантаження на навколишнє середовище, а правильно розраховані геліосистеми для терен України можуть покривати енергетичні витрати на гаряче водопостачання в літній період.

Тому для розв'язання зазначених задач на етапі проектування необхідно розраховувати енергетичну освітленість від СР як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях будівель. Інтенсивність прямої та дифузної сонячної радіації залежить в основному від широти місцевості, пори року, часу доби, а також від прозорості атмосфери і характеристик земної поверхні та різняться для кожної місцевості.

Україна має потужні ресурси вітрової енергії: річний технічний вітроенергетичний потенціал дорівнює 30 млрд. кВт·год. На основі оброблених статистичних метеорологічних даних по швидкості та повторюваності швидкості вітру проведено районування території України по швидкостях вітру і визначено питомий енергетичний потенціал вітру на різній висоті відповідно до зон районування [15].

Приведені дані є базовими при впровадженні вітроенергетичного обладнання і призначені до використання проектувальниками об'єктів вітроенергетики для встановлення оптимальної потужності вітроагрегатів та

тилу енергії (електрична або механічна) для ефективного її виробництва в конкретній місцевості.

В умовах України за допомогою вітроустановок можливим є використання 15,19% річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса. Очікувані обсяги виробництва електроенергії з  $1 \text{ м}^2$  перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт·год/ $\text{м}^2$  за рік.

Застосування вітроустановок для виробництва електроенергії в промислових масштабах найбільш ефективно в регіонах України, де середньорічна швидкість вітру  $>5 \text{ м/с}$ : на Азово-Чорноморському узбережжі, в Одеській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Луганській, Миколаївській областях, АР Крим та в районі Карпат.

Експлуатація тихохідних багатолопастевих вітроустановок з підвищеним обертальним моментом для виконання механічної роботи (помолу зерна, підняття та перекачки води і т.п.) є ефективною практично на всій території України.

Вітроенергетика України має достатній досвід виробництва, проектування, будівництва, експлуатації та обслуговування як вітроенергетичних установок, так і вітроенергетичних станцій; в країні є достатньо високий науково-технічний потенціал і розвинена виробнича база. В останній час розвитку вітроенергетичного сектора сприяє державна підтримка, що забезпечує реалізацію ініціатив по вдосконаленню законодавства, структури керування, створенню вигідних умов для внутрішніх і зовнішніх інвесторів.

Реалізація державних національних програм в галузі вітроенергетики передбачає загальне річне виробництво електроенергії на вітроелектростанціях та автономних вітроустановках близько 5,71 млн. МВт·год, що дозволить забезпечити близько 2,5% від загального річного електроспоживання в Україні.



Використання даних по потенціалу вітрової енергії (табл. 6.2. та рис. 6.2.) значно спрощуватиме і здешевлюватиме роботи по вибору та проектуванню вітроенергетичного обладнання та об'єктів вітроенергетики [15].

Таблиця 6.2 – Питомий енергетичний потенціал вітрової енергії в Україні

№ району	Середньорічна швидкість вітру, $V_{cp}$ , м/с	Висота, м	Природний потенціал вітру, кВт·год/м <sup>2</sup> рік	Технічно-досяжний потенціал вітру, кВт·год/м <sup>2</sup> рік
1	<4,25	15	1120	200
		30	1510	280
		60	2030	375
		100	2530	460
2	4,5	15	2010	390
		30	2710	520
		60	3640	700
		100	4540	850
3	5,0	15	2810	520
		30	3790	690
		60	5100	860
		100	6350	975
4	5,5	15	3200	620
		30	4320	830
		60	5810	1020
		100	7230	1150

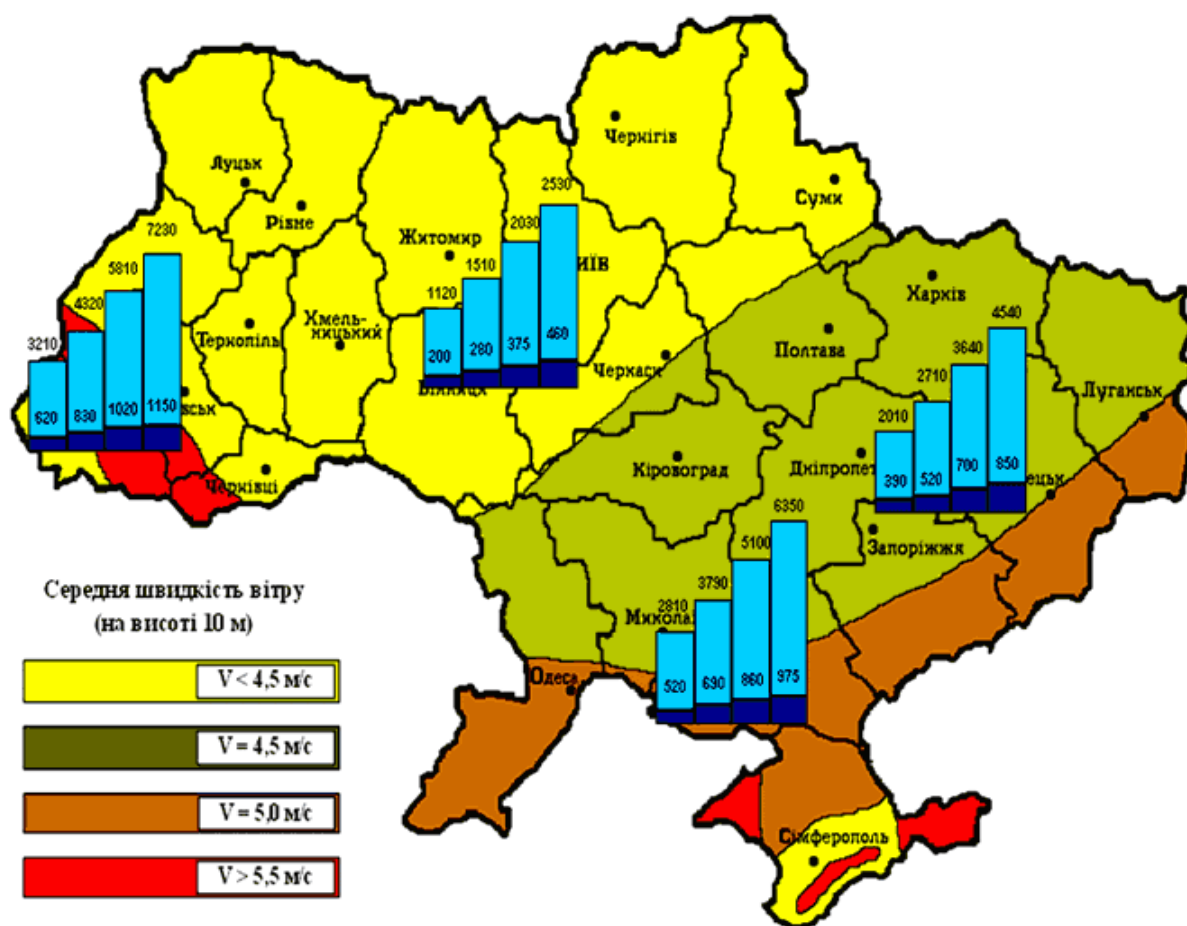


Рисунок 6.2 – Енергетичний потенціал вітру на території України

Розподіл вітрів в Україні характеризується географічними закономірностями, а саме: циркуляцією атмосфери, рельєфом території і шерехатістю поверхні. Ландшафтні умови місцезонаження метеорологічних станцій впливають як на швидкість вітру, так і на його напрямок. Вирішальний вплив на показання флюгера має ступінь відкритості його місцезонаження [15].

Просторовий розподіл атмосферного тиску є передумовою виникнення баричного градієнту, котрий визначає повітряну циркуляцію на різних просторових рівнях. В зимовий період в Україні середній тиск повітря на рівні моря знаходиться в межах 1015-1025 мб. У січні найбільший атмосферний тиск (вище 1022 мб) в багаторічному розрізі приурочений до південно-східної частини Гірських Карпат і південно-західної частини

лісостепової зони (Прут-Дністровської лісостепової області, західної Придніпровської підобласті і північної лісостепової області Молдавського підвищення) [16].

На крайньому сході України (Айдарська степова підобласть та Донецька фізико-географічна область) також спостерігається область підвищеного тиску (вище 1022 мб).

Середнє мінімальне значення тиску повітря на рівні моря (нижче 1020 мб) спостерігається в січні в області Гірського Криму. Майже вся зона змішаних лісів (Українське Полісся) і степова область Рівнинного Криму характеризується дещо пониженими значеннями тиску повітря порівняно з лісостеповою і степовою зонами. Влітку характер розподілу атмосферного тиску різко змінюється. На відміну від січня, коли ізобари в основному мають широтний напрямок, в червні ізобари набувають субмеридіонального напрямку. Максимальне значення середнього тиску повітря (вище 1013 мб) приурочене до області Гірських Карпат, західної частини Українського Полісся та лісостепової зони [14].

Мінімальне значення середнього тиску повітря (нижче 1011 мб) спостерігається в Айдарській підобласті степової зони, ізобара 1012 мб проходить приблизно через Коростень – Умань – Миколаїв. На схід від цієї зони тиск повітря нижче, а на захід – вище 1012 мб. Такий розподіл атмосферного тиску повітря певною мірою зумовлює напрямок, а градієнти тиску – переважаючу швидкість вітру.

Циркуляція повітряних мас над територією України зумовлена, перш за все, її положенням в загальноєвропейській баричній системі, а вже потім – особливостями місцевого баричного поля. Основною формою циркуляції над Україною, як і над іншими територіями середніх широт, є циклонічна і антициклонічна діяльність. Внаслідок цього на Україну надходять і різні повітряні маси: від арктичних, середня багаторічна повторюваність яких становить за рік близько 10%, до тропічних, повторюваність днів з ними дорівнює 20%.

Циклони рухаються на Україну здебільшого в холодний період року – з листопада по березень (в середньому 10-13% на місяць), коли спостерігають найбільші контрасти температури між холодним суходолом і відносно теплим океаном. Через це в зимовий період на більшій частині території України спостерігаються вітри, швидкість яких перевищує 5 м/с. Сюди відносяться Лівобережжя лісостепової і степової зон, степова область Рівнинного Криму, східна частина лісостепової області Волинської височини, центральна і східна частина степової області південних схилів Придніпровської височини і Бузько-Дніпровська степова область Причорноморської низини. Така швидкість вітру зафіксована також вздовж Дністра – від його гирла до північної межі Молдавії [52].

В центральній частині лісостепової зони середні швидкості вітру взимку досягають 4-5 м/с, менше в фізико-географічних областях Передкарпаття, Закарпатської низини, Південного берега Криму і в підобласті передгір'я Кримських гір.

Таким чином, в зимовий період на висоті 16 м майже по всій Україні швидкості вітру перевищують 4 м/с, значну частину займають території із середньою швидкістю вітру більше 5 м/с. Районів із швидкістю менше 3 м/с на висоті 16 м за цими даними на території України взимку не виявлено.

Весною ділянки території із швидкістю 5 м/с і більше скорочуються порівняно з зимовим періодом, але й вони займають ще значні території (південний схід і південний захід України). Майже вся лісостепова зона характеризується швидкостями вітру 4-5 м/с. Середні швидкості вітру менші 4 м/с спостерігаються в тих же фізико-географічних областях, що і взимку. Правда, у фізико-географічній області Південного берега Криму швидкість вітру на висоті 16 м у весняний період менша 3 м/с (Алушта: зима – 3,5 м/с, весна – 2,8 м/с).

На півночі України (фізико-географічні області Полісся, центральні частини північної лісостепової області, областей Придніпровської височини і

Подільської височини) спостерігаються середні швидкості вітру в межах 3-4 м/с.

Перехід до теплого півріччя характеризується значно більшим впливом на метеорологічний режим території України радіаційного фактора і впливом підстилаючої поверхні Землі. Процеси переміщення (адвекції) поступово затухають при зменшенні температурних контрастів між морем і сушею. Якщо розглядати початок теплого півріччя з точки зору умов циркуляції, то він пов'язаний із значним послабленням впливу північно-східного і східного напрямку переносу повітряних течій.

Влітку безпосереднє вторгнення арктичного повітря майже повністю відсутнє. Весною ж воно зумовлює «повернення холоду», що спричиняє значні похолодання і заморозки в Україні. Поступово руйнується Азіатський антициклон внаслідок швидкого прогріву материка. Вплив цього антициклону проявляється тільки в квітні, коли в його систему надходять з заходу, північного заходу, а інколи з північного сходу нові антициклонічні утворення. Над територією України вони представлені у вигляді відрога, орієнтованого зі сходу.

У літній період середня швидкість вітру  $>5$  м/с на висоті 16 м практично не спостерігається. Так, із розглянутих близько 100 метеорологічних станцій така швидкість зафіксована лише на семи метеорологічних станціях (Хорли – 6,1 м/с; Новобердянський маяк – 5,1; Ай-Петрі – 6,3; Феодосійське лісництво – 6,4; Мисове – 6,0; Киз-Аульський маяк – 7,9; Пожижевська полонина – 5,0 м/с) [60].

Швидкості вітру у багаторічному розрізі практично майже на всій території знаходяться в межах 3-4 м/с. Лише невелика зона узбережжя Чорного і Азовського морів характеризується середніми швидкостями вітру більше 4 м/с. З рис. 6.3-6.4 видно, що середні швидкості вітру  $>5$  м/с спостерігаються тільки в зоні узбережжя Чорного і Азовського морів і східній частині Донецької фізико-географічної області.

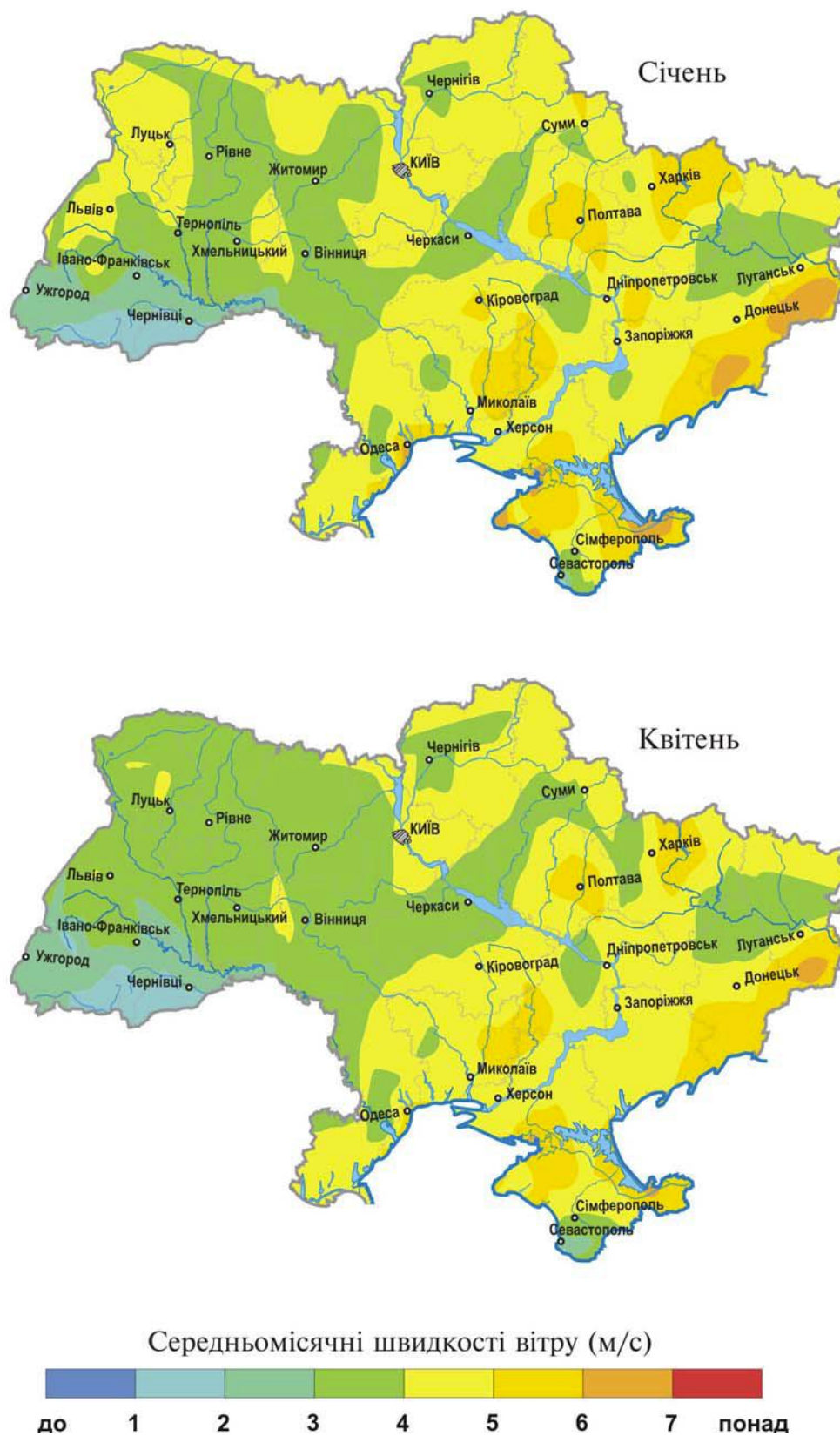


Рисунок 6.3 – Вітроенергетичні ресурси України (січень, квітень)

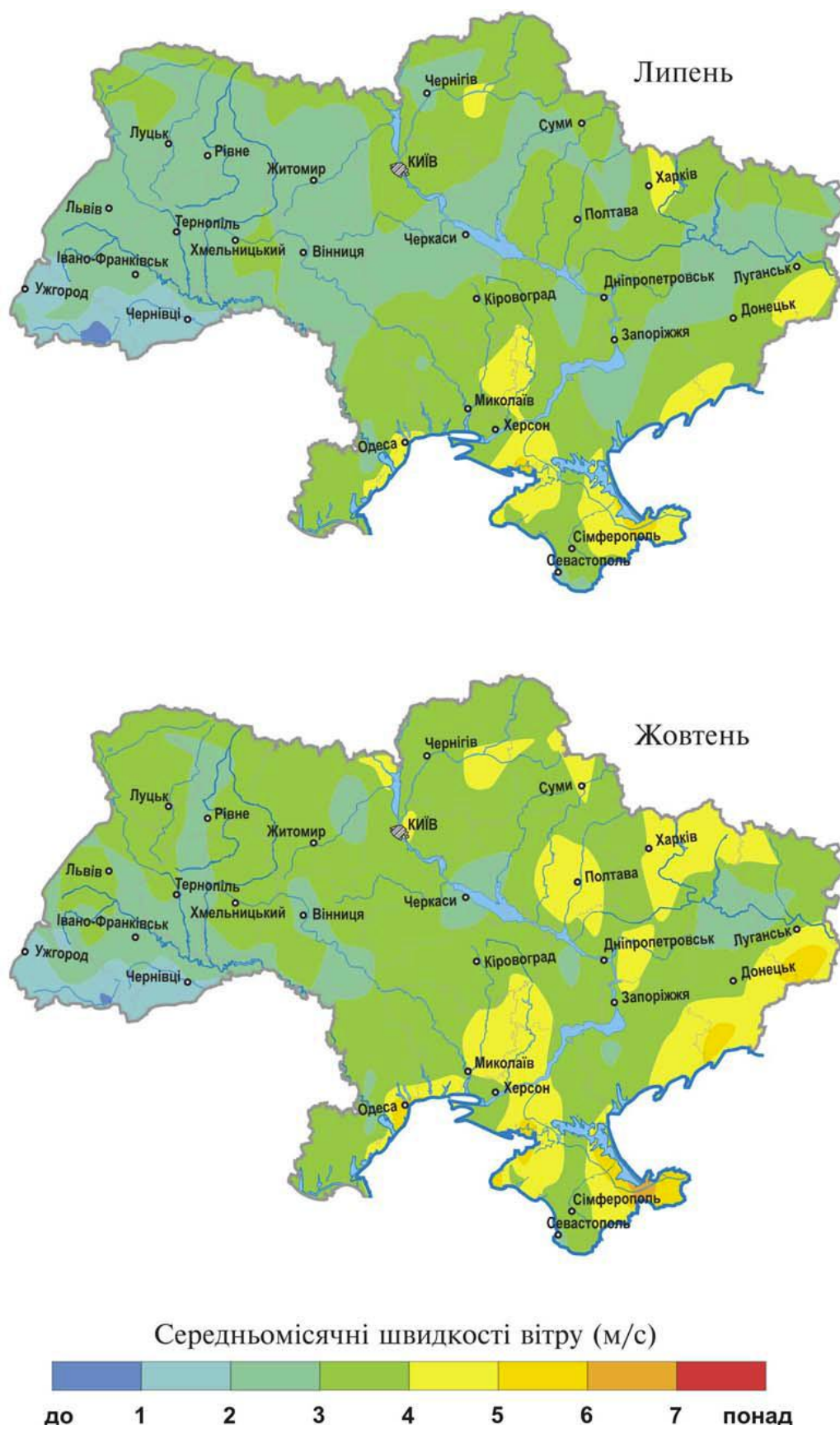


Рисунок 6.4 – Вітроенергетичні ресурси України (липень, жовтень)



Невелика ділянка з такими ж швидкостями відмічається в східній частині лісостепової області Волинської височини. На Лівобережжі лісостепової зони, центральній і північно-східній провінціях степової зони, Вінницькій лісостеповій області Подільської височини і Придністровсько-Подільській лісостеповій області середні швидкості вітру на висоті 16 м дорівнюють 4-5 м/с. Місцеве баричне поле визначається типом і термічним режимом підстилаючої поверхні. Баричні градієнти є найбільшими у місцях термічних контрастів, перш за все у береговій смузі морів і навіть водосховищ, де через це виникають місцеві вітри. Це добре видно на карті максимумів вітрів на території Криму, що складена науковцями за проектом Тасіс. Місцеві вітри виникають також біля певних форм рельєфу, отже, вони накладаються на більш загальну циркуляцію повітря у приземному його шарі. Через це, з огляду на вибір місць для розміщення вітроелектростанцій, суттєво виявляти локальні ділянки місцевості, котрі найбільш сприятливі у цих відношеннях.

Тверде, рідке та газове паливо, що виготовлене з біомаси і може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива, називають біопаливом. Таким чином: біогаз, звалищний газ, біодизель, гранули, брикети із біомаси відносяться до категорії біопалива.

У комунальному господарстві міста в якості біопалива і біомаси можливе використання частини відходів міських полігонів, шламового осаду систем водоочищення, деревини, її відходів і продуктів переробки одно- і багаторічних трав'янистих енергетичних насаджень (енергетична верба, сорго, міскантус, просо, лозоподібний «світчграс» тощо), відходів сільського господарства (соломи), лушпиння, переробки соняшника, зернових та інших сільськогосподарських культур, відходів тваринництва і птахівництва.

При спалюванні біомаси в котельнях систем централізованого теплопостачання необхідно враховувати деякі особливості біомаси, як-то:

- залежність властивостей біомаси від атмосферних та інших умов



довкілля при її заготівлі і зберіганні;

- залежність виходу біомаси від обсягів щорічних урожаїв;
- періодичність природних циклів відтворення біомаси.

Високі вимоги до надійності і безперебійності централізованих систем теплопостачання спричиняють необхідність проектування міських котелень на біомасі разом із теплогенерувальними агрегатами на традиційних викопних видах палива (насамперед, на природному газі). Можна навіть стверджувати, що сьогодні формується нова концепція використання природного газу в комбінації із відновлюваними джерелами енергії, у тому числі з біопаливом. Відповідно до викладених вище принципів та у зв'язку з більш високим рівнем технологічності і можливостями автоматизації, газові котли повинні використовуватися в динамічному режимі, наприклад, для покриття пікового навантаження, а котли на біомасі – в основному, базовому режимі роботи.

Показники енергетичного потенціалу біомаси відрізняються від потенціалу інших відновлюваних джерел енергії тим, що, окрім кліматометеорологічних умов, енергетичний потенціал біомаси в країні в значній мірі залежить від багатьох інших факторів, в першу чергу, від рівня господарської діяльності.

Енергетичний потенціал біомаси представлено такими її складовими – енергетичним потенціалом тваринницької сільськогосподарської і рослинної сільськогосподарської біомаси та енергетичним потенціалом відходів лісу.

Приведені середньорічні показники енергетичного потенціалу основних видів біомаси для енергетичних потреб можуть бути використані для встановлення потенціалу при врахуванні відповідних коефіцієнтів по збільшенню або зменшенню обсягів отриманої біомаси в розрахунковому році. Тому дані про наявність кожного з видів біомаси для енергетичних потреб в областях України потребують щорічного обліку, дані про розподіл її енергетичного потенціалу відповідно потребують щорічного перерахунку.

Основними технологіями переробки біомаси, які можна рекомендувати до широкого впровадження, в даний час є: пряме спалювання, піроліз, газифікація, анаеробна ферментація з утворенням біогазу, виробництво спиртів та масел для одержання моторного палива.

При обґрунтуванні впровадження біоенергетичних технологій забезпечення охорони оточуючого середовища знезараження відходів біомаси часто посідає перше місце; в процесі перероблення тваринницьких відходів та міських стічних вод, окрім знешкодження небезпечної мікрофлори, гельмінтів та насіння бур'янів, які потрапляють у ґрунт, в поверхневі та підземні води, усувається забруднення повітря в зонах їх накопичення.

Вирішення агротехнічних проблем є не менш важливим фактором на користь біоенергетики; причому в даному випадку слід враховувати не тільки підвищення врожайності за рахунок високоякісних добрив, але й зменшення на полях шкідливої мікрофлори та небажаної рослинності.

Економічна ефективність біоенергетичного обладнання в більшості випадків забезпечується правильним вибором технології перероблення біомаси та розташуванням обладнання в місцях постійного її накопичення; важливим є також ефективно і, по можливості, комплексне використання всіх отриманих в процесі перероблення продуктів.

Україна має потужні ресурси гідроенергії малих річок – загальний гідроенергетичний потенціал малих рік України становить майже 12,5 млрд. кВт·год, що складає біля 28% загального гідропотенціалу всіх рік України.

Створено базу даних по розподілу енергетичного потенціалу малих рік по областях України. Коливання усереднених даних по загальному потенціалу в Україні досить незначні, тоді як дані по технічному та доцільно-економічному потенціалу малих рік потребують уточнення – в звичайних ситуаціях не менше одного разу в 5 років, а в виняткових випадках – щорічно.

Головною перевагою малої гідроенергетики є дешевизна електроенергії, генерованої на гідроелектростанціях; відсутність паливної складової в процесі отримання електроенергії при впровадженні малих гідроелектростанцій дає позитивний економічний та екологічний ефект.

Первинним джерелом енергії для малої гідроенергетики є гідропотенціал малих річок; верхня межа потужності гідроенергетичного обладнання становить 30 МВт. Згідно міжнародної класифікації за нормативом ООН, до малих гідроелектростанцій (МГЕС) відносять гідроелектростанції потужністю від 1 до 30 МВт, до мініГЕС – від 100 до 1000 кВт, до мікроГЕС – не більше 100 кВт [14].

При використанні гідропотенціалу малих річок України можна досягти значної економії паливно-енергетичних ресурсів, причому розвиток малої гідроенергетики сприятиме децентралізації загальної енергетичної системи, чим зніме ряд проблем як в енергопостачанні віддалених і важкодоступних районів сільської місцевості, так і в керуванні гігантськими енергетичними системами; при цьому вирішуватиметься цілий комплекс проблем в економічній, екологічній та соціальній сферах життєдіяльності та господарювання в сільській місцевості, в тому числі і районних центрів.

Малі ГЕС, міні- та мікроГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення для всіх регіонів Західної України, а для деяких районів Закарпатської та Чернівецької областей – джерелом повного самоенергозабезпечення (табл. 6.3).

Для вирішення проблем розвитку малої гідроенергетики Україна має достатній науково-технічний потенціал і значний досвід в галузі проектування і розробки конструкцій гідротурбінного обладнання, дослідження гідроенергетичного потенціалу малих річок, вирішення водогосподарських та екологічних проблем при будівництві гідроелектростанцій. Українські підприємства мають необхідний виробничий потенціал для створення вітчизняного обладнання малих ГЕС [282].

Таблиця 6.3 – Гідроенергетичний потенціал малих річок України

№ з/п	Області	Гідроенергетичний потенціал		
		Загальний потенціал	Технічний потенціал	Доцільно-економічний потенціал
1	Вінницька	360	238	108
2	Волинська	115	76	35
3	Дніпропетровська	101	67	30
4	Донецька	189	125	57
5	Житомирська	336	222	101
6	Закарпатська	4532	2991	1357
7	Запорізька	51	33	15
8	Івано-Франківська	399	263	120
9	Київська	200	132	60
10	Кіровоградська	170	112	51
11	Луганська	436	288	131
12	Львівська	1814	1197	544
13	Миколаївська	157	104	47
14	Одеська	38	25	11
15	Полтавська	396	261	119
16	Рівненська	304	201	91
17	Сумська	298	197	89
18	Тернопільська	427	282	128
19	Харківська	268	177	80
20	Херсонська	2	2	1
21	Хмельницька	304	200	91
22	Черкаська	331	219	99
23	Чернівецька	884	583	265
24	Чернігівська	178	118	54
25	АР Крим	211	139	63
	Всього	12501	8252	3747

Основними джерелами низькопотенціальної скидної теплоти техногенного походження є вентиляційні викиди та охолоджуюча вода технологічного та енергетичного обладнання підприємств, промислові та комунально-побутові стоки. Досвід провідних країн свідчить, що найбільш ефективним є використання теплової енергії стічних вод за допомогою теплових насосів. В Україні каналізаційні системи централізованого відведення комунально-побутових стоків функціонують в 427 містах, 515

селища міського типу, 856 селах. Питомий обсяг комунально-побутових стоків становить 0,15-0,4 м<sup>3</sup> на одного жителя за добу. Цей показник значною мірою залежить від доступності води та соціально-економічних умов в окремих регіонах.

В Україні загальний річний об'єм комунально-побутових стоків становить близько 3740 млн. м<sup>3</sup>. Температура стоків становить 12-20°C залежно від сезону [14].

Потужні теплонасосні станції теплопостачання можуть розміщуватися біля відвідних каналів очищених комунально-побутових вод. Можливим є створення окремих теплонасосних установок для утилізації теплоти умовно чистих стоків басейнів, спортивних комплексів, пральних комбінатів та інших об'єктів побутового і промислового призначення.

Для розрахунку ресурсів низькопотенціальної теплової енергії стічних вод прийнято, що температура стоків в літній період становить 20°C, а в зимовий період 12°C. В ідеальному випадку в тепловому насосі стічні води можна охолодити до 0°C, але в реальних умовах досягається охолодження до 0,5°C.

Теоретичні ресурси низькопотенціальної теплової енергії стічних вод розраховуються, виходячи з загального обсягу каналізаційних стоків відповідної області. Технічно доступні ресурси розраховуються, виходячи з загального обсягу очищених каналізаційних стоків лише від міських поселень.

Завдяки роботі теплонасосних станцій можна зменшити споживання високоякісного палива в комунальних системах теплопостачання міст; при використанні теплових насосів з приводом від двигунів внутрішнього згоряння, паро- або газотурбінних установок значно збільшуються можливі обсяги виробництва товарної теплової енергії, а ефективність теплонасосних станцій зростає майже у два рази [250]. Ефективне використання теплового потенціалу стічних вод і інших вторинних джерел енергії можливе за рахунок використання теплових насосів. Тепловий насос (ТН) здійснює

трансформацію теплової енергії із низького температурного рівня на більш високий рівень, необхідний споживачеві. При цьому на привід компресора витрачається механічна (електрична) енергія.

Використання теплонасосного обладнання без заміни опалювальних приладів та реконструкції всієї системи опалення є неефективним, адже ТН має температуру подачі теплоносія в систему опалення на рівні 35...65°C.

У якості низькопотенційного джерела енергії для ТН можуть використовуватись повітря, ґрунт або вода (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Тепловий насос як джерело енергії

Для ТН «повітря-вода» додатково необхідно передбачити встановлення буферної ємності, яка виконує декілька функцій: акумуляція тепла, зменшення кількості циклів ввімкнення/вимкнення компресору, забезпечення процесу відтанення випарника ТН. Оскільки ТН «повітря-вода» встановлюються зовні, то для запобігання замерзанню теплоносія при низьких температурах навколишнього повітря (більшість ТН «повітря-вода» працюють до -20...-25°C) чи при аварійних ситуаціях, необхідно передбачити постійну циркуляцію води системи опалення через конденсатор ТН або використовувати незамерзаючий розчин для передачі тепла від ТН до системи опалення.

ТН «повітря-вода» не може бути єдиним джерелом тепла. Його найбільш доцільно використовувати до температури  $-5^{\circ}\text{C}$  повітря – джерела тепла. З огляду на те, що для України середня температура за опалювальний період вища за  $-5^{\circ}\text{C}$ , то ТН покриватиме 60...70% потреб системи опалення. Ефективним є використання ТН «повітря-вода» для утилізації енергетичного потенціалу скидного повітря систем вентиляції як з рекуператором, так і без нього. Основною перевагою ТН «повітря-вода» є необмежений доступ до джерела тепла, недоліком – невисока ефективність та нестабільність вихідних параметрів (порівняно з іншими видами ТН).

Встановлення ТН потребує підведення електричної потужності з розрахунку 1 кВт на 2...4 кВт теплової потужності. Вартість обладнання на 1кВт теплової потужності становить: для ТН «повітря - вода» - 1100 дол. США/кВт; ТН «соляний розчин-вода» (з урахуванням ґрунтового теплообмінника) – 1350 дол. США/кВт; ТН «вода-вода» - 670 дол. США/кВт. Економія коштів при роботі ТН на опалення становить 630 грн./Гкал теплової енергії (вартість централізованого тепlopостачання 1Гкал=1350 грн., вартість електричної енергії 1 кВт=1,50 грн, коефіцієнт перетворення ТН=2,5). Встановлення тризонного лічильника та блокування роботи ТН у пікові години може значно покращити економічні показники проекту [250].

Температура ґрунту та гірських порід біля поверхні Землі визначається балансом теплової енергії, що надходить від Сонця та тепловим випромінюванням земної поверхні. Теплова енергія, що надійшла від Сонця, акумулюється в шарі ґрунту осадових та гірських породах на глибинах до ізотермічної поверхні. Шар ґрунту між глибиною промерзання та ізотермічною поверхнею може розглядатися як природний сезонний акумулятор теплової енергії, причому енергія, відведена в зимовий період, буде відновлюватись в теплий період року; це стосується і ґрунтових вод, що насичують вищевказаний шар ґрунту та осадових порід.

Теплова енергія ґрунту та ґрунтових вод може використовуватися для обігріву та вентиляції приміщень. Відбір теплової енергії від ґрунту може здійснюватися за допомогою ґрунтових теплообмінників різних типів. Температура теплоносія в ґрунтовому теплообміннику становить від  $-5...-7$  до  $+10...12^{\circ}\text{C}$  і є придатною для виробництва теплоносія з температурою  $40-70^{\circ}\text{C}$  за допомогою теплових насосів. Досвід провідних країн свідчить, що енергію ґрунту найчастіше використовують в теплонасосних установках потужністю до 70-100 кВт, які обслуговують окремі невеликі будинки, головним чином, садибні житлові будинки. В умовах України це можуть бути садибні будинки міст та сіл.

В Україні експлуатується 9,3 млн. садибних будинків із загальною площею 515,8 млн. м<sup>2</sup>. Для їх теплопостачання можна влаштувати ґрунтові теплообмінники з теоретичним запасом теплової енергії 525855 тис. МВт·год на рік. Це і є теоретичні ресурси теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод, що значно перевищують потреби енергії для опалення садибних житлових будинків [425].

В 2015 році населенню України було продано котельно-пічного палива в обсязі, еквівалентному 26872 тис. т у. п., у вигляді природного газу, коксу, вугілля, торфу, вугільних та торф'яних брикетів, рідкого пічного палива, дров. Із зазначеної кількості палива близько 24185 тис. т у. п. спожито для опалення та гарячого водопостачання, при цьому було вироблено теплової енергії в обсязі до 157528 тис. МВт·год. Для виробництва такої кількості теплової енергії необхідно було б використати 112520 тис. МВт·год низькопотенціальної теплової енергії, що приймається за оцінку технічно доступного обсягу використання теплової енергії ґрунту та ґрунтових вод для теплопостачання садибних будинків.

Огляд основних способів вироблення енергії із різних джерел та її собівартість подано на рис. 6.6.



Спосіб отримання енергії	Питома собівартість вироблення енергії, грн / кВт · год		Примітка
	Теплова	Електрична	
<b>Сонячні фотоелектричні панелі залежно від зони інтенсивності сонячної радіації:</b>			-
– 1 зона	-	3,8	
– 2 зона	-	4,1	
– 3 зона	-	4,5	
– 4 зона	-	5,1	
<b>Вітрові електростанції залежно від середньої річної швидкості вітру:</b>			-
– до 3,0 м / с	-	11,6	
– до 4,5 м / с	-	5,8	
– до 5,0 м / с	-	3,9	
– до 6,0 м / с	-	2,1	
<b>Когенераційні установки на природному газі:</b>			-
– газопоршневі двигуни	2,4	2,1	
– газові турбіни	3,1	2,6	
<b>Газогенератори синтез газу, які працюють на твердих побутових відходах</b>	-	3,54	
<b>Пряме спалювання твердих побутових відходів</b>	2,8	-	Невідсортовані ТПВ
		-	
<b>Сонячні теплові колектори:</b>			-
– плоскі	3,6		
– вакуумні	3,4		
<b>Теплові помпи:</b>			-
– повітряні	2,1		
– ґрунтові	1,7		
<b>Котельні на природному газі ( тариф):</b>			Природний газ
– тариф на природний газ 5,70 грн /м <sup>3</sup>	1,1 ... 1,3		
– тариф на природний газ 1,5 грн /м <sup>3</sup>	0,3 ... 0,35		
<b>Теплові електростанції (собівартість)<sup>24</sup></b>	-	1,0 ... 1,2	Вугілля
<b>Атомні електростанції (собівартість)</b>		0,2 ... 0,3	

Собівартість визначено станом на лютий 2014 р. для курсу 1 дол. США = 25 грн. Як видно з таблиці, середня собівартість вироблення енергії на традиційних установках із використанням викопних видів палива поки що нижча за відповідний показник, отриманий для альтернативних і відновлювальних джерел енергії.

Рисунок 6.6 – Собівартість виробленої енергії [246]

У цілому вартість енергоносіїв буде зростати з часом. Прогноз їх вартості наведено нижче на рис. 6.7 [246].

Енергоресурс	Од. виміру	Векторні дані	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
			Населення												
Газ	грн/м <sup>3</sup>	1,09	3,38	4,56	5,74	6,92	8,11	9,29	10,47	11,65	12,84	13,22	13,62	14,03	14,45
Електрична енергія	грн/кВт-год	0,42	1,47	1,76	2,06	2,35	2,65	2,94	3,23	3,53	3,82	3,94	4,05	4,18	4,30
Теплова енергія	грн/МВт-год	428	1003	1236	1443	1623	1786	1933	2047	2159	2270	2338	2409	2481	2555
Теплова енергія	грн/Гкал	498	1165	1436	1677	1886	2076	2246	2379	2510	2639	2718	2799	2883	2970
<b>Комерційні підприємства</b>															
Газ	грн/м <sup>3</sup>	7,72	8,60	8,65	8,70	8,74	8,79	8,84	8,89	8,94	8,99	9,26	9,53	9,82	10,12
Електрична енергія	грн/кВт-год	1,59	1,91	1,99	2,07	2,15	2,23	2,31	2,39	2,46	2,56	2,63	2,71	2,79	2,88
Теплова енергія	грн/МВт-год	1227	1446	1473	1496	1521	1548	1577	1613	1650	1687	1737	1790	1843	1899
Теплова енергія	грн/Гкал	1426	1681	1712	1738	1768	1799	1833	1875	1917	1961	2019	2080	2142	2207
<b>Бюджетні установи</b>															
Газ	грн/куб	7,72	8,60	8,65	8,70	8,74	8,79	8,84	8,89	8,94	8,99	9,26	9,53	9,82	10,12
Електрична енергія	грн/кВт-год	1,59	1,91	1,99	2,07	2,15	2,23	2,31	2,39	2,48	2,56	2,63	2,71	2,79	2,88
Теплова енергія	грн/МВт-год	1227	1446	1473	1496	1521	1548	1577	1613	1650	1687	1737	1790	1843	1899
Теплова енергія	грн/Гкал	1426	1681	1712	1738	1768	1799	1833	1875	1917	1961	2019	2080	2142	2207
<b>Міський електротранспорт</b>															
Електрична енергія	грн/кВт-год	0,42	1,47	1,76	2,06	2,35	2,65	2,94	3,23	3,53	3,82	3,94	4,05	4,18	4,30
<b>Зовнішнє освітлення</b>															
Електрична енергія	грн/кВт-год	0,38	1,18	1,47	1,76	2,06	2,35	2,65	2,94	3,23	3,53	3,82	3,94	4,05	4,18
<b>Теплокомуненерго</b>															
Газ	грн/м <sup>3</sup>	1,31	3,34	4,05	4,76	5,46	6,17	6,87	7,58	8,28	8,99	9,26	9,53	9,82	10,12
<b>Транспорт</b>															
Бензин А-95	грн/л	17,15	22,36	23,26	23,96	24,68	25,42	26,16	26,96	27,77	28,61	29,46	30,35	31,26	32,20
ДП	грн/л	16,85	21,97	22,85	23,54	24,24	24,97	25,72	26,49	27,29	28,11	28,96	29,82	30,71	31,63

Рисунок 6.7 – Прогноз цін на енергоносії

## 6.2 Підсистема забезпечення раціонального освітлення будівельного об'єкту та його продуктивного теплового балансу з навколишнім середовищем

Для підвищення енергоефективності будівель, використання сонячної енергії розроблено графічний спосіб визначення раціональної орієнтації вікон при розташуванні в непрозорих огорожувальних конструкціях (при якій тепловий баланс вікон менший за тепловий баланс стін).

Так, для визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій будуються моделі теплового балансу  $\Delta Q_v$  огорожувальних конструкцій з навколишнім середовищем, виконуються розрахунки.

Тепловий баланс непрозорої конструкції грані з урахуванням надходження СР, згідно з [90], визначають за формулою:

$$\Delta Q_{cm_i} = \frac{S_{cm_i}}{R_{cm_i}} \cdot \left[ t_{e_i} - \left( t_{z_i} + \frac{r_i \cdot I_{cp_i}}{\alpha_{zcm_i}} \right) \right] \cdot N_{дiб}, \quad (6.1)$$

а світлопрозорої конструкції грані знаходять так:

$$\Delta Q_{e_i} = \frac{S_{e_i} \cdot D_{d_i}}{R_{e_i}} - Q_{cp_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i} \cdot S_{e_i}, \quad (6.2)$$

де  $t_{z_i}$  – фактична температура зовнішнього повітря (град);

$t_{e_i}$  – температура внутрішнього повітря (град);

$r_i$  – альbedo поверхні грані будівлі;

$Q_{cp_i}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією (кВт·год/м<sup>2</sup>);

$\alpha_{зстi}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та зовнішнім повітрям;

$R_{cm_i}$  – опір теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій ( $m^2 K/W$ );

$N_{oib}$  – кількість днів опалювального періоду [90];

$R_{\varepsilon_i}$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій ( $m^2 \cdot K/W$ ) [309];

$D_{d_i}$  – кількість градусо-днів опалювального періоду [90];

$S_{cm_i}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій ( $m^2$ );

$K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження СР [309];

$\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами [90];

$\varepsilon_{o_i}$  – коефіцієнт відносного надходження СР для світлопрозорих конструкцій [309];

$g = \zeta_i \cdot \varepsilon_o$  – фактор заскління вікон.

Для спрощення розрахунків використовується пакет прикладних програм Polar, що будує моделі залежності теплового балансу конструкції  $\Delta Q_{cm_i} = f(A_\sigma)$  та  $\Delta Q_{\varepsilon_i} = f(A_\sigma)$  від азимутальної її орієнтації  $A_\sigma$  при різному опорі теплопередачі світлопрозорих і непрозорих конструкцій (рис. 6.8). Дані моделі дають наочне уявлення про вплив орієнтації та опорі теплопередачі конструкцій на їх тепловий баланс.

Якщо сумістити план будівлі із центром моделі, то можна визначати рівень теплового балансу кожної огорожувальної конструкції залежно від її орієнтації.

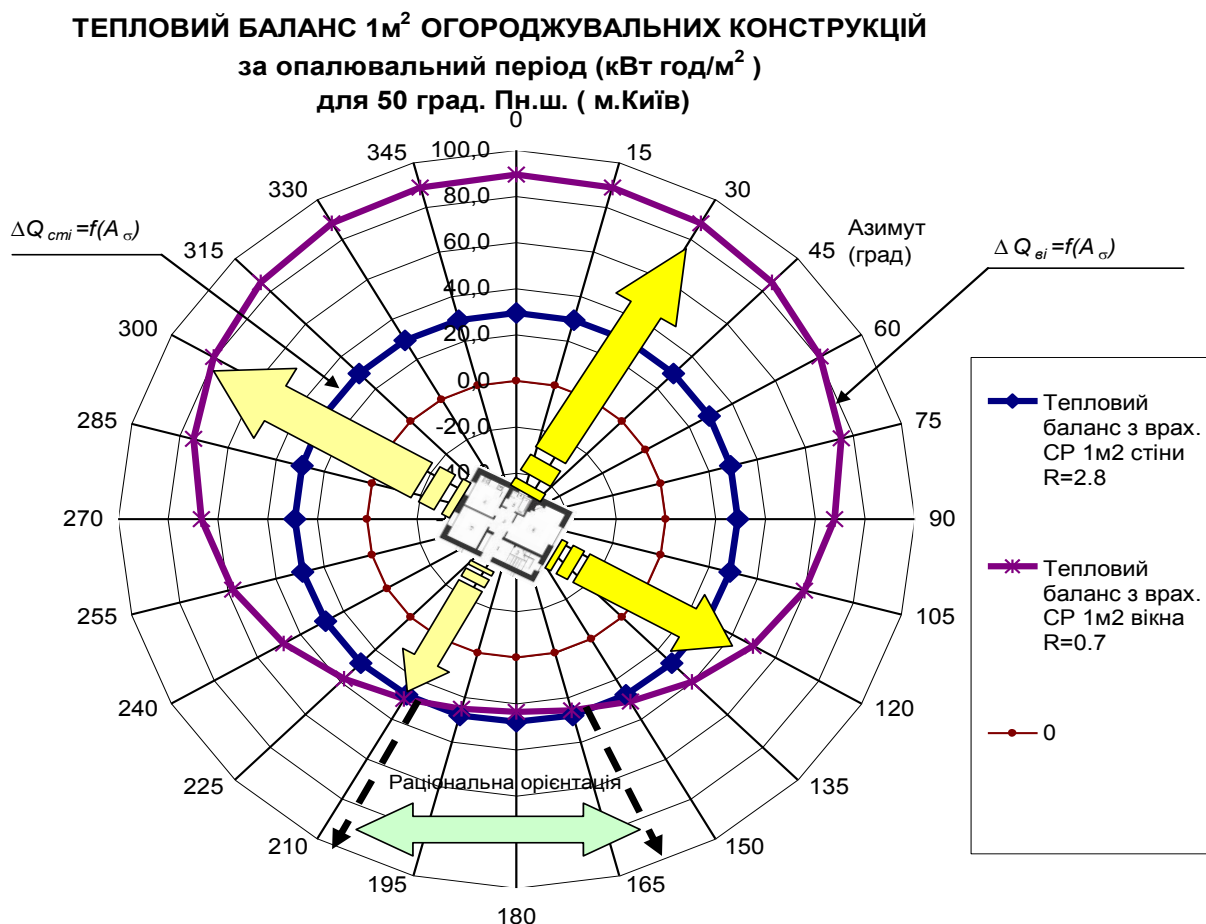


Рисунок 6.8 – Визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з використанням моделей  $\Delta Q_{emi} = f(A_o)$  та  $\Delta Q_{ei} = f(A_o)$  теплового балансу світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій

З моделі видно, що азимутальна орієнтація більшою мірою впливає на тепловий баланс світлопрозорих конструкцій, порівняно з непрозорими. А тепловий баланс (тепловтрати) при південній орієнтації значно менший, ніж при північній. Так, для вікон з орієнтацією на південь та опором теплопередачі  $R_{vi} \geq 0,7\text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  тепловий баланс вікон менший, ніж тепловий баланс стін з нормативним опором  $R_{ct} = 2,8\text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  [90].

Тепловий баланс (тепловтрати) через світлопрозорі огорожувальні конструкції при орієнтації, наближеній до південної, не перевищує тепловий баланс непрозорих конструкцій  $\Delta Q_{ei} \leq \Delta Q_{emi}$ , а перетин моделей визначає

зону раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій в огорожувальних конструкціях будівель (рис. 6.8).

$$\begin{cases} \Delta Q_{B_i} = f(A_\sigma); \\ \Delta Q_{CT_i} = f(A_\sigma). \end{cases} \quad (6.3)$$

За вищезрозглянутою методикою виконано аналіз раціонального розташування вікон на фасадах будівлі за різного опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих конструкцій і різного  $g$ -фактора заскління світлопрозорих конструкцій для п'яти кліматичних районів України (рис. 6.9). Зокрема, для м. Київ результати досліджень наведено на рис. 6.10 та в табл. 6.4, де  $g$  – фактор конструкцій, який може бути різним, а саме: від 0,1 до 0,7.

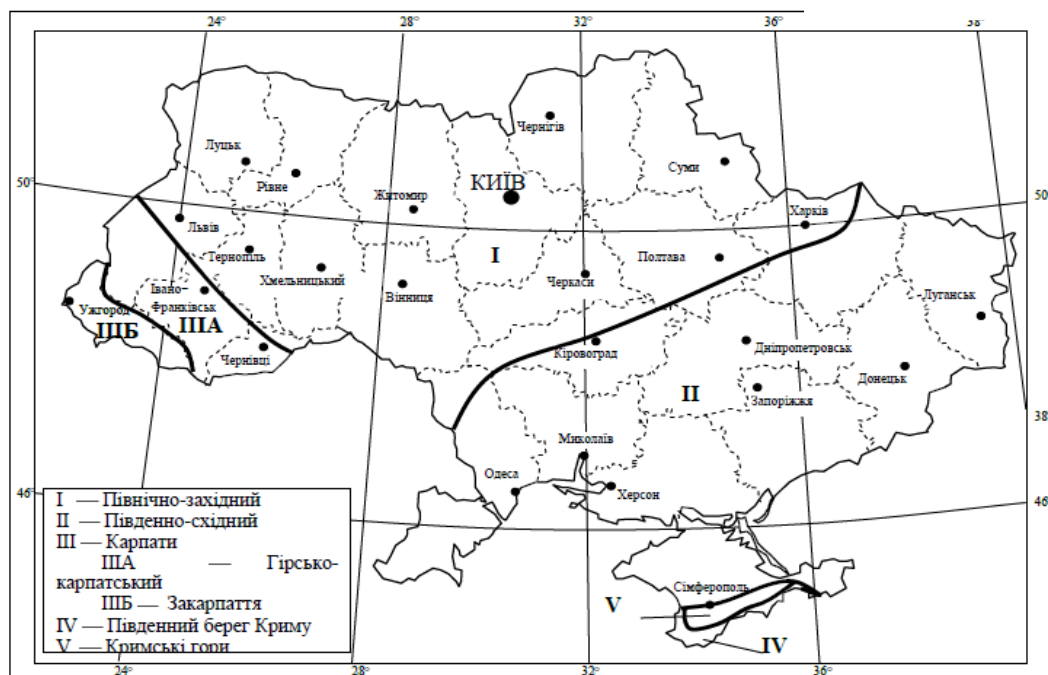


Рисунок 6.9 – Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС 1м<sup>2</sup> СКЛОПАКЕТІВ ВЕРТИКАЛЬНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ  
за опалювальний період (кВт год/м<sup>2</sup>)  
для 50 град Пн.Ш. ( м.Київ) G=0.5

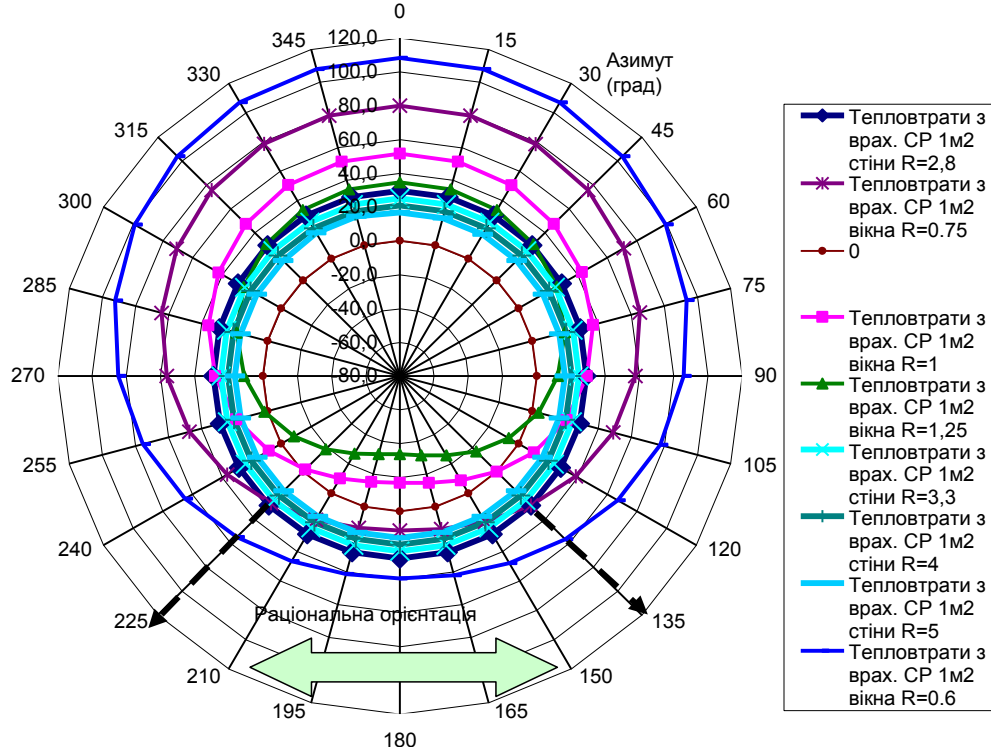


Рисунок 6.10 – Графічні моделі  $\Delta Q_{e_i} = f(A_{\sigma})$  та  $\Delta Q_{ct_i} = f(A_{\sigma})$ . Межі раціональної азимутальної орієнтації вікон (склопакетів)

Зокрема, розроблено графічний спосіб визначення оптимального та раціонального розташування вікон в огорожувальних конструкціях будівель, також підбору геометричних параметрів опору теплопередачі вікон і g-фактора заскління світлопрозорих конструкцій з метою підвищення енергоефективності протягом опалювального періоду.

Але в практиці проектування виникає потреба в оптимізації площі та розташування (орієнтації) вікон у конструктивній оболонці будівлі за умови мінімізації тепловтрат через огорожувальні конструкції та оптимізації площі вікон на кожній грані. Для вирішення цього питання пропонується аналітичний спосіб розрахунку, який наведено далі.

Таблиця 6.4 – Довідкова таблиця для визначення раціональної азимутальної орієнтації, опору теплопередачі, g-фактора застосування вікон. Південно-західний район, м. Київ, 50<sup>0</sup>24 Пн.ш.

Опір теплопередачі вікна $R_{ст}$ , $м^2 \cdot К/Вт$	g -фактор застосування	Опір теплопередачі стіни $R_{ст}$ $м^2 \cdot К/Вт$			
		2,8	3,3	4	5
		Раціональна азимутальна орієнтація (град)			
0,6	0,1	–	–	–	–
	0,2	–	–	–	–
	0,3	–	–	–	–
	0,4	–	–	–	–
	0,5	–	–	–	–
	0,6	150-212	165-202	180	–
	0,7	130-234	135-227	138-224	142-218
0,75	0,1	–	–	–	–
	0,2	–	–	–	–
	0,3	–	–	–	–
	0,4	–	–	–	–
	0,5	134-226	143-218	150-210	158-202
	0,6	115-249	120-243	126-239	131-232
	0,7	98-265	104-260	108-256	112-253
1	0,1	–	–	–	–
	0,2	–	–	–	–
	0,3	150-210	175-185	–	–
	0,4	103-250	120-244	123-235	137-225
	0,5	90-269	97-262	105-256	112-252
	0,6	70-293	80-287	86-280	92-271
	0,7	51-307	59-296	66-289	76-284
1,25	0,1	–	–	–	–
	0,2	150-210	170-190	–	–
	0,3	105-255	118-246	128-234	140-222
	0,4	75-285	89-273	98-265	105-260
	0,5	46-310	62-300	73-289	83-281
	0,6	0-360	0-360	53-308	64-300
	0,7	0-360	0-360	29-331	44-316

Необхідно оптимізувати розташування вікон та їх площу в огорожувальних конструкціях будівель за умови мінімізації тепловтрат



через огорожувальні конструкції з урахуванням надходження тепла від СР протягом опалювального періоду.

Оскільки розв'язання задачі зводиться до визначення оптимальної площі вікон  $S_{vi}$  на кожній із граней, при цьому змінним параметром залишається її площа, то для розв'язку розроблено математичну модель. Визначаємо загальну площу вікон  $S_B$ , яка може становити, згідно з [90], 0,125-0,2 площі  $S_{\Pi}$  підлоги, та розраховуємо за формулою:

$$S_B = 0,125 \cdot S_{\Pi} \quad (6.4)$$

При цьому сумарні тепловтрати мінімізуються:

$$\sum (\Delta Q_{cti} + \Delta Q_{vi}) \rightarrow \min. \quad (6.5)$$

Сумарна площа вікон  $S_B$  залишається незмінною:

$$\sum S_{vi} = 0,125 S_{\Pi}, S_B = \sum S_{vi} = \text{const}. \quad (6.6)$$

Площа вікон не перевищує площу грані:

$$S_{vi} \leq S_{\Gamma i}. \quad (6.7)$$

Розв'язання відбувається з використанням способу Хука-Дживса.

При реконструкції (термомодернізації) існуючих і проектуванні нових енергоефективних будівель постає задача підвищення ефективності використання геліосистем (колекторів і фотоелектричних модулів), які можуть забезпечувати будівлю гарячим водопостачанням, опаленням та електричною енергією.

Проведений аналіз досліджень показав, що підвищення ефективності використання геліосистем також можливе за рахунок оптимізації просторової орієнтації геліоприймачів, які можуть бути як суміщені з огорожувальними конструкціями будівель, так і розташованими окремо. Питанню оптимальної орієнтації окремо розташованих геліоприймачів присвячено роботу [142]. Зокрема, питання дискретної зміни орієнтації та оптимізація розташування сонячного колектора на площині розглядалися в працях [211, 400], а моделюванню оптимальної форми відбивача та приймача фотоелектричних систем концентраторів присвячена робота [56]. Але питання оптимального розташування геліоприймачів – фотоелектричних модулів, інтегрованих в огорожувальні конструкції гранних будівель, при реконструкції не розглядалося. Також відсутній графічний та аналітичний способи розв'язання цієї задачі.

Гаряче водопостачання забезпечують сонячні колектори, основним компонентом яких є геліоприймальна поверхня (колектор), що перетворює променисту енергію сонця на теплову. На практиці найбільш поширені плоскі колектори, серед яких існують дві принципово різні групи:

- пристрій-геліоприймач з модульних елементів, з'єднаних один із одним, установлюють на огорожувальних конструкціях будівлі;
- колектор поєднується з елементом будівлі та утворює таким чином поліфункціональну конструкцію.

Зокрема, фотоелектричні модулі (ФЕМ) перетворюють енергію сонця на електричну енергію та можуть бути інтегровані в огорожувальні конструкції [324]. При реконструкції (термомодернізації будівель), коли неможлива зміна геометричної форми будівлі, виникають задачі з оптимального розташування геліоприймачів, а саме:

- визначення оптимальних геометричних параметрів просторової орієнтації геліоприймачів (азимута  $Aб$  та кута нахилу  $\omega$ ) при заданій площі

$S_k$  для отримання максимального рівня надходження енергії від сонячної радіації;

– визначення оптимальних геометричних параметрів просторової орієнтації та мінімальної площі  $S_k$  геліоприймачів, розташованих на гранях будівлі, для забезпечення заданого рівня енергозабезпечення. При використанні геліосистем кількість перетвореної сонячної енергії на електричну залежить від: рівня  $Q_{cp}$  надходження CP на геліоприймача за інтервал часу року (кВт·год/м<sup>2</sup>), коефіцієнта корисної дії  $\eta$  та площі  $S_k$ .

Отже, кількість  $E$  перетвореної електричної енергії фотоелектричним модулем за інтервал часу  $\Delta T$  розраховується за такою формулою:

$$E = Q_{cp} S_k \eta, \quad (6.8)$$

де  $Q_{cp}$  – рівень надходження CP на площину геліоприймача за інтервал часу  $\Delta T$  протягом року (кВт·год/м<sup>2</sup>);

$\eta$  – коефіцієнт перетворення сонячної енергії на електричну (становить 5-18%);

$S_k$  – площа сонцеприймальної поверхні геліоприймача (м<sup>2</sup>), розташованого на грані.

По суті, перевагою сонячних колекторів є високий коефіцієнт  $\eta$  корисної дії (ККД) перетворення сонячної енергії на теплову, який досягає 45-60%. Кількість перетвореної колектором теплової енергії  $Q_{cprk}$  за інтервал часу року розраховується за формулою [142]:

$$Q_{cprk} = F \sum_{j=1}^{j=n} \int_{t_1}^{t_2} I_{cp} m_j \eta_j dt, \quad (6.9)$$

де  $Q_{cprk}$  – кількість теплової енергії, виробленої пасивною системою опалення (PCO) за інтервал часу року  $\Delta T$  (кВт·год/м<sup>2</sup>);

$I_{cp}$  – інтенсивність СР, що надходить на сонцеприймальну поверхню ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ );

$F$  – площа сонцеприймальної поверхні геліоприймача ( $\text{м}^2$ );

$m_j$  – кількість днів в  $j$ -місяці;

$\eta_j$  – коефіцієнт корисної дії для кожного місяця.

Вікна є пасивними геліосистемами, і кількість надходження тепла від сонячної радіації  $Q_{срв}$  ( $\text{кВт год}/\text{м}^2$ ) до приміщення за інтервал часу року  $\Delta T$  визначається за формулою [90]:

$$Q_{срв} = Q_{cp} K \zeta \varepsilon_g S_g = \int_{T_1}^{T_2} \int_{t_1}^{t_2} I_{cp} K \zeta \varepsilon_g S_g dt dT, \quad (6.10)$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами;

$\varepsilon_g$  – коефіцієнт відносного проникнення СР для світлопрозорих конструкцій;

$K$  – коефіцієнт хмарності неба, який впливає на надходження СР;

$Q_{cp}$  – надходження СР на площину вікна за інтервал часу року  $\Delta T$  ( $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ );

$I_{cp}$  – енергетична освітленість сонячною радіацією ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ).

При неможливості зміни орієнтації будівлі постає задача оптимізації орієнтації геліоприймачів за рахунок відповідного їх розташування на гранях будівлі, що можливо зробити, використовуючи полярні моделі залежності надходження СР  $Q_{срki}$  на геліоприймач від азимута  $A_6$  при заданому куті нахилу  $\omega$  ( $Q_{срki}=f(A_6)$ , при  $\omega=\text{const}$  та для фотоелектричного модуля  $E_i=f(A_6)$  при  $\omega=\text{const}$ ). Для визначення оптимального розташування геліоприймачів на огорожувальних конструкціях розроблено прикладний програмний продукт Gelioopt.

Результатом моделювання є площинні полярні моделі надходження тепла від СР залежно від азимутальної орієнтації  $Q_{срki}=f(A_6)$  при  $\omega=\text{const}$  (кут

нахилу 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90°). У центрі моделі, яку зображено на рис. 6.11, виділено зону для розташування креслень будівлі (плану поверху або плану даху).

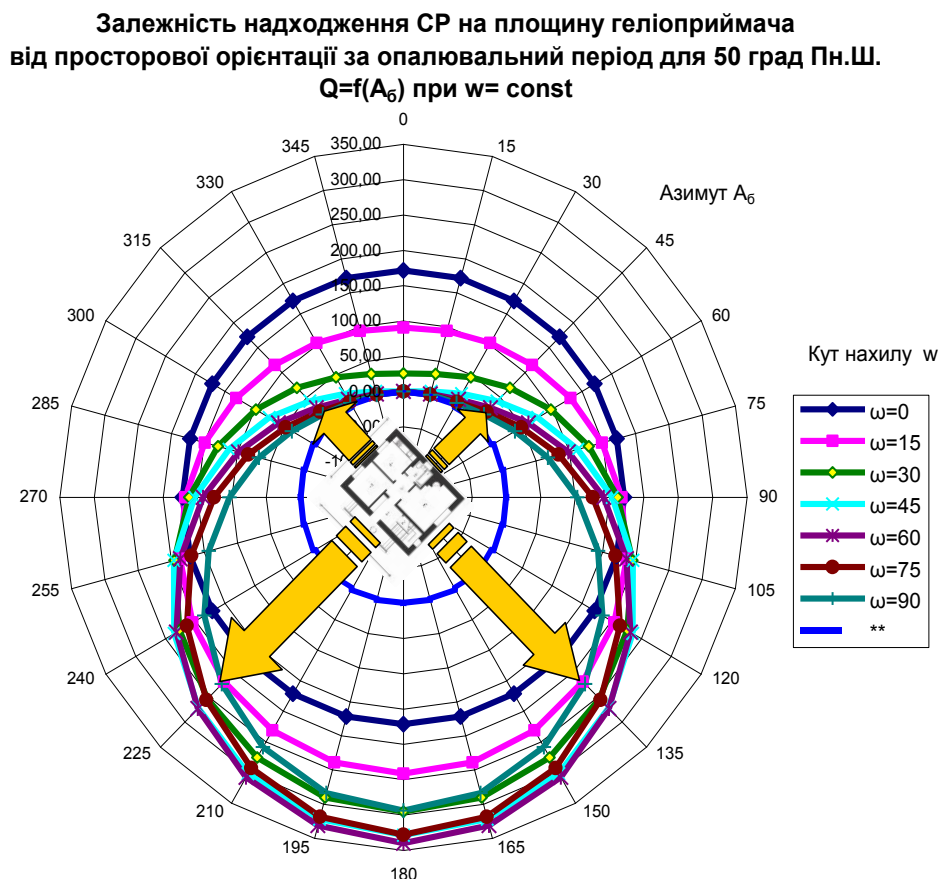


Рисунок 6.11 – Визначення рівня надходження сонячної радіації на геліоприймачі, які розташовані на схилах даху та стінах будівлі, модель

$$Q_{\text{кпрі}}=f(A_{\sigma}) \text{ при } \omega=\text{const}$$

Суміщуючи креслення будівлі з геометричною моделлю надходження СР на геліоприймач, проводяться нормалі до грані будівлі та визначається величина надходження сонячної енергії на грань геліоприймача.

На рис. 6.12 зображено моделі залежності теплової енергії, перетвореної геліоприймачем, від його просторової орієнтації. Використовуючи креслення енергоефективної будівлі, план поверху та план

даху, можливо визначити рівень перетвореної (теплової) енергії при розташуванні геліоприймачів на її гранях. При цьому геліоприймачі можуть бути розташовані на схилах даху будівлі та стінах, модель  $Q_{\text{кспр}}=f(A_{\text{с}})$  при  $\omega=\text{const}$ .

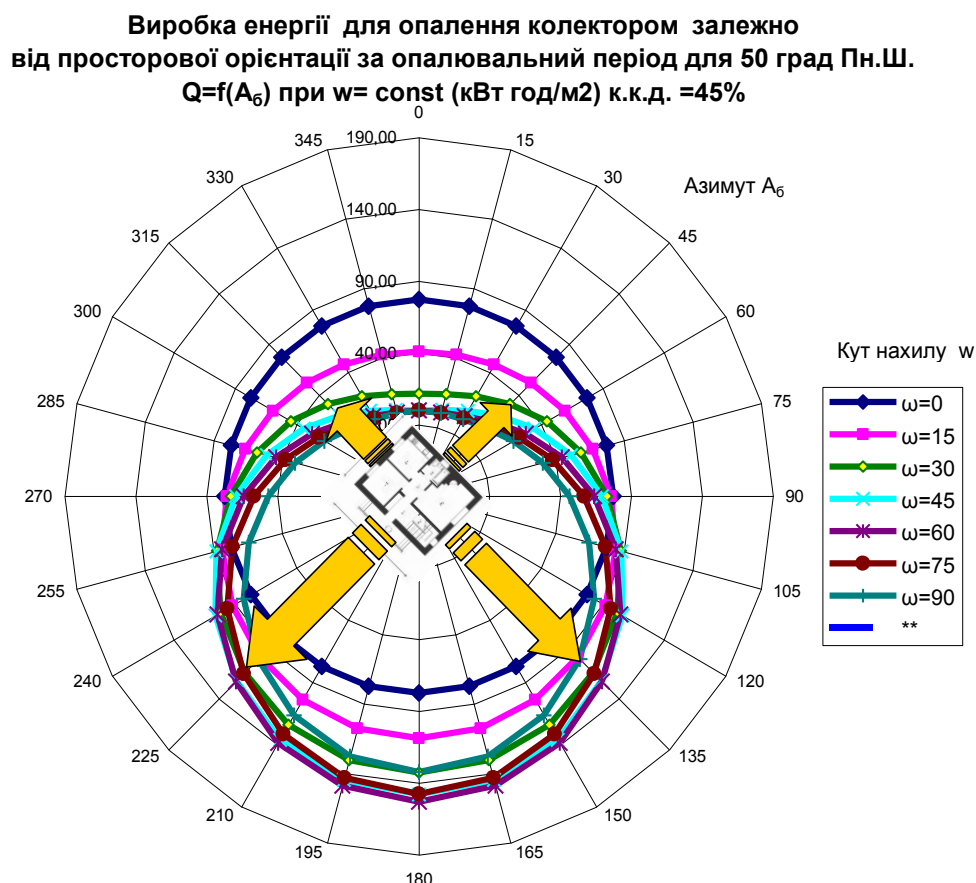


Рисунок 6.12 – Визначення рівня перетвореної енергії сонячним колектором залежно від просторової орієнтації

Класифікацію моделей надходження та перетворення СР, які будуються з використанням розробленого прикладного програмного продукту Gelioopt, наведено на рис. 6.13.

Таким чином, розроблено такі типи моделей: моделі надходження СР на поверхні геліоприймачів і фотоелектричних модулів, моделі

енергонадходження за рахунок перетворення СР на теплову або електричну енергію.

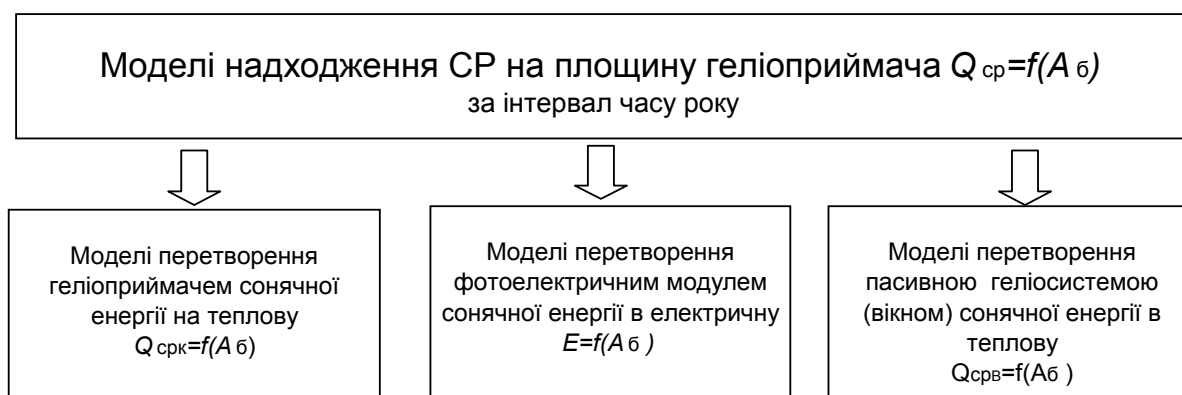


Рисунок 6.13 – Типи моделей надходження та перетворення сонячної радіації на електричну та теплову енергію

Оскільки під час проектування енергоефективних будівель та термомодернізації існуючих виникає низка задач щодо розташування геліоприймачів на їх гранях, то було проведено аналіз задач і запропоновано їх графічний та аналітичний способи розв’язання. Наразі графічний спосіб дає змогу розв’язувати задачі за допомогою графічних моделей, тоді як аналітичний – з використанням оптимізаційних способів розв’язання (симплекс-метод).

Сформульовані вимоги щодо обладнання світлових прорізів сонцезахисними пристроями в залежності від кліматичних умов. Нормативні вимоги з природного освітлення ув’язані з вимогами до інсоляції.

Проведені техніко-економічні розрахунки систем інтегрального освітлення за кліматичних умов центральної та східної Європи відображають, що в залежності від географічного положення та світлового клімату території для різних конструктивних систем протягом світлового дня із 8<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup> збереження електричної енергії складає від 15 до 30% для будівель із заглибленим розташуванням приміщень та 28 до 85% – для

будівель із типовим розміщенням. При цьому значення КПО від одного світловоду становить від 0,5 до 1,5% від горизонтальної освітленості під відкритим небосхилом. За розрахунками J. Mohelnikova [417], при загальній ефективності одного світловоду 0,5 та використанні 1250 год/рік при умовах хмарного небосхилу ( $E=20$  клк) енергозбереження може становити до 1500 кВт/рік.

Поєднання систем інтегрального освітлення із диммерами – світлорегуляторами, завдяки яким змінюється потужність світлового потоку від приладів штучного освітлення, веде до оптимального використання електроенергії. З поступовим падінням освітленості від небосхилу відбувається вмикання приладів освітлення та поступове збільшення потужності. Економічний ефект від цього методу був наведений А.К. Соловйовим та M.S. Mayhoub [290, 416].

Існуючі системи інтегрального освітлення мають різну будову світловодів, внаслідок чого відрізняються і ефективні оптичні площі. Ця характеристика у фасадних системах варіюється від 0,1 до 0,25 від загальної площі огорожувальної конструкції, а для порожнистих трубчастих систем варіюється від 0,64 м<sup>2</sup> для світловодів із радіусом 0,450 м до 0,002 м<sup>2</sup> для оптоволоконних світловодів із радіусом пучка волокон 0,025 м. Для зенітних та фасадних систем із пасивними куполами зменшення ефективної площі світловоду призводить до стрімкого падіння перенесеного світлового потоку. Світловоди із активними концентраторами, особливо оптоволоконні, позбавлені такої залежності і, теоретично, можуть переносити будь-який світловий потік. У цьому випадку ефективність залежить лише від площі ефективної площі концентруючої системи. Наслідком зменшення отворів у зовнішніх огорожувальних конструкціях є пропорційне падіння витрат на відновлення втраченої теплової енергії та охолодження приміщень влітку.



### **6.3 Використання спеціальних програмних модулів для термодинамічного аналізу конструкцій будівель як складової визначення рівня біосферосумісності та подальшого складання енергетичного паспорту будівлі**

#### **6.3.1 Загальна характеристика програмного комплексу «BIO-THERM».**

«BIO-THERM» є комп'ютерною програмою, розробленою Національною лабораторією ім. Лоуренса в Берклі (Lawrence Berkeley National Laboratory або LBNL) для використання виробниками будівельних конструкцій, інженерами, викладачами, науковцями, студентами, архітекторами та іншими фахівцями будівельної галузі, які досліджують процеси передачі тепла через будівельні конструкції. «BIO-THERM» дозволяє моделювати двовимірні температурні поля в будівельних конструкціях, в яких присутні теплові мости.

За допомогою «BIO-THERM» можна оцінити процеси передачі тепла через огорожувальні конструкції будівлі як в цілому, так і в окремих вузлах, де можуть виникати місцеві зниження температури, що загрожує виникненню конденсації вологи, пошкодженню структурної цілісності і зниженню надійності теплоізоляційної оболонки.

Програма базується на методі скінченних елементів, який дозволяє моделювати температурні поля у плоских перетинах конструкцій складної геометрії.

Для створення перетинів можна використовувати програму Autocad (у форматі DXF) або програми побудови растрових форматів, або побудувати перетин безпосередньо у «BIO-THERM» за відомими розмірами. Кожен перетин повинен бути представлений комбінацією полігонів. Користувач задає властивості матеріалу для кожного полігону і вводить граничні умови. Після того, як модель створена, решта є автоматична. Результати «BIO-THERM» можна переглянути в декількох формах, у тому числі U-факторів,

ізотерм, векторах теплового потоку, а також визначити локальні температури.

Програма «BIO-THERM» є безоплатною програмою, яку можна завантажити з офіційного сайту Національної лабораторії ім. Лоуренса в Берклі [427].

Оскільки при дослідженні енергоефективності запроєктованих об'єктів та розробленні їх енергетичних паспортів використовується програма «BIO-THERM», виникла необхідність розробити «Алгоритм розрахунку температурного поля з використанням програми «TERM-6».

### **6.3.2 Алгоритм розрахунку температурного поля з використанням програми «TERM-6».**

1. У AutoCAD будується переріз вузла конструкції з теплопровідним включенням (рис. 6.14). Всі розміри – в мм. При цьому:

1.1. Від теплопровідного включення по всім напрямкам розташування конструкцій, що до нього примикають, відкладаються ділянки довжиною в 1 м. Ніякі розміри не проставляються.

1.2. Всі побудови робляться за допомогою замкнених фігур – кожен елемент конструкцій, що складається з одного матеріалу, повинен бути замкненим.

1.3. Креслення зберігається як файл .dxf самої ранньої версії AutoCAD (AutoCADR12/LT 2 DFX). У прикладі - yzelkletki.dfx.

1.4. AutoCAD закривається.

2. Відкривається «TERM-6».

3. Fail → Anderlay → Browse → відкрити файл креслення (yzelkletki.dfx) → AutoConvert → ОК. Креслення з'являється у вікні TERM-6.

4. Задаються матеріали кожного шару.

4.1. Клік по шару.

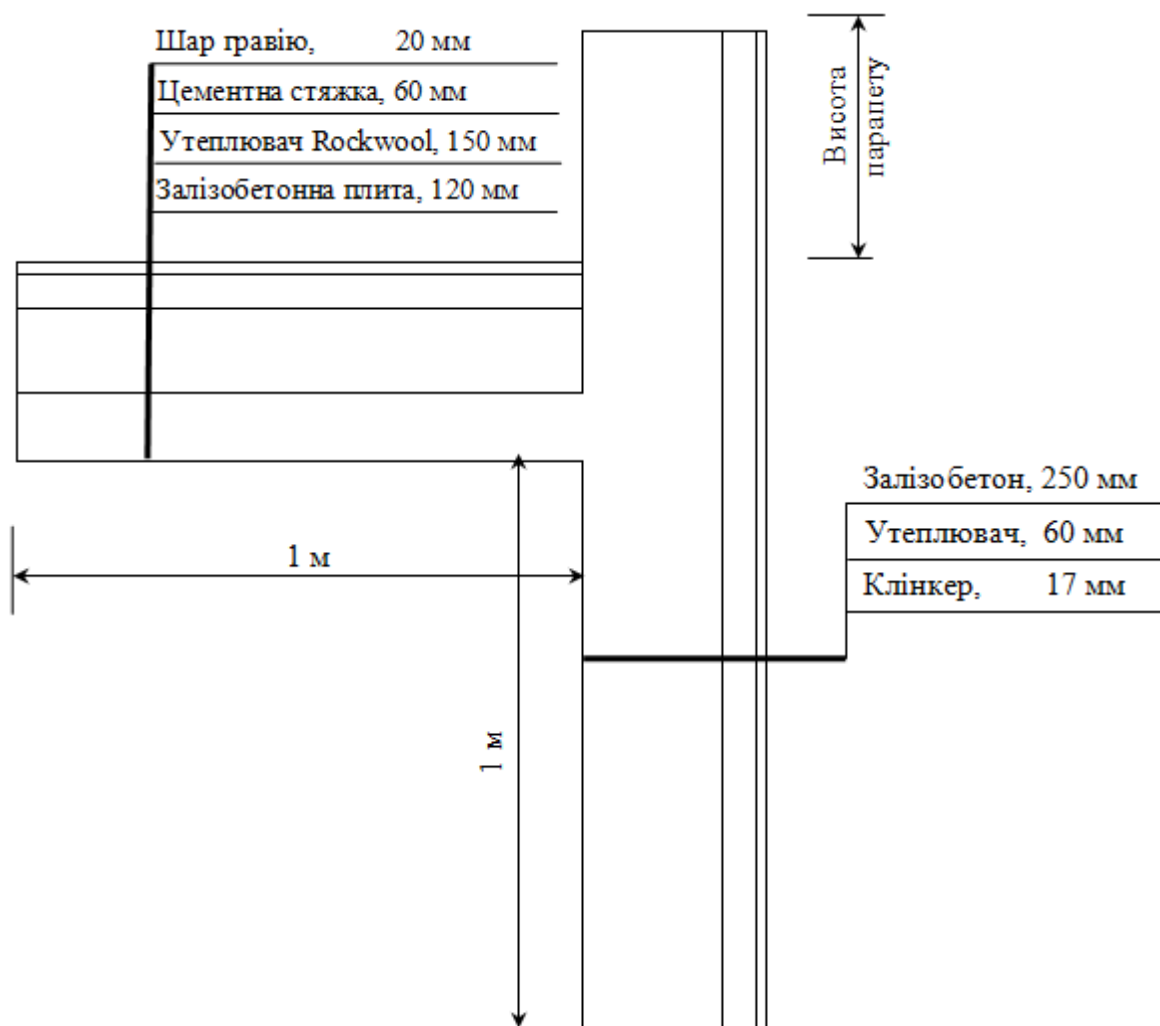


Рисунок 6.14 – Вузол примикання плити перекриття до стіни сходової клітки

4.2. На панелі «TERM-6»: Libraries → SetMaterial → Library → LoadLib → обирається відповідна бібліотека → обирається матеріал (якщо його немає, то він задається: New → назва матеріалу → Solid → Conductivity (вказати теплопровідність за умовами експлуатації «Б») → Emissivity (ввести 0,9) → задати Color → LoadLib → на запитання «Save current library?» натиснути «Yes» → відкриється вікно «Зберегти як» → натиснути «Зберегти» → на запитання «Такий файл існує. Замінити його?» → Так → Відкрити) → на запитання «Change selected objects to 'назва'?» натиснути «Yes».

4.3. Аналогічно задаються матеріали кожного шару.

Або простіше: у випадку, коли вже бібліотека задана, то клікнути по шару, потім у вікні на панелі вибрати відповідний матеріал.

5. Задаємо граничні умови – температури повітря та коефіцієнти тепловіддачі. Для чого:

5.1. Клікнути по «BC». Якщо з'явиться таблиця «Generating Boundary Conditions» клікнути «ОК».

5.2. Клікнути по границі шару. З'явиться таблиця «Boundary Condition Type».

5.3. У вікні «Boundary Condition» задати відповідні умови (Kiev\_internal, Kiev\_external, перекриття підвалу, стіни підвалу, Adiabatic). Якщо відповідних умов немає, то їх необхідно задати. Для чого:

5.3.1. Клік по «Boundary Condition Library».

5.3.2. У вікні, що відкрилося «Boundary Condition», клікнути по «New» та задати назву умов.

5.3.3. У вікні «Model» обрати «Simplified».

5.3.4. У вікні «Temperature» задати температуру повітря з боку поверхні.

5.3.5. У вікні «Film Coefficient» задати коефіцієнт тепловіддачі.

5.4. Так зробити на всіх границях шарів. При цьому на границях, де матеріал продовжується, треба поставити умови «Adiabatic».

5.5. Будуємо температурне поле. Для чого нажимаємо «Calculation» та знову «Calculation». За допомогою кнопки «F/C» переключаємо на шкалу Цельсія (рис. 6.15).

Визначення мінімальної температури внутрішньої поверхні (рис. 6.16):

1. На панелі клікнути по «View» та поставити відмітку напроти «Temperature at Cursor».

2. З'явиться вікно «Temperature».

3. Підвести курсор у точку поверхні, де необхідно визначити температуру.

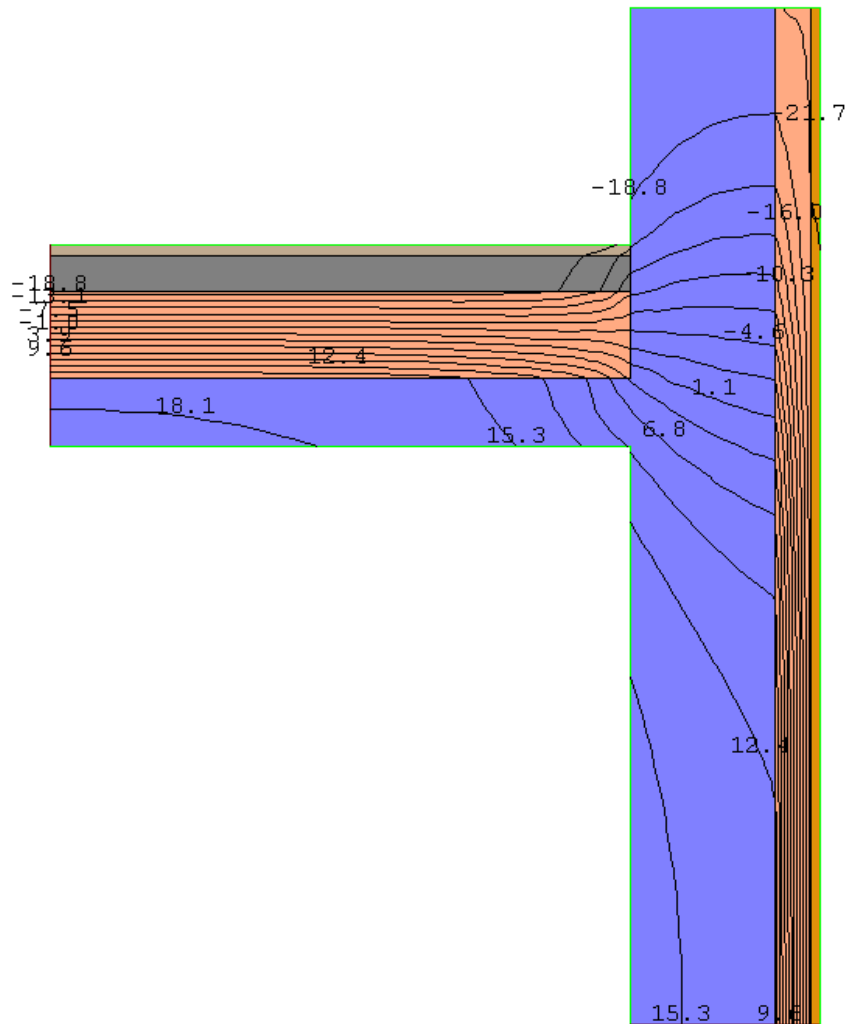


Рисунок 6.15 – Розраховане температурне поле з використанням програми «TERM-6»

У вікні відобразяться значення температури.

Розрахунок опору теплопередачі у конструкціях, що примикають до теплопровідного включення, здійснюється наступним чином.

Опір теплопередачі  $R$  визначається як величина, зворотна до  $U$ -factor:

$$R=1/U. \quad (6.11)$$

$U$  визначається наступним чином.

1. У «BC» задаються назви поверхонь, температури та коефіцієнти тепловіддачі. Для чого:

1.1. Клік послідовно по всім ділянкам поверхонь, що контактують з зовнішнім повітрям, і для кожної ділянки у вікні «U-Factor Surface» обирається «зовнішня поверхня».

1.2. Клік по внутрішній поверхні перекриття (покриття). Обирається назва «перекриття».

1.3. Клік по внутрішній поверхні стіни. Обирається назва «внутрішня стіна».

Якщо перекриття виходить у горище, то необхідно окремо назвати поверхню, що контактує з зовнішнім повітрям, і задати граничні умови, та поверхню, що контактує з повітрям горища, і для неї задати вже інші граничні умови.

2. Нажати на кнопку з «блискавкою». Знову отримаємо температурне поле.

3. Нажати на кнопку з «U». Отримаємо наступну таблицю у вікні програми (рис. 6.17).

4. Проаналізуємо її.

4.1. Через кожен  $\text{м}^2$  зовнішньої поверхні при різниці температур в  $1^\circ\text{C}$  витрачається 0,4849 Вт тепла. Оскільки загальна площа зовнішньої поверхні складає  $3,497 \text{ м}^2$  (при умовній довжині вузла 1 м), а різниця температур складає  $42^\circ\text{C}$ , то загальна кількість теплоти, що пройде крізь вузол складе  $0,4849 \cdot 3,497 \cdot 42 = 71,219 \text{ Вт}$ .

4.2. Через внутрішню стіну пройде  $1,0436 \cdot 1 \cdot 42 = 43,831 \text{ Вт}$ .

4.3. Через перекриття кількість теплоти  $0,6521 \cdot 1 \cdot 42 = 27,388 \text{ Вт}$ .

4.4. Таким чином сумарна кількість теплоти складатиме:

$43,831 + 27,388 = 71,219 \text{ Вт}$

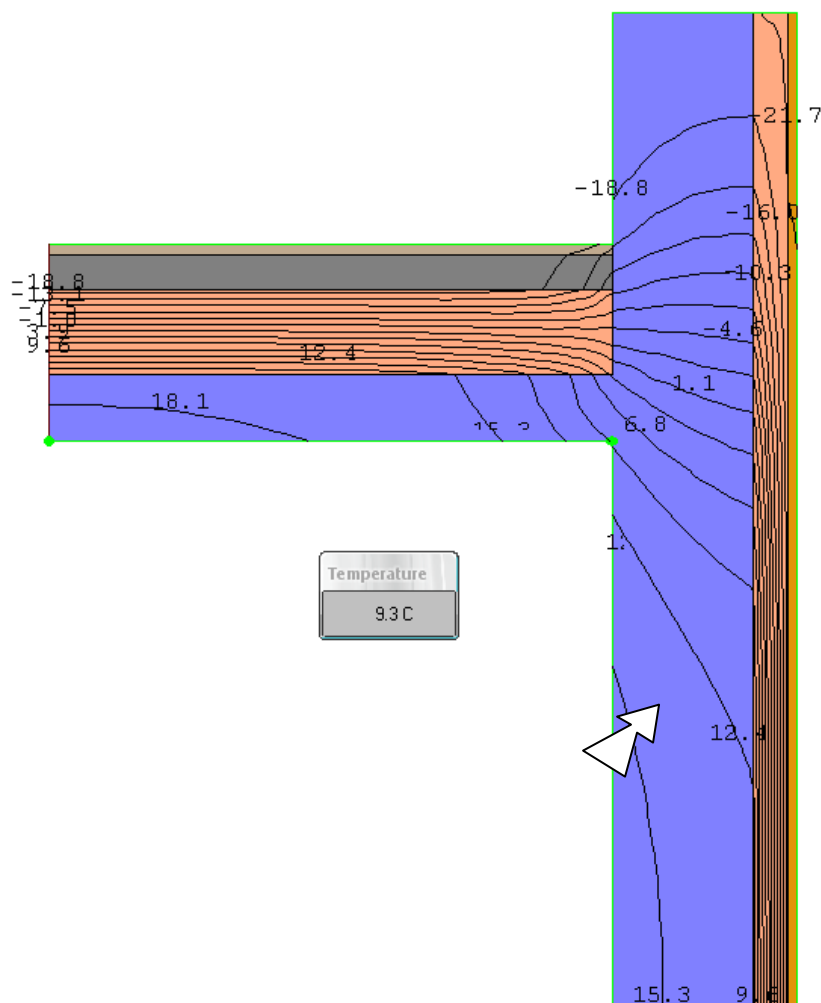


Рисунок 6.16 – Визначення мінімальної температури внутрішньої поверхні з використанням програми «TERM-6»

U-Factors						
	U-factor W/m <sup>2</sup> -K	delta T C	Length mm	Rotation		
наружная поверхность	0.4849	42.0	3497	N/A	Total Length	▼
внутренняя стена	1.0436	42.0	1000	N/A	Projected Y	▼
перекрытие	0.6521	42.0	1000	N/A	Projected X	▼
% Error Energy Norm	7.65%					

Export  
OK

Рисунок 6.17 – Таблиця розрахункових значень для визначення опору теплопередачі R за U-фактором

4.9. Тоді приведені опори теплопередачі крайових ділянок будуть:

$$R_{ст}=1/1,0436=0,958 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (6.12)$$

$$R_{пер}=1/0,6521=1,53 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (6.13)$$

### 6.3.3 Результати використання програми «BIO-THERM».

Подамо підсумки впровадження науково-теоретичних та методичних результатів дослідження в практику організації будівельних проектів на засадах БСБ.

Зміст, призначення та структуру комплексу прикладних програм, що інтегрує діагностичні можливості запровадженого підходу забезпечення належного рівня БСБ при реалізації будівельних проектів, наведено в табл. 6.5 та на рис. 6.18.

Таблиця 6.5 – Аналітична карта моніторингу та коригування БСБ при реалізації будівельного проекту

Аналітична карта моніторингу та коригування БСБ при реалізації будівельного проекту											
відхилення у % від вимог замовника щодо БСБ (0,83)	Q, частка укрупненого комплексу робіт (за ЗКР) в загальному обсязі проекту, %	z <sup>bn</sup> - рівень БСБ	Nj Найменування укрупнених комплексів робіт (за розділами зведеного кошторисного розрахунку)	j- номери укрупнених комплексів робіт	періоди реалізації будівельного проекту (квартали)						разом, за всю тривалість інвестиційно-будівельного проекту
					1	2	3	4	5	6	
16,60	2,22	1,0000	Проектно-вишукувальні роботи	12	1407,8800	41,6900	0	0	0	0	1449,57
-11,29	0,76	0,7211	Підготовка території будівництва	1	0	495,9200	0	0	0	0	495,92
-9,37	1,06	0,7403	Тимчасові будівлі та споруди		0	690,2400	0	0	0	0	690,24
16,60	2,46	1,0000	Авторський, технічний нагляд, проведення тендеру, підготовка експлуатаційних кадрів	10,11	541,1100	774,5200	98,1400	98,1400	98,1400	0	1610,05
-0,76	84,82	0,8264	Основні об'єкти будівництва	2	0,0000	4802,11	6708,55	19304,63	13146,45	11450,56	55412,30
-8,08	1,03	0,7532	Устрій зовнішніх мереж щодо електро-, водо-тепло-та газо-постачання	4-6	0	0	124,1100	547,6600	0	0	671,77
-10,36	7,65	0,7304	Додаткові об'єкти будівництва	3	0	0	1314,52	0	0	3685,4	4999,91
КВР, разом кошторисна вартість робіт, поквартирно, тис.грн.					1948,99	6804,48	8245,32	19950,43	13244,59	15135,95	65329,76
частка виконаних робіт по проекту, %					2,98	10,42	12,62	30,54	20,27	23,17	підсумковий рівень БСБ
Обсяги освоєної кошторисної вартості робіт накопиченим підсумком					1948,99	8753,47	16998,79	36949,22	50193,81	65329,76	0,8248
Середньозважений по періодах реалізації будівельного проекту рівень БСБ					1,0000	0,8308	0,8121	0,8253	0,8277	0,8031	підсумковий індекс задоволення вимог замовника щодо БСБ
Індекс задоволення вимог замовника щодо БСБ по періодах реалізації проекту, частки одиниць					1,2048	1,0010	0,9784	0,9943	0,9973	0,9675	0,9937



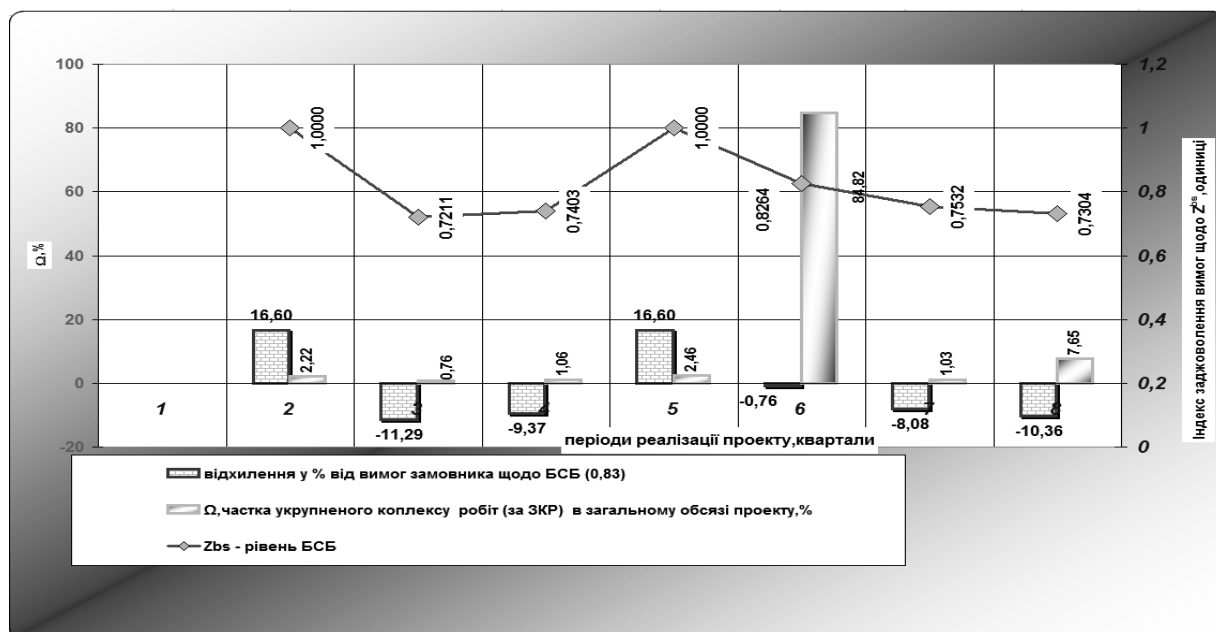


Рисунок 6.18 – Підсумкова гістограма розподілу рівня БСБ за періодами реалізації будівельного проекту

Модулі програмного комплексу реалізують єдину інтегральну шкалу оцінювання БСБ в універсальних одиницях  $Zbs$  (рис. 6.18). В складі програмного комплексу окремий модуль «BIO-THERM» успішно вирішує завдання термодинамічного аналізу конструкцій будівель як основи подальшого складання енергетичного паспорту будівлі та сертифікації об'єкту за вимогами БСБ. Модуль базується на методі скінченних елементів, який дозволяє моделювати температурні поля у плоских перетинах конструкцій складної геометрії. Вказаний модуль дозволяє оцінити процеси передачі тепла через огорожувальні конструкції будівлі як в цілому, так і в окремих вузлах, де можуть виникати місцеві зниження температури, що загрожує виникненням конденсації вологи, пошкодженням структурної цілісності і зниженням надійності теплоізоляційної оболонки (рис. 6.19).

Створений програмний продукт забезпечує обґрунтовані підстави визначити рівень БСБ впродовж всіх фаз та стадій інвестиційно-будівельного проекту, а надалі – здійснити успішне коригування рівня БСБ за окремими

видами робіт, на основі інтегрованого мультикомпонентного критеріального показника, що кореспондується із змістом та поточними координатами проходження основних подій життєвого циклу будівельного проекту та дозволяє, в поєднанні з оцінками дестабілізуючих обставин та впливів, розробити комплекс організаційно-технологічних заходів (регламент) переходу від нижчого до більш високого рівня БСБ.

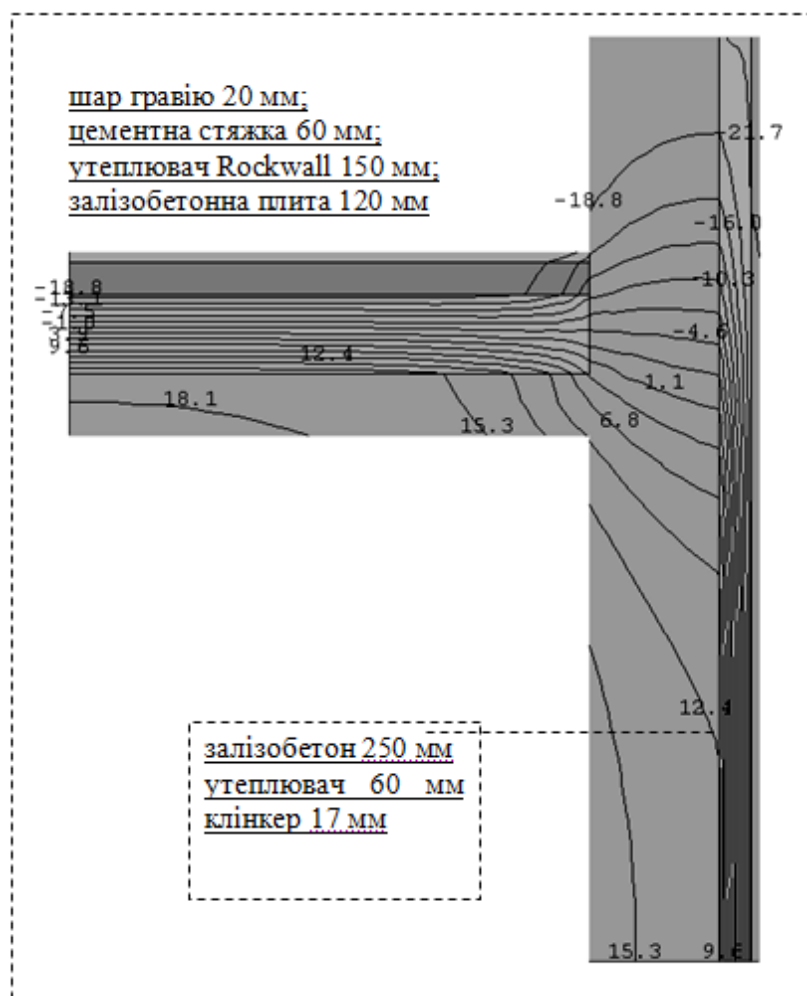


Рисунок 6.19 – Візуалізація температурного поля щодо конструктивного вузла, складена з використанням програми «BIO-THERM»

Здійснено належну адаптацію програмних модулів до вимог екологічної сертифікації об'єктів будівництва, що реалізуються на засадах

БСБ, з урахуванням оновлюваних національних стандартів екологічності та енергоощадності будівництва.

Студенти, які виконують дипломне проектування на кафедрі архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, вже протягом п'яти років спеціалізуються за напрямком «Енергоефективність». У своїх дипломних проектах та магістерських роботах вони досліджують властивості будівель з точки зору енергозаощадження. При цьому обов'язковим елементом диплому є розроблення енергетичного паспорта будівлі та доведення класу енергоефективності будівлі, що проектується, не нижче ніж «С», згідно діючих норм [90]. Стандарт [216] передбачає обов'язкове визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій при складанні енергетичного паспорта. Саме для цього необхідно використовувати програму «BIO-THERM».

Реальна практика проектування показує, що розробники не вміють розраховувати теплопровідні включення. При складанні енергетичного паспорта вони застосовують значення опору теплопередачі конструкцій по їх полю, без урахування місцевого зниження теплоізолюючих властивостей конструкцій, що знижує фактичну енергоефективність будівель. При експертизі проектів на це, як правило, не звертають увагу.

Студенти, які засвоюють основи роботи з програмою «BIO-THERM» при дипломному проектуванні, підготовлені для проведення аналізу енергоефективності будівель при їхньому проектуванні, сертифікації та аудиті.

Враховуючи отриманий досвід використання програмного комплексу «BIO-THERM» під час впровадження даного продукту як в навчальному процесі, так і в реальне проектування при складанні енергетичного паспорта будівель, пропонується прийняти наведені вище методичні рекомендації в якості допоміжного інструменту при дослідженні процесів теплопередачі через будівельні конструкції фахівцями будівельної галузі.

## Висновки до розділу 6

1. Викладено підсумки впровадження науково-теоретичних та методичних результатів дослідження в практику організації будівельних проектів на засадах БСБ. Створені програмні модулі для успішного виконання завдань організації БСБ системно інтегрували наступні передові стандарти в управлінні проектами: Agile, Kanban, P2M, Kaizen, PMBoK, шляхом належної адаптації їх до змісту окремих процесів, робіт та стадій життєвого циклу проекту біосферосумісного будівництва. Системна інтеграція підходів дозволила застосовувати зазначені стандарти для подолання невизначеності та успішного адміністрування проектів БСБ, враховуючи при цьому: технологічні особливості, специфіку робочого середовища, рівень критичності змін та особливості організаційно-технологічної і адміністративної взаємодій між іншими стадіями та фазами проекту. Викладено зміст, призначення та структуру комплексу прикладних програм, що інтегрують діагностичні можливості запровадженого підходу. Модулі програмного комплексу реалізують єдину інтегральну шкалу оцінювання БСБ в універсальних одиницях.

2. В складі програмного комплексу окремий модуль «BIO-THERM» успішно вирішує завдання термодинамічного аналізу конструкцій будівель як основи подальшого складання енергетичного паспорту будівлі та сертифікації об'єкту за вимогами БСБ. Модуль базується на методі скінченних елементів, який дозволяє моделювати температурні поля у плоских перетинах конструкцій складної геометрії. Вказаний модуль дозволяє оцінити процеси передачі тепла через огорожувальні конструкції будівлі як в цілому, так і в окремих вузлах, де можуть виникати місцеві зниження температури, що загрожує виникненням конденсації вологи, пошкодженням структурної цілісності і зниженням надійності теплоізоляційної оболонки.

3. Важливе місце серед створених програмних продуктів надано модулям, що розроблені для модернізації формату застосування та організаційно-технологічних рішень щодо інтегрального освітлення будівель і споруд як об'єктів БСБ. Розроблені в складі створеного інструментарію спеціальні модулі дозволяють в проектах «зеленого» будівництва використати відновлювані екологічно чисті види енергії, врахувавши при цьому інсоляційні особливості території забудови та об'єкту будівництва. Підсумком використання модулів є рішення щодо обґрунтованого розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах будівель та досягнення раціонального теплового балансу склопакетів вертикальних огорожувальних конструкцій з навколишнім середовищем.

4. Отже, створений комплекс програмних продуктів забезпечує обґрунтовані підстави визначити рівень БСБ впродовж всіх фаз та стадій інвестиційно-будівельного проекту, а надалі – здійснити успішне коригування рівня БСБ за окремими видами робіт, на основі інтегрованого мультикомпонентного критеріального показника, що кореспондується із змістом та поточними координатами проходження основних подій життєвого циклу будівельного проекту та дозволяє, в поєднанні з оцінками дестабілізуючих обставин та впливів, розробити комплекс організаційно-технологічних заходів (регламент) переходу від нижчого до більш високого рівня БСБ. Здійснено належну адаптацію програмних модулів до вимог БСБ, з урахуванням оновлюваних національних стандартів екологічності та енергоощадності будівництва.

5. Практична цінність створеного інструментарію організації будівництва визначається спеціальним налаштуванням складових комплексу оцінювання та коригування ОТН будівельних проектів на узгодження характеристик біосферосумісності з функціональною, організаційно-технологічною та конструктивною специфікою проектів (як об'єктів будівництва) та з особливостями організації інвестиційно-будівельного циклу таких проектів. Модулі створеного інструментарію реалізовані в

цілісному алгоритмічному форматі, на ґрунті єдиної стратегічної/поточної координати життєвого циклу проєктів, що реалізуються у форматі БСБ, з належним спрямуванням методико-аналітичних підходів та процедур на забезпечення директивних вимог провідних учасників проєкту (замовника, інвестора, девелопера) щодо біосферосумісності, енергоощадності та екологічної безпеки будівництва.

6. Завдяки синергійному поєднанню аналітико-інтелектуальних можливостей BIM-технологій (щодо 3D-візуалізації та моделювання архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, енергоощадних та екологічних рішень щодо об'єкту будівництва) та інноваційних переваг динамічного вейвлет-аналізу (для врахування та подолання невизначеності щодо проєкту БСБ), створений на базі інструментарію БСБ програмний продукт слід розглядати як передовий інструмент адаптації організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських рішень будівельного проєкту до вимог біосферосумісності, що висуваються замовником на початку інвестиційно-будівельного циклу і мають реалізовуватись в сучасному форматі будівельного девелопменту.

7. Теоретична цінність роботи полягає в тому, що вперше створено і впроваджено в практику організації будівництва підрядним будівництвом методологію та науково-прикладний інструментарій, які формалізовано пов'язують тривалість, ресурсоємність, організаційно-технологічні та функціональні характеристики будівельного проєкту з новітньою мультикритеріальною та мультифакторною аналітичною основою забезпечення біосферосумісності будівництва як провідної – у відповідності з євровимогами – складової організаційно-технологічної надійності будівництва.

Основні положення розділу 6 опубліковані автором у працях [327, 330, 335, 342, 344, 358, 363, 366].

## ВИСНОВКИ

Науково-кваліфікаційна робота містить нове вирішення актуальної науково-прикладної проблеми запровадження і обґрунтування інноваційної методологічної бази та прикладного інструментарію організації біосферосумісного будівництва, що реалізується у форматі сучасного будівельного девелопменту, і які склали основу пропозицій до оновлення національних стандартів екологічного та енергоощадного будівництва.

Результати проведених досліджень створили підстави для наступних висновків:

1. Організація будівництва на засадах біосферосумісності є запорукою успішного залучення іноземних інвестицій до будівельної галузі країни та є стратегічним пріоритетом подолання кризових явищ в галузі. Реалізація перспектив біосферосумісного будівництва в контексті його організації гальмується відсутністю належних методологічних, науково-теоретичних та прикладних розробок. Тому створення відповідного інструментарію організації будівництва для проектів будівництва на засадах біосферосумісності є актуальною проблемою, що потребує вирішення.

2. На основі аналізу основних дефініцій «надійність будівельного проекту» та «організаційно-технологічна надійність будівництва» в роботі сутність дефініції «біосферосумісне будівництво» обґрунтовано наступним чином: біосферосумісне будівництво є комплексною дефініцією, що визначається як провідна складова інтегрованої організаційно-технологічної надійності проектів будівництва в умовах урбанізації, глобалізаційних викликів та є продуктивним форматом організації життєвого циклу будівельних проектів – від започаткування до ведення в дію, включаючи організацію будівництва. Біосферосумісне будівництво передбачає організацію будівництва на ґрунті екологічності та енергоощадності, за умови підпорядкування сучасним організаційним та інформаційно-аналітичним технологіям будівельного девелопменту.

3. Відповідно до концепції біосферної сумісності у будівництві здійснено формування і обґрунтування методологічних, аналітичних та прикладних вимог щодо запровадження та побудови інструментарію організації будівництва і організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності згідно з Міжнародними нормами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design).

4. Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – від видобутку та виробництва будівельних матеріалів, будівництва об'єктів, їх експлуатації і закінчуючи демонтажем відпрацьованих будівель. Розроблення методики оцінювання біосферної сумісності архітектурних об'єктів пропонується побудувати на ідеях, закладених для розрахунку показника рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення. Тому прийнята в роботі наукова гіпотеза передбачає, що організація будівництва на засадах біосферосумісності передбачає суттєве розширення змісту та формату розгляду інвестиційно-будівельного циклу. На відміну від традиційних уявлень в організації будівництва, об'єктом розгляду є не лише будівельна фаза, але й передінвестиційна, включаючи початок інвестиційного задуму, де формуються вимоги щодо біосферосумісності та розглядаються директивні вимоги щодо біотехносередовища впровадження проекту, що узгоджено визначаються замовником, інвестором та майбутніми споживачами готової продукції проекту і надалі мають бути дотриманими впродовж циклу будівельного проекту, що підлягає моделюванню та наступному коригуванню організаційно-технологічних рішень.

5. Методологічну основу інструментарію організації біосферосумісного будівництва складає розроблена методика організаційно-технологічного реінжинірингу проектів організації будівництва на засадах БСБ, яка надає науково обґрунтовані засади для адаптації архітектурно-планувальних, розрахунково-конструктивних, організаційно-технологічних рішень будівельного проекту (включаючи оцінку рівня біосферосумісності



використовуваних в процесі будівництва матеріалів та виробів) до вимог БСБ упродовж всього інвестиційно-будівельного циклу – від ініціації проекту до його введення в дію (або демонтажу будівлі і споруди). Пропонована в роботі методико-прикладна система оцінювання рівня біосферосумісності базується на визначенні рейтингового показника як функції інтегральної сукупності оцінок досягнення певних рівнів відповідності за пріоритетними напрямками (категоріями). Кожна категорія представлена окремою групою критеріїв – специфічних вимог до архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, екологічних та адміністративно-управлінських рішень проекту.

6. Розроблений на підставі вищезазначених міркувань апарат оцінювання рівня БСБ – на ґрунті використання універсальної функції Харрінгтона та семантичної шкали оцінювання – забезпечує формалізовану трансформацію мультифакторних оцінок в сукупний (інтегральний) показник біосферосумісності будівництва. Запроваджена в роботі формалізаційна методична система забезпечує і реалізує:

- виявлення провідних напрямів (домінант) альтернативного моделювання та коригування архітектурно-конструктивних, організаційно-технологічних, вартісно-кошторисних та адміністративно-управлінських рішень для узгодження з директивними вимогами щодо БСБ;

- побудову реактивних аналітичних карт чутливості проекту за домінантами біосферосумісності;

- здійснення вибору рішень проекту щодо забезпечення раціонального рівня біосферосумісності – для вимог даної системи девелопменту проекту – через частково компромісну оптимізацію рішень за локальними критеріями (домінантами біосферосумісного будівництва).

7. Для потреб забезпечення успішного девелопменту будівельного проекту розроблено наступні аналітико-прикладні компоненти, що разом спрямовані на раціонально-компромісне узгодження рівня

біосферосумісності об'єкту з провідними організаційно-технологічними характеристиками циклу його реалізації – тривалістю та операційним бюджетом виконання стадій і робіт:

– А-компонента – призначена для здійснення компромісної оптимізації організаційно-технологічних та функціональних рішень ДБП; компонента реалізує альтернативне моделювання динамічних функціоналів провідних організаційно-технологічних характеристик ДБП, що розглядаються як залежні змінні від дії аргументів, в якості яких використано відповідні домінанти, що визначені попередніми компонентами інструментарію;

– В-компонента – здійснює реструктуризацію змісту обраної А-компонентної альтернативи ДБП на рівень організацій-виконавців (субпідрядників в девелоперському проекті), з диференційованим урахуванням функціонально-технічної якості виконуваних робіт та виконавчої дисципліни;

– С-компонента – призначена для подолання невизначеності циклу реалізації ДБП; з використанням динамічного вейвлет-аналізу ця компонента враховує дію окремих важко передбачуваних ймовірнісних факторів зовнішнього та внутрішнього середовища.

8. Дослідження, проведені з використанням динамічного вейвлет-аналізу дозволили використати його для потреб динамічної (оцінюваної в поточних координатах часу інформаційно-будівельного циклу проекту) стохастичної оцінки рівня біосферосумісності будівництва в порівнянні з провідними організаційно-технологічними характеристиками. Це дозволяє науково обґрунтувати раціональні варіанти організації будівництва, як з позицій біосферосумісності, так і з урахуванням організаційно-технологічних рішень.

9. Теоретична цінність роботи полягає в тому, що вперше створено і впроваджено в практику організації будівництва методологію та науково-

прикладний інструментарій, які формалізовано пов'язують тривалість, ресурсоемність, організаційно-технологічні та функціональні характеристики реалізації будівельного проекту з новітньою мультикритеріальною та мультифакторною аналітичною основою забезпечення біосферосумісності будівництва як провідної складової організаційно-технологічної надійності будівництва.

Практична цінність створеного інструментарію організації будівництва, що забезпечує його прикладні переваги як інструменту прийняття організаційно-технологічних рішень, насамперед, визначається:

- спеціальним налаштуванням складових комплексу оцінки та коригування організаційно-технологічної надійності будівельних проектів із метою узгодження характеристик біосферосумісності з функціональною, організаційно-технологічною та конструктивною специфікою проектів та з особливостями організації інвестиційно-будівельного циклу таких проектів;

- інструментарієм у вигляді цілісного алгоритмічного формату, на ґрунті єдиної стратегічної/поточної координати життєвого циклу проектів, що реалізуються у форматі БСБ, із належним спрямуванням на забезпечення директивних вимог провідних учасників проекту (замовника, інвестора, девелопера) щодо біосферосумісності, енергоощадності та екологічної безпеки будівництва;

- запропонований інструментарій включає прикладні виробничо-технологічні та організаційні модулі діагностування всього будівельного проекту та, зокрема, його організаційно-технологічної надійності, на основі рейтингової системи якості проектних та будівельних рішень за критеріями енергоощадності, впливу на екологію, забезпечення комфортності середовища життєдіяльності людини та ресурсозбереження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абарыков В.П. Оптимизация системы проектирования в строительстве / В.П. Абарыков. – М.: Изд. дом «Грааль», 2000. – 312 с.
2. Абдуллаев Г.И. Повышение организационно-технологической надежности строительства линейно-протяженных сооружений методом прогнозирования отказов / Г.И. Абдуллаев, В.З. Величко, Т.Н. Солдатенко // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 3(38). – С. 43-50.
3. Абдуллаев Г.И. Основные направления повышения надежности строительных процессов / Г.И. Абдуллаев // Инженерно-строительный журнал. – №4. – 2010. – С. 59-60.
4. Августин Г. Вероятностные методы в строительном проектировании / Августин Г., Баратта А., Кашиати Ф. – М.: Стройиздат, 1988. – 584 с.
5. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
6. Алексеев Д.В. Качество работ в жилищно-гражданском строительстве и его зависимость от правовых форм контроля / Д.В. Алексеев // Советская юстиция. – 1965. – № 21. – С. 10-12.
7. Андрейцев В.І. Співвідношення екологічної експертизи і процедури оцінки впливу на навколишнє середовище / В.І. Андрейцев, М.А. Пустовойт, С.В. Калиновський та ін.; за ред. В.І. Андрейцева, М.А. Пустовойта // Екологічна експертиза: право і практика. – К.: Наукова думка, 1992. – 152 с.
8. Андріанов В.П. Використання будівельних машин в сучасних умовах / Андріанов В.П., Білявський Ю.В., Трофимов О.П. // Будівництво України. – 1998. – № 1. – С. 34–36.

9. Антанавичус К.А. Моделирование и оптимизация в управлении строительством / К.А. Антанавичус. – М. : Стройиздат, 1979. – 168 с.
10. Антипенко Е.Ю. Принципы анализа капитальных вложений / Е.Ю. Антипенко, В.И. Доненко. – Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. – 420 с.
11. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений / Под общ. ред. И.Е. Рожина, А.И. Урбаха. – М.: Стройиздат, 1984. – 543 с.
12. Асаул А.Н. Риски в деятельности строительной организации / А.Н. Асаул // Экономические проблемы и организационные решения по совершенствованию инвестиционно-строительной деятельности: Сб. научн. тр. – СПб.: ГАСУ, 2004. – Вып. 2, т. 1. – С. 8-12.
13. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, № 11. – С. 1145-1170.
14. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. – Київ, 2001. – 49 с.
15. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України // Biowat [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.istochnik-13.narod.ru/atlas.doc](http://www.istochnik-13.narod.ru/atlas.doc).
16. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. - М., 1978. – 186 с.
17. Ахьюджа Х. Сетевые методы в проектировании и производстве / Х. Ахьюджа. – М.: Мир, 1979. – 640 с.
18. Базаров А.Д. Разработка аппаратно-програмного комплекса для контроля динамических характеристик инженерных сооружений: автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / А.Д. Базаров. – Томск: ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/council/916/worklist>.

19. Бадалова А.Г. Основные проблемы управления рисками предприятий / А.Г. Бадалова // Экономика строительства. – 2015. – № 9. – С. 11-18.
20. Баженов В.А. Динаміка споруд / Баженов В.А., Дехтярюк Є.С., Ворона Ю.В. – К.: ПАТ Віпол, 2012. – 342 с.
21. Баженов В.А. Імовірнісні методи розрахунку конструкцій. Випадкові коливання пружних систем / Баженов В.А., Дехтярюк Є.С. – К.: КНУБА, 2005. – 420 с.
22. Баженов В.А. Вплив навантаження на частоти власних коливань складної оболонкової конструкції / Баженов В.А., Лук'янченко О.О., Костіна О.В, Геращенко О.В. // Опір матеріалів та теорія споруд. – К.: КНУБА, 2013. – Вип. 91. – С. 49-58.
23. Баладинский В.Л. Механизация земляных работ / В.Л. Баладинский. – К.: Укрвузполиграф, 1992. – 180 с.
24. Барлоу Р. Математическая теория надежности / Р. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Сов. радио, 1962. – 312 с.
25. Береговой А.М. Экологические параметры в архитектурно-строительном проектировании здания как единой энергетической и экологической системы / А.М. Береговой, М.А. Дерина, А.С. Щеглова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.science-education.ru/121-18447](http://www.science-education.ru/121-18447).
26. Бенуж А.А. Оценка совокупной стоимости жизненного цикла здания с учетом энергоэффективности и экологической безопасности / А.А. Бенуж, Д.В. Подшиваленко // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 43-46.
27. Берг А.И. Проблема номер один – надежность / А.И. Берг // Техника – молодежи. – 1960. – № 10. – С. 12-13.
28. Береговой А.М. Наружные ограждающие конструкции в системе воздухообмена жилого многоэтажного здания / Береговой А.М., Дерина М.А.

// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.science-education.ru/121-17257](http://www.science-education.ru/121-17257).

29. Бережный А.Ю. Зависимость комплексного показателя экологической нагрузки от организационно-технологических решений при оценке воздействия строительства на окружающую среду: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» / А.Ю. Бережный. – М., 2012. – 22 с.

30. Бібік М.В. Вибір оптимальних типів перерізів поперечної рами спортивного комплексу / М.В. Бібік, В.М. Бібік, К.Г. Бжовська, М.В. Лавренко // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2013. – Вип. 4(1). – С. 20-28 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb\\_2013\\_4\(1\)\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb_2013_4(1)_5).

31. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории / Перевод с нем. Т.Э. Кренкеля, под ред. А.Г. Кюркчана. – М., 2004. – 280 с.

32. Богдан С.Ю. Визначення граничних станів елементів бетонних і залізобетонних конструкцій методами механіки руйнування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 01.02.04 «Механіка деформівного твердого тіла» / С.Ю. Богдан. – К., 2002. – 19 с.

33. Бойко Т.В. К вопросу определения рисков при оценке воздействий техногенных объектов на окружающую среду / Т.В. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 4/6 (34). – С. 37-41.

34. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.

35. Большой энциклопедический словарь. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: «Большая Российская энциклопедия»; СПб.: «Норинт», 2000. – 1456 с.

36. Большаков В.І. Фактори, що здійснюють визначальний вплив на показники ефективності організаційно-технологічних рішень будівництва

доступного житла / В.І. Большаков, Т.С. Кравчуновська, С.П. Броневицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2016. – № 5. – С. 61-70.

37. Боровик Ю.Т. Надійність систем управління виробництвом як фактор підвищення конкурентоспроможності будівельного підприємства / Ю.Т. Боровик // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2012. – № 40. – С. 135-137.

38. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).

39. Будівельна техніка: навч. посібник / В.Л. Баладінський, О.М. Лівінський, Л.А. Хмара та ін. – К.: Либідь, 2001. – 368 с.

40. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. – Офіц. вид. – [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Укрархбудінформ: Мінбуд України, 2014. – 82 с.

41. Булатова М.М. Спортсмен в различных климато-географических и погодных условиях / М.М. Булатова, В.Н. Платонов // Олимпийская литература. – К., 1996. – 176 с.

42. Ваколюк А.С. Забезпечення надійності процесів організації будівництва / А.С. Ваколюк // Техніка будівництва. – 2013. – № 30. – С. 60-62 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tb\\_2013\\_30\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tb_2013_30_13).

43. Валов М.М. Системы солнечного теплоснабжения / М.М. Валов, Б.И. Казанджан. – М.: Издательство МЭИ, 1991. – 140 с.

44. Величкин В.З. Управление и надежность реализации строительных программ / В.З. Величкин // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 7. – С. 74-79 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [engstroy.spb.ru/index\\_2014\\_07/10.pdf](http://engstroy.spb.ru/index_2014_07/10.pdf).

45. Вержбицький Н.Н. Проблема якості у будівництві / Н.Н. Вержбицький. – К.: Знання, 1975. – 168 с.



46. Вітріщак С.В. Санітарно-гігієнічні вимоги до спортивно-оздоровчих комплексів / С.В. Вітріщак, І.О. Погорелова, В.П. Погорелов, І.А. Гайдаш // Український медичний альманах. – 2013. – Т. 16, № 2. – С. 172-177 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uma\\_2013\\_16\\_2\\_59](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uma_2013_16_2_59).

47. Вечеров В.Т. Модели и методы управления контрактацией в строительстве: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.23.08 / Вечеров Валерий Тимофеевич; С.-Петербург. инж.-строит. ин-т. – Санкт-Петербург, 1993. – 32 с.

48. Визначення тривалості будівництва об'єктів: ДСТУ Б А.3.1-22:2013 / Мінрегіонбуд України. – Вид. офіц. – Чинний від 2014-01-01. – Київ, 2014. – 30 с. – (Національний стандарт України).

49. Виршилло Р. Спортивные сооружения / Под ред. Р. Виршилло. – Варшава: Аркады, 1968. – 577 с.

50. Високоєфективні технології та комплексні конструкції в промисловому й цивільному будівництві / В.О. Онищенко, О.Г. Онищенко, С.Ф. Пічугін, Л.І. Стороженко, О.В. Семко, Ю.С. Слюсаренко, І.А. Ємельянова. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2011. – 520 с.

51. Владимиров В.В. Урбоэкология: Курс лекций / В.В. Владимиров. – М.: изд-во МНЭПУ, 1999. – 204 с.

52. Волеваха М.М. Енергетичні ресурси клімату України / Волеваха М.М., Гойса М.І. – К.: Наук. думка, 1967. – 132 с.

53. Волков Н. Ортогональные ветродвигатели малой мощности для регионов с невысоким ветровым потенциалом и расчет их аэродинамических характеристик / Н. Волков, И. Ковалев // The Fifth International Scientific Forum Aims For Future Of Engineering Science (May 2-8, 2004 – Paris, France). Proceedings. – Paris, France, 2004. – С. 125–128.

54. Воронецкий С.С. Методика формалізації процесів організації будівництва шляхом інтеграції семантичних елементів до складу ресурсно-календарних моделей / С.С. Воронецкий // Шляхи підвищення ефективності

будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Вип. 18. – К.: КНУБА, 2008. – С. 89-101.

55. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой / Р.В. Воронков. – Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.

56. Воскресенська С.М. Моделювання потоків відбитих і заломлених сонячних променів при рівномірному розподілі енергії стосовно створення фотоелектричних систем: дис. ... канд. техн. наук. : 05.01.01 / Воскресенська Світлана Миколаївна. – Сімферополь, 2012. – 192 с.

57. Воскобійник О.П. Комплексні методи керування ризиками під час експлуатації будівель та споруд / О.П. Воскобійник // Металеві конструкції. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 183-189 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MetKon\\_2013\\_19\\_3\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MetKon_2013_19_3_8).

58. Гагарин В.Г. Требования к теплозащите и потреблению энергии на отопление и вентиляцию в российской актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» / В.Г. Гагарин // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – К.: НДІБК, 2013. – Вип. 77. – С. 15-21.

59. Гальчина О.Н. Теория экономического анализа: Учеб. пособие / О.Н. Гальчина, Т.А. Пожидаева. – М. : Дашков и К, 2009. – 236 с.

60. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений: учеб. пособие / А.Л. Гельфонд. – М.: Архитектура-С, 2006. – 280 с.

61. Галінська Т.А. Формування граничних критеріїв технічного стану будівельних конструкцій і елементів / Т.А. Галінська, М.О. Овсій // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 258-265 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_38](http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2013_78(1)_38).

62. Гібаленко О.М. Методологічні підходи до забезпечення якості та надійності протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій / О.М. Гібаленко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. –

№ 2. – С. 13-20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis\\_2016\\_2\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2016_2_4).

63. Гигиена физической культуры и спорта: учебник / под ред. В.А. Маргазина, О.Н. Семеновой. – СПб.: СпецЛит, 2010. – 192 с.

64. Гинзбург А.В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности строительства / А.В. Гинзбург. – М.: СИП РИА, 1999. – 155 с.

65. Гончаренко Д.Ф. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий: монография / Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю.В., Меерсдорф Е.И.; под ред. Д.Ф. Гончаренко. – Киев: А+С, 2013. – 128 с.

66. Горбач М.В. Організаційно-технологічний вектор будівельного проекту термомодернізації будинку / М.В. Горбач // Будівельне виробництво. – 2014. – № 57(2). – С. 17-22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/buvu\\_2014\\_57\(2\)\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/buvu_2014_57(2)_7).

67. Городок Н.В. Щодо визначення поняття «якість будівельних робіт» / Н.В. Городок // Університетські наукові записки. – 2008. – № 2. – С. 128-131 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unzap\\_2008\\_2\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unzap_2008_2_24).

68. ГОСТ Р ISO 14043-2001. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла. – М.: Госстандарт России, 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.gosthelp.ru/gost/gost6643.html](http://www.gosthelp.ru/gost/gost6643.html).

69. Голенко Д.И. Статистические методы сетевого планирования и управления / Д.И. Голенко. – М.: Наука, 1968. – 400 с.

70. Голоднов О.І. Граничний стан сталевих колон і балок при наявності залишкових напружень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / О.І. Голоднов. – Дніпропетровськ, 2006. – 36 с.

71. ГОСТ 15.601-98. Система розробки і постановки проєкції на виробництво. Технічне обслуговування та ремонт техніки. Основні

положення. – Чинний від 1999-07-01. (Міждержавний стандарт) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

72. Гранау Э.Б. Повышение качества строительно-монтажных работ / Пер. с нем. Ю.М. Валлера. – М.: Стройиздат, 1988. – 255 с.

73. Губернский Ю.Д. Гигиеническая оценка воздуха при его кондиционировании / Ю.Д. Губернский, М.Т. Дмитриев // Гигиена и санитария. – 1986. – № 3. – С. 10-12.

74. Губернский Ю.Д. Некоторые гигиенические критерии воздушного комфорта для закрытых помещений / Ю.Д. Губернский, М.Т. Дмитриев, Д.И. Исмаилова // Гигиена и санитария. – 1976. – № 5. – С. 3-6.

75. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1974. – 252 с.

76. Гусаков А.А. Системотехника строительства / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1983. – 440 с.

77. Гусева Е.Н. Экономико-математическое моделирование / Е.Н. Гусева. – М.: Изд-во «Флинта», 2008. – 216 с.

78. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка / В.И. Даль. – М.: Рус. яз., 1989. – Т. 1. – 678 с.

79. Данкевич Н.О. Оцінка організаційно-технологічних рішень будівельного проекту за допомогою імітаційного моделювання / Н.О. Данкевич // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2013. – Т. 9, № 1. – С. 43-48. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/spcb\\_2013\\_9\\_1\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/spcb_2013_9_1_7).

80. ДБН В.1.2-11-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

81. ДБН А.1.1-1:2009. Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

82. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

83. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

84. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.

85. ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

86. ДБН В.1.2-12-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

87. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

88. ДБН В.2.3-5:2018. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

89. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

90. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

91. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

92. ДБН В.2.1-10-2009. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

93. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

94. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

95. ДБН В.2.2-16-2005. Будинки і споруди. Культурно-видовищні та дозвіллієві заклади [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

96. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

97. Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды / Т.А. Демина. – М. : изд-во Аспект, 1998. – 176 с.

98. Демченко В.В. Методи підвищення енергоефективності будівлі / Демченко В.В., Чуприна Х.М., Невмержицький О.В. // Управління розвитком складних систем. – 2013. – Вип. 16 (16). – С. 138-143.

99. ДБН В.2.2-13-2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. – К., 2004. – 105 с.

100. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Наказ МОЗ України № 173 від 19.06.1996 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>.

101. Долінський А.А. Енергозбереження та екологічні проблеми енергетики / А.А. Долінський // Вісник НАН України. – 2006. – № 2. – С. 234.

102. Доненко В.І. Теоретичні основи оновлення існуючих еволюційних методів вирішення організаційно-технологічних питань у діяльності будівельних організацій / В.І. Доненко // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 3. – С. 18-24.

103. Доненко В.І. Оновлення методології планування освоєння об'єктів будівництва з урахуванням раціонального розподілу організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельних організацій / В.І. Доненко // Теорія і практика будівництва. – 2009. – № 5. – С. 18-23 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tipb\\_2009\\_5\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tipb_2009_5_5).

104. ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

105. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

106. ДСТУ EN 15232-1:2017. Енергоефективність будівель. Частина 1. Вплив автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями. Модулі М10-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (EN 15232-1:2017, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

107. ДСТУ-Н Б В 2.2-27:2010. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

108. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

109. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

110. Дьяконов И.В. Вейвлеты: от теории к практике / И.В. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 440 с.

111. Егнус М.Я. Оценка технологичности проектных решений жилых и общественных зданий / М.Я. Егнус, А.Л. Левинзон. – М.: Стройиздат, 1975. – 64 с.

112. Економічна безпека підприємств, організацій та установ: навч. посіб. / [В.Л. Ортинський, І.С. Керницький, З.Б. Живко та ін.]. – К.: Правова єдність, 2009. – 544 с.

113. Експлуатація будівель і споруд: Конспект лекцій для студентів спеціальності 8.06010103 «Міське будівництво та господарство» денної форми навчання / уклад. П.О. Сунак, С.В. Синій. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 66 с.

114. Емельянов В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 432 с.

115. Енциклопедія бізнесмена, економіста, менеджера / за ред. Р. Дяківа. – К.: Міжнародна економічна фундація, 2000. – 704 с.

116. Ерохина С.А. Методические подходы к формированию и развитию программ экологического жилищного строительства: дисс. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Ерохина Светлана Александровна. – Санкт-Петербург, 2006. – 169 с.

117. Єсипенко А.Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд: автореф. дис. на здобуття наук.



ступеня доктора техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / А.Д. Єсипенко. – Дніпропетровськ, 2007. – 40 с.

118. Єсипенко А.Д. Методи аналізу організаційних і інженерно-технологічних рішень при забезпеченні надійності будівель і споруд / А.Д. Єсипенко // Нові технології в будівництві. – 2005. – № 1(9). – С. 69-71.

119. Єсипенко А.Д. Наукові основи забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель та споруд: Монографія / А.Д. Єсипенко. – К., 2004. – 360 с.

120. Єфіменко В.І. Експлуатаційна надійність сталезалізобетонних конструкцій / В.І. Єфіменко // Сталезалізобетонні конструкції. – Кривий Ріг, 2000. – Вип. 4. – С. 9-14.

121. Єфіменко В.І. Аналіз сучасного стану конструювання будівель зі сталевими залізобетонними конструкціями / В.І. Єфіменко, О.А. Паливода // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 25. – С. 549-554 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs\\_2013\\_25\\_76](http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2013_25_76).

122. Жавнеров П.Б. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий / П.Б. Жавнеров, А.В. Гинзбург // Вестник МГСУ. – 2013. – № 13. – С. 196-200.

123. Жавнеров П.Б. Повышение организационно-технологической надёжности строительной организации за счёт структурных мероприятий: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.02.22 «Организация производства (строительство)» / П.Б. Жавнеров. – Москва, 2015. – 21 с.

124. Жавнеров П.Б. Организационно технологическая надежность как способ повышения конкурентоспособности строительной организации / П.Б. Жавнеров // Научные чтения, посвященные 100-летию Ю.Б. Монфреда. – М.: МГСУ, 2013. – С. 145-148.

125. Жаворонков Е.П. Логистика в строительстве: учеб. пособие для вузов / Е.П. Жаворонков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск, 2001. – 214 с.

126. Завадскас Э.К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве / Э.К. Завадскас. – Вильнюс: Мокслас, 1987. – 212 с.

127. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. - [Чинний з 12.01.2009]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

128. Зайцев М.Г. Методы оптимизации управления и принятия решений. Примеры, задачи, кейсы / Зайцев М.Г., Варюхин С.Е. – М.: Дело, 2011. – 640 с.

129. Заклади культури, мистецтва, фізкультури та спорту України та спорту у 2013 році: Статистичний бюлетень. – Київ, 2014. – 94 с.

130. Законы об охране окружающей среды / Редакция: Зигрид Борн, производство: Илона Ортен, перевод: Михаил Литвинович. – ФРГ: Интер-Национес, 2000. – 246 с.

131. Закон України «Про електроенергетику» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id).

132. Закон України від 25.06.91 №1264-ХІІ «Про охорону навколишнього природного середовища» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sfs.gov.ua/fizichnim-osobam/zakonodavstvo/zakoni-ukraini/58975.html>.

133. Закону України «Про екологічну експертизу» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/45/95>.

134. Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.

135. Зеленые тарифы по состоянию на апрель 2013 года // Biowat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/zelenye-tarify-po-sostoyaniyu-na-aprel-2013-goda/>.

136. Залунин В.Ф. Стратегия и тактика строительной фирмы в условиях рынка / В.Ф. Залунин. – Д.: Придніпровський науковий вісник, 1998. – 240 с.

137. Замятина М.Ф. Теоретико-методологические проблемы обоснования стратегических приоритетов экологизации регионального развития и механизма их реализации / Стратегические приоритеты регионального развития: Колл. монография под ред. В.В. Окрепилова. – СПб.: Наука, 2009. – 88 с.

138. Захаров С.В. Аварии в строительстве – случайность или система? / С.В. Захаров // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – Магнитогорск: ООО «МиниТип», 2007. – Вып. 7. – С. 11–22.

139. Збірник нормативно-правових актів Європейського Союзу у сфері охорони навколишнього середовища. – Львів, 2004. – 192 с.

140. Здания с каркасом из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство / В.В. Катюшин. – М.: Стройиздат, 2005. – С. 24-29.

141. Івченко І.Ю. Економічні ризики: Навч посібник / І.Ю. Івченко. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 304 с.

142. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення: ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://dbn.at.ua/index/v\\_25/0-92](http://dbn.at.ua/index/v_25/0-92). – (Національний стандарт України).

143. Иванов С.В. Управление предприятием, ориентированное на конечный результат и ликвидность / С.В. Иванов. – Д.: Маковецький, 2010. – 388 с.

144. Ивлев В.И. Гигиеническое обоснование воздухообмена в крытых спортивных сооружениях / В.И. Ивлев // Гигиена и санитария. – 1981. – № 10. – С. 87-88.

145. Ивлев В.И. Об улучшении санитарного состояния крытых спортивных сооружений / В.И. Ивлев // Теория и практика физической культуры. – 1981. – № 9. – С. 41-42.

146. Ильин Н.И. Системный подход в управлении строительством / Н.И. Ильин. – М.: Стройиздат, 2001. – 165 с.

147. Ильичёв В.А. Биосферная совместимость: Технологии и внедрения. Города, развивающие человека / В.А. Ильичёв. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.

148. Ильичёв В.А. Критериальная модель полного ресурсного цикла – основа экологической безопасности строительства / В.А. Ильичёв, В.И. Колчунов, С.А. Коблева // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 12. – С. 3-6.

149. Ильичёв В.А. Моделирование и анализ закономерностей динамики изменения состояния биосферосовместимых урбанизированных территорий / В.А. Ильичев, С.Г. Емельянов, В.И. Колчунов и др. // Жилищное строительство. – 2015. – № 3. – С. 3-9.

150. Ильичёв В.А. Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции биосферной совместимости / В.А. Ильичёв, В.И. Колчунов, А.В. Берсенев, А.Л. Поздняков // РААСН: Академия. – 2009. – № 1. – С. 80-87.

151. Ильичев В.А. Об инновационных технологиях для ресурсоэнергоэффективного строительства / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.А. Кобелева, С.В. Солопов // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2012 году: сборник научных трудов. – Волгоград: ВолГАСУ, 2013. – С. 433-436.

152. Калугин Ю.Б. Расчет календарных планов работ с вероятностными временными параметрами / Ю.Б. Калугин // Изв. вузов. Строительство. – 2011. – № 10. – С. 51-59.

153. Каплуновська М.О. Системотехнічна реалізація організаційно-технологічних властивостей проектних рішень просторових систем покриттів / М.О. Каплуновська // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2012. – Вип. 5. – С. 29-36 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb\\_2012\\_5\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb_2012_5_7).

154. Карюк А.М. Статистичні характеристики температури повітря для розрахунків надійності будівельних конструкцій / А.М. Карюк // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2015. – Вип. 1. – С. 244-250 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb\\_2015\\_1\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znprgmb_2015_1_31).

155. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення: монографія / А.Б. Качинський [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/book/Kachin/index.htm>.

156. Качество строительства и его стимулирование в условиях хозяйственной реформы / Под ред. И.А. Акимова. – М., 1971. – 346 с.

157. Кини Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения: пер. с англ. / Р.Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И.Ф. Шахнова. – Москва: Радио и связь, 1981. – 560 с.

158. Киричек Ю.А. Термины износа в оценке машин и оборудования / Ю.А. Киричек, В.Р. Млодецкий // Мировой опыт оценки. – 1996. – № 1-2. – С. 19-22.

159. Кирнос В.М. Организация строительства / В.М. Кирнос, В.Ф. Залунин, Л.Н. Дадиверина. – Днепропетровск: Пороги, 2005. – 309 с.

160. Кирнос О.И. Организационно-технологические аспекты обоснования цены на строительную продукцию: дисс. ... канд. техн. наук:

05.23.08 / Кирнос Олеся Ивановна; Днепр. инж.-строит. ин-т. – Днепропетровск, 1993. – 145 с.

161. Кирьянова Н.Н. Физкультурнооздоровительные комплексы: вопросы проектирования / Н.Н. Кирьянова, А.Е. Быльчинский. – К.: Будивельник, 1988. – 88 с.

162. Клаф Р. Динамика сооружений / Клаф Р., Пензиен Дж. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.

163. Клименко Л.П. Аналіз систем сертифікації «зелених» будівель з точки зору оцінки ними екологічної безпеки / Л.П. Клименко, Н.О. Воскобойнікова // Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу «Києво-Могилянська академія». Серія: Техногенна безпека. – 2014. – Т. 233, вип. 221. – С. 114-119 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdutb\\_2014\\_233\\_221\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchdutb_2014_233_221_21).

164. Клименко Є.В. Методологія оцінювання, прогнозування та регулювання технічного стану будівель і споруд із залізобетону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Є.В. Клименко. – Львів, 2008. – 31 с.

165. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф.Е. Клименко. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.

166. Князева В.П. Экологические аспекты выбора строительных материалов: Методические указания к выполнению задания № 2 по архитектурному материаловедению. Изучение основ методики рационального выбора материалов для наружной и внутренней отделки проектируемого здания – 6 семестр обучения / В.П. Князева. – М.: МАРХИ, 2010. – 23 с.

167. Кобелева С.А. Критерии для оценки экологической эффективности зданий / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 5(49). – С. 47-52.

168. Кобелева С.А. Оценка технико-экономических показателей ресурсо- и энергосберегающих конструкций зданий / С.А. Кобелева // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – Т.1 – С. 429-433.

169. Кобелева С.А. Системное представление социальной составляющей экологически безопасной жилищной сферы региона / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 5. – С. 37-41.

170. Кобелева С.А. Сценарий развития жилищного строительства с учётом влияния экологических факторов / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2013. – № 3(47). – С. 33-38.

171. Кобелева С.А. Управление ресурсами биосферы при создании строительной продукции / С.А. Кобелева // Безопасность в техносфере. – 2012 – № 4. – С. 17-20.

172. Кобелева С.А. Систематизация и выявление направлений качественной оценки потенциала энерго- и ресурсосбережения гражданских зданий / С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 5 (55). – С. 61-66.

173. Колосков В.Н. Разборка жилых зданий и переработка их конструкций и материалов для повторного использования / Колосков В.Н., Олейник П.П., Тихонов А.Ф. – Москва: АСВ, 2004. – 200 с.

174. Колосюк В.П. Використання сонячної енергії для теплопостачання – перший крок до енергетичної незалежності / В.П. Колосюк // Аратта-Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.aratta-ukraine.com/text\\_ua.php?id=1639](http://www.aratta-ukraine.com/text_ua.php?id=1639).

175. Кондратенко Т.О. Экологическая оценка при выборе строительных материалов для нового строительства, реконструкции и реставрации / Т.О. Кондратенко, А.В. Сайбель // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1299>.

176. Корольов В.П. Експлуатаційні властивості і захист від корозії будівельних металоконструкцій / В.П. Корольов // Розробки і практичний

досвід забезпечення довговічності. Прес-досьє НВВЛ «Антикор-Дон» ДонНАБА. – Донецьк: Норд-Прес, 2005. – 44 с.

177. Краснянский М.Е. Наша опасная квартира / М.Е. Краснянский. – М., 2013 – 6 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mikrasna.narod.ru/russian/dangerous.htm>.

178. Кранцфельд Я.Л. О перспективах сейсмозащитного экранирования грунтовых оснований зданий и сооружений / Я.Л. Кранцфельд // ОФМГ. – №1-2012. – М.: НИИОСП, 2012. – С. 23-27.

179. Кривошеев П.І. Міжнародний досвід вирішення комплексних проблем сейсмічної безпеки будівельних об'єктів / П.І. Кривошеев, В.М. Сенаторов, П.М. Козелецький // Будівельні конструкції. – 2015. – Вип. 82. – С. 91-98 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko\\_2015\\_82\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2015_82_8).

180. Кримінальний кодекс України [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>.

181. Кривцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 1. Ветроэлектрогенераторы: учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт»; Севастополь: Севастопольский национальный технический университет, 2003. – 400 с.

182. Кузнецов С.М. Организационно-технологическая надежность строительных процессов / С.М. Кузнецов, О.А. Легостаева, О.Ю. Михальченко и др. // Изв. вузов. Строительство. – 2008. – № 6. – С. 57-65.

183. Кулагина Е.В. Гражданско-правовые средства поощрения, воздействующие на качество капитального строительства / Е.В. Кулагина // Вестник МГУ. – 1983. – № 2. – С. 43-50.

184. Курзанов А.М. О разделе «Расчетные нагрузки в проекте СНиП 22-03-2009 «Строительство в сейсмических районах» / А.М. Курзанов // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 6. – С. 50-52.



185. Куцкий Д.В. Методологические основы создания системы управления качеством в строительных организациях: автореф. дисс... канд. экон. наук / Д.В. Куцкий. – М., 1998. – 19 с.
186. Лапина О.А. Экологическая оценка строительных материалов / О.А. Лапина, А.П. Лапина // Наукоедение. – 2013. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/20ergsu513.pdf>.
187. Лapidус А.А. Математическая модель оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта / А.А. Лapidус, А.Ю. Бережный // Вестник МГСУ. – М.: МГСУ, 2012. – С. 149-153.
188. Лаптев А.П. Вопрос гигиенического нормирования микроклимата крытых спортивных сооружений / А.П. Лаптев, С.А. Полиевский, Н.С. Перешивко, И.Н. Малышева, Эль Дин А. Галаль // Гигиена и санитария. – 1984. – № 12. – С. 12-15.
189. Лапыгин Ю.Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности / Ю.Н. Лапыгин. – М.: Изд-во "Омега-Л", 2008. – 252 с.
190. Ларионов А.Н. Методические подходы к развитию программ экологического жилищного строительства / А.Н. Ларионов, И.В. Малышев // Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2009. – № 2(9). – С. 68-80.
191. Лисницька К. Вплив технічного стану будівельних конструкцій на проблеми розвитку міського середовища / К. Лисницька, В. Першаков // Проблеми розвитку міського середовища. – 2016. – Вип. 1. – С. 84-92 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms\\_2016\\_1\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2016_1_13).
192. Литвиненко О.В. Оцінка ризику та забезпечення організаційно-технологічної надійності реалізації будівельних проектів / О.В. Литвиненко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2015. – Вип. 33. – С. 184-190 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv\\_2015\\_33\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv_2015_33_21).

193. Лугинин О.Е. Экономико-математические методы и модели. Теория и практика с решением задач / Лугинин О.Е., Фомишина В.Н. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2009. – 340 с.

194. Лук'янченко О.О. Аналіз впливу вітрового навантаження на стохастичну поведінку паливного резервуара / Лук'янченко О.О., Ворона Ю.В., Костіна О.В., Геращенко О.В. // Опір матеріалів і теорія споруд: Наук.-техн. збірн. – К.: КНУБА, 2016. – С. 58-63.

195. Мартиш О. Методи підвищення організаційно-технологічної надійності розробки і реалізації календарних планів у будівництві / О. Мартиш // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2015. – № 16. – С. 109-115 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldau\\_2015\\_16\\_20](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldau_2015_16_20).

196. Мартыш А.А. Управление как дополнительный фактор повышения надежности календарного планирования. / А.А. Мартыш // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Днепропетровск: ГВУЗ ПГАСА, 2015. – Вып. 85. – С. 45-50.

197. Матієшин М.М. Обліково-аналітичне забезпечення процесу експлуатації основних засобів будівельних підприємств: дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.09 – бухгалтерський облік, аналіз та аудит (за видами економічної діяльності) / М.М. Матієшин; ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника». – Івано-Франківськ, 2015. – 352 с.

198. Мауленов К.С. Правовое обеспечение качества строительства: гражданско-правовой аспект: автореф. дисс. ... канд. юрид. наук.: спец. 12.00.03 / К.С. Мауленов. – Х.: Харьковский юридический институт, 1982. – 19 с.

199. Менайлюк О.І. Розробка теоретичних основ, дослідження і впровадження інновацій при будівництві методом «стіна в ґрунті»: автореф.

дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Менеїлюк Олександр Іванович; Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та архітектури – Харків, 2001. – 28 с.

200. Методичні рекомендації. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Наказ МОЗ України № 184 від 13.04.2007 р. – Київ, 2007. – 40 с.

201. Микієвич М.М. Європейське право навколишнього середовища: Навч. посібник / М.М. Микієвич, Н.І. Андрусевич, Т.О. Будякова. – Львів, 2004. – 256 с.

202. Мкртычев О.В. Применение вейвлет-анализа для получения характеристик акселерограмм / Мкртычев О.В., Решетов А.А. // Вестник МГСУ.– 2013. – № 7. – С. 59-67.

203. Мкртычев О.В. Применение вейвлет-преобразований при анализе акселерограмм / Мкртычев О.В., Решетов А.А. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2011. – Vol. 7. – Issue 3. – pp. 118-126.

204. Млодецький В.Р. Організаційно-технологічна та управлінська надійність функціональної системи будівельної організації: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.08 / Молодецький Віктор Ростиславович; Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2005. – 39 с.

205. Млодецкий В.Р. Управленческая реализуемость строительных проектов / В.Р. Млодецкий. – Д.: Наука і освіта, 2005. – 261 с.

206. Млодецкий В.Р. Показатели управленческой реализуемости строительного проекта / В.Р. Млодецкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБтаА, 2005. – №1-2. – С. 69-78.

207. Млодецкий В.Р. Вероятностные параметры выполнения отдельной строительной-монтажной работы / В.Р. Млодецкий, А.А. Мартыш // Вестник Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры. – 2013. – № 3. – С.8-14.

208. Млодецкий В.Р. Концепція надійності в організації будівельного виробництва / В.Р. Млодецький, А.В. Загуменова, Н.Ю. Морошкіна // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 4. – С. 19-24.

209. Млодецький В.Р. Обґрунтування раціонального рівня організаційно-технологічної надійності у будівельних проектах / В.Р. Млодецький, Т.О. Ценацевич // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2015. – № 9. – С. 47-54.

210. Мовчан Я.І. Оцінка екологічного ризику погіршення сучасного стану урбанізованих територій / Я.І. Мовчан, О.В. Рибалова, Д.В. Гулівець // // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 3/11(63). – С. 37-41.

211. Мягков М.С. Город, архитектура, человек и климат / М.С. Мягков, Ю.Д. Губернский, Л.И. Конова, В.К. Лицкевич. – М.: Архитектура-С, 2007. – 344 с.

212. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / А.В. Перельмутер, В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, А.В. Махинько, В.А. Пашинский, С.Ф. Пичугин; под общей ред. А.В. Перельмутера. – 4-е изд., перераб. – М.: СКАД СОФТ, АСВ, ДМК Пресс, 2014. – 596 с.

213. Назаренко М.І. Метод формування процесів експлуатації будівельної техніки на основі оцінки видів зношення / М.І. Назаренко // Техніка будівництва. – 2013. – № 30. – С. 43-47 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tb\\_2013\\_30\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tb_2013_30_10).

214. Наказ Мінрегіону України від 23.05.2011 р. № 53 «Про затвердження критеріїв, яким повинні відповідати експертні організації, що здійснюють експертизу проектів будівництва» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0719-11>.

215. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. ДСТУ-

Н Б А 3.2-1:2007 [чинний з 1 грудня 2007 р.]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>.

216. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції: ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. [Чинний з 2008-07-01] / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2008. – 43 с. – (Національний стандарт України).

217. Недавний О.И. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов / О.И. Недавний, С.В. Базилевич, С.М. Кузнецов // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2 (18). – С. 137-141 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://brstu.ru/static/unit/journal\\_smt/docs/number18/137-141.pdf](http://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number18/137-141.pdf).

218. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость зданий и сооружений / Ю.И. Немчинов. – К.: ФОП Гудименко С.В., 2008. – 543 с.

219. Немчин А.М. Организация оперативного управления строительным производством / А.М. Немчин, Ю.В. Швецов. – М.: Стройиздат, 1981. – 80 с.

220. Нечепуренко Д.С. Систематизація організаційно-технологічних факторів, які впливають на тривалість та вартість реалізації енергозберігаючих проектів комплексної реконструкції житлової забудови / Д.С. Нечепуренко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения. – Д.: ПГАСА, 2014. – Вып. 74. – С. 120-126.

221. Ніжник В.В. Удосконалення будівельних норм з пожежної безпеки об'єктів / В.В. Ніжник, О.О. Сізіков, Р.В. Уханський, С.В. Новак, Л.М. Нефедченко, С.В. Жартовський, Д.В. Мартюк // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. – 2014. – № 1. – С. 65-71 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb\\_2014\\_1\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2014_1_12).

222. Одинський В.Г. Організаційно-технологічні основи вдосконалення планування реалізації об'єктів будівництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / В.Г. Одинський. – Дніпропетровськ, 2004. – 19 с.

223. Олейник П.П. Организация строительства: концептуальные основы, модели и методы, информационно-инженерные системы / П.П. Олейник. – М.: Профиздат, 2001. – 408 с.

224. Ожегов С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов. – 17-е изд., стереотип. – М.: Рус. яз., 1985. – 797 с.

225. Онещак О.Я. Надійність функціонування малих підприємств: теоретичний аспект / О.Я. Онещак // Наукові записки Української академії друкарства. – 2011. – № 2. – С. 210-213 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:[http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz\\_2011\\_2\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2011_2_34).

226. Оптимальне проектування металевих конструкцій на сучасному етапі (огляд праць) / І.Д. Пелешко, В.В. Юрченко. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2009. – С.14-21.

227. Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве / В.Р. Млодецкий, Р.Б. Тянь, В.В. Попова, А.А. Мартыш. – Днепропетровск : Наука и образование, 2013. – 193 с.

228. Организационно-технологическая надежность строительства / [А.А. Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В. Гинзбург и др.]; под ред. А.А. Гусакова. – М.: SvR-Аргус, 1994. – 472 с.

229. Орловська Ю.В. Економічна політика ЄС з підтримки зеленого житлового будівництва: Монографія / Орловська Ю.В., Вовк М.С., Чала В.С., Мащенко С.О. – Дніпро: ПДАБА, 2017. – 148 с.

230. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5-2016 / Мінрегіонбуд України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

231. Організація та проектування логістичних систем: підручник / М.П. Денисенко, П.Р. Левковець, Л.І. Михайлова та ін.; за ред. М.П. Денисенка, П.Р. Левковця, Л.І. Михайлової. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с.

232. Основы логистики: Учеб. пособие / Под ред. Л.Б. Миротина, В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 204 с.

233. Патон Б.Є. Проблеми ресурсу конструкцій, споруд та обладнання в Україні / Б.Є. Патон // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2001. – Вип. 54. – С. 18-23.

234. Пашинський В.А. Імовірнісні моделі для розрахунків надійності та нормування кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції / В.А. Пашинський // Строительная механика и строительные конструкции: Сборник статей, посвященный восьмидесятилетию А.В. Перельмутера. – М.: СКАД СОФТ, 2013. – С. 323-332.

235. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції на території України: монографія / В.А. Пашинський. – К.: УкрНДІпроектстальконструкція, 1999. – 185 с.

236. Перельмутер А.В. О классификации стальных конструкций / А.В. Перельмутер, Л.А. Гильденгорн // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1990. – №3. – С. 67-70.

237. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – 2е изд., перераб. и доп. – К.: Изд-во УкрНИИпроектстальконструкция, 2000. – 216 с.

238. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам: монографія / В.М. Першаков. – К.: НАУ, 2007. – 301 с.

239. Першаков В.М. Створення ефективних типів залізобетонних рамних конструкцій з несучими елементами змінного перерізу / В.М. Першаков. – К.: КНУБА, 2012. – 40 с.

240. Першегуба Я.В. Гігієнічна оцінка комплексного (аерогенного і перорального) навантаження хімічних канцерогенів на населення великого

міста за критерієм ризику: автореф. дис. на здоб. наук. степені канд. мед. наук: 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія» / Я.В. Першегуба. – К., 2010. – 22 с.

241. Першаков В.М. Особливості проектування каркасних будівель із залізобетонними рамними конструкціями / В.М. Першаков // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 78(1). – С. 115-121 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko\\_2013\\_78\(1\)\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/buko_2013_78(1)_18).

242. Першаков В.М. Сучасні будівлі з рамних конструкцій [Електронний ресурс] / В.М. Першаков, Т.О. Петрова, К.М. Лисницька // Вісник Національного авіаційного університету. – 2013. – № 2. – С. 136-140. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnau\\_2013\\_2\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnau_2013_2_23).

243. Петрашова О.М. Реінжиніринг техніко-технологічної сфери як механізм забезпечення техніко-технологічної безпеки підприємства / О.М. Петрашова // Наукові записки Української академії друкарства. – 2012. – № 1. – С. 112-117 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz\\_2012\\_1\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2012_1_17).

244. Петрашова О.М. Техніко-технологічна безпека: стан та ключові загрози для підприємств видавничо-поліграфічної галузі України / О.М. Петрашова // Наукові записки Української академії друкарства. – 2011. – № 2. – С. 19-26.

245. Петров Г.А. Практика использования вейвлет-анализа в дефектоскопии: учеб. пособие / Г.А. Петров, Е.В. Шуранов. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2012. – 65 с.

246. Підготовка проектних пропозицій із чистої енергії: / під заг. ред. Тормосова Р.Ю., Романюк О.Л., Сафіуліної К.Р. – К.: ТОВ «Поліграф плюс», 2015. – 176 с.

247. Пічугін С.Ф. Наукова школа «Надійність будівельних конструкцій»: досягнення і перспективи / С.Ф. Пічугін // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава:



ПолтНТУ, 2015. – Вип. 1. – С. 3-16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpgmb\\_2015\\_1\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpgmb_2015_1_3).

248. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / С.Ф. Пичугин. – К.: КГТУСА, 1994. – 34 с.

249. Пичугин С.Ф. Надежность стальных конструкций производственных зданий: монография / С.Ф. Пичугин. – Полтава: ООО «АСМИ», 2009. – 452 с.

250. Поздняков А.Л. Основы экологической безопасности производственных объектов в условиях городской среды с позиции биосферосовместимости: автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» / А.Л. Поздняков. – Орёл, 2011. – 21 с.

251. Поколенко В.О. Модернізація ресурсно-календарних моделей для потреб системного поліпшення процесів організації будівництва / Поколенко В.О., Чуприна Ю.А., Приходько Д.О. // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 5. – С. 30-34.

252. Полиевский С.А. Гигиенические аспекты современных спортивных сооружений / С.А. Полиевский. – М.: Медицина, 1981. – 144 с.

253. Пордю М. Общественная экспертиза проекта строительства атомного реактора в г. Сизвелл: на пути к ОВОС / М. Пордю // Право окружающей среды в СССР и Великобритании. – М., 1988. - С. 100-104.

254. Пособие по проектированию сети физкультурно-спортивных сооружений городов различной величины / ЦНИИЭП зрелищных, спортивных и административных зданий и сооружений им. Б.С. Мезенцева. – М.: Стройиздат, 1980. – 109 с.

255. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. ДБН В.1.1.7-2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html).

256. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2011 р. № 560. Порядок затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/560-2011-p>.

257. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 р. № 554 «Порядок проведення професійної атестації відповідальних виконавців, окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://minregion.info/stroitel'naya\\_litsenziya\\_Postanova\\_KMU\\_vid\\_23.05.2011-554.html](http://minregion.info/stroitel'naya_litsenziya_Postanova_KMU_vid_23.05.2011-554.html).

258. Про будівельні норми: Закон від 05 листопада 2009 р. № 1704-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1704-17>.

259. Про Державний земельний кадастр. Закон України від 7 липня 2011 р. № 3613-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3613-17](http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/3613-17).

260. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: Закон України від 24 лютого 1994 р. № 4004-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>.

261. Про затвердження Положення про державний санітарно-епідеміологічний нагляд в Україні: Постанова Кабінету Міністрів України від 22 червня 1999 р. № 1109 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1109-99-p>.

262. Про основи містобудування: Закон України від 16 листопада 1992 р. № 2780-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>.

263. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17 лютого 2011 р. № 3038-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.

264. Про фізичну культуру і спорт: Закон України від 24.12.1993 № 3808-ХІІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3808-12>.

265. Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Програма\\_ООН\\_з\\_навколишнього\\_середовища\\_ВВ](https://uk.wikipedia.org/wiki/Програма_ООН_з_навколишнього_середовища_ВВ).

266. Прялин М.А. Оценка технологичности конструкций / М.А. Прялин, В.М. Кульчев – К.: Техніка, 1985. – 120 с.

267. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 2-е изд., испр. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.

268. Райзер В.Д. Некоторые аспекты неэкономического ущерба при оценке риска / В.Д. Райзер // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений: науч.-техн. журнал. – М.: ОАО ВНИИТПИ, 2008. – № 2. – С. 48-49.

269. Рашковський О.А. Особливості регулювання девелопментської діяльності в Україні / О.А. Рашковський // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. – № 4. – С. 112-114.

270. Радкевич А.В. Економічна оцінка організаційно-технологічних методів експлуатації будівельної техніки / А.В. Радкевич, С.О. Яковлев // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 131-133.

271. Радкевич А.В. Організаційно-технологічні рішення розподілу обмежених трудових ресурсів при відновленні будівель та споруд / А.В. Радкевич, В.Ф. Худенко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 11. – С. 193-197.

272. Реверчук Н.Й. Управління економічною безпекою підприємницьких структур: монографія / Н.Й. Реверчук. – Львів: ЛБІ НБУ, 2004. – 195 с.

273. Ровках С.Е. Повышение эффективности ремонта машин в строительстве / С.Е. Ровках. – М.: Стройиздат, 1976. – 32 с.

274. Розробка матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecozahist.com.ua/otsinka-vplivu-na-navkolishnye-seredovische-ovns/>.

275. Савченко А.С. Істотне порушення будівельних норм і правил як підстава визнання збудованого або реконструйованого об'єкта самочинним будівництвом / А.С. Савченко // Вісник Академії адвокатури України. – 2013. – № 1(26). – С. 123-128.

276. Системи технологій життєвого циклу інвестиційно-будівельної сфери діяльності: монографія / [Р.Б. Тянь, П.Є. Уваров, С.В. Іванов та ін.]. – Дніпропетровськ: вид-во Маковецький Ю.В., 2010. – 344 с.

277. Сафронова О.О. Принципи організації простору спортивно-оздоровчого комплексу для молоді на базі промислової будівлі / О.О. Сафронова, Ю.С. Пустовіт // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки. – 2015. – № 5. – С. 248-253 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn\\_2015\\_5\\_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutdtn_2015_5_37).

278. Сергій С. Організаційно-технологічний підхід до економічного забезпечення безкризового розвитку суспільства в наступництві поколінь / С. Сергій // Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. – 2013. – № 1. – С. 123-130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadu\\_2013\\_1\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vnadu_2013_1_16).

279. Семко О.В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій: монографія / О.В. Семко, О.П. Воскобійник. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – 514 с.

280. Сенаторов В.Н. Проблемы сейсмики в изданиях Международной федерации бетона / В.Н.Сенаторов, С.Ю. Дерюга, Д.Г.Бобро // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2012. – Вип. 76. – С. 188-198.

281. Сергейчук О.В. Вимоги норм ЄС – основа розроблення комплексу нормативних документів з природного та штучного освітлення / О.В. Сергейчук // Сучасні проблеми технічного регулювання у будівництві. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 1. – С. 77-83.

282. Сергейчук О.В. Пропозиції з розроблення комплексу нормативних документів з освітлення / О.В. Сергейчук // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2013. – Вип. 77. – С. 288-292.

283. Сетевые графики в планировании / И.М. Разумов, Л.Д. Белова, М.И. Ипатов, А.В. Проскуряков. – М.: Высш. шк., 1981. – 168 с.

284. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь / [Гусаков А.А., Богомолов Ю.М., Брехман А.И. и др.]; под ред. А.А. Гусакова. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 510 с.

285. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд: ДБН А.2.2-1-2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-242#load>.

286. Словник термінів і понять, що вживаються у чинних нормативно-правових актах України / Упорядники: Богачова О.В., Винокуров К.С., Крусь Ю.І, Менюк О.А., Менюк С.А. – К.: Оріяни, 1999. – 502 с.

287. Смоляк В.В. Зарубіжний досвід проектування сучасних спортивних комплексів / В.В. Смоляк, Д.В. Шевчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2013. – № 2. – С. 102-107 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stmkb\\_2013\\_2\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Stmkb_2013_2_19).

288. Соловей О. Многофункциональные комплексы: особенности девелопмента / О. Соловей // Commercial Property. – 2007. – № 5 (45) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK\\_ID=11&ID=33914](http://commercialproperty.ua/analytics/top/detail.php?IBLOCK_ID=11&ID=33914).

289. Соболев В.В. Приближённое решение задачи о рассеянии света в среде с произвольной индикатрисой рассеяния / В.В. Соболев // *Астрономический журнал*. – 1943. – Т. 20, № 5-6. – С. 83-96.
290. Соловьёв А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии / А.К. Соловьёв // *Светотехника*. – М.: ЗАО «Фирма знак», 2011. – Вып. 5. – С. 41-47.
291. Спортивные сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arhinovosti.ru/category/zdaniya-po-kategoriyam/sportivnye-sooruzheniya>.
292. Степанюк Н. Вплив об'єктів будівництва на навколишнє середовище / Н. Степанюк, О. Медведєва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.kntu.kr.ua/doc/zb\\_10\\_2/stat.../87.doc](http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_10_2/stat.../87.doc).
293. Стороженко Л.І. Проблеми дослідження, проектування й будівництва сталі залізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4(1). – С. 236-241.
294. Соколов І.А. Організаційно-технологічні основи забезпечення якості житлового середовища в умовах іонізуючого впливу природних радіонуклідів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / І.А. Соколов. – Дніпропетровськ, 2005. – 32 с.
295. Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: зб. наук. пр. – Кривий ріг: КТУ, 2006. – 370 с.
296. Статюха Г.О. До питання кількісної оцінки екологічної безпеки при ОВНС / Г.О. Статюха, В.А. Соколов, І.Б. Абрамов та ін. // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2010. – № 6/6 (48). – С. 44-46.
297. Статюха Г.О. До питання розробки методики з оцінки ризику планової діяльності на навколишнє природне середовище / Г.О. Статюха, В.А. Соколов, І.Б. Абрамов та ін. // *Захист навколишнього середовища*.

Енергоощадність. Збалансоване природокористування: Зб. матеріалів I Міжнародного конгресу. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – № 667. – С. 231-234.

298. Статюха Г.О. Системне оцінювання екологічної безпеки проєктованих промислових об'єктів / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, А.О. Абрамова // Новые решения в современных технологиях. – 2011. – № 58. – С. 70-76.

299. Створення методологічних основ проєктування, розрахунку та впровадження енергоактивних біосферосумісних об'єктів будівництва в умовах України // Звіт з науково-дослідної роботи 5ДБ-2014 (проміжний звіт). Номер державної реєстрації: РК 0114U002579. – К.: КНУБА, 2014. – 275 с.

300. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции / Л.И. Стороженко. – К.: Будівельник, 1978. – 82 с.

301. Стороженко Л.І. Дослідження та проєктування сталезалізобетонних безбалкових і часторебристих перекриттів / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник. – Полтава: Дивосвіт, 2011. – 300 с.

302. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 181 с.

303. Стрелецкий Н.Н. Сталезалізобетонные конструкции в нашей стране / Н.Н. Стрелецкий // Металлические конструкции. Работы школы Н.С. Стрелецкого. – М., 1995. – С. 126-132.

304. Табунщиков Ю.А. Энергосберегающие здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.

305. Теличенко В.И. Совершенствование принципов устойчивого развития на основе опыта применения «зеленых» стандартов при строительстве олимпийских объектов в Сочи / В.И. Теличенко, А.А. Бенуж // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 40-43.

306. Теличенко В.И. Безопасность и качество в строительстве. Основные термины и определения / Теличенко В.И., Слесарев М.Ю., Стойков В.Ф., Свиридов В.Н., Нагорняк И.Н. – М.: АСВ, 2002. – 336 с.

307. Теличенко В.И. Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. для строит. вузов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лapidус. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 446 с.

308. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.

309. Теоретичні основи, методологія та практика ухвалення управлінських рішень у будівництві / В.О. Поколенко, Н.О. Борисова, О.А. Тугай, Г.В. Лагутін // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 18. – С. 71-89.

310. Тугай О.А. Система адаптації організації будівництва до євростандартів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» / О.А. Тугай. – Харків, 2008. – 33 с.

311. Терентьев Д.А. Вейвлет-анализ сигналов АЕ в тонкостенных объектах / Терентьев Д.А., Елизаров С.В. – М., 2010. – 44 с.

312. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств. В 3-х кн. – К.: Вища шк., 1991. – Кн. 2. «Организация, планирование и управление» / В.Б. Канарчук и др. – 406 с.

313. Техніка безпеки під час занять з фізичного виховання і спорту. Навч.-метод. посібник / Присяжнюк С.І., Краснов В.П., Канішевський С.М., Лакіза О.М. – К.: Видав. центр НЦБП України, 2009. – 123 с.

314. Техническая диагностика металлических рам переменного двухтаврового сечения каркаса спортивного комплекса / В.Ю. Алпатов, О.В. Соловьев, И.С. Холопов. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. – С.40-46.



315. Технічна експлуатація будівель і міських територій: Підручник / А.Я. Барашиков, В.О. Гомілко, О.М. Малишев. – К.: Вища шк., 2005. – 112 с.
316. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд: Навч. посібник / Є.В. Клименко. – Київ: Центр навчальної літератури, 2004. – 304 с.
317. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: Навч. посібник / А.І. Гавриляк, І.Б. Базарник. Р.І. Кінаш. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 540 с.
318. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 року № 1764 [Електронниц ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-п>.
319. Технологичность конструкций изделий: Справочник / [Адмиров Ю.Д., Алфёрова Т.К., Волков П.Н. и др.]; под ред. Ю.Д. Адмирова. – [2-е издание перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
320. Технологія будівельного виробництва: Підручник / М.Г. Ярмоленко, Є.Г. Романушко; за ред. М.Г. Ярмоленка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2005. – 342 с.
321. Титов Л.М. Санитарно-гигиеническая оценка физических свойств воздуха в спортивных залах ВУЗов / Л.М. Титов, В.А. Приступа // Тезисы докладов IX республиканской научно-методической конференции. – Гомель, 1983. – С. 184-185.
322. Томаев Б.М. Надежность строительного потока / Б.М. Томаев. – М.: Стройиздат, 1983. – 128 с.
323. Тянь Р.Б. Методика сокращения продолжительности реализации проекта / Тянь Р.Б., Залуин В.Ф. // Управление строительными проектами. – Днепропетровск: ПГАСА, 1997. – Вып. 2. – С. 80-88.
324. Фронтини Ф. Фотоэлектрические модули, интегрированные в ограждающие конструкции зданий / Ф. Фронтини, Т. Фризен // Здания

высоких технологий. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zvt.abok.ru/>.

325. Физкультурно-спортивные сооружения / Под общ. ред. Л.В. Аристовой. – М.: СпортАкадемПресс, 1999. – 536 с.

326. Худолей Є.Ю. Діагностика та оцінка технічного стану залізобетонних конструкцій на основі вибіркового контролю: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / Є.Ю. Худолей. - Дніпропетровськ, 2004. – 16 с.

327. Чернишев Д.О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва: монографія / Д.О. Чернишев. – К.: КНУБА, 2017. – 294 с.

328. Чернишев Д.О. Формалізований контур девелопменту будівельних проектів рекреаційно-продуктивного відновлення територій / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 33. – С. 191-197.

329. Чернишев Д.О. Концептуальні засади організаційно-технологічного реінжинірингу проектів на принципах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 30. – С. 205-209.

330. Чернишев Д.О. Прикладна компонента оцінювання функціонально-технологічної надійності нульового циклу проектів в складі інструментарію біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 36, ч. 2. – С. 194-201.

331. Чернишев Д.О. Методичні засади забезпечення надійності організаційно-технологічних рішень у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 32 – С. 210-215.

332. Чернишев Д.О. Застосування wavelet-аналізу як прикладного інструментарію вияву та подолання невизначеності у проектах

біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 31. – С. 198-203.

333. Чернишев Д.О. Обґрунтування технологічних можливостей екосистем у біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – №4. – С. 62-70.

334. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання рівня організаційно-технологічної надійності будівель і споруд у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – № 3. – С. 101-107.

335. Чернишев Д.О. Модернізація прикладних організаційно-технологічних моделей для функціонально-управлінського супроводу будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 48. – С. 295-304.

336. Чернишев Д.О. Інформаційна технологія інтегрування математичних моделей у геоінформаційні системи еколого-інженерного захисту територій будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: наук.-техн. зб.– К.: КНУБА, 2017. – Вип. 49. – С. 395-403.

337. Чернишев Д.О. Вимоги до інструментарію організаційно-технологічного супроводу проектів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев, Є.І. Заяць, В.В. Ковальов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2018. – № 4. – С. 47-54.

338. Чернишев Д.О. Методологічні основи позиціонування істотних ресурсно-календарних характеристик будівельного контракту в контексті «повного ресурсного циклу» будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 64. – С. 428-437.

339. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 65. – С. 516-527.

340. Чернишев Д.О. Передумови адаптації інструментарію будівельного девелопменту для проектів рекреаційно-продуктивного відновлення територій / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 66. – С. 637-644.

341. Чернишев Д.О. Сучасні засоби просторово-територіального моделювання екосистем інженерного захисту / Д.О. Чернишев // Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 3-4 (24). – С. 58-66.

342. Чернишев Д.О. Сучасні технології «ALARA» як інструмент керування впливом на формування біосферосумісного середовища об'єктів будівництва / Д.О. Чернишев // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. зб. – Київ: КНУБА, 2017. – Вип. 22. – С. 5-10.

343. Чернишев Д.О. Інтеграція прикладних модулів TAQM до складу організаційно-технологічних інструментів адміністрування будівництвом / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 35, ч. 1. – С. 176-185.

344. Чернишев Д.О. Адаптація інструментарію організації будівництва до змісту та прикладних переваг BIM-технологій / Д.О. Чернишев // Будівельне виробництво. Серія: Технічні науки. – К.: НДІБВ, 2017. – №62/3. – С. 21-27.

345. Чернишев Д.О. Інноваційно-аналітична платформа формалізації змісту та процесів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві. – 2017. – № 33/1. – С. 86-91.

346. Чернишев Д.О. Концептуально-методологічне оновлення організаційно-технологічних та адміністративних характеристик діяльності корпоративних структур у будівельному комплексі України / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 34, ч. 2. – С. 152-162.

347. Чернишев Д.О. Диверсифікація як стратегічна координата економічної рівноваги підприємства в продовж його життєвого циклу / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 33, ч. 2. – С. 94-100.

348. Чернишев Д.О. Каналізаційні міські очисні споруди – проблеми та шляхи вирішення / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 39. – С. 432-435.

349. Чернишев Д.О. Рекомендації по гідравлічному розрахунку і проектуванню водовідведення з поверхні доріг / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2010. – Вип. 38. – С. 439-444.

350. Чернишев Д.О. Аналітичні системи інженерного захисту територій як компонента біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // *Transfer of innovative technologies: міжн. наук. журнал.* – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 1. – С. 58-65.

351. Чернишев Д.О. Еволюційна траєкторія дефініції «організаційно-технологічна надійність» у застосуванні до будівельно-інвестиційних проектів / Д.О. Чернишев // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2017. – № 6 (38). – С. 53-55.

352. Чернишев Д.О. Формалізований алгоритм коригування рівня організаційно-технологічної надійності будівництва біосферосумісних об'єктів / Д.О. Чернишев // Науковий огляд. – 2017. – № 6 (38). – С. 40-49.

353. Чернишев Д.О. Сучасна парадигма організаційно-технологічної надійності будівництва як засіб забезпечення ефективної реалізації будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 6. – С. 296-316.

354. Чернишев Д.О. Поліпшення стану «стійкості щодо зсуву» територій річкового та морського узбережжя в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: зб. наук. праць. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 8 – С. 263-270.

355. Чернишев Д.О. Науково-методичні засади аналізу ризиків будівництва спортивно-оздоровчих об'єктів / Д.О. Чернишев // Презавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: II міжнар. наук.-практ. конф., 09-11 листопада 2016 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2016. – С. 125-126.

356. Чернишев Д.О. Забезпечення ситуативно-адаптаційних властивостей моделей організації біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Prední vedecke novinky – 2017: XIII mezinar. ved.-prakt. konf., 22-30 srpna 2017: materialy konf. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2017. – S. 61-63.

357. Чернишев Д.О. Адаптація змісту аналітичної моделі «ОТН-Буд-Ресурс» для оцінки організаційно-технологічної надійності в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Nauka: teoria i praktyka – 2017: XIII miedzynar. nauk.-prakt. konf., 7-15 sierpnia 2017: materialy konf. – Przemysl: Nauka i studia, 2017. – Т. 3. – S. 26-28.

358. Чернишев Д.О. Інформаційна модернізація аналітичного супроводження організації підготовки будівельних проектів / Д.О. Чернишев

// Новини на научния прогрес – 2017: XIII междунар. науч. практ. конф.: матеріали конф. – София: Бялград-БГ, 2017. – Т. 3. – С. 29-30.

359. Чернишев Д.О. Концептуальні підходи до формування предикторів організаційно-технологічної надійності інвестиційно-будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві: VI міжнар. наук.-техн. конф.: тези доп. – К.: НДІБВ, 2017. – С. 171-173.

360. Чернишев Д.О. Застосування еко-систем інженерного захисту територій на принципах біосферосумісності / Д.О. Чернишев // Програма та тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. «Geotechnics - XXI» (24-26 жовтня 2017 року, м. Полтава). – Полтава: ПНТУ ім. Ю.Кондратюка, 2017. – С. 16.

361. Чернишев Д.О. Біосферосумісність як провідна функціонально-технологічна вимога формування життєвого циклу будівельно-інвестиційного проекту / Д.О. Чернишев // Інноваційний розвиток підприємств у процесі формування економіки інтелектуального капіталу: III всеукр. наук.-практ. конф., 3-4 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 72-75.

362. Чернишев Д.О. Змістовно-концептуальна та процесуальна основа впровадження стандартів екологічного менеджменту в біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Будівельне право: проблеми теорії та практики: I наук.-практ. конф., 3 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 112-116.

363. Чернишев Д.О. Інновації щодо прикладного застосування концепції біосферосумісності при формуванні інвестиційно-будівельних програм / Д.О. Чернишев // Perezавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: III міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 174-176.

364. Чернишев Д.О. Обґрунтування науково-методологічного інструментарію організації будівництва на засадах біосферосферосумісності при формуванні інвестиційно-будівельних програм / Д.О. Чернишев // Програма та тези доп. III міжнар. наук.-техн. конф. «Ефективні технології в

будівництві» (28-29 березня 2018 року, м. Київ). – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – С. 98.

365. Чернишев Д.О. Інноваційний ресурс «Sustainable Design» обґрунтування та прикладного супровіду проектів будівництва на засадах біосферного сумісництва / Д.О. Чернишев [та ін.] // Економіка інтелектуального капіталу: сутність та особливості формування в будівництві: кол. монографія / за заг.ред. В.М. Лича - К.: КНУБА, 2017. – С. 176-186.

366. Чернишев Д.О. Інструментарій організації технологічного та управлінського супроводу проектів реконструкції реалізований на засадах біосферосумісності / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 35. – С. 220-226.

367. Чернишев Д.О. Гідравлічний розрахунок перфорованих розподільчих трубопроводів змінного перерізу / Д.О. Чернишев, А.М. Кравчук // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. – Вип. 15. – К.: КНУБА, 2010. – С. 149 – 154.

368. Чернишев Д.О. К вопросу о массопередаче кислорода в жидкость при барботажных процессах / Д.О. Чернишев // Вода – источник жизни на земле: зб. статей. – Луганск: ВНУ ім. В.Даля, 2008. – С. 181 – 183.

369. Чернишев Д.О. Гідравлічний розрахунок перфорованих розподільчих трубопроводів споруд систем водопостачання та водовідведення / Д.О. Чернишев // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. – Вип. 6. – К.: КНУБА, 2006. – С. 134 – 140.

370. Чернишев Д.О. Процес масопередачі кисню в рідину на очисних спорудах водопостачання та водовідведення / Д.О. Чернишев // Тези доповіді наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. – К.: КНУБА, 2009. – С. 32 – 33.



371. Чернишев Д.О. Аналіз рівняння руху рідини в розподільчих трубопроводах / Д.О. Чернишев // Гідравліка і гідротехніка – Вип. 61. – К.: НТУ, 2005. – С. 71 – 74.

372. Чернишев Д.О. Застосування систем штучного інтелекту для оцінювання економічної ефективності проектних рішень / Д.О. Чернишев [та ін.] // Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою підприємств будівництва: кол. монографія / за заг.ред. Л.В. Сорокіної. - К.: КНУБА, 2017. – С. 58 – 68.

373. Шаповал Г.М. Формування системи вартісно-орієнтованого управління оборотними активами будівельних підприємств / Г.М. Шаповал // Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки. – Харків: Харк. нац. акад. міськ. госп-ва, 2012. – Вип. 106. – С. 416-423.

374. Шаповал Г.М. Вартісно-орієнтоване управління оборотними активами корпоративних підприємств будівельної галузі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)» / Г.М. Шаповал – Х., 2014. – 21 с.

375. Шевцова С.А. Управление парком машин и механизмов строительной организации / С.А. Шевцова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2003. – № 8. – С. 49-55.

376. Шимановский А.В. Назначение срока проведения первого обследования для определения остаточного ресурса стальных конструкций / А.В. Шимановский, С.В. Колесниченко // Зб. наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – К., 2009. – Вип. 3. – С. 13-20.

377. Ширяев А.Н. Вероятностно-статистические методы в теории принятия решений / А.Н. Ширяев. – М.: Издание Московского центра непрерывного математического образования (МЦНМО), 2011. – 144 с.

378. Эндрени Дж. Моделирование при расчётах надёжности в электроэнергетических системах: пер. с англ. Дж. Эндрени; под ред. Ю.П. Руденко. – М. Энерготомиздат, 1983. – 336 с.

379. Югов А.М. Технічна діагностика та оцінка залишкового ресурсу експлуатованих металевих конструкцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» / А.М. Югов. – Макіївка, 2004. – 35 с.

380. Addison P.S. The Illustrated Wavelet Transform Handbook / Addison P.S. – Institute of Physics, 2002. – 358 p.

381. Anink D. Handleiding Duurzame Woningbouw. Milieubewuste materiaalkeuze bij Nieuwbouw en Renovatie / Anink D., Mak J., de Haas F., Boonstra C., Willers W. – Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting: Rotterdam, 1993. – 176 pp.

382. Awrejcewicz J. On the wavelettransform application to a study of chaotic vibrations of the infinite length flexible panels driven longitudinally / Awrejcewicz J., Krysko A., Soldatov V. // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2009. – Vol. 19, Issue 10. – pp. 3347-3371.

383. Baroncini C. Experimental analysis of tubular light pipes performances: influence of the diffure on inside distribution light / C. Baroncini, F. Chella, P. Zazzini // International Conference on Sustainable Energy Technologies. – 2006. – pp. 1-6.

384. Baroncini C. Experimental analysis on a 1:2 scale model of the double light pipe, an innovative technological device for daylight transmission / C. Baroncini, O. Boccia, F. Chella, P. Zazzini // Solar Energy. – 2010. – Vol. 84. – pp. 296-307.

385. Bouraou N.I. Vibration Condition Monitoring of the Vertical Steel Tanks / Bouraou N.I., Luk'yanchenko O.O., Tsybulnik S.A., Shevchuk D.V. // Vibrations in Physical Systems. – Vol. 27 (2016). – pp. 53-60.

386. Boyko I.P. Finite element simulation of the loss of stable resistance in a foundation-soil system / Boyko I.P., Boyandin V.S., Delnik A.E., Kozak A.L., Sakharov A.S. // *Archive of Applied Mechanics*. – 1992. – № 62. – pp. 316-328.

387. Chernyshev D.O. Conceptual and analytical features of attribution for biosphere construction projects in the development management system / D.O. Chernyshev, M.A. Druzhynin // *Paradigm of knowledge*. – 2018. – № 2 (28). – P. 20-32.

388. Identification of defects of the piles with reflected waves / Lebid O., Kaliukh I., Berchun Y., Chernyshev D. // *Екологічна безпека та природокористування*. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 25. – С. 64-76.

389. Chernyshev D.O. Engineering protection eco-systems territories on the biosphere compatibility principles application / D.O. Chernyshev // *Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2017. – Вип. 2 (49). – С. 261-269.

390. Chernyshev D. Updating of the methodological basis of the organization of construction to provide the european requirements for the organizational and technological reliability of construction projects / D. Chernyshev // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – № 2 (23). – С. 82-85.

391. Chernyshev D. The organization of biosphere compatibility construction: justification of the predictors of building development and the implementation prospects / D. Chernyshev, I. Ivakhnenko, M. Klymchuk // *International Journal of Engineering & Technology*. – UAE: Science Publishing Corporation, 2018. – Vol. 7, No 3.2: Special Issue 2. – pp. 584-586.

392. Chernyshev D. Metodology and applied advantages of the transition of building organization on the basis of biosphere consumption / D. Chernyshev // *Build – Master – Class – 2017: international scient.-pract. conf. of young scientists, November 28 – December 01, 2017: proceedings*. – К: KNUCA, 2017. – P. 327-328.

393. Chernyshev D. Modernization of identification indicators organizational-technological reliability: substantial and functional formulation of the problem to the applied algorithms / D. Chernyshev // Актуальные проблемы современной науки: XXII междунар. науч.-практ. конф., 28 июля 2017 г.: сб. тезисов. – Харьков: Междунар. науч. центр, 2017. – С. 35-37.

394. Chernyshev D.O. Update the structure and content of the leading resource-time indicators of construction projects in the models construction organization / D.O. Chernyshev // Prospects of world science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., July 30 – August 7, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 4. – P. 24-26.

395. Chernyshev D. Modernized scientific and applied instrumentation of administration by building projects in the format of «management for dependences» / Д.О. Чернишев // Програма та тези доп. III міжнар. наук.-практ. конф. «БудмайстерКлас -2017» (01-05 грудня 2017 року, м. Київ). – К.: КНУБА, 2017. – С. 68-70.

396. Chernyshev D.O. New trends in organization and design of city space in the conditions of the urban understanding: problems and development perspectives / D.O. Chernyshev // Conduct of modern science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., November 30 – December 07, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 13. – P. 77-78.

397. Torrence C. A Practical Guide to Wavelet Analysis / Christopher Torrence, Gilbert P. Compo // Bulletin of the American Meteorological Society. – Vol. 79, No. 1, January 1998. – pp. 61-78.

398. Chui C.K. Wavelets: A Mathematical Tool for Signal Analysis / Chui C.K. – SIAM, Philadelphia, 1997. – 228 p.

399. Daubechies I. Orthonormal Bases of compactly supported wavelets / Daubechies I. // Comm. Pure Appl. Math. – 1988. – Vol. 41. – pp. 909-996.

400. Diamond R. Evaluating the energy performance of the first generation of LEED-certified commercial buildings / Diamond R., Opitz M., Hicks T., Vonneida V., Herrera S. // ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in

Buildings, American Council for an Energy-Efficient Economy. – Washington DC, USA, 2006. – pp. 3-41–3-52.

401. Dobeshi I. Desyat' lektsiy po veyvletam [Ten Lectures on Wavelets] / Dobeshi I. – Izhevsk: NITs «Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika» publ., 2001. – 454 p.

402. Economics of development / Gillis M., Perkins D.H., Roemer M., Snodgrass D.R. – New York, London, W.W. Norton & Company, Inc., 1992. – 635 p.

403. EN 1990:2002. Eurocode: Basis of structural design. – Supersedes ENV 1991-1:1994; approved by CEN on 29 November 2001. – Brussels: CEN, 2001. – 116 p.

404. Frohnsdorff G. Implications of computer-based simulation models, expert systems, data bases and networks for advancing organization of production / G. Frohnsdorff, J. Clifton, H. Jennings // Building Bulletin. – 1997. – № 8. – P. 36-41.

405. Goswami J.C. Fundamentals of Wavelets: Theory, Algorithms and Applications / Goswami J.C., Chan A.K. – New York: John Wiley&Sons, Inc., 1999. – 359 p.

406. Grossman A. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape / Grossman A., Morlet J. // SIAM J. Math. Anal. – 1984. – Vol. 15, № 4. – pp. 723-736.

407. ISO 2394:1998. General principles on reliability for structures. – Geneve: ISO, 1998. – 73 p.

408. ISO 15392:2008. Sustainability in building construction - General principles. – Geneve: ISO, 2008. – 69 p.

409. ISO/TS 21929-1:2006. Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for development of indicators for buildings. – Geneve: ISO, 2006. – 58 p.

410. ISO 21930:2007. Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products. – Geneve: ISO, 2007. – 56 p.

411. ISO/TS 21931-1:2010. Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part 1: Buildings. – Geneva: ISO, 2010. – 67 p.

412. Kaplinski O. Development and usefulness of planning techniques and decision-making foundations on the example of construction enterprises in Poland / O. Kaplinski // Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 492-501.

413. Luk'yanchenko O.O. Evaluation of metal corrosion impact on load bearing capacity of the fuel reservoir / Luk'yanchenko O.O, Vorona Y.V., Kostina O.V., Kuzko O.V. // Ukrainian Antarctic Journal. – 2015. – № 14. – pp. 246-255.

414. Luk'yanchenko O.O. Investigation of Static and Dynamic Characteristics of Complex Thin-Walled Shell Structure with Cracks / Luk'yanchenko O.O., Kostina O.V., Bouraou N.I., Kuz'ko O.V. // Strength of Materials. – 2016. – Vol. 48, Issue 3. – pp. 401-410.

415. Mallat S. Multiresolution approximation and wavelets / Mallat S. // Trans.Amer. Math. Soc. – 1989. – Vol. 315. – pp. 69-88.

416. Mayhoub M.S. Hybrid lighting systems: A feasibility study for Europe / M.S. Mayhoub, D.J. Carter // Lighting research and Technology. – 2011. – № 44. – pp. 261-276.

417. Mohelnikova J. Daylighting and energy savings with tubular light guide / J. Mohelnikova // WSEAS transactions on Environment and Development. – USA, 2008. – Issue 3., Vol. 4. – pp. 200-209.

418. Mukherjee S. Wavelet-based Generation of Spectrum-compatible Time-histories / Mukherjee S., Gupta V.K. // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – Vol. 22, Issues 9-12, 2002. – pp. 799-804.

419. Neufert E. Podrecznik projektowania architektonicznobudowlanego / Ernst Neufert; kontynuacja Peter Neufert i Ludwig Neff; 3 wyd. pol., rozsz. i gruntownie zm. – Warszawa: Arkady, 2007. – 647 s.

420. Percival D.B. Wavelet Methods for Time Series Analysis / Percival D.B., Walden A.T. – Cambridge University Press, 2000. – 622 p.

421. Smith G. Colour mixing LEDs with short microsphere doped acrylic rods / G. Smith, C. Deller, J. Franklin // Optics express. – 2010. – Vol. 12. – No. 15. – pp. 3327-3333.

422. Wang Q. Damage detection with spatial wavelets / Q. Wang, X. Deng // International Journal of Solids and Structures. – 1999. – Vol. 36. – № 23. – pp. 3443–3468.

423. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework: IS/ISO 14040. – Published 2006. – (Bureau of Indian Standards) – <https://archive.org/details/gov.in.is.iso.14040.2006>.

424. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines : IS/ISO 14044. – Published 2006. – (Bureau of Indian Standards). – <https://archive.org/details/gov.in.is.iso.14044.2006>.

425. IVE: Відновлювана енергетика – невід’ємна частина паливно-енергетичного комплексу України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ive.org.ua/wp-content/uploads/ive-nanu-2013-info.pdf>.

426. Robi Polikar. The wavelet tutorial / Robi Polikar. – [https://cseweb.ucsd.edu/~baden/Doc/wavelets/polikar\\_wavelets.pdf](https://cseweb.ucsd.edu/~baden/Doc/wavelets/polikar_wavelets.pdf).

427. BIO-THERM 2.0: Program Description A PC Program for Analyzing the Two-Dimensional Heat Transfer Through Building Products. – <https://windows.lbl.gov/software/therm/Docs/Therm2.pdf>.

**ДОДАТОК А**  
**АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

03680, м.Київ-37, Повітрофлотський пр., 31, телефон: 241-55-80

№ 07-19/990 від 10.09.2018 ф.

До спеціалізованої вченої ради

Д 08.085.01 ПДАБА

Довідка

щодо виконання науково-дослідних робіт

Надана Чернишеву Д.О. в тому що наукові дослідження пов'язані з планами науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури. Здобувачем розроблено, обґрунтовано та впроваджено наступні методичні та прикладні інновації щодо організації біосферосумісного будівництва при виконанні науково-дослідної тематики:

1) при опрацюванні теми РК 0114U002579 «Створення методологічних основ проектування та організації будівництва біосферосумісних об'єктів в умовах України» - доведено переваги організації будівництва на засадах біосферосумісництва; обґрунтовано методологічні та аналітичні вимоги щодо запровадження і побудови інструментарію організації будівництва та організаційно-технологічного супроводу будівельних проектів на засадах біосферосумісності згідно з Міжнародними нормами (EN 1990:2001 / Eurocode – Basis of structural design; обґрунтовано та впроваджено в нормативне забезпечення підготовки будівельних проектів методи оцінки параметрів та порядок проведення кваліфікаційної (експертно-рейтингової) оцінки для сертифікації об'єктів «зеленого будівництва»;

2) при опрацюванні теми 0114U002580 «Наукове обґрунтування біосферосумісної організації будівництва та еколого-інженерного захисту при забудові узбережжя» - обґрунтовано зміст та регламент організаційно-технологічних заходів забезпечення біосферосумісного будівництва та екологічно-інженерного захисту територій морського та річкового узбережжя при їх забудові, з врахуванням особливостей механічних, гідродинамічних та сейсмічних властивостей ґрунтів; запропоновано та впроваджено методику моделювання напружено-деформованого стану системи «ґрунтовий масив-утримуючі інженерні споруди» при дії геодинамічних навантажень, яка дозволяє врахувати зміну параметрів



організаційно-технологічної надійності будівництва в локальних зонах територій морського та річкового узбережжя; надано методичні та прикладні рекомендації щодо організації дієвого механізму протидії руйнуванню зсувонебезпечних територій;

3) при опрацюванні теми ДР 0116U000840 «Теорії і методи аналізу динамічного деформування складних механічних систем» - обґрунтовано доцільність та прикладні переваги застосування вейвлет-аналізу до моделювання та дослідження стохастичної поведінки складних просторових конструкцій (з врахуванням якісних динамічних характеристик вітрового та сейсмічного стохастичних впливів в частотно-часовому просторі) в рамках реалізації проектів біосферосумісного будівництва;

4) при опрацюванні теми 0115U000860 «Розбудова сучасного економіко-аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом» (номер державної реєстрації) - автором розроблено методичку модернізації оргструктури компанії-девелопера під вимоги та особливості біосферосумісного будівництва, надано практичні рекомендації щодо оновлення типу структури, рівнів, підрозділів, їх призначення та регламенту дій в рамках організації будівництва на засадах біосферосумісності.

Ректор КНУБА  
д.е.н. професор



Куліков П.М.



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

03680, м.Київ-37, Повітрофлотський пр., 31, телефон: 241-55-80

№ 07-1-9/991 Від 10.09.2018 р.

До спеціалізованої вченої ради  
Д 08.085.01 ПДАБА


Довідка

про впровадження наукових результатів дисертаційної роботи  
Чернишева Д.О в навчально-методичний процес КНУБА

Надана Чернишеву Д.О. в тому що результати наукові досліджень, отримані в межах дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – технологія та організація промислового та цивільного будівництва, за темою «Науково-методологічний інструментарій організації будівництва на засадах біосферосумісності» застосовано при викладанні дисципліни «Організація будівництва», «Управління будівництвом».

Ректор КНУБА  
д.е.н. професор



  
Куліков П.М.





# ІНСТИТУТ МІСЦЕВОГО РОЗВИТКУ

КОНСУЛЬТАТИВНІ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕКСПЕРТНІ ПОСЛУГИ

М. КИЇВ, ВУЛ. ІГОРІВСЬКА 14А, ТЕЛ.: (044) 428-76-10

№ 3-01/186 «\_07\_»\_\_09\_\_2017р

*Ректору КНУБА,*  
д.е.н., професору Кулікову П.М.

## **Інформація про впровадження наукових результатів к.т.н. Чернишева Д.О. в практику діяльності Інституту місцевого розвитку.**

Даним листом повідомляємо про позитивні підсумки впровадження в практику діяльності Інституту науково-прикладних результатів, одержаних проректором КНУБА к.т.н. Чернишевим Д.О. в процесі підготовки ним дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08.- «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва».

В процесі реалізації масштабного будівельного інфраструктурного проекту «Біогаз-Львівводоканал», що реалізовувався Інститутом місцевого розвитку в рамках виконання завдань Міжнародного науково-технічного Проекту United States Agency for International Development (USAID) Муніципальна енергетична реформа в країнах ЄС» (реєстраційний номер № 2926-06 від 27.01.2016) було використано ряд науково-прикладних розробок Д.О. Чернишева, а саме:

- прикладний інструментарій моделювання життєвого циклу будівельного проекту, який ґрунтується на передових організаційно-управлінських технологіях організації будівництва та будівельного девелопменту, та використовує в якості провідної організаційно-технологічної характеристики будівельного проекту «формалізовано вимірний стан біосферосумісності». Запроваджений автором інструментарій адаптує процеси організації будівництва до засад біосферосумісності, забезпечуючи при цьому належний рівень організаційно-технологічної надійності та успішність будівельного девелопменту впродовж всього циклу проекту;

- при реалізації проекту було впроваджено в будівництво оновлені та представлені в роботах Д.О.Чернишева - через призму біосферосумісності - вітчизняні стандарти щодо організаційно-технологічної надійності будівництва



(ОТН). Це дозволило в складному інфраструктурному будівельному проєкті додержати оновлені вимоги щодо ОТН як безпеки; придатності до нормальної експлуатації і довговічності будівель і споруд, впродовж передбаченого терміну, без потенційних антропогенних, техногенних та екологічних загроз біосередовищу їх впровадження.

- використано розроблений автором комплекс прикладних модулів (КПМ), що сумісно реалізують єдину інтегральну шкалу оцінювання біосферосумісності будівництва (БСБ) в універсальних одиницях. Як довело впровадження даного КПМ в процес підготовки та впровадження проєкту «Біогаз-Львівводоканал», зазначені програмні продукти надають топ-менеджменту проєкту обґрунтовані підстави для визначення рівня БСБ впродовж всіх фаз та стадій інвестиційно-будівельного проєкту, а надалі – здійснити успішне коригування рівня БСБ за окремими видами робіт, на основі інтегрованого мультикомпонентного критеріального показника, що кореспондується із змістом та поточними координатами проходження основних подій життєвого циклу будівельного проєкту та дозволяє, в поєднанні з оцінками дестабілізуючих обставин та впливів, розробити комплекс організаційно-технологічних заходів (регламент) переходу від нижчого до більш високого рівня БСБ. Завдяки розробкам автора, здійснено належну адаптацію організаційно-технологічних та архітектурно-конструктивних рішень проєкту до вимог екологічної сертифікації об'єктів будівництва, що реалізуються на засадах БСБ, з врахуванням оновлюваних національних стандартів екологічності та енергоощадності будівництва.

Наведені результати достовірно засвідчують значну практичну цінність розробок Д.О. Чернишева для вирішення задач функціонально-технічного та екологічно-безпечного оновлення змісту процесів будівництва та для суттєвого зростання якості будівельного девелопменту. Вважаю, що практичне впровадження масштабного наукового доробку к.т.н. Чернишева Д.О. для оновлення організації будівництва на засадах біосферосумісності є однією з підстав, щоб вважати, що Чернишев Д.О. заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва».

**Виконавчий директор ІМР**  
к.е.н., доцент



**Р.Ю.Тормосов**

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ  
"АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНІ НОВАЦІЇ"

---

04119, м. Київ, вул. Дегтярівська, 25а  
(044) 4830472

18.09.2017\_№ 124-н

*Проректору  
з наукової роботи та міжнародних зв'язків КНУБА  
д.т.н., проф. Плоскому В.О.*

***Про підсумки впровадження наукових результатів к.т.н. Чернишева  
Д.О. в практику діяльності будівельної девелоперської компанії  
«Архітектурно-будівельні новації».***

Проректор КНУБА к.т.н., доцент Чернишев Д.О. в 2016-17 рр. плідно співпрацював з нашою компанією, яка реалізовувала в цей час будівельний проект в Соломянському районі м.Києва - ЖК «Адамант». Зазначений проект, що відповідав стратегічним та оперативним потребам компанії, потребував залучення сучасних напрацювань науково стосовно біосферосумісного («зеленого» та енергоощадного) будівництва.

В процесі такої реорганізації було використано складові наукового доробку Чернишева Д.О. що був напрацьований і далі вдосконалювався ним в процесі виконання ним дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» на тему: «Науково-методологічний інструментарій організації будівництва на засадах біосферосумісності».

Ознайомившись з матеріалами наукових досліджень Чернишева Д.О. і виявивши в процесі їх аналізу значну практичну цінність, керівництво компанії використало одержані ним наступні результати:

- методика організаційно-технологічного реінжинірингу проектів організації будівництва на засадах біосферосумісного будівництва, що відповідала вимогам замовника проекту і була взята до опрацювання нашою компанією як основа успішного девелопменту та просування проекту на ринок житлового будівництва м.Києва. Зазначена методика забезпечила адаптацію архітектурно-планувальних, розрахунково-конструктивних, організаційно-технологічних рішень будівельного проекту (включаючи оцінку рівня біосферосумісності



використовуваних в процесі будівництва матеріалів та виробів) до вимог БСБ впродовж всього інвестиційно-будівельного циклу - від ініціації проекту до його введення в дію (або демонтажу будівлі і споруди). Запроваджена автором розробок методико-прикладна система оцінювання рівня біосферосумісності базується на визначенні рейтингового показника біосферо сумісності як функції інтегральної сукупності оцінок досягнення певних рівнів відповідності за пріоритетними напрямками (категоріями). Кожна категорія представлена окремою групою критеріїв – специфічних вимог до архітектурно-конструктивних організаційно-технологічних, екологічних та адміністративно-управлінських рішень проекту.

- наступним результатом, що був залучений з доробку здобувача Чернишева Д.О., є впроваджений в роботу нашої компанії програмний модуль «Bio-Therm». Цей модель при реалізації будівельного проекту «Адаманти» дозволив нашій компанії успішно вирішити завдання термодинамічного аналізу конструкцій будівель як основу подальшого складання енергетичного паспорту будівлі та сертифікації об'єкту за вимогами біосферосумісності. Модуль базується на методі кінцевих елементів, який дозволяє моделювати температурні поля у плоских перетинах конструкцій складної геометрії. Вказаний модуль дозволяє оцінити процеси передачі тепла через огорожувальні конструкції будівлі як в цілому, так і в окремих вузлах, де можуть виникати місцеві зниження температури, що загрожує виникненню конденсації вологи, пошкодженню структурної цілісності і зниженню надійності теплоізоляційної оболонки.

Такі позитивні підсумки впровадження результатів наукової діяльності к.т.н., доцента Чернишева Д.О. свідчать про практичну цінність його наукового доробку, системність охоплення практичних проблем організації будівництва та фахову зрілість науковця, що в цілому, на думку керівництва компанії, відповідає рівню наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва».

**Директор**  
компанії «Архітектурно-  
будівельні новаци»



**Архіпенко С.М.**

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ**

**"СПЕЦБУДПРОЕКТ"**

03124, м. Київ, вул. Василенка 7а  
(044) 5421268

№ 68 - 03. 09.2017р.

Ректору КНУБА,  
д.е.н., професору Кулікову П.М.

**Довідка**

**про впровадження наукових результатів дисертаційної роботи**

**к.т.н., доцента Д.О. Чернишева**

Даною довідкою підтверджуємо, що науково-прикладні результати, одержані к.т.н., доцентом Д.О. Чернишевим в процесі підготовки ним дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08.- «технологія та організація промислового та цивільного будівництва» використано в НДР за темою «*Наукове обґрунтування біосферосумісної організації будівництва та еколого-інженерного захисту при забудові узбережжя*». Особисто виконавцем к.т.н., доцентом Д.О. Чернишевим обґрунтовано зміст та регламент організаційно-технологічних заходів забезпечення біосферосумісного будівництва та екологічно-інженерного захисту територій морського та річкового узбережжя при їх забудові, з врахуванням особливостей механічних, гідродинамічних та сейсмічних властивостей ґрунтів; запропоновано та впроваджено методику моделювання напружено-деформованого стану системи «ґрунтовий масив-утримуючі інженерні споруди» при дії геодинамічних навантажень, яка дозволяє врахувати зміну параметрів організаційно-технологічної надійності будівництва в локальних зонах територій морського та річкового узбережжя; надано методичні та прикладні рекомендації щодо організації дієвого механізму протидії руйнуванню зсувонебезпечних територій.

Отримані результати достовірно засвідчують значну практичну цінність розробок Д.О. Чернишева для вирішення задач функціонально-технічного та екологічно-безпечного оновлення змісту процесів будівництва та для суттєвого зростання якості будівельного девелопменту. Вважаю, що практичне впровадження масштабного наукового доробку к.т.н. Чернишева Д.О. для оновлення організації будівництва на засадах біосферосумісності є однією з підстав, щоб вважати, що Чернишев Д.О. заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – технологія та організація промислового та цивільного будівництва.

**Директор**  
**к.т.н., доцент**



**К.М. Предун**



**ДОДАТОК Б**  
**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

*Монографія:*

1. Чернишев Д.О. Методологія, аналітичний інструментарій та практика організації біосферосумісного будівництва: Монографія / Д.О. Чернишев. – Київ: КНУБА, 2017. – 294 с.

*Статті в наукових фахових виданнях України:*

2. Чернишев Д.О. Рекомендації по гідравлічному розрахунку і проектуванню водовідведення з поверхні доріг / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2010. – Вип. 38. – С. 439-444.

3. Чернишев Д.О. Каналізаційні міські очисні споруди – проблеми та шляхи вирішення / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 39. – С. 432-435.

4. Чернишев Д.О. Диверсифікація як стратегічна координата економічної рівноваги підприємства впродовж його життєвого циклу / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 33, ч. 2. – С. 94-100.

5. Чернишев Д.О. Концептуально-методологічне оновлення організаційно-технологічних та адміністративних характеристик діяльності корпоративних структур у будівельному комплексі України / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 34, ч. 2. – С. 152-162.

6. Чернишев Д.О. Концептуальні засади організаційно-технологічного реінжинірингу проектів на принципах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА,



2017. – Вип. 30. – С. 205-209. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

7. Чернишев Д.О. Застосування wavelet-аналізу як прикладного інструментарію вияву та подолання невизначеності у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 31. – С. 198-203. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

8. Чернишев Д.О. Методичні засади забезпечення надійності організаційно-технологічних рішень у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 32. – С. 210-215. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

9. Chernyshev D.O. Engineering protection eco-systems territories on the biosphere compatibility principles application / D.O. Chernyshev // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: ПолтНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2017. – Вип. 2 (49). – С. 261-269.

10. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання рівня організаційно-технологічної надійності будівель і споруд у проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – № 3. – С. 101-107. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

11. Чернишев Д.О. Обґрунтування технологічних можливостей екосистем у біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2017. – № 4. – С. 62-70. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

12. Чернишев Д.О. Інформаційна технологія інтегрування математичних моделей у геоінформаційні системи еколого-інженерного

захисту територій будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 49. – С. 395-403.

13. Chernyshev D. Updating of the methodological basis of the organization of construction to provide the european requirements for the organizational and technological reliability of construction projects / D. Chernyshev // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – № 2 (23). – С. 82-85.

14. Чернишев Д.О. Методологічні основи позиціонування істотних ресурсно-календарних характеристик будівельного контракту в контексті «повного ресурсного циклу» будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 64. – С. 428-437.

15. Чернишев Д.О. Розвиток методів оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Містобудування та територіальне планування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 65. – С. 516-527.

16. Чернишев Д.О. Сучасні засоби просторово-територіального моделювання екосистем інженерного захисту / Д.О. Чернишев // Екологічна безпека та природокористування. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 3-4 (24). – С. 58-66.

17. Чернишев Д.О. Сучасні технології «ALARA» як інструмент керування впливом на формування біосферосумісного середовища об'єктів будівництва / Д.О. Чернишев // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 22. – С. 5-10.

18. Чернишев Д.О. Інноваційно-аналітична платформа формалізації змісту та процесів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві. – 2017. – № 33/1. – С. 86-91.

19. Чернишев Д.О. Адаптація інструментарію організації будівництва до змісту та прикладних переваг BIM-технологій / Д.О. Чернишев // Будівельне виробництво. Серія: Технічні науки. – К.: ДП «НДІБВ», 2017. – № 62/3. – С. 21-27.

20. Чернишев Д.О. Формалізований контур девелопменту будівельних проектів рекреаційно-продуктивного відновлення територій / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 33. – С. 191-197. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

21. Чернишев Д.О. Інструментарій організації технологічного та управлінського супроводу проектів реконструкції реалізований на засадах біосферосумісності / Д.О. Чернишев, М.А. Дружинін // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 35. – С. 220-226.

22. Чернишев Д.О. Прикладна компонента оцінювання функціонально-технологічної надійності нульового циклу проектів в складі інструментарію біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 36, ч. 2. – С. 194-201.

23. Identification of defects of the piles with reflected waves / Lebid O., Kaliukh I., Verchun Y., Chernyshev D. // Екологічна безпека та природокористування. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 25. – С. 64-76.

24. Чернишев Д.О. Вимоги до інструментарію організаційно-технологічного супроводу проектів біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев, Є.І. Заяць, В.В. Ковальов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2018. – № 4. – С. 47-54. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

*Стаття у зарубіжному науковому періодичному виданні:*

25. Chernyshev D.O. Conceptual and analytical features of attribution for biosphere construction projects in the development management system / D.O. Chernyshev, M.A. Druzhynin // Paradigm of knowledge. – 2018. – № 2 (28). – P. 20-32.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

26. Чернишев Д.О. Науково-методичні засади аналізу ризиків будівництва спортивно-оздоровчих об'єктів / Д.О. Чернишев // Презавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: II міжнар. наук.-практ. конф., 09-11 листопада 2016 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2016. – С. 125-126.

27. Чернишев Д.О. Забезпечення ситуативно-адаптаційних властивостей моделей організації біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Predni vedecke novinky – 2017: XIII mezinar. ved.-prakt. konf., 22-30 srpna 2017: materialy konf. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2017. – S. 61-63.

28. Чернишев Д.О. Адаптація змісту аналітичної моделі «ОТН-Буд-Ресурс» для оцінки організаційно-технологічної надійності в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Nauka: teoria i praktyka – 2017: XIII miedzynar. nauk.-prakt. konf., 7-15 sierpnia 2017: materialy konf. – Przemysl: Nauka i studia, 2017. – Т. 3. – S. 26-28.

29. Чернишев Д.О. Інформаційна модернізація аналітичного супроводження організації підготовки будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Новини на научния прогрес – 2017: XIII междунар. науч. практ. конф.: матеріали конф. – София: Бялград-БГ, 2017. – Т. 3. – С. 29-30.

30. Chernyshev D. Modernization of identification indicators organizational-technological reliability: substantial and functional formulation of the problem to the applied algorithms / D. Chernyshev // Актуальные проблемы современной науки: XXII междунар. науч.-практ. конф., 28 июля 2017 г.: сб. тезисов. – Харьков: Междунар. науч. центр, 2017. – С. 35-37.

31. Чернишев Д.О. Концептуальні підходи до формування предикторів організаційно-технологічної надійності інвестиційно-будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Нові технології в будівництві: VI міжнар. наук.-техн. конф.: тези доп. – К.: НДІБВ, 2017. – С. 171-173.

32. Chernyshev D.O. Update the structure and content of the leading resource-time indicators of construction projects in the models construction

organization / D.O. Chernyshev // Prospects of world science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., July 30 – August 7, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 4. – P. 24-26.

33. Чернишев Д.О. Біосферосумісність як провідна функціонально-технологічна вимога формування життєвого циклу будівельно-інвестиційного проекту / Д.О. Чернишев // Інноваційний розвиток підприємств у процесі формування економіки інтелектуального капіталу: III всеукр. наук.-практ. конф., 3-4 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 72-75.

34. Чернишев Д.О. Змістовно-концептуальна та процесуальна основа впровадження стандартів екологічного менеджменту в біосферосумісному будівництві / Д.О. Чернишев // Будівельне право: проблеми теорії та практики: I наук.-практ. конф., 3 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 112-116.

35. Чернишев Д.О. Інновації щодо прикладного застосування концепції біосферосумісності при формуванні інвестиційно-будівельних програм / Д.О. Чернишев // Презавантаження будівництва: економіка, організація, менеджмент: III міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 листопада 2017 р.: тези доп. – К.: КНУБА, 2017. – С. 174-176.

36. Chernyshev D. Methodology and applied advantages of the transition of building organization on the basis of biosphere consumption / D. Chernyshev // Build – Master – Class – 2017: international scient.-pract. conf. of young scientists, November 28 – December 01, 2017: proceedings. – K: KNUCA, 2017. – P. 327-328.

37. Chernyshev D.O. New trends in organization and design of city space in the conditions of the urban understanding: problems and development perspectives / D.O. Chernyshev // Conduct of modern science – 2017: XIII international scient. and pract. conf., November 30 – December 07, 2017: materials of the conf. – Sheffield: Science and education LTD, 2017. – Vol. 13. – P. 77-78.

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати  
дисертації*

38. Чернишев Д.О. Еволюційна траєкторія дефініції «організаційно-технологічна надійність» у застосуванні до будівельно-інвестиційних проектів / Д.О. Чернишев // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2017. – № 11 (33). – С. 53-55.

39. Чернишев Д.О. Формалізований алгоритм коригування рівня організаційно-технологічної надійності будівництва біосферосумісних об'єктів / Д.О. Чернишев // Науковий огляд. – 2017. – № 6 (38). – С. 40-49.

40. Чернишев Д.О. Сучасна парадигма організаційно-технологічної надійності будівництва як засіб забезпечення ефективної реалізації будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 6. – С. 296-316.

41. Чернишев Д.О. Поліпшення стану «стійкості щодо зсуву» територій річкового та морського узбережжя в проектах біосферосумісного будівництва / Д.О. Чернишев // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – Луцьк: ЛНТУ, 2017. – Вип. 8. – С. 263-270.

42. Чернишев Д.О. Модернізація прикладних організаційно-технологічних моделей для функціонально-управлінського супроводу будівельних проектів / Д.О. Чернишев // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – Київ: КНУБА, 2017. – Вип. 48. – С. 295-304.