

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

АНДРУШКІВ Олег Ярославович

УДК 005.8:620.9:658.26

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНОГО УПРАВЛІННЯ
ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ МАСИВІВ**

073 Менеджмент

07 Управління та адміністрування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

_____ О. Я. Андрушків

Науковий керівник:

Тригуба Анатолій Миколайович, доктор технічних наук, професор

Львів – 2026

АНОТАЦІЯ

Андрушків О. Я. Моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 Менеджмент (07 Управління та адміністрування). Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2026.

На підставі виконаних досліджень у дисертаційній роботі розв’язано важливу науково-прикладну задачу – підвищення ефективності управління проектами енергозабезпечення житлових масивів шляхом розвитку циркуляційно-ціннісного підходу, створення нових і вдосконалення наявних моделей, методів та інформаційно-аналітичних засобів, що базуються на сучасних інформаційних технологіях, аналітичних алгоритмах, цифрових засобах оцінювання та інтегруються у системи підтримки прийняття управлінських рішень в умовах динамічного проектного середовища.

Проаналізовано поточний стан предметної області, сучасні наукові підходи та практику управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Обґрунтовано потребу розроблення нових і вдосконалення відомих моделей та методів управління такими проектами з урахуванням взаємозв’язку ресурсних, технологічних, екологічних та організаційних чинників. Встановлено, що розвиток циркуляційно-ціннісного підходу та створені на його основі моделі й методи забезпечують підвищення ефективності управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, особливо на етапах ініціації та планування.

Обґрунтовано доцільність і специфіку циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Він лежить в основі розроблення відповідних моделей і методів, які передбачають інтегроване врахування процесів формування цінності, циркуляційного використання

ресурсів, сучасних інформаційних технологій і взаємопов'язаних управлінських процесів. Запропонований циркуляційно-ціннісний підхід базується на поєднанні аналітичного оцінювання параметрів проєкту, сценарного врахування змін проєктного середовища та логіки конфігураційного узгодження, що забезпечує адаптацію управлінських рішень до змін зовнішніх і внутрішніх умов реалізації проєкту.

Розроблено циркуляційно-ціннісну модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, яка базується на п'яти функціонально пов'язаних підсистемах та забезпечує формування єдиного контуру інтегральної цінності проєкту. Одночасно розроблено модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів, що передбачає системне виконання чотирьох взаємопов'язаних груп процедур оцінювання, нормування, агрегування й аналітичного коригування показників. Запропонований інструментарій забезпечує кількісне оцінювання впливу змін параметрів проєкту на інтегральну цінність, вибір раціональних сценаріїв реалізації та підвищення ефективності управління в умовах динамічного проєктного середовища.

Удосконалено метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища, а також модель процесу оцінювання ризиків цих проєктів в умовах динамічного проєктного середовища. На відміну від існуючих, вони передбачають виконання взаємопов'язаних процесів ідентифікації параметрів, аналітичного оцінювання, виявлення конфігураційних суперечностей, адаптивного коригування параметрів проєкту, моніторингу змін середовища та інтегрального визначення рівня ризику. Це забезпечує узгодження змісту робіт, ресурсів, бюджету і термінів реалізації проєкту, своєчасне зниження ризиків та збереження інтегральної цінності проєкту.

Розроблено інформаційно-аналітичний інструментарій підтримки прийняття рішень для реалізації моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Він включає алгоритми та програмні засоби визначення інтегральної цінності проєкту,

узгодження його конфігурації та оцінювання ризиків у динамічному проектному середовищі. Запропоновані алгоритми й комп'ютерні програми забезпечують виконання розрахунків, аналіз альтернативних сценаріїв, формування рекомендацій і візуалізацію результатів, а проведена валідація підтвердила їх адекватність для підтримки управлінських рішень.

Для заданого проектного середовища обґрунтовано базу знань для циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Встановлено, що базове значення інтегральної цінності проекту становить 11,90, а зниження технологічних втрат на 10% підвищує його до 15,78, тобто на 32,62%. Водночас в умовах динамічного проектного середовища інтегральний ризик зростає до 0,324, а за посилення часових обмежень – до 0,473. Такі результати підтверджують доцільність використання запропонованого інструментарію у практиці управління проектами та створюють основу для формування рекомендацій щодо адаптації параметрів проекту.

Запропонований інформаційно-аналітичний інструментарій впроваджено для оцінювання інтегральної цінності проектів енергозабезпечення житлових масивів, узгодження їх конфігурації та аналізу ризиків для умов Львівського комунального підприємства «Зелене місто», ТОВ «Майстерня будинків «Квітка»» та Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області. Отримані результати використано для обґрунтування управлінських рішень щодо вибору раціональних сценаріїв реалізації проектів, а розроблені рекомендації, база знань і комп'ютерний інструментарій впроваджено у практику та навчальний процес Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, що підтверджує їх практичну цінність.

Ключові слова: проекти, управління, моделі, методи, цінність, ризик, громади, енергозабезпечення, житлові масиви, циркуляційність, цінність, конфігурація, проектне середовище, ефективність, цифрові технології.

ABSTRACT

Andrushkiv O. Ya. Models and Methods of Circular Value-Based Management of Energy Supply Projects for Residential Areas. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 073 Management (07 Management and Administration). Lviv State University of Life Safety of the State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2026.

Based on the research conducted, this dissertation addresses an important scientific and practical problem: improving the efficiency of managing energy supply projects for residential areas by developing a circular-value approach, creating new models and refining existing ones, methods, and information-analytical tools based on modern information technologies, analytical algorithms, and digital assessment tools, which are integrated into management decision-support systems in a dynamic project environment.

The current state of the subject area, modern scientific approaches, and the practice of managing residential energy supply projects have been analyzed. The need to develop new models and improve existing methods for managing such projects, taking into account the interrelationships among resource, technological, environmental, and organizational factors, has been substantiated. It has been established that the development of the circular-value approach and the models and methods based on it increase efficiency in managing residential energy supply projects, especially during the initiation and planning stages.

The feasibility and specific features of the circular-value approach to managing energy supply projects for residential areas have been substantiated. This approach forms the basis for developing relevant models and methods that provide for the integrated consideration of value creation processes, the circular use of resources, modern information technologies, and interrelated management processes. The proposed circular-value approach is based on a combination of analytical assessment of project parameters, scenario-based consideration of changes in the project environment, and the logic of configuration coordination, which ensures the adaptation

of management decisions to changes in external and internal conditions of project implementation.

A circular-value model for managing residential area energy supply projects has been developed, which is based on five functionally linked subsystems and ensures the formation of a unified loop of the project's integral value. Simultaneously, a model for determining the integral value of a residential area energy supply project has been developed, which involves the systematic execution of four interrelated groups of procedures: evaluation, standardization, aggregation, and analytical adjustment of indicators. The proposed toolkit enables a quantitative assessment of the impact of changes in project parameters on integral value, the selection of rational implementation scenarios, and improved management efficiency in a dynamic project environment.

The method for aligning the configuration of a residential area's power supply project with the configurations of its product and project environment has been improved, as has the model for assessing the risks of these projects in a dynamic project environment. Unlike existing methods, these involve the execution of interrelated processes for parameter identification, analytical assessment, detection of configuration conflicts, adaptive adjustment of project parameters, monitoring of environmental changes, and integrated risk assessment. This ensures the alignment of project scope, resources, budget, and timelines, timely risk mitigation, and the preservation of the project's overall value.

An information and analytical decision-support toolkit has been developed for implementing models and methods of circular value-based management of energy supply projects for residential areas. It includes algorithms and software tools for determining the project's integral value, aligning its configuration, and assessing risks in a dynamic project environment. The proposed algorithms and computer programs enable calculations, analysis of alternative scenarios, the generation of recommendations, and the visualization of results, and the validation conducted confirmed their suitability for supporting management decisions.

For a given project environment, a knowledge base for circular-value-based management of energy supply projects for residential areas has been established. It has been determined that the baseline value of the project's integral value is 11.90, and a 10% reduction in technological losses increases it to 15.78, i.e., by 32.62%. At the same time, in a dynamic project environment, the integral risk increases to 0.324, and with tighter time constraints, to 0.473. These results confirm the feasibility of using the proposed toolkit in project management practice and provide a basis for formulating recommendations on adapting project parameters.

The proposed information and analytical toolkit has been implemented to assess the overall value of energy supply projects for residential areas, coordinate their configuration, and analyze risks specific to the conditions of the Lviv municipal enterprise "Green City," LLC "Kvitka House Workshop," and the Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Lviv Oblast. The results obtained were used to justify management decisions regarding the selection of rational project implementation scenarios, and the developed recommendations, knowledge base, and computer tools were implemented in practice and in the educational process at Lviv State University of Life Safety, confirming their practical value.

Keywords: projects, management, models, methods, value, risk, communities, energy supply, residential areas, circularity, value, configuration, project environment, efficiency, digital technologies.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Tryhuba A., Tryhuba I., Oliinyk R., **Andrushkiv O.**, Kotsylovskyi M. An Intelligent Model for Identifying Risks of Power Supply Projects for Critical Infrastructure Facilities in the Conditions of Emergency and Martial Law. *VI International Workshop “IT Project Management” (ITPM-2025), May 22, 2025, Kyiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 2025. Vol. 4023. P. 32–47. <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper4.pdf>. (1,18 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus.** *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей оцінювання ризиків проєктів енергозабезпечення об’єктів в умовах динамічного проєктного середовища та становить 0,18 друк. арк.**

2. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Szufa S., Glowacki S., **Andrushkiv O.**, Padyuka R., Faichuk O., Slavina N. European Green Deal: Substantiation of the Rational Configuration of the Bioenergy Production System from Organic Waste. *Energies, 2024, Vol. 17, No. 17, 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513> (1,95 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus, Q1.** *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні залежностей між конфігураціями продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву та проєктного середовища, що дозволило сформулювати основу методу визначення конфігурації проєкту та становить 0,12 друк. арк.**

3. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Cieszewska A., **Andrushkiv O.**, Glowacki S., Bryś A., Slobodian S., Tulej W., Sojak M. Prediction of Biogas Production Volumes from Household Organic Waste Based on Machine Learning. *Energies, 2024, Vol. 17, No. 7, 1786. <https://doi.org/10.3390/en17071786> (1,53 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus, Q1.** *Особистий внесок автора полягає у виконанні підготовки та структуризації вхідних даних щодо обсягів органічних відходів домогосподарств, які використано для моделювання, а також здійснив**

формальний аналіз отриманих результатів прогнозування біогазового потенціалу як основи для прийняття рішень у проєктах енергозабезпечення житлових масивів, що становить 0,15 друк. арк.

4. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Lopushniak V., Cieszewska A., **Andrushkiv O.**, Barabasz W., Pikulicka A., Kowalczyk Z., Vasyuk V. European Green Deal: Justification of the Relationships between the Functional Indicators of Bioenergy Production Systems Using Organic Residential Waste Based on the Analysis of the State of Theory and Practice. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 6, 1461. <https://doi.org/10.3390/en17061461> (1,68 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus, Q1.** Особистий внесок автора полягає у підготовці та систематизації вихідних даних для обґрунтування залежностей між характеристиками органічних відходів житлових масивів і параметрами виробництва біоенергії як складової інформаційного забезпечення моделей циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,168 друк. арк.

Статті у наукових фахових виданнях України:

5. Тригуба, А. М., **Андрушків, О. Я.**, Тригуба, І. Л. Циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. *Управління розвитком складних систем*, 2025. (64), 138–152. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.138-152> (1,57 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні структури процесів та розробленні циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,7 друк. арк.

6. Тригуба І. Л., **Андрушків О. Я.** Циркуляційно-ціннісний підхід до управління проєктами енергозабезпечення житлової інфраструктури на основі ефективного біоенергетичного менеджменту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 32, 278-291. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.32.2025.25> (0,96 д. а.). Особистий внесок автора полягає у формалізації моделей оцінювання інтегральної цінності,

сценарному моделюванні проєктів енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,46 друк. арк.

7. Тригуба А., Шолудько Р., **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні моделі управління інфраструктурними проєктами розвитку громад в умовах багаторівневих ризиків. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 31, 213-226. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.31.2025.21> (1,45 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні енергетичної складової моделі та формалізації показників інтегральної цінності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури громад, що становить 0,18 друк. арк.*

Статті, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Тригуба А., Маланчук О., Ратушний А., Паньків О., Коваль Л., Шолудько Р., **Андрушків О.** Адаптивно-ціннісний підхід до управління проєктами розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2023. № 27. С. 113–126. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.113> (1,1 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні доцільності включення проєктів циркуляційного використання органічних відходів і локального енергозабезпечення до портфеля розвитку громади на основі ціннісних критеріїв та становить 0,14 друк. арк.*

9. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В., **Андрушків О.**, Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2024. № 28. С. 148–158. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148> (1,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні ролі сучасних інформаційних технологій у процесах планування проєктів розвитку громад та становить 0,15 друк. арк.*

10. Тригуба А., Тригуба І., Маланчук О., Коциловський М., Коваль Л., **Андрушків О.**, Олійник Р. Інтелектуальні моделі розвитку систем безпеки та енергетичної автономності сільських громад. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2025. № 29. С. 148–158. <https://doi.org/10.32718/agroengineering2025.29.185-197> (0,85 д.а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні моделей енергетичної автономності сільських громад та оцінюванні впливу енергетичних параметрів на інтегральну цінність розвитку громади, що становить 0,12 друк. арк.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., **Андрушків О.Я.**, Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Особливості управління проєктами виробництва енергії із органічних відходів на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XII Міжнар. наук. конференції*. Львів : ЛНУП, 2023. С. 79-81. (0,17 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у аналізі стану науки та предметної галузі щодо управління проєктами виробництва енергії із органічних відходів, що становить 0,04 друк. арк.*

12. **Андрушків О.Я.** Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів*. Львів, ЛДУ БЖД, 2023, С. 216-218. (0,16 д. а.).

13. **Андрушків О.**, Олійник Р., Тригуба І. Алгоритм прогнозування обсягів утворення органічних відходів домогосподарствами у проєктах виробництва екологічно чистої енергії. *Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів*. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 321-325. (0,23 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у формалізації алгоритму прогнозування обсягів утворення органічних відходів*

домогосподарствами для проєктів виробництва екологічно чистої енергії, що становить 0,07 друк. арк.

14. Тригуба А.М., Паньків О.В., Шолудько Р.Я., **Андрушків О.Я.** Особливості антикризового управління проєктами на об'єктах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. *Управління проєктами у розвитку суспільства: Управління проєктами післявоєнної розбудови України: тези доп. XXI -ї Міжн. конф.*, Київ: КНУБА, 2024. С.237-241. (0,17 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей ефективного антикризового управління проєктами на об'єктах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану, що становить 0,05 друк. арк.*

15. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., **Андрушків О.Я.** Управління проєктами виробництва біоенергії із відходів фруктів та овочів. *Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак.* 28-29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 172-176. (0,21 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні ознак оцінення відходів фруктів та овочів для виробництва біоенергії, що становить 0,07 друк. арк.*

16. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., **Андрушків О.Я.** Особливості управління проєктами рециклінгу органічних побутових відходів житлових масивів для виробництва біоенергії. *Сучасні ековиклики. стратегії екологічної безпеки довкілля: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю кафедри екології Львівського НУП, 22-23 травня 2024 р.* Львів-Дубляни : ЛНУП, 2024. С. 273-278. (0,23 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у аналізі стану науки та практики, а також описі особливостей управління проєктами рециклінгу органічних відходів житлових масивів для виробництва біоенергії, що становить 0,07 друк. арк.*

17. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., **Андрушків О. Я.** Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. *Вчені Львівського національного аграрного*

університету виробництву: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 27. (0,08 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні можливостей використання геоінформаційних сервісів для збору та візуалізації даних під час циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, що становить 0,015 друк. арк.*

18. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Ратушний А.Р., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І. Доцільність та особливості реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами», Коблево, 9–13 вересня 2024 р. Збірник праць.* Харків: ХНУРЕ, 2024. С. 220-224. (0,167 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні енергетичних аспектів реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час та становить 0,04 друк. арк.*

19. **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М., Тригуба І. Інтелектуальні моделі управління проєктами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням екологічних та безпекових викликів. *Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.*, м. Львів, 23 березня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. С.329-333. (0,265 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у формалізації моделей управління проєктами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням енергетичних параметрів та становить 0,065 друк. арк.*

20. Олійник Р., **Андрушків О.**, Коциловський М.П., Тригуба І.Л. Інтелектуальні методи управління проєктами енергетичної автономності критичних об'єктів різних галузей. *Інновітг сучасних трендів в менеджменті безпеки: національна безпека та оборона: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Львів: ЛДУ БЖД, 23 травня 2025. С. 227-232. (0,28 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у виборі та аналізі*

інтелектуальних методів управління проєктами енергетичної автономності критичних об'єктів та становить, що становить 0,07 друк. арк.

21. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Шолудько Р.Я., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І. Використання цифрових технологій для реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 277-281. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні використання цифрових технологій для підтримки управлінських рішень у проєктах розвитку інфраструктури регіонів, що становить 0,04 друк. арк.*

22. Тригуба І.Л., Маланчук О.М., Татомир А.В., Коциловський М.П., **Андрушків О.Я.** Інформаційно-аналітична модель оцінення ресурсного потенціалу для реалізації проєктів енергозабезпечення домогосподарств. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 284-288. (0,19 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні параметрів оцінювання ресурсного потенціалу для реалізації проєктів енергозабезпечення домогосподарств, що становить 0,04 друк. арк.*

23. Тригуба І.Л., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І., Коциловський М.П. Системний підхід до оцінки ефективності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури об'єктів на основі циркуляційно-ціннісної методології. *XVI Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті»*, Одеса: ОДАБА, 2025. С. 327–332. (0,18 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у у формалізації показників оцінювання ефективності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури на основі циркуляційно-ціннісного підходу, що становить 0,045 друк. арк.*

24. Тригуба А., Тригуба І., **Андрушків О.**, Коваль Л., Олійник Р. Інтелектуальні моделі управління проєктами розвитку інфраструктурних об'єктів територіальних громад у післявоєнний період. *Штучний інтелект в інклюзивному розвитку: I Міжнародна науково-практична конференція (AIID-*

2025), Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2025. С. 21–24. (0,23 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні показників цінності та робастності для управління проєктами розвитку інфраструктурних об'єктів у післявоєнний період, що становить 0,05 друк. арк.*

25. Тригуба А., **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні механізми енергоменеджменту в управлінні складними енергетичними проєктами. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології»*, ІБІТ 2025, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, С. 233-236. (0,18 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у оцінюванні ризиків реалізації складних енергетичних проєктів, що становить 0,045 друк. арк.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
Розділ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ У ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ	
УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ	29
1.1. Сучасний стан розвитку систем енергозабезпечення житлових масивів ..	29
1.2. Аналіз моделей та методів управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури.....	35
1.3. Використання циркуляційних принципів та ціннісних підходів у проєктах енергозабезпечення.....	41
1.4. Доцільність розроблення інструментарію циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів	46
Висновки до 1 розділу	52
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНОГО	
УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ	
МАСИВІВ.....	
2.1. Особливості та відмінності циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів від існуючих підходів.....	55
2.2. Теоретичні засади формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів	61
2.3. Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	66
2.4. Структура процесів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів	72
2.5. Механізм узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища.....	81
2.6. Обґрунтування сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища проєктів енергозабезпечення житлових масивів	90
Висновки до розділу 2	94

Розділ 3. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ МАСИВІВ.....	97
3.1. Циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів	97
3.1.1. Ресурсна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	100
3.1.2. Технологічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	103
3.1.3. Соціально-економічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів	106
3.1.4. Екологічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	109
3.1.5. Управлінська підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	112
3.2. Модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів	119
3.3. Матричне представлення циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.....	123
3.4. Метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища.....	126
Висновки до розділу 3	140
Розділ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- АНАЛІТИЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ	142
4.1. Результати розробки алгоритму та СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів	142
4.2. Результати визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів	148
4.3. Практичне значення циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів	157

4.4. Алгоритм функціонування системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву	158
4.5. Результати програмної реалізації системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву	162
4.6. Валідація системи підтримки прийняття рішень та оцінювання адекватності результатів узгодження конфігурацій.....	168
Висновки до розділу 4	172
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	175
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	178
ДОДАТКИ	203
Додаток А. Результати використання СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів	204
Додаток Б. Результати валідації системи підтримки прийняття рішень та оцінювання адекватності результатів узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву.....	207
Додаток В. Результати використання системи підтримки прийняття рішень для визначення показників узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву	209
Додаток Г. Список публікацій здобувача за темою дисертації	214
Додаток Д. Відомості про апробацію результатів дисертації.....	222
Додаток Е. Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику	224

ВСТУП

Актуальність теми. Будівництво нових житлових масивів в Україні та в інших країнах світу супроводжується постійним зростанням потреби в енергетичних ресурсах. За таких умов централізовані системи енергопостачання, що базуються переважно на використанні викопного палива, дедалі частіше виявляють свої обмеження. Насамперед це стосується пошкодження мереж під час надзвичайних ситуацій та воєнних дій, високої вартості енергоносіїв, значних втрат на транспортування, залежності від зовнішніх постачальників і нестабільності цін на паливні ресурси [32; 33; 41; 47; 56]. Поряд із цим посилюється негативний вплив енергетичних систем на довкілля, що особливо відчутно для житлових територій із високою щільністю забудови та концентрацією населення.

Актуальними є проєкти енергозабезпечення житлових масивів на основі використання локальних ресурсів, вторинної сировини та принципів циркулярної економіки. Саме такі проєкти створюють можливість зменшення залежності від централізованих джерел енергії, скорочення обсягів відходів і формування нової моделі ресурсного використання в межах житлових територій. Водночас прийняття управлінських рішень у таких проєктах потребує врахування не лише технічних, економічних і організаційних, а й екологічних, соціальних та просторових чинників. Саме вони визначають реальну цінність від створеного продукту проєкту для зацікавлених сторін.

Сучасні методології та використовуваний інструментарій для управління енергетичними проєктами здебільшого орієнтуються на техніко-економічне оцінювання результатів реалізації зазначених проєктів [4; 5; 14; 15; 174]. Водночас, питання екологічної доцільності, соціального ефекту та довгострокового впливу проєктів на розвиток територій залишаються поза увагою проєктних менеджерів. Унаслідок цього прийняті рішення є обґрунтованими лише в короткостроковому періоді. Однак вони недостатньо

враховують потреби населення, стійкість функціонування створеного продукту проекту та його здатність формувати додаткову цінність для житлових територій.

Незважаючи на наявність наукових праць, які стосуються управління енергетичними проектами, науково-прикладні задачі інтеграції принципів циркулярної економіки у проектне управління залишаються недостатньо обґрунтованими. Більшість відомих моделей та методів орієнтована на техніко-економічне оцінювання результатів і не забезпечує системного врахування довгострокової соціальної, екологічної та ресурсної цінності. Це обмежує можливості формування ефективних управлінських рішень для житлових масивів. Особливо в умовах, коли потрібно одночасно враховувати мінливість проектного середовища, ризику, ресурсне забезпечення та вимоги сталого розвитку.

Багато вітчизняних і зарубіжних дослідників зробили вагомий внесок у розвиток наукових засад управління проектами розвитку енергетичних систем і формування ціннісно-орієнтованих управлінських підходів. Серед них слід відзначити С. Д. Бушуєва, Н. С. Бушуєву, В. Д. Гогунського, О. Б. Данченко, Є. А. Дружиніна, М. Енгвалла, О. Б. Зачка, Г. Керцнера, І. В. Кононенка, В. В. Морозова, О. І. Мельниченка, В. М. Пітерську, А. Рассела, Ю. П. Рака, Р. Т. Ратушного, В. А. Рача, С. В. Руденка, О. В. Сидорчука, Х. Танаку, Р. Тернера, Ю. М. Теслю, А. М. Тригубу, А. М. Харченко, В. О. Хрутьбу, С. К. Чернова, І. В. Чумаченка та інших науковців. Їхні дослідження стали основою розвитку сучасного інструментарію управління проектами. Однак, відсутнє розроблення інструментарію для управління проектами енергозабезпечення житлових масивів із циркуляційним використанням ресурсів та ціннісним підходом.

Дисертаційна робота спрямована на розв'язання актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів шляхом розроблення моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління з урахуванням динамічного проектного середовища. Це передбачає створення такого інструментарію, який дає

можливість узгоджувати конфігурацію проєкту, його продукту та проєктного середовища з ресурсними можливостями, оцінювати інтегральну цінність управлінських рішень, враховувати ризики динамічного проєктного середовища та забезпечувати адаптивність систем енергозабезпечення до змін у проєктному середовищі. Отже, проведене дослідження орієнтоване на розв'язання важливої й актуальної науково-прикладної задачі, що має як теоретичне, так і прикладне значення для розвитку сучасного проєктного управління.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота узгоджується з основними положеннями «Енергетичної стратегії України на період до 2050 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р), «Державної стратегії регіонального розвитку України на 2021–2027 роки» (постанова Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 695) та «Комплексна програма підвищення енергоефективності, енергозбереження та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області на 2021 – 2025 роки» (розпорядження Львівської обласної військової адміністрації від 18 лютого 2021 р. № 62). Вона також базується на концепції науково-дослідної роботи Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, пов'язаної з розробленням управлінських, організаційних, технічних та інформаційних методів підвищення стійкості критичної та житлової інфраструктури в умовах сучасних викликів. Відповідає планам науково-дослідної роботи кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту цього ж університету, зокрема проєкту «Наукові основи поствоєнного відновлення та реновації регіональних систем критичної інфраструктури України: бенчмаркінг світового досвіду та HR фактор» (ДР № 0123U102890). У межах виконання зазначених досліджень автор запропонував нові та удосконалив наявні моделі й методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, які враховують інтеграцію локальних ресурсів, принципи циркулярної економіки, вплив динамічного проєктного середовища та узгодження конфігурації енергетичних рішень із довгостроковою цінністю для територіальних громад.

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи є розробка моделей і методу циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.*

Для досягнення мети було визначено такі *завдання*:

➤ провести аналіз поточного стану предметної області, сучасних наукових підходів і практик управління проєктами у сфері енергозабезпечення житлових масивів, обґрунтувати потребу розробки нових та вдосконалення наявних моделей і методів;

➤ обґрунтувати доцільність і специфіку циркуляційно-ціннісного підходу до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, механізм узгодження конфігурації проєкту з конфігураціями його продукту та проєктного середовища, а також сценарії зміни чинників динамічного проєктного середовища;

➤ розробити циркуляційно-ціннісну модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів;

➤ удосконалити метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища;

➤ розробити інформаційно-аналітичний інструментарій підтримки прийняття рішень для реалізації моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та здійснити перевірку їх адекватності;

➤ впровадити у практику рекомендації циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів на основі використання розробленої бази знань і комп'ютерного інструментарію підтримки прийняття управлінських рішень.

Об'єктом дослідження є управлінські процеси циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

Предметом дослідження є моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

Методи дослідження. Науково-прикладна задача підвищення ефективності реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів розв'язувалась на основі чинних міжнародних стандартів з управління проєктами із застосуванням сучасних інформаційних технологій підтримки прийняття рішень. У дослідженні використано аналіз наукової літератури, нормативно-правових документів і сучасних концепцій розвитку енергетичних систем для формування теоретичної бази, визначення обмежень і вимог, що діють у динамічному проєктному середовищі, системний підхід для опису взаємозв'язків між управлінськими процесами реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів, ресурсними потоками, конфігурацією продукту проєкту та чинниками проєктного середовища, а також методи аналізу, синтезу, індукції та дедукції для обґрунтування особливостей циркуляційно-ціннісного управління такими проєктами.

Для побудови циркуляційно-ціннісної моделі управління використано теорію та методи моделювання складних систем. Запропонована модель визначення інтегральної цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів побудована із застосуванням методів багатокритеріального оцінювання, аналізу зацікавлених сторін і нормалізації показників. Під час розроблення методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища застосовано матричне моделювання, ітераційні процедури та методи структурного узгодження параметрів проєкту.

Для дослідження впливу динамічного проєктного середовища на ризик проєктів енергозабезпечення житлових масивів використано методи математичного моделювання, сценарного аналізу, комп'ютерного експерименту та методи оцінювання ризику з урахуванням зміни ресурсного забезпечення, часових обмежень і нестабільності виконання робіт. Для формування сценаріїв

зміни чинників проєктного середовища використано методи параметризації, порівняльного аналізу та моделювання часових рядів.

Під час розроблення інформаційно-аналітичного інструментарію підтримки прийняття рішень використано мову програмування Python із бібліотеками для математичних обчислень, обробки даних, побудови алгоритмів і візуалізації результатів. Для програмної реалізації моделей, алгоритмів і комп'ютерних засобів оцінювання інтегральної цінності, узгодження конфігурацій та оцінювання ризиків застосовано методи програмного моделювання, тестування, валідації та комп'ютерних експериментів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, які базуються на використанні сучасних інформаційних технологій, інформаційно-аналітичних засобів підтримки прийняття рішень, методів математичного моделювання та комп'ютерного аналізу, що дають можливість підвищити ефективність прийняття управлінських рішень і забезпечити максимальну інтегральну цінність для зацікавлених сторін завдяки врахуванню динамічного проєктного середовища, обмеженості ресурсів, узгодженню конфігурації проєкту з конфігураціями його продукту та проєктного середовища, а також використання принципів циркулярної економіки. Це дозволило отримати такі наукові результати:

- *вперше розроблено:*
 - циркуляційно-ціннісну модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, що базується на системному узгодженні функціонально пов'язаних підсистем завдяки виконанню єдиного контуру формування інтегральної цінності проєкту, чим забезпечується кількісне оцінювання зміни цінності проєкту в часі, врахування циркуляційного використання органічних ресурсів і вплив управлінських рішень на стан підсистем, що підвищує ефективність управління зазначеними проєктами;
 - модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів, що базується на системному узгодженні процедур

оцінювання, нормування, агрегування та аналітичного коригування показників складових цінності проєкту завдяки інтеграції ресурсної, технологічної, соціально-економічної, екологічної та управлінської складових, чим забезпечується підвищення обґрунтованості управлінських рішень і максимізація інтегральної цінності проєкту;

➤ *удосконалено:*

– метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища, що на відміну від існуючих базується на інтеграції процесів ідентифікації, аналітичного оцінювання, виявлення суперечностей у конфігураціях і адаптивного коригування структур проєкту, чим забезпечується узгодження змісту робіт, ресурсів, бюджету та термінів реалізації проєкту відповідно до змін проєктного середовища й досягнення його максимальної інтегральної цінності;

➤ *набули подальшого розвитку* термінологія, база знань та інструментарій циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, які забезпечують формування та адаптацію управлінських рішень на основі інтегрованого врахування конфігурації проєкту, параметрів його реалізації та динаміки проєктного середовища із використанням розроблених інформаційно-аналітичних засобів.

Практичне значення одержаних результатів. отримані наукові результати забезпечили можливість розробити:

– методичку, алгоритм та систему підтримки прийняття управлінських рішень для визначення інтегральної цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів, які базуються на запропонованій моделі та реалізовані у вигляді програмного засобу з модулями розрахунку, візуалізації результатів і формування рекомендацій, що забезпечує визначення інтегральної цінності, виявлення пріоритетних напрямів покращення та вибір раціональних сценаріїв реалізації проєкту. Практичний інструментарій дозволяє оцінювати вплив змін параметрів проєкту на інтегральну цінність, аналізувати альтернативні

конфігурації та обґрунтовувати ефективні напрями підвищення результативності проєктів енергозабезпечення житлових масивів;

– алгоритм та комп'ютерну програму узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву, які базуються на удосконаленому методі та обґрунтованих моделях і забезпечують послідовне оцінювання конфігурацій проєкту, його продукту та проєктного середовища, виявлення узгодженості між ними, а також формування рекомендацій щодо їх змін, що лежить в основі підвищення ефективності реалізації проєктів в умовах динамічного проєктного середовища.

Результати виконаних досліджень впроваджено у Львівське комунальне підприємство «Зелене місто» Львівської міської ради (м. Львів, акт впровадження від 18.03.2026 р.), в діяльність ТОВ «Майстерня будинків «Квітка“» (м. Львів, акт впровадження від 26.02.2026 р.) та Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області (м. Львів, акт впровадження від 04.05.2026 р.). На підставі проведених досліджень розроблено методичні рекомендації для виконання практичних робіт з навчальних дисциплін «Проєктний менеджмент», «Управління проєктами розвитку організацій» та «Системи підтримки прийняття рішень», для курсантів і студентів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (акт впровадження від 29.04.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Подані до захисту наукові положення, розроблені моделі, методи та результати дослідження належать до галузі менеджменту (управління проєктами та програмами) і отримані здобувачем особисто. Частка особистого внеску у наукових працях, виконаних у співавторстві, наведена у переліку публікацій за темою дисертації

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи були представлені та схвалені на 14 міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях, семінарах та воркшопах: XII Міжнародній науковій конференції «Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі» (Львів-Дубляни, 2023), VI Всеукраїнській

науково-практичній конференції молодих учених, студентів і курсантів «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2023), XIX Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (Львів, 2024), II Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції» (Львів-Дубляни, 2024), XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проєктами післявоєнної розбудови України» (Київ, 2024), Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами» (Коблево, 2024), Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні ековиклики: Стратегії екологічної безпеки довкілля» (Львів-Дубляни, 2024), VI International Workshop IT Project Management (ITPM 2025) (Kyiv, 2025), XX Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (Львів, 2025), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інновіng сучасних трендів в менеджменті безпеки: національна безпека та оборона» (Львів, 2025), Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами» (Харків, 2025), XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті» (Одеса, 2025), I Міжнародній науково-практичній конференції «Штучний інтелект в інклюзивному розвитку» (Одеса, 2025), VII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2025); щорічних звітно-наукових конференціях ад'юнктів та здобувачів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (Львів, 2023–2026).

Публікації. За тематикою дисертації опубліковано 25 наукових праць, серед яких 10 становлять наукові статті. Із них 4 розміщено у зарубіжних виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, 3 – у наукових фахових виданнях України та 3 – у виданнях,

які додатково відображають наукові результати дисертації. Окрім того, опубліковано 14 праць у формі тез і матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій, воркшопів і семінарів, а також 1 наукову працю, присвячену додатковому висвітленню результатів дисертаційного дослідження. Сукупний обсяг публікацій становить 16,46 друк. арк., із яких 3,24 друк. арк. належать особисто автору.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 227 сторінок, із яких 152 сторінки припадають на основний текст. У роботі наведено 40 рисунків і 15 таблиць. Перелік використаних джерел включає 190 найменувань. Додаткова частина представлена 6 додатками, розміщеними на 24 сторінках.

Розділ 1.

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ У ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Сучасний стан розвитку систем енергозабезпечення житлових масивів

Сучасний розвиток систем енергозабезпечення житлових масивів в Україні відбувається в умовах одночасного впливу кількох взаємопов'язаних процесів – підвищення енергетичних ризиків, зростання вартості енергетичних ресурсів, потреби скорочення викидів парникових газів, цифрової трансформації інфраструктури та переходу до децентралізованих моделей енергопостачання. Унаслідок цього традиційні централізовані системи енергозабезпечення поступово трансформуються у складні багатокомпонентні структури, у яких локальні джерела генерації, накопичувачі енергії, засоби автоматизованого контролю та алгоритми прогнозування працюють як єдина інтегрована система [43; 81].

На теперішній час житловий масив розглядається не лише як територіальна сукупність споживачів енергії, а як функціональний енергетичний об'єкт із власною конфігурацією споживання, внутрішньою структурою розподілу навантаження, залежністю від часових піків використання ресурсів і можливістю інтеграції локальних джерел енергії (рис. 1.1). Такий підхід особливо активно розвивається в європейських країнах, де впроваджуються моделі локальних енергетичних спільнот, у межах яких житлові території частково забезпечують себе електричною та тепловою енергією за рахунок органічних відходів, сонячної генерації, акумуляторних систем і теплових насосів [129; 158].

Системи енергозабезпечення житлового масиву включають чотири базові підсистеми – ресурсну, генеруючу, розподільчу та керуючу. Ресурсна підсистема формує сукупність доступних енергетичних ресурсів, серед яких використовуються зовнішня електромережа, природний газ, локальні

біоенергетичні ресурси та відновлювані джерела енергії. Генеруюча підсистема забезпечує перетворення енергетичних ресурсів у кінцеву енергію, розподільча відповідає за внутрішній рух енергетичних потоків, а керуюча забезпечує прийняття управлінських рішень щодо режимів функціонування системи.

У сучасних дослідженнях доведено, що ефективність такої системи визначається не лише обсягом генерованої енергії, а й здатністю адаптуватися до змін навантаження, зовнішніх обмежень та технічного стану обладнання [43; 64].

Для цього використовується балансова модель енергетичної рівноваги:

$$E_o(t) = E_z(t) + E_n(t) + E_3(t) - E_c(t), \quad (1.1)$$

де $E_o(t)$ – баланс енергії у t -й момент часу; $E_z(t)$ – локальна генерація; $E_n(t)$ – енергія, що надходить із накопичувачів; $E_3(t)$ – зовнішнє постачання; $E_c(t)$ – споживання житлового масиву.

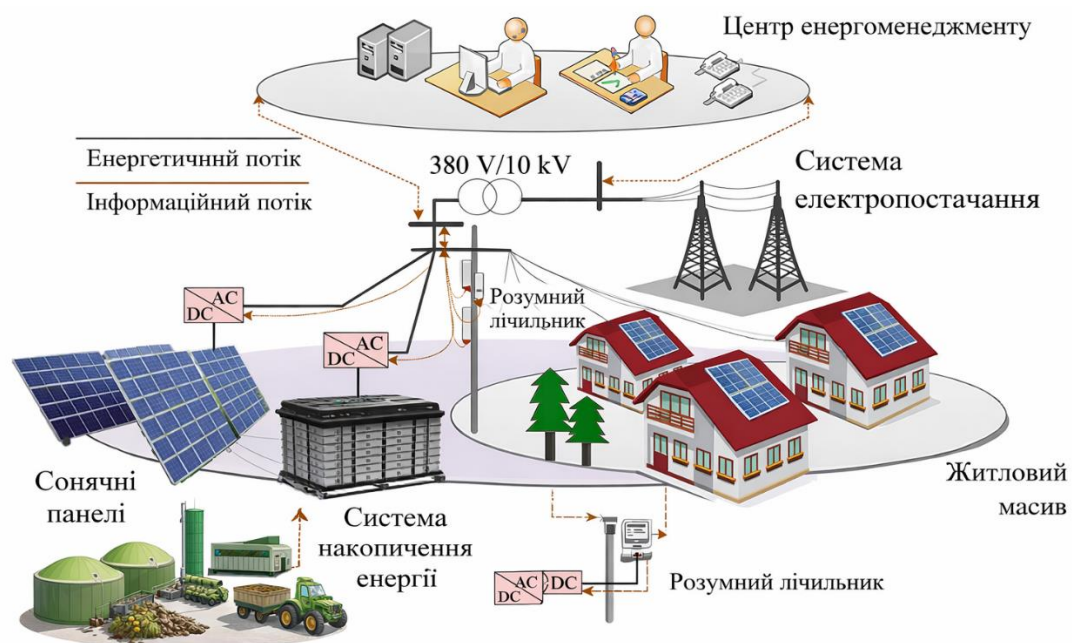


Рисунок 1.1 – Структура сучасної системи енергозабезпечення житлового масиву з локальними джерелами генерації та накопичення енергії

У сучасних житлових енергетичних системах основним напрямом їх розвитку є підвищення частки локальної генерації. Найбільш активно використовуються біогазові установки, фотоелектричні модулі, малі когенераційні установки, теплові насоси та локальні системи накопичення енергії. Це дозволяє зменшити залежність від централізованих мереж і підвищити стійкість житлових масивів до пошкоджень зовнішніх енергетичних та відсутності енергії через надзвичайні ситуації [123; 158].

Одночасно розвиток сучасних систем енергозабезпечення супроводжується впровадженням цифрових технологій, які дозволяють у режимі реального часу оцінювати стан обладнання, прогнозувати споживання енергії та коригувати режими роботи системи енергозабезпечення житлових масивів. Використання датчиків, інтелектуальних лічильників, систем дистанційного моніторингу та прогнозних алгоритмів формує передумови переходу до інтелектуальних систем енергозабезпечення житлових масивів [81; 124].

Таблиця 1.1 – Характеристика сучасних систем енергозабезпечення житлових масивів

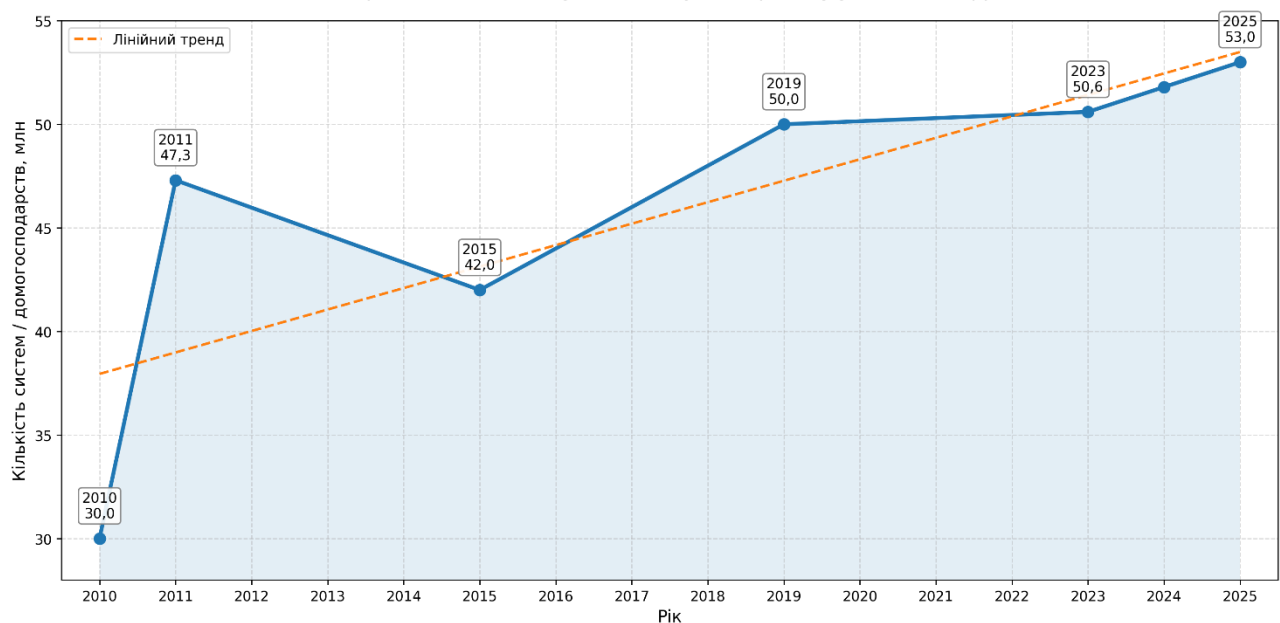
Тип системи	Основне джерело енергії	Рівень автономності	Особливості управління
Централізована	зовнішня мережа	низький	диспетчерське регулювання
Комбінована	мережа + локальна генерація	середній	часткове балансування
Локальна автономна	локальні джерела	високий	адаптивне керування
Інтелектуальна	комбінована генерація + накопичення	дуже високий	прогнозне управління

Особливого значення ця тенденція набуває в умовах нестабільного зовнішнього середовища, коли житлові масиви повинні зберігати працездатність

навіть за обмежень зовнішнього постачання. У таких умовах проєктування системи вже не обмежується вибором обладнання, а потребує обґрунтування конфігурації всієї системи як проєктного продукту.

Для порівняння сучасних типів систем енергозабезпечення житлових масивів виконано узагальнення їх характеристик і подано у таблиці 1.1.

Нами проаналізовано світові тенденції використання побутових і локальних біогазових систем у житловому секторі впродовж 2010–2025 рр (рис. 1.2).



Примітка: 2010–2023 — за міжнародними статистичними джерелами; 2024–2025 — аналітичне продовження світового тренду.

Рисунок 1.2 – Тенденції використання побутових і локальних біогазових систем у житловому секторі впродовж 2010–2025 рр.

На основі рисунка 1.2 можна сказати, що простежується стійка довгострокова тенденція до збільшення кількості локальних систем виробництва енергії з органічних відходів у житловому секторі світу. Якщо у 2010 році у світі функціонувало близько 30,0 млн. од. таких систем, то вже у 2011 році їх кількість зросла до 47,3 млн. од., тобто приріст становив 17,3 млн. од. систем або 57,7%, що було зумовлено масштабним поширенням побутових біогазових установок у Китаї та Індії [73; 152]. У 2015 році кількість систем становила 42,0 млн. од., що

пояснюється частковим переходом від індивідуальних біогазових установок до більш централізованих локальних біоенергетичних рішень [73; 156]. Уже у 2019 році показник зріс до 50,0 млн. од., а у 2023 році досяг 50,6 млн. од., що підтверджує стабільне розширення використання органічних відходів як локального енергетичного ресурсу у житловому секторі [136; 156].

Аналітичне продовження світового тренду показує, що у 2024 році кількість таких систем становить близько 51,8 млн. од., а у 2025 році – 53,0 млн. од., тобто сумарний приріст порівняно з 2010 роком становить 23,0 млн. од. систем, або 76,7%. Така динаміка свідчить, що біоенергетичні рішення поступово переходять із категорії локальних експериментальних технологій у повноцінний елемент сучасної енергетичної інфраструктури житлових територій [136; 152].

Для України доцільність використання систем виробництва енергії з органічних відходів у житловому секторі обґрунтовується високим ресурсним потенціалом побутових органічних відходів, потребою підвищення енергетичної автономності та зниження залежності від зовнішніх джерел енергії [43; 99]. За сучасними оцінками, житловий масив із 1000 домогосподарств щорічно формує від 450 до 650 т органічних відходів, що дає можливість отримати до 90...120 тис.м³ біогазу, еквівалентного приблизно 180...240 МВт·год енергії на рік [99]. Такий обсяг дозволяє частково покривати локальні потреби в електроенергії та тепловій енергії, особливо в поєднанні з іншими локальними джерелами генерації енергії.

Особливо важливо, що сучасні підходи передбачають інтеграцію біоенергетичних систем із сонячною генерацією, системами накопичення енергії та цифровим управлінням потоками енергії, що формує новий тип гібридних систем енергозабезпечення житлових масивів [43]. Для України це є стратегічно доцільним в умовах підвищеної нестабільності енергетичного середовища, оскільки дозволяє одночасно вирішувати завдання енергетичної безпеки, поводження з відходами та підвищення стійкості житлової інфраструктури.

Важливо, що в сучасних умовах житлові масиви дедалі частіше розглядаються як об'єкти з підвищеними вимогами до автономності, особливо в регіонах із нестабільним енергетичним забезпеченням. Саме тому розвиток систем енергозабезпечення житлових масивів переходить у площину проєктного управління, де конфігурація проєкту та його продукту повинні узгоджуватися із ресурсними можливостями, ризиками та зовнішнім проєктним середовищем [2; 6]. Основні напрями трансформації сучасних систем енергозабезпечення житлових масивів подано на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Основні напрями трансформації сучасних систем енергозабезпечення житлових масивів

Таким чином, сучасний стан розвитку систем енергозабезпечення житлових масивів характеризується переходом до інтелектуальних адаптивних конфігурацій, у яких поєднуються локальна генерація, цифровий моніторинг, накопичення енергії та алгоритми прогнозного управління. Це створює основу для подальшого розвитку методів управління проєктами енергозабезпечення з урахуванням динамічного проєктного середовища.

1.2. Аналіз моделей та методів управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури

Сучасний інструментарій для управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури передбачає виконання складних управлінських процесів. Це пов'язано із тим, що проєкти розвитку енергетичної інфраструктури реалізуються в умовах високої капіталомісткості, тривалого життєвого циклу, складної конфігурації, ресурсної залежності від різних зацікавлених сторін та підвищеної чутливості до змін проєктного середовища. Якщо раніше управління інфраструктурними проєктами базувалося переважно на календарно-ресурсному плануванні, то на даний час в основі прийняття управлінських рішень лежать моделі, що враховують динаміку формування ризиків, багатоваріантність управлінських рішень, невизначеність проєктного середовища та довгострокову результативність від продукту проєкту [62; 85; 137; 188].

Однією з основних груп моделей є детерміновані моделі управління, у яких проєкт розвитку енергетичної інфраструктури розглядається як послідовність етапів із наперед визначеними часовими, ресурсними та фінансовими параметрами (табл. 1.2). Такі моделі застосовуються переважно під час реалізації великих інфраструктурних реконструкцій, коли важливо забезпечити жорсткий контроль виконання графіка робіт. Сучасні дослідження показують, що детерміновані моделі мають обмежену ефективність у випадках, коли проєкт реалізується в проєктному середовищі із нестабільною вартістю ресурсів, змінами нормативної бази або непередбачуваними зовнішніми впливами [90; 134].

Для врахування обмежень набули поширення сценарні моделі управління, у яких майбутній стан проєкту описується через декілька можливих траєкторій розвитку залежно від поведінки основних подій у проєктному середовищі. Це особливо важливо для енергетичної інфраструктури, оскільки вартість проєкту, його конфігурація та терміни виконання значно змінюються залежно від енергетичного ринку, державного регулювання, доступності обладнання та ресурсної бази [133].

Таблиця 1.2 – Характеристика сучасних моделей і методів управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури

Модель / метод	Принцип використання	Сфера застосування	Переваги	Основні обмеження	Джерело
Детермінована модель	Жорстке поетапне планування	Будівництво енергетичних об'єктів	Висока керованість	Низька адаптивність	[188]
Сценарна модель	Формування альтернатив розвитку	Інвестиційне планування	Врахування невизначеності	Потребує великих даних	[157]
АНР	Ієрархічне зважування критеріїв	Вибір конфігурації систем	Простота структурування	Суб'єктивність ваг	[141]
TOPSIS	Вибір оптимального рішення за відстанню до ідеалу	Ранжування енергетичних альтернатив	Добре працює при багатьох критеріях	Чутливість до нормування	[139]
PROMETHEE	Парне порівняння альтернатив	Вибір технологій	Добра інтерпретація	Складність масштабування	[103]
ELECTRE	Відсікання слабких альтернатив	Інфраструктурний відбір	Ефективний при суперечливих критеріях	Складність налаштування	[65]
Системна динаміка	Аналіз зворотних зв'язків	Довгострокове управління	Дає часову динаміку	Складна побудова	[63]
Монте-Карло	Імовірнісне оцінювання ризиків	Ризик-аналіз інвестицій	Дає варіативність результату	Вимагає великого масиву параметрів	[138]
Стохастична оптимізація	Оптимізація за умов невизначеності	Формування портфеля	Висока точність	Висока обчислювальна складність	[189]
Ціннісна модель	Орієнтація на довгострокову вигоду	Інфраструктурні системи	Дає стратегічну оцінку	Недостатня формалізація	[129]

Перевага сценарного підходу полягає в тому, що він дозволяє формувати управлінські рішення не для одного прогнозованого стану, а для кількох альтернативних умов реалізації.

Важливе значення мають сучасні дослідження, що передбачають використання багатокритеріальних методів прийняття управлінських рішень. Вони використовуються для вибору об'єктів конфігурації енергетичних систем, визначення пріоритетів інвестування та ранжування альтернатив проєктних рішень. Найчастіше у сфері енергетичної інфраструктури застосовуються методи АНР, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE, а також їх гібридні комбінації (рис. 1.4). Їх перевага полягає в можливості одночасного врахування технічних, економічних, екологічних і соціальних критеріїв під час прийняття управлінського рішення [65; 103; 139; 141].

Особливого використання набули системно-динамічні моделі. У них проєкт розвитку енергетичної інфраструктури описується як система взаємопов'язаних змінних із часовими затримками та зворотними зв'язками. Такі моделі дають змогу аналізувати не лише безпосередній результат управлінського рішення, а й його відкладені наслідки в наступних фазах життєвого циклу інфраструктурного об'єкта [63; 148]. Саме системна динаміка дозволяє моделювати накопичення ризиків, зміни ресурсних потоків, ефект затримок фінансування та поведінку складних енергетичних систем у довгостроковій перспективі.

Окрему групу становлять ризик-орієнтовані методи, де управління проєктом здійснюється через кількісну оцінку невизначеності. Найбільш поширеними тут є метод Монте-Карло, стохастичні моделі, Conditional Value-at-Risk, багатостадійні ризикові моделі та комбіновані алгоритми оцінювання стійкості проєкту [93; 138; 189]. Для енергетичної інфраструктури ці методи є досить важливими, оскільки навіть незначне відхилення базових параметрів суттєво впливає на бюджет проєкту.

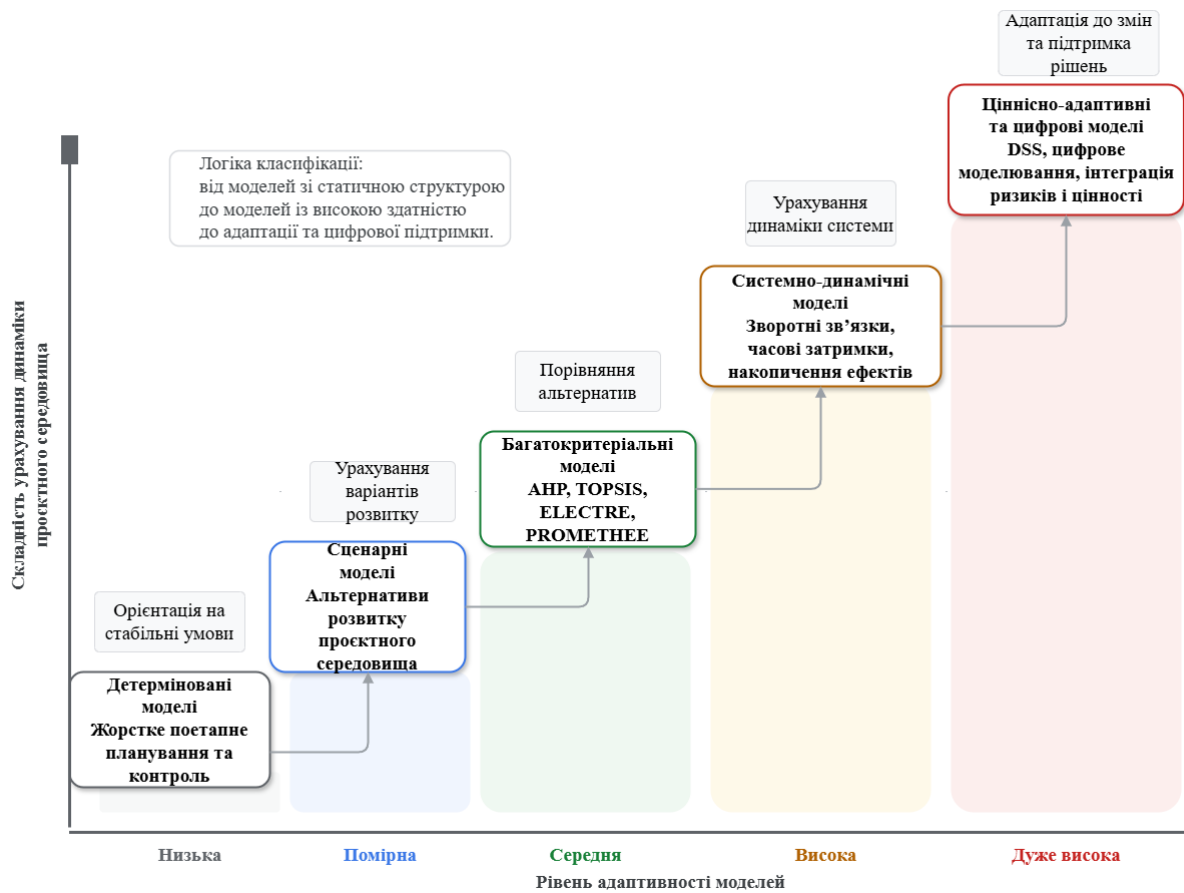


Рисунок 1.4 – Класифікація моделей управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури за рівнем адаптивності

Науковці більше уваги приділяють ціннісним моделям, у яких результат проєкту оцінюється не лише за технічною реалізацією, а й за створеною довгостроковою вигодою для території, громади та інших зацікавлених сторін [75]. Для енергетичної інфраструктури це означає, що проєкт її розвитку оцінюється через здатність підвищити енергетичну автономність, знизити залежність від зовнішніх ресурсів, зменшити екологічне навантаження та забезпечити стійкість до зовнішніх загроз.

Сучасним напрямом також є портфельні моделі управління проєктами, у яких окремий енергетичний проєкт розглядається як частина більшої системи взаємопов'язаних інфраструктурних проєктів. Такі моделі дають можливість визначати пріоритетність інвестування, узгоджувати ресурси між кількома об'єктами та балансувати стратегічні цілі розвитку території [102; 127; 132; 145].

Таблиця 1.3 – Методи, які використовуються у сучасних системах управління енергетичною інфраструктурою

Метод	Управлінська функція	Рівень використання	Особливості застосування в енергетичних проєктах	Джерело
1	2	3	4	5
АНР (Analytic Hierarchy Process)	Визначення ваг критеріїв під час вибору альтернатив	Стратегічний	Дає змогу формувати ієрархію критеріїв для оцінювання конфігурації продукту проєкту, особливо під час багаторівневого аналізу ресурсів і технологій	[139; 141]
TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	Ранжування альтернативних варіантів	Проєктний	Ефективний для вибору між кількома конфігураціями енергетичної інфраструктури за сукупністю критеріїв	[93; 139; 141]
PROMETHEE	Парне порівняння варіантів	Проєктний	Дає можливість враховувати суперечливі критерії та різну силу переваг між альтернативними сценаріями	[103]
ELECTRE	Відбір найбільш стійких альтернатив	Інвестиційний	Використовується для виключення слабких варіантів під час великої кількості критеріїв	[103]

продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5
Системна динаміка	Аналіз часових змін і зворотних зв'язків	Стратегічний	Дає змогу моделювати накопичення ризиків, інерційність інвестицій і поведінку складних енергетичних систем	[63; 127]
Метод Монте-Карло	Імовірнісне оцінювання ризиків	Проектний	Дає змогу аналізувати мінливість фінансових і технічних результатів проекту	[138; 189]
Стохастична оптимізація	Пошук оптимальної конфігурації за умов невизначеності	Інвестиційний	Використовується для вибору структури портфеля за мінливого проектного середовища	[133; 189]
Value Management	Оцінювання довгострокової цінності результату	Стратегічний	Управління здійснюється із позицій вигод для території, громади та інших зацікавлених сторін	[75]
Decision Support Systems (DSS)	Цифрова підтримка прийняття рішень	Операційний	Інтегрує математичні моделі, бази даних і алгоритми адаптивного управління	[148; 159]

Аналіз таблиці 1.3 свідчить, що в сучасному управлінні проєктами розвитку енергетичної інфраструктури використовуються різні методи і немає одного універсального методу. На практиці ефективність досягається через комбінування кількох методів залежно від характеру проєктного завдання. Якщо на стратегічному рівні домінують АНР, системна динаміка та управління цінністю, то на проєктному рівні переважають TOPSIS, Монте-Карло та стохастичні алгоритми оптимізації [63; 138; 141; 189]. Саме поєднання цих методів забезпечує можливість одночасного врахування технічної ефективності, економічної доцільності, ризиків та довгострокової цінності від реалізації проєкту.

Виконаний аналіз сучасних моделей і методів управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури свідчить, що подальший розвиток цього напрямку відбувається через інтеграцію багатокритеріальних методів, системної динаміки, ризик-аналізу, ціннісного оцінювання та цифрової підтримки прийняття управлінських рішень. Саме така комбінація створює передумови для розроблення спеціалізованих моделей та методів управління енергозабезпеченням житлових масивів.

1.3. Використання циркуляційних принципів та ціннісних підходів у проєктах енергозабезпечення

Розвиток енергетичної інфраструктури неможливий без реалізації відповідних проєктів. Їх доцільно розглядати не лише як сукупність технічних рішень щодо створення енергетичного об'єкта, а й як множину взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення визначеного результату у вигляді продукту проєкту – системи енергозабезпечення. Цей продукт повинен забезпечити визначений рівень енергетичної автономності, функціональної стійкості та адаптивності до умов зовнішнього проєктного середовища [43; 82; 91; 125]. Це відповідає сучасній методології управління проєктами, відповідно до якої проєкт

характеризується часовими межами, ресурсними обмеженнями, визначеним продуктом та множиною управлінських процесів, що забезпечують досягнення запланованого результату [97; 146].

У проєктів розвитку енергетичної інфраструктури житлових масивів продуктом є система енергозабезпечення. Вона включає генераційні потужності, накопичувальні модулі, системи розподілу, цифрові компоненти моніторингу та управління, резервні енергетичні блоки, а також інфраструктурні елементи інтеграції із зовнішнім проєктним середовищем. Сама логіка реалізації такого проєкту передбачає не лише побудову окремих технічних елементів, а й формування цілісної конфігурації, у якій ресурси, технології, часові параметри та управлінські рішення взаємодіють у межах єдиної проєктної системи [83].

За останні роки у сфері управління проєктами суттєво посилився інтерес до циркуляційних принципів, які забезпечують перехід від лінійної моделі використання ресурсів до циклічної моделі їх повторного залучення у функціонування продукту проєкту. Якщо в класичному підході проєкт орієнтується на досягнення продукту з фіксованим ресурсним забезпеченням, то циркуляційний підхід дозволяє розглядати ресурси як динамічний елемент управління, що здатний змінювати конфігурацію продукту залежно від умов проєктного середовища [80; 82; 107].

У проєктах енергозабезпечення це означає, що вже на етапі формування їхньої конфігурації враховується можливість повторного використання ресурсів, трансформації відходів, перерозподілу енергетичних потоків та інтеграції додаткових джерел енергії. Особливо актуальним це є для систем автономного або локального енергозабезпечення, де стабільність функціонування значною мірою залежить від здатності системи працювати в умовах ресурсної мінливості [98; 122].

Зміст циркуляційного принципу (рис. 1.5) полягає в тому, що проєктні рішення мають забезпечувати не лише створення продукту проєкту, а й формувати внутрішні механізми його ресурсної самопідтримки. У цьому випадку структура проєкту починає орієнтуватися не на одноразове досягнення

технічного результату, а на створення продукту, який у процесі експлуатації здатний підтримувати власну функціональну стабільність через внутрішні цикли перерозподілу ресурсів [71; 72].

Інтегральний рівень циркуляційної організації продукту проекту описується формулою:

$$C_p = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \frac{R_i^{ret} + E_i^{cyc} + M_i^{rep}}{R_i^{tot}}, \quad (1.1)$$

де C_p – рівень циркуляційної організації продукту проекту; R_i^{ret} – обсяг повторно використаних ресурсів; E_i^{cyc} – частка енергетичних потоків, що повертаються у систему; M_i^{rep} – обсяг повторного використання матеріальних компонентів; R_i^{tot} – загальний ресурсний обсяг; w_i – вагові коефіцієнти структурних елементів системи.

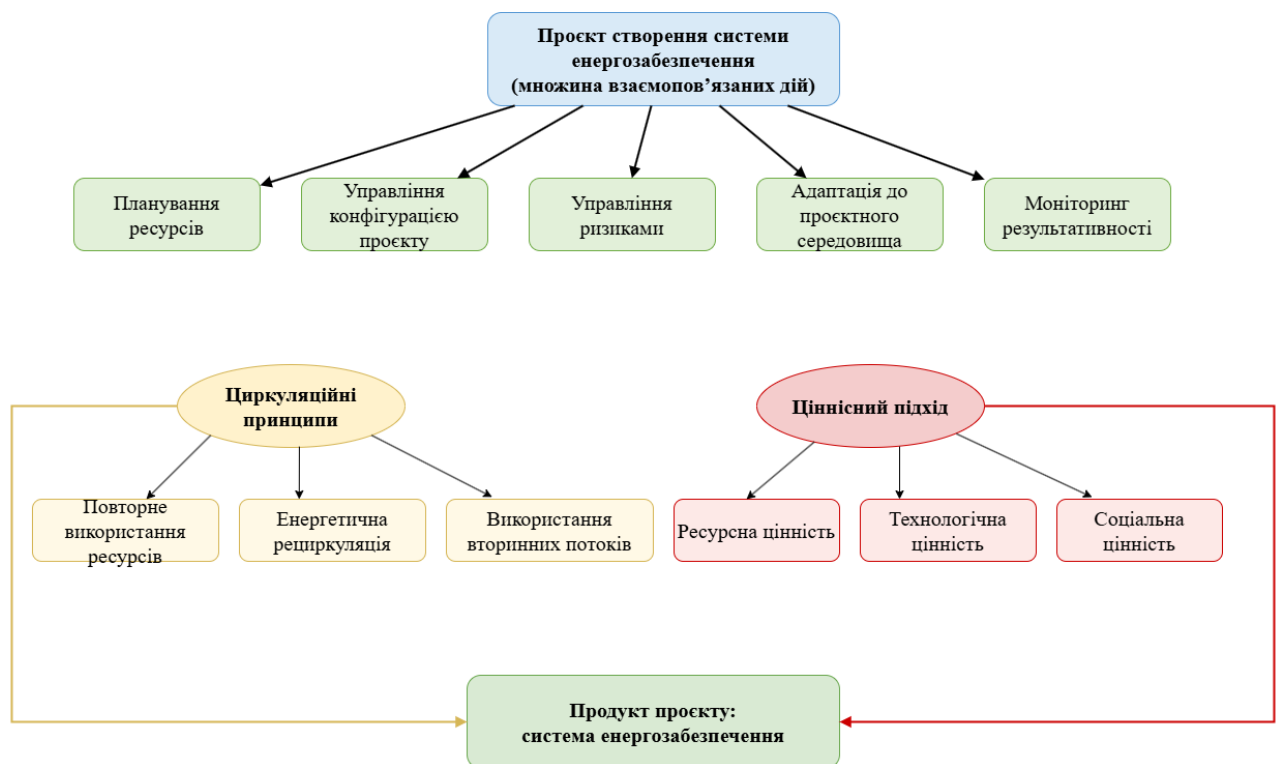


Рисунок 1.5 – Взаємозв'язок циркуляційних принципів і ціннісного підходу в управлінні проектами створення систем енергозабезпечення

У сучасній теорії управління проектами циркуляційність дедалі частіше поєднується із ціннісним підходом, оскільки результативність проекту оцінюється не лише через факт створення продукту, а через інтегральну корисність отриманої системи для зацікавлених сторін [116; 117]. Для проектів енергозабезпечення це особливо важливо, оскільки створена система повинна генерувати цінність одночасно в кількох напрямках – ресурсній, економічній, соціальній, технологічній та екологічній.

На відміну від традиційного підходу, де основним критерієм успішності проекту виступає дотримання бюджету, термінів і технічних характеристик, ціннісний підхід дозволяє оцінювати ступінь відповідності продукту проекту стратегічним потребам середовища функціонування [67; 190].

Інтегральна цінність системи енергозабезпечення як продукту проекту описується формулою:

$$V_p = \alpha V_r + \beta V_t + \gamma V_s + \delta V_e, \quad (1.2)$$

де V_r – ресурсна цінність; V_t – технологічна цінність; V_s – соціальна цінність; V_e – екологічна цінність; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – коефіцієнти вагомості.

Практика реалізації енергетичних проектів показує, що найбільш стійкими є ті проєктні рішення, у яких циркуляційні механізми інтегруються безпосередньо в логіку управління конфігурацією продукту. У цьому випадку зміна зовнішніх умов проєктного середовища не призводить до втрати функціональності системи, а активує внутрішні механізми її адаптації [140; 186].

Особливого значення це набуває у проєктах автономного енергозабезпечення житлових масивів, де продукт проєкту повинен працювати в умовах мінливої ресурсної доступності, сезонної зміни навантажень, мінливості генерації та динамічного проєктного середовища. Саме тому сучасні дослідження в галузі управління проектами розглядають циркуляційність як інструмент підвищення життєздатності продукту проєкту (табл. 1.4), а ціннісний

підхід – як механізм обґрунтування управлінських рішень щодо його конфігурації [80; 117].

Таблиця 1.4 – Характеристика використання циркуляційних і ціннісних принципів у проєктах енергозабезпечення

Елемент управління проєктом	Прояв циркуляційного принципу	Управлінська цінність	Джерело
Формування ресурсної бази	Повторне залучення вторинних ресурсів	Зниження залежності від зовнішніх поставок	[107]
Конфігурація продукту проєкту	Інтеграція циклів накопичення енергії	Підвищення стійкості продукту	[122]
Управління змінами	Перерозподіл енергетичних потоків	Адаптивність системи	[140; 186]
Проектний контроль	Моніторинг ефективності використання ресурсів	Підвищення якості управлінських рішень	[83]
Формування проєктної цінності	Багатокритеріальне оцінювання результату	Зростання інтегральної цінності	[116; 117]

Аналіз таблиці 1.4 показує, що використання циркуляційних принципів та ціннісних підходів у проєктах енергозабезпечення змінює традиційний підхід до управління проєктами. Це пов'язано із тим, що основні управлінські рішення скеровуються не лише на досягнення технічного результату, а й на забезпечення довгострокової стійкості продукту проєкту (системи енергозабезпечення). Найбільш суттєвий вплив циркуляційність має на етапах формування ресурсної бази та конфігурації продукту, де повторне використання ресурсів і інтеграція

циклів накопичення енергії дозволяють зменшити зовнішню ресурсну залежність і підвищити функціональну стабільність системи. Водночас механізми управління змінами та проєктного контролю забезпечують адаптацію системи до динаміки проєктного середовища через постійний моніторинг енергетичних потоків і коригування управлінських дій. Особливе значення має формування проєктної цінності, оскільки багатокритеріальне оцінювання результату дозволяє розглядати ефективність створеної системи не лише через економічний ефект, а через інтегральну цінність для ресурсного, технологічного та екологічного середовища.

1.4. Доцільність розроблення інструментарію циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

В останні роки розширення житлових масивів у великих містах України та світу супроводжується різким зростанням потреби в надійному, гнучкому та економічно обґрунтованому енергозабезпеченні. Традиційні централізовані енергосистеми, що ґрунтуються переважно на використанні викопного палива, дедалі частіше виявляють обмежену здатність ефективно задовольняти ці потреби. Це зумовлено високою вартістю їх експлуатації, суттєвими втратами під час передавання енергії, залежністю від нестабільних цін на паливо та значним екологічним навантаженням на довкілля [1; 115; 179]. За таких умов підвищується актуальність переходу до локальних і децентралізованих систем енергозабезпечення, здатних забезпечити вищий рівень автономності житлових територій.

Водночас аналіз наявних підходів до управління проєктами в енергетичному секторі засвідчує, що більшість із них орієнтована насамперед на технічні та фінансові показники результативності. Екологічні, соціальні та довгострокові складові ціннісні здебільшого залишаються другорядними.

Унаслідок цього чимало проєктів, які формально демонструють прийнятну економічну ефективність, не забезпечують відчутної вигоди для громади, не підвищують стійкість житлової інфраструктури та не створюють тривалих переваг для довкілля [7; 19; 180]. Крім того, суттєвим недоліком сучасного інструментарію управління проєктами є відсутність системної інтеграції інноваційних технічних рішень у практику проєктного менеджменту. Такі рішення часто впроваджуються як окремі ініціативи, а не як складові цілісної системи управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, що знижує їх практичну результативність [7; 177; 178; 180].

Для України ця проблематика набуває особливої ваги в контексті післявоєнного відновлення, коли досягнення енергетичної стійкості та автономності на місцевому рівні стає не лише інфраструктурним завданням, а й передумовою формування безпечних, самодостатніх і придатних для життя громад. За таких умов особливої уваги потребує впровадження підходів циркулярної економіки, заснованих на повторному використанні ресурсів, мінімізації відходів і формуванні замкнених циклів ресурсокористування. Попри те, що концепція циркулярної економіки вже довела свою ефективність у низці виробничих і біоенергетичних систем, у проєктах розвитку систем енергозабезпечення житлових масивів вона поки що інтегрована недостатньо повно [1; 178]. Водночас саме ця концепція відкриває можливості для створення децентралізованих енергосистем, у яких органічні відходи та інші місцеві ресурси використовуються як відновлювані джерела енергії.

Особливого значення набуває перехід до ціннісно орієнтованого управління проєктами. Його сутність полягає не лише у досягненні запланованих техніко-економічних параметрів, а у формуванні довгострокових суспільних, екологічних і функціональних вигод. Такий підхід дає змогу пов'язати результати проєкту з потребами громади, зменшенням її вразливості до зовнішніх ризиків, посиленням енергетичної стійкості та формуванням належного проєктного середовища [84; 129; 157]. Разом із тим відсутність комплексних моделей, які б поєднували інструменти проєктного управління,

принципи циркулярної економіки та механізми оцінювання цінності, істотно стримує модернізацію житлової інфраструктури відповідно до цілей сталого розвитку [6; 101; 115; 129; 157].

Таким чином, науково-прикладна задача, що розглядається в роботі, полягає в розробленні інструментарію циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів. Такий підхід забезпечує ефективне залучення місцевих відновлюваних ресурсів, підвищення енергетичної автономії, а також створення економічної, екологічної та соціальної цінності для населення громад.

Аналіз наукових досліджень і публікацій засвідчує, що останніми роками спостерігається активне використання підходів циркулярної економіки, біоенергетики та проєктного управління. Незважаючи на це, основна частина досліджень зосереджена або на технічних аспектах обґрунтування конфігурації біоенергетичних систем або на окремих інструментах обґрунтування управлінських рішень [1; 158; 179; 180]. У працях, присвячених конфігурації біоенергетичних систем з органічних відходів, обґрунтовується доцільність раціонального поєднання технологічних компонентів та ресурсних потоків, однак ці результати переважно орієнтовані на виробничі або аграрні об'єкти [1; 179; 181]. Для житлових масивів, які характеризуються іншою структурою споживання, вищою соціальною чутливістю та залежністю від просторових характеристик території, подібні підходи ще не набули належного розвитку.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із упровадженням циркулярної економіки у будівництві, інфраструктурних та мегапроєктах. У цих роботах розглядаються різні інструменти оцінювання циркулярності, зокрема багатокритеріальні підходи, цілісні рамкові моделі та проєктно-організаційні індикатори [6; 101]. Разом із тим такі підходи, попри їх безсумнівну методологічну цінність, здебільшого залишаються або на рівні загальної концепції, або орієнтовані на окремі галузі, не враховуючи специфіки управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Передусім вони недостатньо

враховують соціальні ефекти, безпекові ризики, локальні ресурсні обмеження та мінливість зовнішнього проєктного середовища [19; 21; 84].

Важливими працями є ті, які присвячені управлінню цінністю та отриманню вигод від реалізації проєктів. У них доведено, що успіх проєкту не оцінюється винятково через дотримання бюджету, термінів і технічних параметрів, а має пов'язуватися із реальним створенням стратегічної та суспільної цінності [115; 129; 157]. Проте в більшості таких досліджень питання цінності не поєднуються з циркуляцією ресурсів, просторовими характеристиками житлових масивів і завданнями локального енергозабезпечення. Через це наявні моделі не забезпечують повної інтеграції технічних, соціальних, екологічних та управлінських складових у межах єдиної системи.

Отже, на цей час залишається невирішеною науково-прикладна задача створення інтегрованої циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Попри наявність значної кількості досліджень у сферах енергетики, управління проєктами та циркулярної економіки, більшість із них не забезпечує комплексного врахування взаємозв'язку технічних, соціальних, екологічних і просторових чинників мінливого проєктного середовища [101; 115; 129]. Традиційні підходи створювалися переважно для умов відносно стабільної інфраструктури та орієнтувалися на короткострокову економічну ефективність, що не дає змоги адекватно відобразити реальні умови функціонування та розвитку сучасних житлових масивів.

Однією з основних прогалин є відсутність методів і моделей, здатних інтегрувати повторне використання ресурсів, а також їх використання офісами управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Хоча принципи циркулярної економіки вже довели свою ефективність у промисловому та виробничому секторах, у житловій інфраструктурі їх застосування залишається фрагментарним. Це істотно знижує потенціал формування замкнених

енергетичних циклів на рівні громад та не дозволяє повною мірою реалізувати переваги використання локальних органічних ресурсів [1; 6; 101; 181].

Не менш важливою є проблема формалізації цінності у процесах управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. У сучасних дослідженнях підкреслюється доцільність створення довгострокової цінності для громад, але практичні механізми кількісного оцінювання соціальних, екологічних та інституційних вигід залишаються недостатньо обґрунтованими [115; 129; 157]. Під час прийняття управлінських рішень перевага часто надається показникам короткострокової економічної результативності, тоді як суспільні вигоди, підвищення енергетичної автономії та зниження екологічного навантаження житлових масивів не отримали належного відображення в моделях.

Додатковою невирішеною складовою є недостатнє врахування просторових характеристик житлових масивів. Існуючі підходи, як правило, не охоплюють відмінності у структурі заселення житлових масивів, конфігурації забудови, доступності транспортної та інженерної інфраструктури, а також впливу локальних загроз і ризиків. Геоінформаційні технології та засоби просторового аналізу лише починають інтегруватися в інструментарій проектного управління. Проте рівень їх використання все ще є недостатнім для побудови комплексних сценаріїв розвитку систем енергозабезпечення житлових масивів [19; 21].

Особливістю проектів енергозабезпечення житлових масивів є потреба одночасного врахування кількох груп чинників проектного середовища, які діють системно (табл. 1.5). Водночас, параметри конфігурації проектів енергозабезпечення житлових масивів та їх продуктів залежать від обсягів доступних органічних відходів, характеристик забудови, рівня енергоспоживання, просторової структури території та ризиків зовнішнього проектного середовища. Водночас соціальні та екологічні ефекти від реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів визначають їх довгострокову цінність для громади.

Таблиця 1.5 – Ознаки доцільності розробки циркуляційно-ціннісного інструментарію управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Ознака	Характеристика	Доцільність врахування у інструментарії управління проєктами
Зростання попиту на локальне енергозабезпечення	Розширення житлових масивів і підвищення навантаження на централізовані мережі	Формування децентралізованих конфігурацій енергозабезпечення
Наявність органічних відходів як місцевого ресурсу	Постійне утворення органічних відходів у межах житлових територій	Інтеграція принципів циркулярної економіки у проєктні рішення
Потреба в енергетичній автономії	Підвищення вразливості та ризику зумовлені динамічним проєктним середовищем	Обґрунтування конфігурацій проєктів та їх продуктів із врахуванням ризиків
Доцільність оцінювання цінності для громади	Потреба врахування не лише економічних, а й соціальних та екологічних вигод	Використання ціннісних показників у системі управління проєктами
Просторова неоднорідність житлових масивів	Відмінності в забудові, щільності населення, інфраструктурі	Використання геоінформаційного та просторового моделювання
Динамічність проєктного середовища	Зміни у ресурсах, ризику, вимоги і потреби населення	Розроблення адаптивного інструментарію управління проєктами

Саме тому доцільно враховувати взаємозв'язки технічних, ресурсних, екологічних, соціальних і просторових чинників проєктного середовища як основу для розробки інтегрованої циркуляційно-ціннісного інструментарію управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів [19; 101; 115; 181].

Дані табл. 1.5 свідчать, що доцільність розроблення циркуляційно-ціннісного інструментарію управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, що обумовлено множиною взаємопов'язаних передумов. Це пов'язано із актуальністю потреби в локальному енергозабезпеченні житлових масивів, наявністю доступних ресурсів та органічних відходів, доцільністю підвищення енергетичної автономії, а також потребою інтеграції соціальних, екологічних і просторових складових у інструментарій для прийняття управлінських рішень [1; 101; 115; 179].

Таким чином, на відміну від існуючих підходів, циркуляційно-ціннісне управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів має враховувати використання локальних і вторинних ресурсів у межах циркулярної економіки, оцінювання довгострокової соціальної та екологічної цінності для зацікавлених сторін поряд з економічними показниками, просторово орієнтоване моделювання із застосуванням сучасних геоінформаційних технологій, а також адаптацію до динамічних змін проєктного середовища на основі актуальних даних про його стан. Саме це формує теоретичне і прикладне підґрунтя для розроблення нового інструментарію управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

Висновки до 1 розділу

1. Виконаний аналіз сучасного стану систем енергозабезпечення житлових масивів свідчить про те, що їх розвиток відбувається у напрямі переходу від традиційних централізованих схем до адаптивних енергетичних систем, у яких інтегруються цифрове управління, локальні джерела генерації,

накопичення енергії та механізми гнучкого балансування. Це формує передумови для розроблення нових підходів до управління проєктами створення таких систем з орієнтацією на енергетичну автономність, функціональну стійкість і здатність до адаптації в умовах мінливого проєктного середовища.

2. Аналіз моделей і методів управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури підтверджує поступовий перехід від детермінованих підходів до адаптивних ціннісно-орієнтованих моделей, здатних враховувати складність проєктного середовища, багатоваріантність рішень і динаміку зовнішніх впливів. Це свідчить про потребу формування спеціалізованого інструментарію управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, орієнтованого на поєднання адаптивності, цифрової підтримки та інтегральної цінності від створеного продукту проєкту.

3. Встановлено, що використання циркуляційних принципів і ціннісних підходів у проєктах енергозабезпечення формує нову логіку управління, за якої управлінські рішення орієнтуються не лише на створення продукту проєкту, а й на забезпечення його довгострокової ресурсної стійкості, функціональної адаптивності та інтегральної цінності. Найбільш виражений вплив циркуляційності має на етапах формування ресурсної бази та конфігурації продукту, де повторне залучення ресурсів і використання циклів накопичення енергії дозволяють зменшити зовнішню залежність системи та підвищити її стабільність. Водночас механізми управління змінами, проєктного контролю і багатокритеріального оцінювання результату забезпечують адаптацію системи енергозабезпечення до динаміки проєктного середовища, що підтверджує доцільність розроблення циркуляційно-ціннісного підходу до управління проєктами створення систем енергозабезпечення.

4. Обґрунтовано доцільність розроблення інструментарію циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Такий інструментарій зумовлений потребою поєднання в межах єдиного управлінського підходу ресурсної циркуляційності, інтегрального оцінювання цінності продукту проєкту, просторового аналізу територіальних

умов і адаптивного реагування на динамічне проєктне середовище. Це дозволяє перейти від локального техніко-економічного оцінювання проєктів до комплексного управління створенням їх продуктів, орієнтованого на довгострокову автономність, зниження ризиків та підвищення цінності для всіх зацікавлених сторін.

Розділ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ МАСИВІВ

2.1. Особливості та відмінності циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів від існуючих підходів

Під циркуляційно-ціннісним управлінням проєктами енергозабезпечення житлових масивів у нашій роботі розуміється інтегрована управлінська концепція, яка передбачає розгляд проєкту як динамічної системи, що включає взаємопов'язані ресурсні, енергетичні, інформаційні, соціальні та екологічні потоки, а прийняття управлінських рішень орієнтується не лише на досягнення традиційних проєктних показників, а насамперед на формування інтегрованої довгострокової цінності для житлової території, мешканців, інфраструктури та зовнішнього проєктного середовища [106; 162]. На відміну від традиційних моделей, де проєкт має переважно завершений лінійний цикл, у циркуляційно-ціннісному підході закладається механізм повторного використання ресурсів, повторного включення результатів моніторингу в новий цикл управління та адаптивної зміни конфігурації проєкту залежно від зміни динамічного проєктного середовища [88].

Потребу у використанні такого підходу зумовлена тим, що сучасні проєкти енергозабезпечення житлових масивів реалізуються в умовах багаточинникової нестабільності. Зокрема, у їхньому динамічному проєктному середовищі характерні зміни тарифної політики, коливання споживання енергії, потреби інтеграції відновлюваних джерел, вимоги до енергетичної автономності та зростання ролі цифрового моніторингу [101]. У таких умовах класичне управління проєктами, сформоване в межах стандартів Project Management Institute (PMI) [146], демонструє обмеженість, оскільки його методологічна

основа зосереджена переважно на контролі термінів, бюджету та виконання проєкту. У класичному підході успішність проєкту визначається через досягнення параметрів трикутника «час – вартість – якість», однак при цьому поза увагою залишаються накопичувальні ефекти, що формуються після завершення реалізації проєкту.

Класичне управління проєктами передбачає послідовну структуру етапів життєвого циклу управління проєктами – ініціація, планування, виконання, контроль і завершення. Для проєктів енергозабезпечення житлових масивів така логіка виявляється недостатньою. Це пов'язано із тим, що зміни у проєктному середовищі впливають на конфігурацію продукту проєкту, що системно зумовлює подальшу цінність для стейкхолдерів. Наприклад, рішення щодо збільшення резервної акумуляційної ємності або введення додаткового цифрового контролю не створює миттєвого приросту цінності, однак суттєво підвищує стійкість системи енергозабезпечення житлових масивів у майбутніх циклах функціонування [131]. Саме тому класичний підхід не забезпечує повного врахування динаміки проєктного середовища та впливу на цінність від реалізації проєкту (рис. 2.1).

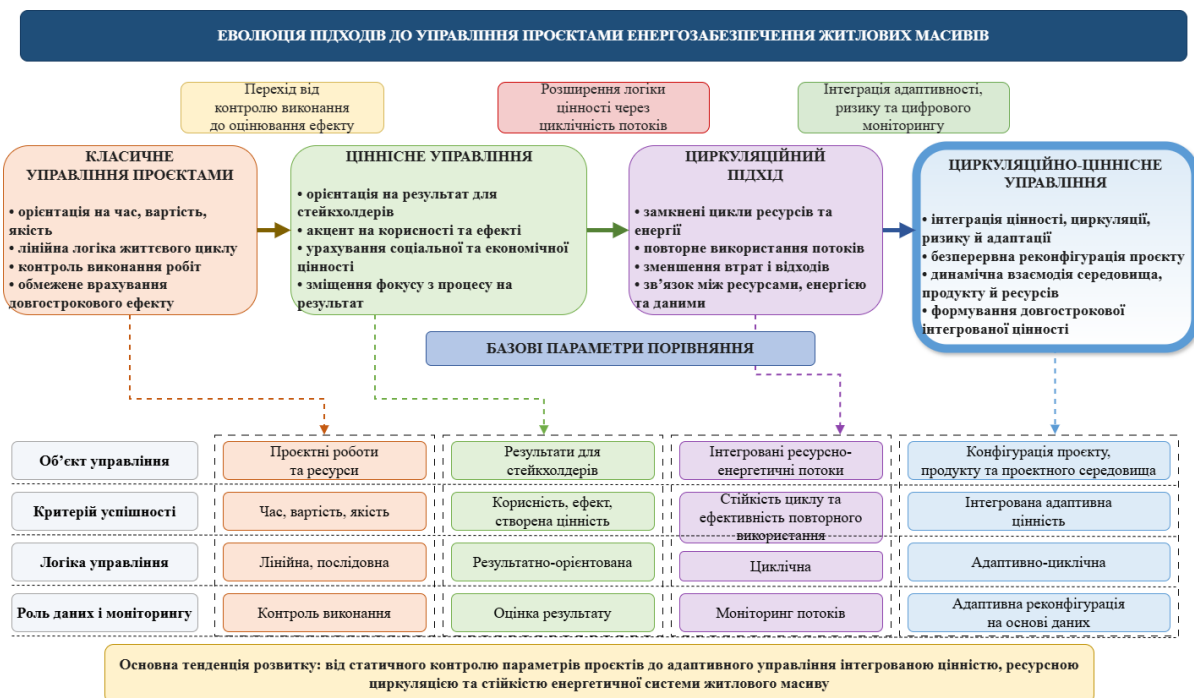


Рисунок 2.1 – Еволюція підходів до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Подальший розвиток управлінської науки призвів до формування ціннісного підходу, у межах якого проєкт розглядається як інструмент створення корисного результату (вигоди) для стейкхолдерів [187]. У проєктах енергозабезпечення житлових масивів це означає, що оцінювання переноситься з параметрів реалізації проєкту на параметри функціонального ефекту, який створюється завдяки використанню продукту проєкту (рівень енергетичної доступності, надійність системи, рівень автономності, скорочення втрат та екологічний результат).

Інтегральна цінність описується формулою:

$$V_{int}(t) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(t), \quad (2.1)$$

де $V_{int}(t)$ – інтегрована цінність проєкту в t -й момент часу; w_i – коефіцієнт вагомості окремої складової; $v_i(t)$ – часткова цінність відповідного компонента.

Попри суттєве розширення управлінських можливостей, ціннісний підхід не враховує механізму повторного використання ресурсів, які продукуються самою системою. Це стає особливо важливим у сфері енергозабезпечення житлових масивів, де вторинні потоки органічних відходів, інформації та матеріалів формують додатковий ефект протягом усього життєвого циклу як проєкту, так і його продукту.

Саме тому наступним етапом розвитку інструментарію управління проєктами енергозабезпечення на основі використання поновлюваних джерел енергії став циркуляційний підхід. Він базується на концепції замкнених циклів ресурсовикористання, що характерна для сучасної моделі циркулярної економіки [94]. У сфері енергозабезпечення житлових масивів це означає, що енергетична система розглядається як середовище постійного повторного використання потоків сировини. Наприклад, органічні відходи домогосподарств використовуються як джерело для виробництва біогазу, тепла надлишкова

енергія – як вторинний ресурс, а цифрові дані моніторингу – як основа наступного циклу управлінських процесів.

Формалізовано циркуляційний компонент описується залежністю:

$$C(t) = f(R_t, E_t, I_t), \quad (2.2)$$

де R_t – потоки ресурсів у t -му часовому інтервалі; E_t – енергетичні потоки у t -му часовому інтервалі; I_t – інформаційні потоки у t -му часовому інтервалі.

Проте окремо циркуляційний підхід також не формує повної управлінської методології. Зокрема, він не дає інструменту одночасного врахування ризику, цінності та узгодження конфігурацій проєкту, продукту та проєктного середовища. Саме ця особливість зумовлює потребу у доцільності використання концепції циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

У запропонованій концепції циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів окремий проєкт розглядається як система, у якій цінність формується через постійну взаємодію між ресурсною підсистемою, технологічною підсистемою, соціальною складовою та екологічним результатом. Водночас управлінське рішення має характер безперервної реконфігурації, коли зміна зовнішнього проєктного середовища автоматично коригує конфігурацію проєкту та його продукту [47].

Під реконфігурацією розуміється процес зміни існуючої конфігурації проєкту, продукту проєкту за зміни конфігурації проєктного середовища. Вона передбачає повторне впорядкування компонентів (2.2) для покращення функціонування, адаптації до динамічного проєктного середовища.

Інтегральний стан такої системи описується виразом:

$$S(t) = \alpha V(t) + \beta C(t) + \gamma A(t) + \delta R(t), \quad (2.3)$$

де $V(t)$ – ціннісний компонент; $C(t)$ – циркуляційний компонент; $A(t)$ – адаптивний компонент; $R(t)$ – ризиковий компонент; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – коефіцієнти управлінської вагомості.

Для відображення відмінностей між означеними підходами сформовано порівняльну таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика підходів до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

Характеристика	Класичне управління	Ціннісне управління	Циркуляційний підхід	Циркуляційно-ціннісне управління
Основний критерій успішності	Час, бюджет, якість	Цінність для стейкхолдерів	Повторне використання ресурсів	Інтегрована довгострокова цінність
Логіка процесу	Лінійна	Результативно-орієнтована	Циклічна	Адаптивно-циклічна
Тип ресурсної взаємодії	Односпрямована	Частково інтегрована	Замкнений цикл	Багаторівнева циркуляція
Урахування ризику	Контроль відхилень	Через вплив на цінність	Через сталість потоку	Частина інтегрованої моделі
Роль цифрових даних	Контроль виконання	Оцінка результату	Моніторинг потоків	Безперервна реконфігурація

Циркуляційно-ціннісне управління проектами енергозабезпечення житлових масивів відрізняється тим, що в ньому управлінське рішення формується не після завершення етапу, а в режимі постійного зміни конфігурації проектного середовища, що впливає на конфігурації проекту та його продукту (рис. 2.2). Якщо змінюється тарифна політика, рівень споживання або ресурсна

доступність, управлінська система переходить до нового управлінського циклу без розриву між фазами проєкту енергозабезпечення житлових масивів.

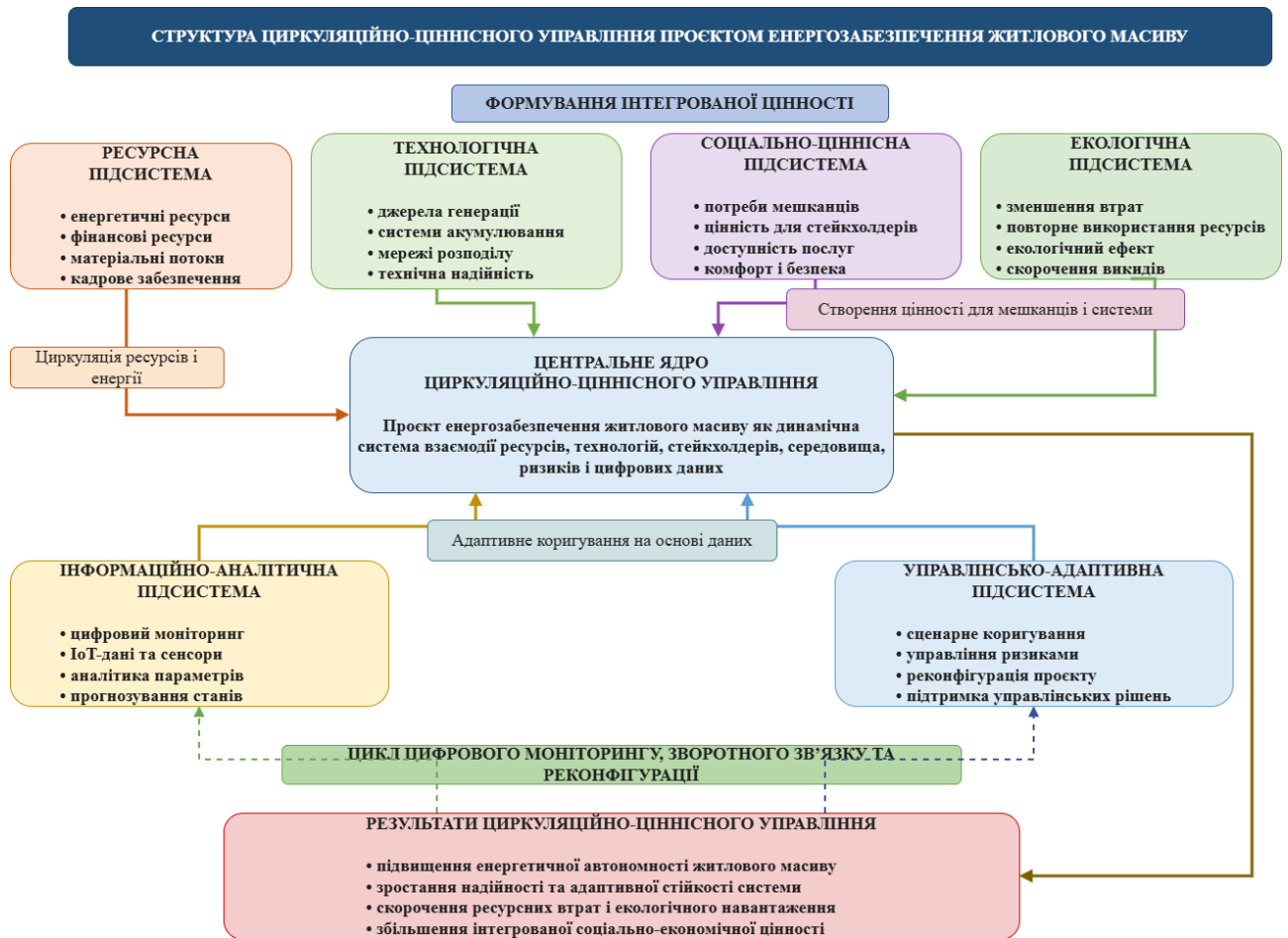


Рисунок 2.2 – Структура циркуляційно-ціннісного управління проєктом енергозабезпечення житлового масиву: суцільні стрілки – прямий функціональний вплив; пунктирні стрілки – зворотний зв'язок і управлінське оновлення конфігурації

Таким чином, циркуляційно-ціннісне управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів формує нову методологічну основу, яка поєднує логіку створення цінності, враховує принципи циркулярної економіки, адаптивну зміну конфігурації проєкту та його продукту за зміни конфігурації проєктного середовища та передбачає управління ризиком в єдиній системі управління зазначеними проєктами. Саме така інтеграція дозволяє перейти від

статичного управління інфраструктурними проектами до безперервного управління розвитком енергетичної системи житлових масивів.

2.2. Теоретичні засади формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів

Формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів слід розглядати не лише як економічний результат реалізації проєкту. У сучасній теорії управління проєктами дедалі більшої ваги набуває підхід, за яким кінцевий результат проєкту визначається не лише технічним завершенням робіт, а сукупністю вигоди, що отримують всі групи зацікавлених сторін [147]. Саме тому у нашій роботі цінність проєкту енергозабезпечення житлового масиву пропонується представляти як інтегрований корисний результат (вигоди), який формується внаслідок поєднання технічних, ресурсних, соціальних, екологічних та організаційних рішень. У подальшому проявляється через отримані вигоди зацікавлених сторін у процесі використання створеного продукту проєкту (функціонування енергетичної системи) [66].

На відміну від класичного підходу, де результатом вважається введення в експлуатацію певного технічного комплексу, у проєктах енергозабезпечення житлових масивів вигоди мають значно ширший зміст. Для мешканців житлового масиву вони проявляються через стабільність постачання енергії, передбачуваність витрат, підвищення комфорту проживання, зменшення ризику перебоїв у енергозабезпеченні та загальній енергетичній вразливості. Для органів місцевого самоврядування важливими є підвищення стійкості енергетичної інфраструктури, зменшення залежності від зовнішніх джерел енергії, покращення керованості енергетичними потоками і можливість оперативного реагування на зміни навантаження. Для інвесторів вигоди полягають у стабільності функціонування створеної енергетичної системи,

передбачуваності експлуатаційних витрат і зниженні невизначеності щодо довгострокового використання вкладених ресурсів [185].

Вигоди доцільно розглядати як систему, що виникає після завершення окремих етапів проєкту енергозабезпечення житлового масиву і продовжує формуватися протягом експлуатаційного періоду його продукту. Вигоди не є миттєвими ефектами, а накопичуються поступово. Це пов'язано із тим, що частина результатів проявляється лише після адаптації енергетичної системи житлового масиву до реального проєктного середовища. Саме тому в управлінні проєктами енергозабезпечення житлових масивів важливо враховувати не лише первинний технічний ефект, а й подальший приріст функціональної корисності [162].

Інтегральна цінність проєкту енергозабезпечення житлових масивів записується:

$$V_{\text{int}} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot B_i, \quad (2.4)$$

де V_{int} – інтегральна цінність проєкту; B_i – окрема i -та вигода, що формується за заданим напрямом оцінювання; w_i – коефіцієнт вагомості i -ї вигоди.

Особливістю проєктів енергозабезпечення житлових масивів є те, що цінність формується одночасно на кількох рівнях. Це дозволяє говорити про її багаторівневність (рис. 2.3). На першому рівні формується операційна цінність, що безпосередньо пов'язана з ефективністю роботи енергетичної системи – стабільністю генерації, рівнем технічних втрат, режимами споживання та надійністю постачання. На другому рівні виникає інфраструктурна цінність, яка відображає здатність створеної системи працювати у змінних умовах навантаження, інтегрувати резервні джерела, адаптуватися до змін зовнішнього проєктного середовища. На третьому рівні формується суспільна цінність, яка проявляється через підвищення якості життя населення, зменшення соціальної вразливості та посилення довіри до інфраструктурних рішень [187].

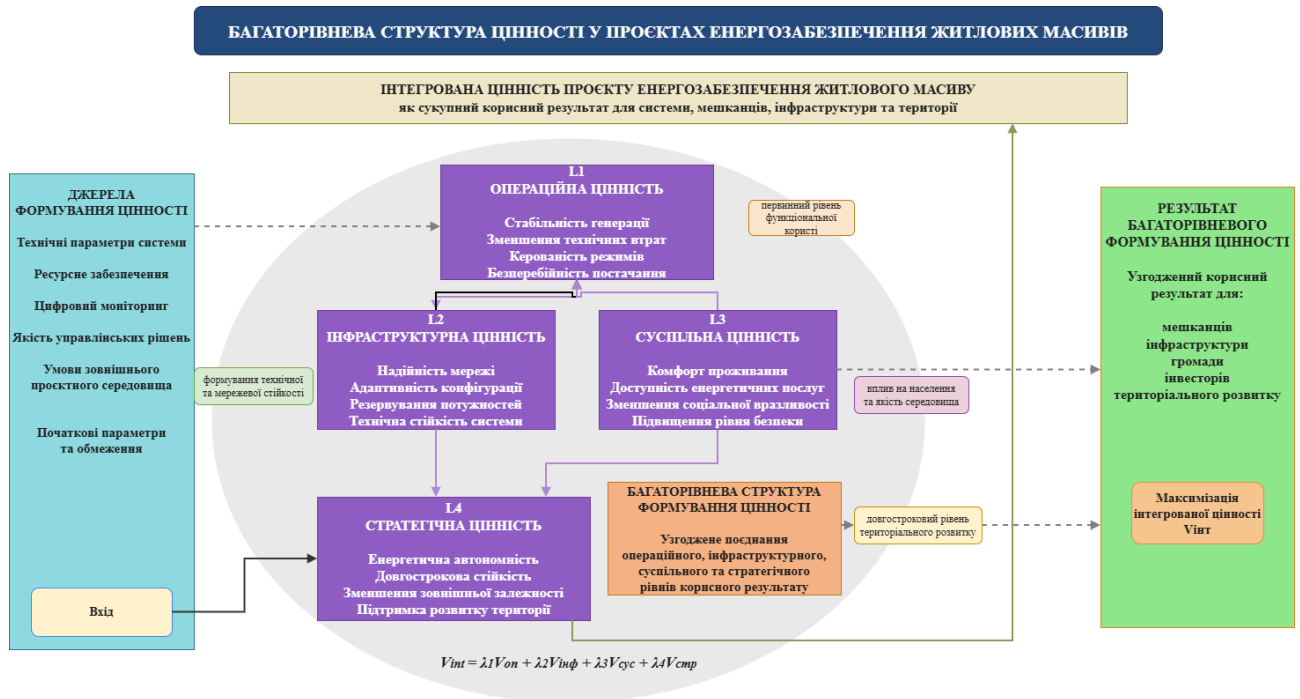


Рисунок 2.3 – Багаторівнева структура цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів: суцільні стрілки – внутрішні взаємозв'язки між рівнями цінності; пунктирні стрілки – зовнішній вплив і передача інтегрованого результату

На четвертому рівні виникає стратегічна цінність, яка пов'язана з довгостроковою стійкістю території, зменшенням залежності від зовнішніх енергетичних ризиків, формуванням енергетичної автономності та створенням передумов для подальшого розвитку житлового масиву. Саме багаторівневність визначає принципову відмінність цінності у таких проєктах від класичного розуміння результату, яке характерне для звичайних інженерних або будівельних проєктів [106].

У сучасній теорії управління проєктами дедалі більшого значення набуває положення про те, що цінність повинна оцінюватися з позиції всіх зацікавлених сторін [146]. Для проєктів енергозабезпечення житлових масивів це особливо важливо, оскільки різні учасники мають відмінні очікування від результатів реалізації проєкту. Для мешканців основним критерієм виступає безперебійність енергозабезпечення, доступність послуг та прийнятний рівень витрат. Для органів місцевого самоврядування важливими є територіальна стійкість, соціальна безпека та відповідність стратегічним планам розвитку. Для

операторів інфраструктури основне значення мають технічна надійність, керованість потоків і мінімізація аварійних режимів [92].

У зв'язку з цим доцільно використовувати поняття цінності для зацікавлених сторін як сукупності значущих результатів, які різні їх групи отримують у процесі функціонування системи (рис. 2.4). Такий підхід дозволяє уникнути спрощеного трактування ефективності лише через фінансовий результат. У багатьох випадках соціальний ефект, екологічне зниження навантаження або підвищення безпеки мають більшу вагу, ніж короткостроковий економічний ефект [89].

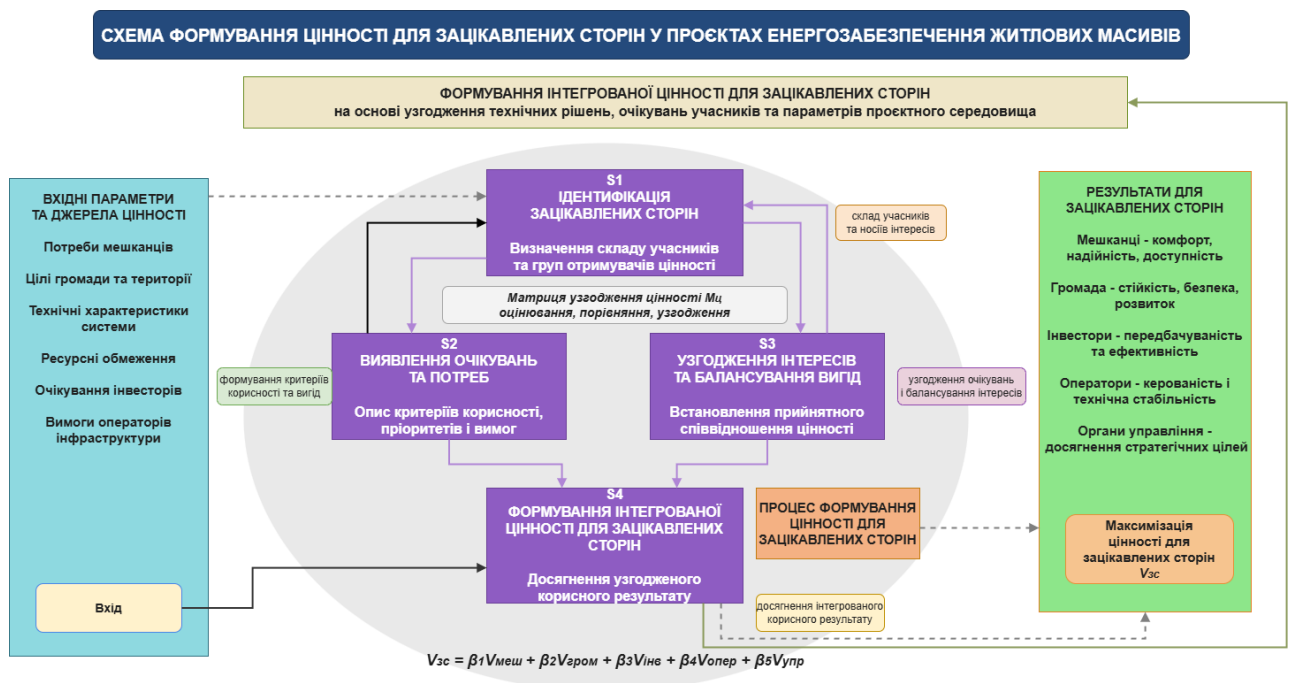


Рисунок 2.4 – Схема формування цінності для зацікавлених сторін у проєктах енергозабезпечення житлових масивів: суцільні стрілки – внутрішні зв'язки між етапами формування цінності; пунктирні стрілки – зовнішній вплив і передавання узгодженого результату зацікавленим сторонам

Цінність для зацікавлених сторін описується формулою:

$$V_{st} = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot V_j, \quad (2.5)$$

де V_{st} – сумарна цінність для зацікавлених сторін; V_j – часткова цінність для окремої групи; α_j – коефіцієнт вагомості відповідної групи у конкретній конфігурації проєкту.

Важливим теоретичним положенням (табл. 2.2) є також управління цінністю як системний підхід до визначення, створення, підтримання та розвитку вигод впродовж усього життєвого циклу проєкту енергозабезпечення житлових масивів [105]. У межах такого підходу цінність не розглядається як фіксований показник, що визначається один раз на початку реалізації проєкту, а формується динамічно в процесі адаптації проєкту до змін проєктного середовища. Для проєктів енергозабезпечення житлових масивів це означає, що управлінські рішення постійно враховують зміну споживання, ресурсної доступності, технічного стану системи енергозабезпечення та поведінки мешканців житлових масивів.

Таблиця 2.2 – Складові формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів

Складова	Зміст	Прояв у проєктах енергозабезпечення житлових масивів
Вигоди	Сукупність вигод після реалізації проєкту	Надійність постачання, комфорт, зменшення втрат
Багаторівнева цінність	Формування результату на кількох рівнях	Операційний, інфраструктурний, суспільний, стратегічний
Цінність для зацікавлених сторін	Вигоди для різних учасників	Мешканці, громада, оператори, інвестори
Управління цінністю	Системне формування й підтримання вигод	Узгодження функцій, ресурсів і довгострокового ефекту

Особливої ваги це набуває тоді, коли продукт проєкту енергозабезпечення житлових масивів включає декілька джерел генерації, резервні накопичувачі,

цифровий моніторинг і змінні режими навантаження. У такому випадку цінність формується не лише через вибір початкової конфігурації проєкту та його продукту, а через їх подальше коригування. Саме тому управління цінністю у проєктах енергозабезпечення житлових масивів нерозривно пов'язане з адаптивним управлінням, прогнозуванням і системою постійного зворотного зв'язку із урахуванням динамічного проєктного середовища [147]. Узагальнення теоретичних положень подано у таблиці 2.2.

Таким чином, теоретичні засади формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів ґрунтуються на поєднанні чотирьох основних положень: 1) корисного результату як системи вигод для зацікавлених сторін; 2) формування багаторівневої цінності; 3) орієнтації на зацікавлені сторони; 4) системного управління формуванням цінності впродовж усього життєвого циклу проєкту. Саме така логіка надалі створює основу для переходу до циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, де цінність розглядається як динамічний результат безперервної взаємодії ресурсів, динамічного проєктного середовища та управлінських рішень.

2.3. Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Сучасні житлові масиви слід розглядати не лише як сукупність будівель і мереж, а як складні соціотехнічні системи, у межах яких поєднуються процеси споживання енергії, функціонування інженерної інфраструктури, утворення органічних відходів, цифрового моніторингу та прийняття управлінських рішень. Саме тому реалізація проєктів енергозабезпечення житлових масивів потребує використання сучасних інформаційних технологій, які забезпечують можливість опрацювання великих масивів різномірних даних, відображати стан проєкту в реальному часі, прогнозувати зміну чинників проєктного середовища

та підтримувати вибір раціональних конфігурацій проєкту та його продукту. У межах управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів вагомість інформаційних технологій значно зростає. Це пов'язано із тим, що вони забезпечують не лише технічне управління проєктом, а й формування інтегрованої цінності для мешканців, інфраструктури, громади та довкілля.

Актуальність використання сучасних інформаційних технологій у цій сфері зумовлена декількома взаємопов'язаними чинниками:

1) зростання навантаження на житлову енергетичну інфраструктуру вимагає точного обліку споживання, прогнозування пікових режимів та своєчасного реагування на зміни попиту у енергії;

2) поширення розподілених джерел енергії, накопичувачів, локальних систем керування та цифрових засобів обліку ускладнює структуру проєктного середовища і потребує нових підходів до оброблення інформації;

3) включення у контур управління не лише потоків енергії, а й потоків ресурсів, вторинних продуктів, побутових органічних відходів, а також даних про соціальний ефект, екологічні наслідки та стан проєктного середовища.

За таких умов інформаційні технології стають не допоміжним засобом, а базовим інструментом формування управлінських рішень.

У проєктах енергозабезпечення житлових масивів сучасні інформаційні технології забезпечують розв'язання множини задач, що стосуються усього життєвого циклу зазначених проєктів (рис. 2.5). Йдеться про збір даних щодо фактичного енергоспоживання, параметрів функціонування мережі, режимів навантаження, технічного стану обладнання, характеристик проєктного середовища, а також про подальше узагальнення цієї інформації з метою аналізу, прогнозування, оптимізації та підтримки управління. У межах циркуляційно-ціннісного підходу особливого значення набуває здатність інформаційної системи не лише відображати поточний стан енергетичного комплексу, а й показувати, якою мірою певне управлінське рішення підвищує інтегровану цінність проєкту, сприяє повторному використанню ресурсів, знижує втрати та покращує умови життєзабезпечення населення.

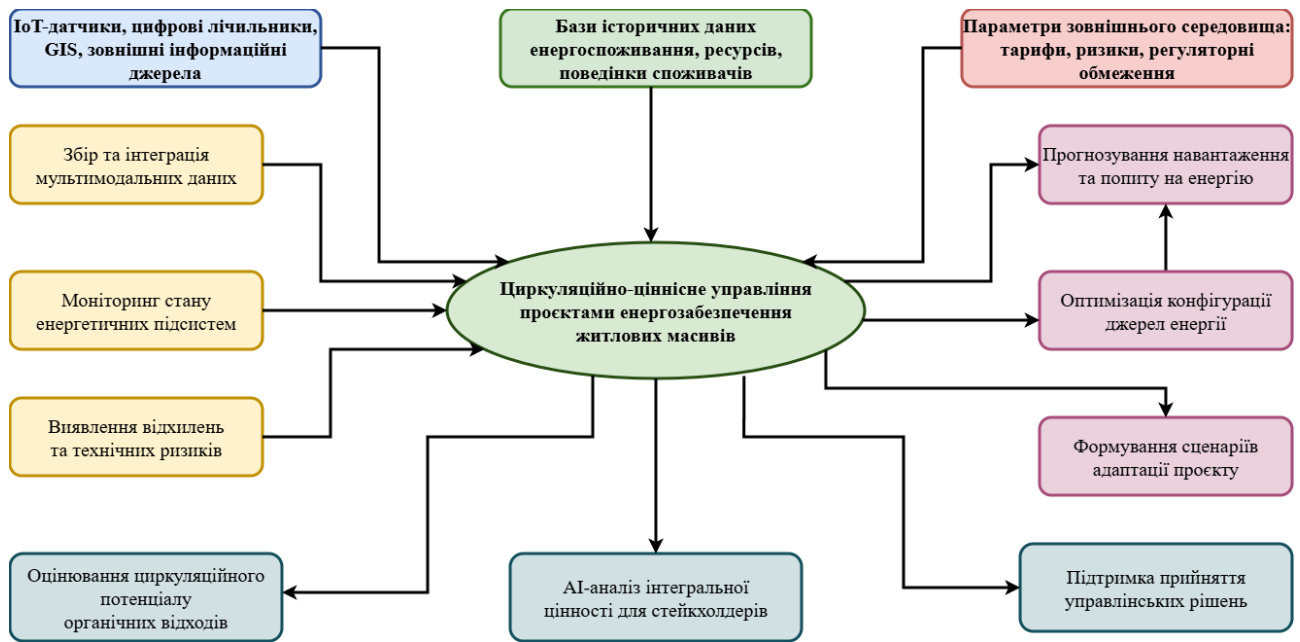


Рисунок 2.5 – Задачі, які вирішуються під час циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі сучасних інформаційних технологій

Однією з основних функцій сучасних інформаційних технологій є збір і аналітичне опрацювання даних. Для цього використовуються цифрові датчики, інтелектуальні лічильники, автоматизовані системи диспетчеризації, локальні пристрої вимірювання параметрів проектного середовища, а також програмні платформи, що забезпечують агрегування інформації з різних джерел. Такі технології дозволяють отримувати точні та актуальні відомості про обсяги споживання енергії, зміни у часі складових проєктів, просторовий розподіл попиту на енергію, рівень втрат, технічні відхилення та умови функціонування окремих елементів інфраструктури. У результаті формується цифрова основа для оцінювання фактичного стану проєкту, виявлення його слабких місць та обґрунтування управлінських рішень щодо подальших дій відносно формування продукту.

Не менш важливою є функція моніторингу та контролю за станом проектного середовища. У традиційному підході контроль переважно зводився

до фіксації наслідків уже виниклих відхилень, тоді як сучасні інформаційні технології дозволяють виявляти проблеми на ранніх стадіях реалізації проєктів.

Для циркуляційно-ціннісного управління принциповим є також використання інформаційних технологій у задачах прогнозування. На підставі історичних даних, поточних вимірювань, сценарних припущень і зовнішніх чинників проєктного середовища цифрові системи дозволяють оцінювати майбутню динаміку енергоспоживання, зміну режимів навантаження, імовірність дефіциту потужності, потребу в резервуванні, а також можливість більш ефективного залучення вторинних ресурсів. Розглядувані проєкти енергозабезпечення житлових масивів передбачають використання побутових органічних відходів населення як частини ресурсної бази для енергозабезпечення. При цьому сучасні інформаційні технології використовуються для оцінювання обсягів утворення таких відходів, прогнозу динаміки їх накопичення, просторового розподілу та потенціалу перетворення на енергію.

Окремий напрям становить застосування інформаційних технологій у задачах моделювання та оптимізації конфігурації проєкту енергозабезпечення житлових масивів та його продукту. За допомогою цифрових моделей виконується порівняння альтернативних варіантів енергозабезпечення житлових масивів, аналіз доцільності різних комбінацій джерел генерації, накопичення, перерозподілу та керування, оцінення впливу зовнішніх чинників проєктного середовища та визначення сценаріїв, які забезпечують оцінити рівень інтегрованої цінності. У межах циркуляційно-ціннісного підходу така оптимізація враховує не лише ефективність і витрати, а й соціальний результат, екологічну доцільність, рівень ризику, а також здатність до повторного використання ресурсів. Отже, інформаційні технології стають інструментом багатокритеріального узгодження проєктних рішень.

Таблиця 2.3 – Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

Інформаційні технології	Приклад застосування	Переваги для циркуляційно-ціннісного управління
Інтернет речей	Використання датчиків, інтелектуальних лічильників і пристроїв збору даних для фіксації параметрів енергоспоживання, стану проектного середовища	Забезпечує точний і безперервний збір даних, підвищує прозорість функціонування системи, створює основу для оперативного управління
Машинне навчання та штучний інтелект	Аналіз динаміки споживання, виявлення прихованих закономірностей, прогнозування навантажень, оцінювання ризиків і сценаріїв	Підвищує точність прогнозів, дозволяє виявляти нелінійні залежності, підтримує обґрунтоване прийняття управлінських рішень
Геоінформаційні технології	Просторовий аналіз житлової забудови, енергетичної інфраструктури, джерел ресурсів і зон ризику	Дозволяє враховувати територіальну специфіку проекту, виявляти просторові диспропорції та раціонально формувати конфігурацію системи
Цифрове моделювання та імітаційні сценарії	Перевірка альтернативних конфігурацій проектів та їх продуктів, моделювання створення цінності, резервування та циркуляції ресурсів	Дає можливість порівнювати сценарії до реалізації проекту, зменшує невизначеність, підвищує якість проектних управлінських рішень
Розумні мережі	Автоматизоване керування потоками енергії, перерозподіл навантаження, інтеграція локальних джерел і накопичувачів	Підвищує гнучкість продукту проекту, надійність енергопостачання та керованість у динамічному проектному середовищі
Системи підтримки прийняття управлінських рішень	Комплексне оцінювання технічних, економічних, екологічних та соціальних складових проекту	Забезпечує багатокритеріальний вибір управлінських рішень та узгодження цінності для різних груп зацікавлених сторін
Цифрові двійники	Віртуальне відтворення продукту проекту з оновленням даних у реальному часі	Дозволяє моделювати поведінку продукту проекту, оцінювати наслідки змін проектного середовища і підтримувати адаптивне управління
Хмарні платформи та інтегровані інформаційні середовища	Централізоване зберігання, оброблення та візуалізація даних про проект і його проектне середовище	Забезпечує інтеграцію інформації з різних джерел, доступність даних для учасників проекту

Суттєве значення також мають системи підтримки прийняття управлінських рішень. У проєктах енергозабезпечення житлових масивів управлінські рішення формується під впливом великої кількості взаємозалежних чинників проєктного середовища, тому простого аналізу окремих показників уже недостатньо.

Потрібні системи підтримки прийняття управлінських рішень, які здатні враховувати дані про ресурси, конфігурацію проєкту та продукту, очікувану цінність для зацікавлених сторін, зовнішні загрози, часову динаміку та сценарії розвитку проєктного середовища. Саме такі інформаційні технології забезпечують перехід від реактивного управління до проактивного, коли проєктні менеджери отримують не лише інформацію про поточний стан реалізації проєкту, а й обґрунтовані рекомендації щодо зміни його конфігурації, коригування потоків ресурсів та вибір раціональних сценаріїв.

Переваги використання сучасних інформаційних технологій для циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів подано у таблиці 2.3.

З наведеної таблиці 2.3 видно, що сучасні інформаційні технології мають значення не лише для підвищення ефективності реалізації проєкту, а й для розширення можливостей управління проєктом та примноження цінності. Якщо в межах класичного підходу цифрові засоби переважно підтримують контроль виконання окремих робіт, то в циркуляційно-ціннісному підході вони забезпечують значно ширший функціонал. Йдеться про виявлення джерел формування цінності, оцінювання динаміки складових проєктного середовища, узгодження інтересів зацікавлених сторін, управління циркуляційним використанням ресурсів, моделювання сценаріїв та адаптивне коригування конфігурації проєкту та його продукту. Саме тому сучасні інформаційні технології повинні розглядатися як методологічна й інструментальна основа реалізації циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

2.4. Структура процесів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

У сучасних умовах розвитку локальних енергетичних систем на території окремих громад слід реалізовувати проєкти енергозабезпечення поселень. Якщо розглядати житлові масиви, то управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів виходить за межі використання традиційних підходів, які орієнтовані переважно на досягнення технічного результату в межах визначених ресурсних, часових та бюджетних обмежень. Особливістю проєктів енергозабезпечення житлових масивів є те, що їх продукт формує не лише інженерну інфраструктуру енергозабезпечення, а й довготривалий багатокомпонентний ефект для територіальної системи. До цього належать енергетична автономність, екологічна стабільність, соціальна прийнятність і додана економічна цінність. Саме тому структура процесів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів має відображати не окремі технічні етапи реалізації зазначених проєктів, а динамічну систему взаємодії управлінських, ресурсних, технологічних, екологічних та ціннісних процесів, які формують інтегральний результат проєкту.

На відміну від класичних підходів, сформованих у шостому виданні методології РМВОК (Project Management Body of Knowledge) [1], де структура управління проєктом ґрунтується на п'яти групах процесів (ініціювання, планування, виконання, моніторинг і контроль, а також завершення), сучасна концепція управління проєктами, представлена у сьомому виданні РМВОК [61; 146; 147], переносить акцент із жорсткої послідовності процесів на систему принципів управління та сфер виконання проєкту, що забезпечують адаптивність управлінських рішень залежно від умов реалізації проєктів та їх проєктного середовища.

Для проєктів енергозабезпечення житлових масивів така еволюція методології є особливо важливою, оскільки їх реалізація відбувається у динамічному проєктному середовищі, де характерні зміни ресурсного

забезпечення, зовнішніх чинників проєктного середовища, ризиків та очікуваної цінності виникають протягом усього їх життєвого циклу. Саме тому, за використання циркуляційно-ціннісного підходу управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів їх реалізація розглядається як безперервний цикл формування, перетворення та повторного використання ресурсів. При цьому кожне управлінське рішення одночасно впливає на поточний стан проєкту та формування продукту, а також на майбутню його здатність генерувати енергетичну, економічну, соціальну й екологічну цінність. За такого підходу проєктні менеджери мають забезпечувати не лише координацію поточних процесів реалізації проєктів, а й підтримувати здатність проєктів до адаптації в умовах динамічного проєктного середовища, повторного узгодження та зміни конфігурації проєктів та їх продуктів з метою забезпечення максимальної цінності після завершення окремих фаз життєвого циклу проєктів.

За використання циркуляційно-ціннісного підходу до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів основою забезпечення формування безперервного циклу перетворення ресурсів у цінність із одночасним збереженням можливості повторного використання ресурсних потоків у наступних циклах. Це означає, що проєктні менеджери повинні враховувати не лише поточний стан реалізації проєкту, а й майбутню здатність продукту проєкту генерувати нову цінність для мешканців житлових масивів.

Процеси циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів подано як багаторівневу систему взаємопов'язаних контурів, у межах яких кожний процес впливає на наступний через механізми управлінського зворотного зв'язку. Інтегральний опис взаємодії процесів описується співвідношенням:

$$P_{cv} = \sum_{j=1}^m \alpha_j P_j + \sum_{k=1}^n \beta_k C_k, \quad (2.6)$$

де P_{cv} – інтегрований процес циркуляційно-ціннісного управління проектом; P_j – окремі базові процеси управління проектом; C_k – циркуляційні процеси повторного використання ресурсів; α_j, β_k – відповідні вагові коефіцієнти впливу окремих процесів.

У запропонованій структурі управління проектами енергозабезпечення житлових масивів базові процеси охоплюють процеси управління змістом, ресурсами, часом, ризиками, комунікаціями та зацікавленими сторонами тощо, тоді як циркуляційна складова включає процеси повторного залучення ресурсів, перерозподілу енергетичних потоків, компенсації втрат і відновлення функціональних параметрів системи.

Відповідно до розробленої схеми (рис. 2.6), структура процесів циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів формується через п'ять функціонально пов'язаних підсистем – ресурсну, технологічну, соціально-економічну, екологічну та управлінську. Кожна з них виконує окрему функцію в межах життєвого циклу проекту, але одночасно бере участь у формуванні загальної цінності продукту проекту.

Наведена на рисунку 2.6 структурна схема відображає логіку циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Вона представлена як послідовність взаємопов'язаних процесів, об'єднаних у п'ять функціональних блоків:

- базові процеси управління проектом;
- аналітико-прогностичні процеси;
- технологічно-конфігураційні процеси;
- ціннісно-оцінювальні процеси;
- портфельні та стратегічні рішення.

На відміну від лінійного виконання процесів впродовж життєвого циклу проекту, запропонована схема фіксує не лише прямий рух від ініціювання до завершення, а й повторювані контури зворотного зв'язку, через які результати

оцінювання, прогнозування та стратегічного вибору ефективного сценарію впливають на коригування попередніх управлінських рішень.

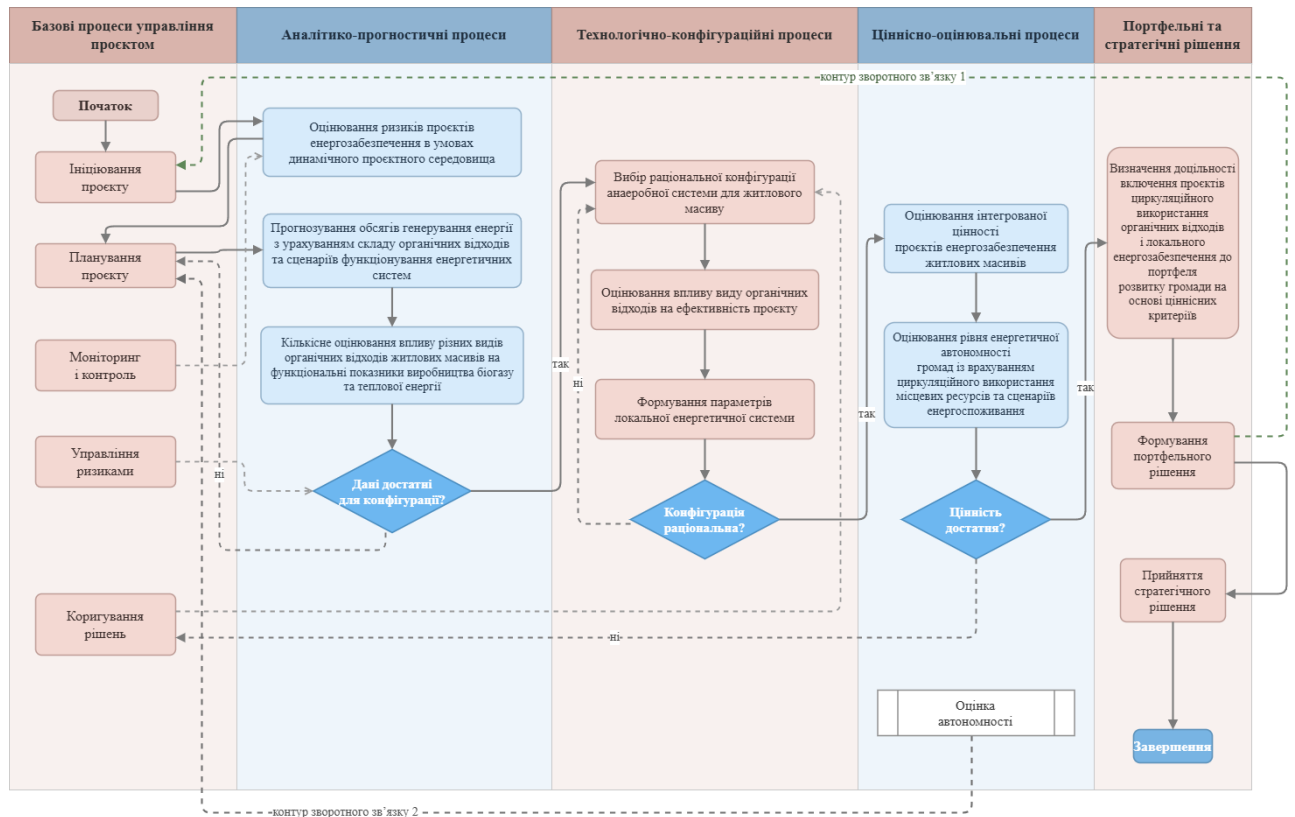


Рисунок 2.6 – Структурна схема процесів циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

Початковою ланкою є базові процеси управління проектом енергозабезпечення житлових масивів. Вони включають початок, ініціювання проекту, планування проекту, моніторинг і контроль, управління ризиками та коригування рішень. Ці процеси формують управлінський каркас, у межах якого відбувається збір потрібної інформації, постановка цілей, визначення параметрів реалізації та перехід до спеціалізованих процедур оцінювання. Якщо позначити множину базових процесів управління проектом енергозабезпечення житлових масивів через P_b , то її описують у вигляді:

$$P_b = \{ p_{init}, p_{plan}, p_{mon}, p_{risk}, p_{corr} \}, \quad (2.7)$$

де p_{init} – ініціювання проєкту; p_{plan} – планування; p_{mon} – моніторинг і контроль; p_{risk} – управління ризиками; p_{corr} – коригування управлінських рішень.

Другий блок охоплює аналітико-прогностичні процеси циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. У цій частині виконуються три основні процедури: 1) оцінювання ризиків проєктів енергозабезпечення в умовах динамічного проєктного середовища; 2) прогнозування обсягів генерування енергії з урахуванням складу органічних відходів та сценаріїв функціонування енергетичних систем; 3) кількісне оцінювання впливу різних видів органічних відходів житлових масивів на функціональні показники виробництва біогазу та теплової енергії. Результатом виконання процесів у цьому блоці є перевірка достатності даних для переходу до конфігураційного етапу. Відповідний логічний вузол «Дані достатні для конфігурації?» означає, що за відсутності достатнього обсягу інформації процес повертається до планування, моніторингу та управління ризиками, тобто реалізується перший механізм адаптації.

Інтегральний ризик проєкту на цьому етапі описується функцією зовнішніх і внутрішніх впливів проєктного середовища:

$$R(t) = f(P(t), V(t), C(t), D(t)), \quad (2.8)$$

де $P(t)$ – імовірність виникнення ризикових подій у t -й момент часу; $V(t)$ – вразливість проєкту; $C(t)$ – очікувані наслідки; $D(t)$ – динамічність проєктного середовища.

Таке представлення (2.8) показує, що ризик у проєктах енергозабезпечення житлових масивів не є сталою величиною, а змінюється залежно від стану наявних ресурсів, проєктного середовища, конфігурації системи та сценаріїв реалізації проєкту.

Прогнозування обсягів генерування енергії залежить від складу органічних відходів і сценаріїв реалізації проєкту. Узагальнено це описується формулою:

$$E_g = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \eta_i \cdot k_i(s), \quad (2.9)$$

де E_g – прогнозований обсяг генерованої енергії; q_i – обсяг i -го виду органічних відходів; η_i – коефіцієнт енергетичного виходу для відповідного виду відходів; $k_i(s)$ – коефіцієнт, що враховує s -й сценарій функціонування енергетичної системи.

За таких умов прогнозування обсягів генерування енергії на території житлового масиву не зводиться лише до сумарного обсягу відходів, а враховує їх якісну структуру та режим роботи енергетичної системи.

Для кількісного оцінювання впливу виду органічних відходів на функціональні показники виробництва біогазу і теплової енергії пропонується використати залежність:

$$F_i = \alpha_i B_i + \beta_i H_i, \quad (2.10)$$

де F_i – інтегральний функціональний ефект від використання i -го виду відходів; B_i – вихід біогазу; H_i – вихід теплової енергії, α_i і β_i – вагові коефіцієнти значущості відповідних результатів.

Завдяки формулі (2.10) зіставляються різні види ресурсної сировини з позиції їх управлінської доцільності.

Третій блок представлений технологічно-конфігураційними процесами циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Він починається з вибору раціональної конфігурації анаеробної системи для житлового масиву. Далі виконується оцінювання впливу виду органічних відходів на ефективність проєкту, а потім – формування параметрів локальної

енергетичної системи. У межах цього блоку здійснюється перехід від аналітичної інформації до проєктно-технологічного рішення. Вузол «Конфігурація раціональна?» відображає перевірку прийнятого управлінського рішення. Якщо конфігурація не забезпечує бажаних параметрів, відбувається повернення до попередніх аналітичних процедур, а в окремих випадках – до базових процесів планування та коригування планів проєкту.

Раціональна конфігурація продукту проєкту визначається через цільову функцію:

$$K^* = \arg \max_{K \in \Omega_K} (\lambda_1 E(K) + \lambda_2 S(K) + \lambda_3 E_c(K) - \lambda_4 C(K) - \lambda_5 R(K)), \quad (2.11)$$

де K – варіант конфігурації продукту проєкту (анаеробної системи); Ω_K – множина допустимих конфігурацій; $E(K)$ – енергетичний ефект; $S(K)$ – соціальний ефект; $E_c(K)$ – екологічний ефект; $C(K)$ – витрати; $R(K)$ – ризик, λ_j – коефіцієнти пріоритетності.

Такий запис формули (2.11) показує, що вибір раціональної конфігурації продукту проєкту є багатокритеріальною задачею.

Четвертий блок відображає ціннісно-оцінювальні процеси циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Після формування параметрів локальної енергетичної системи здійснюється оцінювання інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів, а також оцінювання рівня енергетичної автономності громади з урахуванням циркуляційного використання місцевих ресурсів та сценаріїв енергоспоживання. Логічний вузол «Цінність достатня?» фіксує межу між прийнятною та непринятною вигодою для мешканців житлових масивів. Якщо цінність виявляється недостатньою, повертаються до коригування управлінських рішень і повторного перегляду конфігурації продукту проєкту та конфігурації проєкту.

Інтегровану цінність проекту енергозабезпечення житлових масивів визначається за формулою:

$$V_{int} = w_1E + w_2S + w_3E_c + w_4A - w_5C - w_6R, \quad (2.12)$$

де E – енергетичні вигоди; S – соціально-економічні вигоди; E_c – екологічні вигоди; A – рівень енергетичної автономності; C – витрати; R – ризики; w_j – вагові коефіцієнти.

Формула (2.12) відображає сутність ціннісного підходу, оскільки результат проекту енергозабезпечення житлових масивів інтерпретується не через один фінансовий показник, а як баланс різноспрямованих ефектів.

Рівень енергетичної автономності громади, який у виділений окремим процесом, оцінюється за формулою:

$$A = \frac{E_{loc}}{E_{dem}}, \quad (2.13)$$

де E_{loc} – обсяг локально виробленої енергії; E_{dem} – загальний попит на енергію в межах житлового масиву або громади.

Якщо $A \rightarrow 1$, то житловий масив або ж громада наближається до повної локальної енергетичної автономності. Якщо $A < 1$, то зберігається залежність від зовнішніх джерел енергії.

П'ятий блок процесів циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів стосується портфельних і стратегічних рішень. Після підтвердження достатнього рівня інтегрованої цінності виконується визначення доцільності включення проектів енергозабезпечення житлових масивів за циркуляційного використання органічних відходів і локального енергозабезпечення до портфеля розвитку громади на основі ціннісних критеріїв. Далі формується портфельне управлінське рішення і

приймається стратегія громади. Таким чином, окремий проєкт енергозабезпечення житлових масивів розглядається не ізольовано, а як елемент портфеля проєктів розвитку громади.

Доцільність включення проєкту до портфеля описується формулою:

$$I_p = \begin{cases} 1, & \text{якщо } V_{int} \geq V_{crit} \text{ та } A \geq A_{crit}, \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases} \quad (2.14)$$

де I_p – індикатор включення проєкту енергозабезпечення житлових масивів до портфеля; V_{crit} – порогове значення інтегрованої цінності; A_{crit} – мінімально прийнятний рівень енергетичної автономності.

Такий підхід показує, що рішення щодо формування портфеля проєктів розвитку громади виконується на основі поєднання ціннісного та стратегічного критеріїв.

Особливо важливою у запропонованій структурі процесів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів є наявність двох контурів зворотного зв'язку. Перший контур поєднує результати оцінювання цінності та аналізу портфеля проєктів розвитку громади з базовими процесами управління проєктом. Його функція полягає в коригуванні процесів планування, ризик-менеджменту та обґрунтування конфігурації продукту проєкту та самого проєкту на основі фактично отриманих значень інтегрованої цінності. Другий контур має ресурсно-циркуляційний характер і забезпечує повторне повернення до початкових даних та параметрів у випадку недостатності цінності, нераціональної конфігурації або зміни зовнішнього проєктного середовища. Саме завдяки цим контурам структура процесів набуває нелінійного, а адаптивно-циклічного характеру.

Отже, запропонована структура процесів забезпечує циркуляційно-ціннісне управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. Вона відображена як багаторівнева система, в якій базові процеси проєктного

менеджменту інтегруються зі спеціальними аналітичними, технологічними, ціннісними та стратегічними процедурами. У такій системі кожне управлінське рішення формується не лише на основі поточного стану проєкту енергозабезпечення житлових масивів, а й з урахуванням прогнозованого енергетичного ефекту, виду ресурсної сировини, раціональності конфігурації, інтегрованої цінності та внеску продукту проєкту в енергетичну автономність громади. Саме це і становить сутність переходу від традиційного до циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

2.5. Механізм узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища

Ефективність проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів значною мірою залежить не лише від технічних рішень, а й від того, наскільки узгодженими між собою є три базові конфігурації: 1) проєкту K_{proj} як організаційно-технічної системи ; 2) продукту проєкту K_{prod} як системи виробництва енергії ; 3) проєктного середовища K_{env} як сукупності просторових, логістичних, соціальних, інфраструктурних і регуляторних складових, у межах яких реалізується та функціонує цей проєкт.

На практиці саме неузгодженість цих трьох конфігурацій найчастіше зумовлює ситуації, коли технічно обґрунтований продукт проєкту не забезпечує отримання бажаної цінності у конкретному житловому масиві через дефіцит сировини, нестачу площ, складну логістику, надмірні санітарні обмеження або ж невідповідність календарно-ресурсної архітектури проєкту вимогам створення такого продукту. З урахуванням вище сказаного нами запропоновано механізм узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із

конфігураціями його продукту та проектного середовища, структурну схему якого наведено на рис. 2.7.

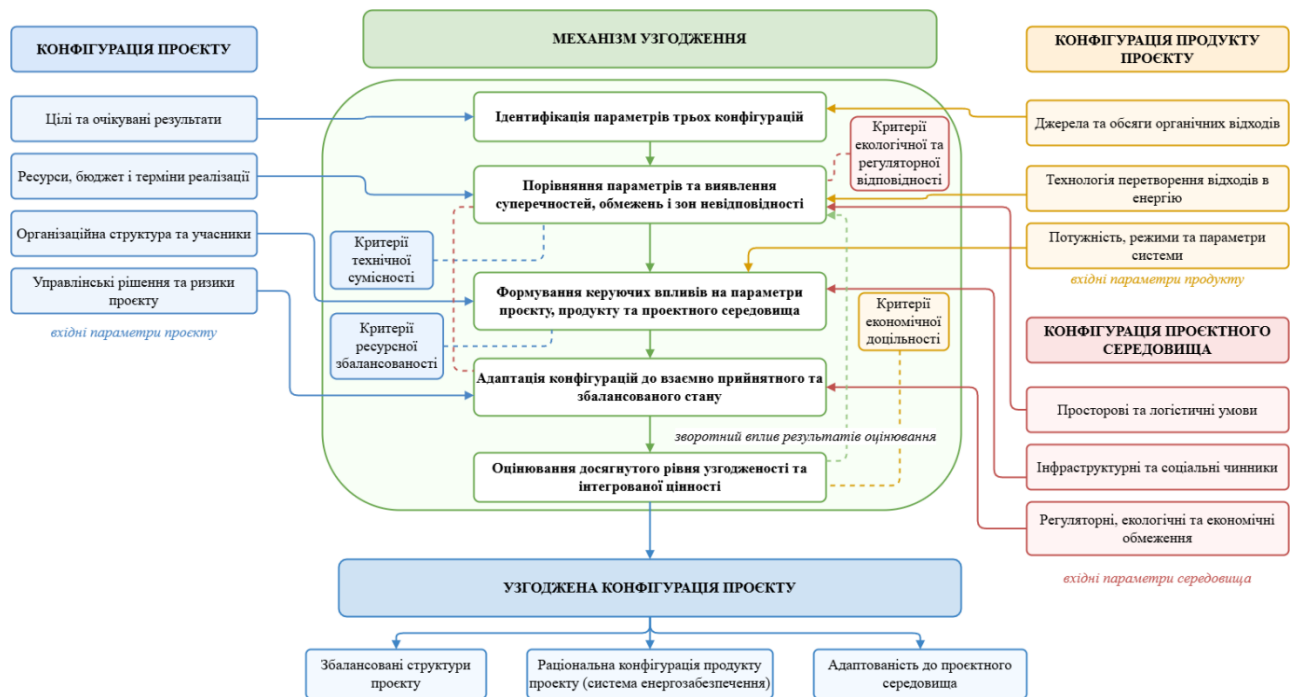


Рисунок 2.7 – Схема механізму узгодження конфігурації проекту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проектного середовища

Запропонований механізм узгодження конфігурації проекту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проектного середовища (рис. 2.7) механізм має не лише прикладне, а й методологічне значення. Зокрема, ним вперше для проектів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів розглядає узгодження не як одноразової процедури перевірки відповідності параметрів конфігурацій, а як динамічний процес переходу між станами трьох взаємопов'язаних конфігурацій – конфігурації проекту K_{proj} , конфігурації продукту проекту K_{prod} та конфігурації проектного середовища K_{env} . Новизна такого підходу полягає у використанні системного підходу, в межах якого кожна зміна в одній із конфігурацій автоматично впливає на параметри інших конфігурацій. Водночас,

кінцевим результатом виступає не локальна технічна сумісність, а формування інтегрованої цінності проєкту енергозабезпечення житлового масиву .

У класичних підходах управління проєктами технічні характеристики продукту та зовнішні характеристик проєктного середовища зазвичай аналізуються окремо. Це призводить до ситуацій, коли продукт проєкту формально відповідає технічним вимогам, але в реальних умовах житлового масиву не забезпечує стабільного функціонування через просторові, логістичні або соціальні обмеження. Запропонований механізм усуває цю методологічну розбіжність завдяки введенню керованого переходу між станами конфігурацій. Стан узгодження конфігурації проєкту K_{proj} енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту K_{prod} та проєктного середовища K_{env} доцільно описувати як вектор:

$$X(t) = \{K_{proj}(t), K_{prod}(t), K_{env}(t)\}, \quad (2.15)$$

де $X(t)$ – інтегрований стан системи узгодження у t -й момент часу; $K_{proj}(t)$ – поточний стан конфігурації проєкту; $K_{prod}(t)$ – поточний стан конфігурації продукту; $K_{env}(t)$ – поточний стан конфігурації проєктного середовища.

Формула (2.15) відображає, що механізм узгодження конфігурацій функціонує не у статичному просторі розглядів параметрів, а у часовій площині, де параметри кожної конфігурації змінюються під впливом управлінських рішень, технологічних адаптацій і змін зовнішнього проєктного середовища.

Перехід системи з одного стану в інший визначається оператором трансформації:

$$X(t+1) = A \cdot X(t) + U(t), \quad (2.16)$$

де A – матриця внутрішніх зв'язків між конфігураціями; $U(t)$ – вектор керуючих впливів у t -й момент часу.

Матриця A відображає рівень взаємного впливу між трьома конфігураціями:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}, \quad (2.17)$$

де a_{11} – внутрішня інерційність конфігурації проекту; a_{22} – внутрішня інерційність продукту; a_{33} – внутрішня інерційність проектного середовища; a_{12} – вплив продукту проекту на проект; a_{13} – вплив проектного середовища на проект; a_{21} – вплив проекту на продукт проекту; a_{23} – вплив проектного середовища на продукт проекту; a_{31} – вплив проекту на проектне середовище; a_{32} – вплив продукту проекту на проектне середовище.

Саме матриця (2.17) формує математичну основу механізму узгодження конфігурацій проекту, продукту та проектного середовища, оскільки дозволяє кількісно оцінювати відповідні зміни. Наприклад, як зміна потужності біоенергетичної установки автоматично викликає зміну потреби у ресурсах на реалізацію проекту та зміну навантаження на транспортну інфраструктуру для обслуговування житлового масиву.

Для оцінювання ступеня узгодженості конфігурацій вводиться матриця:

$$M_{agr} = \begin{bmatrix} 1 & \mu_{12} & \mu_{13} \\ \mu_{21} & 1 & \mu_{23} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & 1 \end{bmatrix}, \quad (2.18)$$

де μ_{ij} – коефіцієнт сумісності між відповідними конфігураціями.

У матриці (2.18) коефіцієнт μ_{12} характеризує ступінь узгодженості між конфігураціями проєкту і продукту проєкту:

$$\mu_{12} = S(K_{proj}, K_{prod}), \quad (2.19)$$

Коефіцієнт μ_{13} визначає сумісність між конфігураціями проєкту та проєктного середовища:

$$\mu_{13} = S(K_{proj}, K_{env}), \quad (2.20)$$

Коефіцієнт μ_{23} характеризує відповідність конфігурації продукту та проєктного середовища:

$$\mu_{23} = S(K_{prod}, K_{env}). \quad (2.21)$$

Для кількісного визначення коефіцієнта сумісності використовується нормована залежність:

$$S(K_i, K_j) = 1 - \frac{\sum_{r=1}^n |x_r - y_r|}{n \cdot D_{max}}. \quad (2.22)$$

де x_r – параметр першої конфігурації; y_r – відповідний параметр другої конфігурації; n – кількість порівнюваних параметрів; D_{max} – максимально допустиме відхилення.

Формула (2.22) показує, що за повної відповідності параметрів конфігурацій коефіцієнт сумісності прямує до одиниці, а при зростанні розбіжностей зменшується (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Система параметрів оцінювання узгодженості конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву

Вид конфігурації	Позначення параметра	Зміст параметра	Метод визначення	Вплив на інтегровану цінність
Конфігурація проекту	p_1	ступінь відповідності цілей проекту ресурсним можливостям	експертна оцінка / нормування	формує організаційну стійкість
	p_2	рівень збалансованості бюджету та термінів реалізації	відношення фактичного та планового бюджету	визначає керованість реалізації
	p_3	узгодженість структури управління	коефіцієнт структурної сумісності	впливає на швидкість адаптації
	p_4	рівень керованості ризиком	інтегральний ризиковий індекс	визначає резерв управління
Конфігурація продукту	q_1	доступність органічної сировини	обсяг відходів за одиницю часу	впливає на стабільність генерації
	q_2	енергетичний потенціал сировини	теплота згоряння / біогазовий вихід	формує продуктивність системи
	q_3	технічна сумісність обладнання	коефіцієнт технічної відповідності	визначає втрати системи
	q_4	адаптивність режимів роботи	варіативність робочих параметрів	впливає на стійкість функціонування
Конфігурація проектного середовища	r_1	логістична доступність території	середня відстань транспортування	визначає витрати на доставку
	r_2	інфраструктурна готовність	коефіцієнт доступності мереж	формує можливість інтеграції
	r_3	екологічні обмеження	нормативний індекс допустимості	впливає на допустимість рішень
	r_4	соціальна підтримка населення	соціальний коефіцієнт прийнятності	визначає довгострокову стабільність

Таблиця 2.4 показує, що кожна група параметрів має власну функціональну природу, однак лише їх синхронізація створює умови для досягнення максимальної інтегрованої цінності від реалізації проєкту із узгодженими конфігураціями. У межах механізму важливим є не лише досягнення формальної сумісності, а й максимізація інтегрованої цінності проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Саме тому замість класичної категорії ефективності вводиться інтегрована цінність проєкту:

$$V_{int} = \lambda_1 V_{tech} + \lambda_2 V_{res} + \lambda_3 V_{soc} + \lambda_4 V_{eco} + \lambda_5 V_{man}. \quad (2.23)$$

де V_{int} – інтегрована цінність проєкту; V_{tech} – технічна цінність; V_{res} – ресурсна цінність; V_{soc} – соціальна цінність; V_{eco} – екологічна цінність; V_{man} – управлінська цінність; λ_i – вагові коефіцієнти.

Для вагових коефіцієнтів слід виконувати умову – $\sum_{i=1}^5 \lambda_i = 1$.

Особливістю формули (2.23) є те, що вона дозволяє оцінювати проєкт не лише через вироблену енергію чи економічний результат, а через сукупний приріст цінності для стейкхолдерів.

Однією із особливостей запропонованого механізму є те, що він дозволяє вводити критерій завершення узгодження конфігурацій не через окремий технічний показник, а через досягнення граничного рівня інтегрованої цінності (2.23). При цьому враховується умова:

$$M_{agr} \rightarrow I. \quad (2.24)$$

де I – одинична матриця повної погодженості між параметрами конфігурацій.

Це означає, що механізм вважається завершеним тоді, коли матриця M_{agr} узгодження конфігурацій максимально наближається до ідеального стану,

описаного матрицею , а приріст інтегрованої цінності проекту перестає давати суттєвий додатковий ефект.

Таблиця 2.5 – Опис переходів між станами конфігурацій у процесі їх узгодження

Стан	Характеристика	Умова переходу	Управлінські дії
S_1	первинна невідповідність	початковий дисбаланс параметрів	оцінення
S_2	часткова сумісність	локальна адаптація	коригування ресурсів
S_3	функціональна сумісність	досягнення порогових критеріїв	оптимізація
S_4	інтегроване узгодження	повне виконання критеріїв	стабілізація конфігурації

Під час узгодження конфігурацій здійснюються переходи між їх станами, які представлені у таблиці 2.5. Аналіз цієї таблиці показує, що механізм формування узгодженої конфігурації проекту енергозабезпечення житлового масиву має послідовний характер і реалізується через поступове зниження рівня структурної невідповідності між параметрами проекту, продукту та проектного середовища. Початковий стан S_1 характеризує ситуацію, коли між окремими конфігураціями існують значні розбіжності, що проявляються у невідповідності ресурсних можливостей, технологічних параметрів продукту або умов середовища реалізації. На цьому етапі основним завданням є виявлення важливих параметрів, які обмежують можливість досягнення інтегрованої цінності (рис. 2.8).

Перехід до стану S_2 відображає етап часткової сумісності, коли після первинного коригування окремі параметри починають відповідати допустимим межах, однак система ще залишається нестійкою через локальні дисбаланси. Саме на цьому етапі управлінські рішення мають найбільший вплив, оскільки

навіть незначна зміна ресурсного забезпечення, технологічного режиму чи організаційної структури здатна змінити подальшу траєкторію розвитку проєкту.



Рисунок 2.8 – Схема переходу між станами узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Стан S_3 характеризує досягнення функціональної сумісності, коли більшість параметрів переходять у зону допустимої взаємодії і виникає стійкий взаємозв'язок між технічними, організаційними характеристиками та характеристиками проєктного середовища. У цьому випадку механізм узгодження вже не потребує глибокого структурного втручання, а орієнтується переважно на оптимізацію окремих параметрів.

Кінцевий стан S_4 відповідає інтегрованому узгодженню, за якого всі три конфігурації формують збалансовану систему, здатну забезпечувати максимальну інтегровану цінність проєкту. Саме цей стан є цільовим у розробленому механізмі, оскільки він означає не лише досягнення технічної

придатності рішення, а й його адаптацію до реального проєктного середовища, економічних умов та довгострокових управлінських вимог

Таким чином, новизна запропонованого механізму полягає у поєднанні трьох раніше незалежно розглянутих конфігурацій (проєкту, продукту проєкту та проєктного середовища) у єдину керовану систему, де процес узгодження описується не через окремі технічні процедури, а через послідовність керованих переходів між станами конфігурацій із максимізацією інтегрованої цінності проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

2.6. Обґрунтування сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища проєктів енергозабезпечення житлових масивів

Однією з характерних особливостей проєктів енергозабезпечення житлових масивів є те, що їх реалізація відбувається в умовах постійної зміни зовнішніх і внутрішніх чинників динамічного проєктного середовища. Вони впливають як на технічну конфігурацію продукту проєкту, так і на організацію виконання робіт, ресурсне забезпечення та часові чинники реалізації проєкту. На відміну від проєктів із відносно стабільними структурами, проєкти цього типу характеризуються високою залежністю від коливань ресурсної доступності, нормативних вимог, змін потреб споживачів, мінливості джерел утворення органічної сировини та можливих порушень у ланцюгах постачання обладнання. У зв'язку з цим виникає потреба у формуванні сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища проєктів енергозабезпечення житлових масивів. Це дозволяє ще на етапах ініціації та планування оцінити характер можливого розвитку ризикових ситуацій та визначити межі стійкості проєкту.

Сценарний підхід у даному дослідженні використано як інструмент формалізованого опису можливих траєкторій зміни проєктного середовища під час реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів. Кожен сценарій відображає певний тип функціонування проєктного середовища, в межах якого

сукупність чинників змінюється відповідно до наперед заданої логіки. Формування сценаріїв базується на тому, що інтегральний вплив проєктного середовища не є випадковим набором окремих змінних чинників, а має структуровану поведінку. При цьому одні чинники посилюють або послаблюють інші. Для кількісного опису динаміки проєктного середовища пропонується використовувати узагальнений показник:

$$E(t) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_i(t). \quad (2.25)$$

де $E(t)$ – інтегральний стан проєктного середовища у t -й момент часу; w_i – ваговий коефіцієнт впливу i -го чинника; $p_i(t)$ – поточне значення відповідного чинника проєктного середовища.

До складу чинників, що формують стан динамічного проєктного середовища проєктів енергозабезпечення житлових масивів, належать регуляторні зміни вимог, нестабільність постачання ресурсів, коливання попиту на енергію, доступність ресурсів, часові вимоги та нестабільність у змісті виконання робіт. Для кожного з них визначено допустимий інтервал зміни та базову траєкторію розвитку.

У межах базового сценарію вважається, що зміна чинників відбувається в межах прогнозованих коливань, які не порушують загальної логіки виконання проєкту енергозабезпечення житлових масивів. У стресовому сценарії одночасно посилюється кілька негативних чинників, а в адаптивному передбачається своєчасне управлінське реагування, що стримує накопичення негативного впливу. З метою формалізації сценаріїв пропонується ввести функцію зміни чинника:

$$p_i(t) = p_i^0 + \Delta p_i(t). \quad (2.26)$$

Таблиця 2.6 – Характеристика сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища

Чинник	Базовий сценарій	Стресовий сценарій	Адаптивний сценарій
Стан змін проєктного середовища	помірне зростання	прискорене зростання	стабілізація після коригування
Нестабільність постачання ресурсів	допустимі коливання	різке збільшення перебоїв	компенсація альтернативними
Колівання попиту на енергію	сезонні зміни	різкі зміни попиту	часткове згладжування
Доступність ресурсів	поступове зниження	суттєве скорочення	підтримання резервів
Часові вимоги	контрольований приріст	критичне накопичення	перерозподіл графіка
Зміст робіт	локальні зміни	часті зміни структури	адаптивне перепланування

Для графічного представлення логіки сценарного переходу сформовано структурну схему (рис. 2.9).

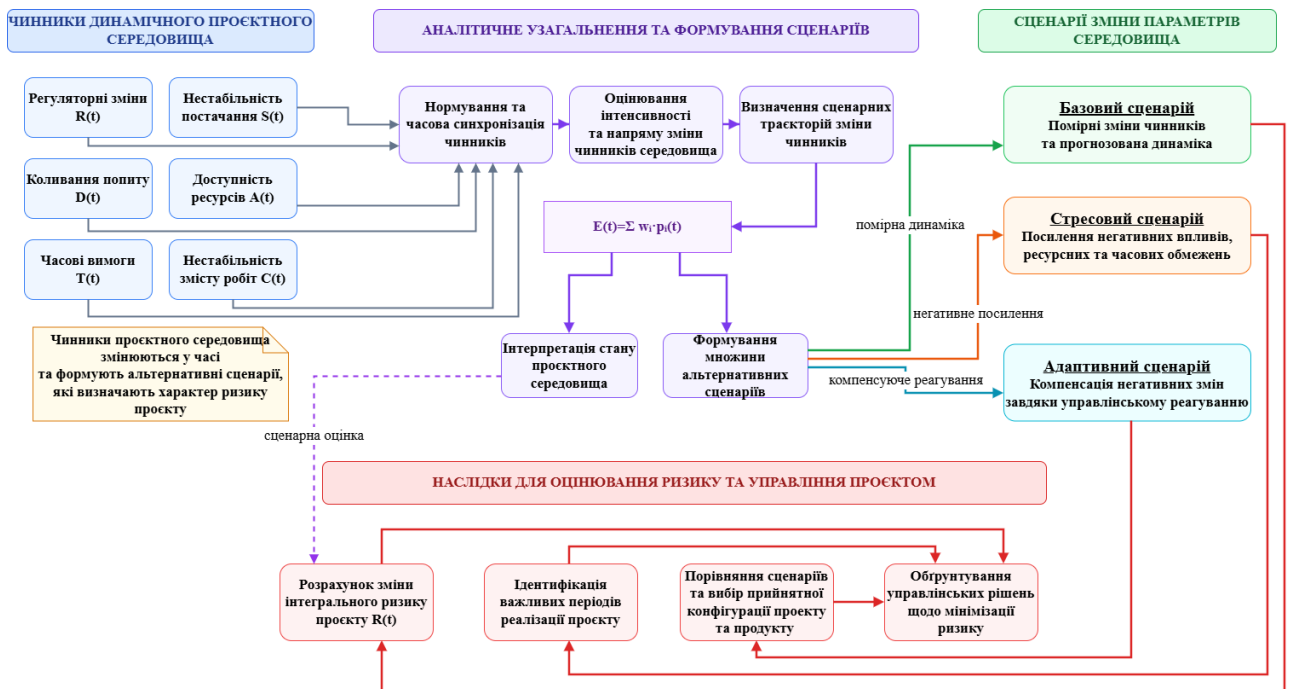


Рисунок 2.9 – Схема логіки формування сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища

де p_i^0 – початкове значення чинника, $\Delta p_i(t)$ – зміна чинника у відповідному сценарії.

Для базового сценарію зміна чинників описується помірним лінійним трендом:

$$\Delta p_i(t) = \alpha_i \cdot t. \quad (2.27)$$

де α_i – коефіцієнт середньої інтенсивності зміни чинника проєктного середовища.

У стресовому сценарії враховується посилення динаміки через нелінійний приріст:

$$\Delta p_i(t) = \alpha_i t + \beta_i t^2. \quad (2.28)$$

де β_i – показник, що характеризує прискорення негативного впливу.

Для адаптивного сценарію введено компенсуючий управлінський коефіцієнт:

$$\Delta p_i(t) = \alpha_i t - \gamma_i u(t). \quad (2.29)$$

де $u(t)$ – функція управлінського реагування; γ_i – коефіцієнт ефективності управлінського втручання.

Сформульована характеристика сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища представлена у табл. 2.6.

Як видно з схеми логіки формування сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища (рис. 2.9), сценарій не задається як статична комбінація фіксованих величин, а формується як траєкторія зміни чинників у часі. Це особливо важливо для проєктів енергозабезпечення житлових масивів,

де значна частина ризиків виникає не внаслідок окремого вагомого впливу, а через поступове накопичення декількох взаємопов'язаних відхилень.

Під оцінкою сценарного навантаження розуміється кількісне визначення того, наскільки обраний сценарій зміни проєктного середовища ускладнює реалізацію проєкту енергозабезпечення житлових масивів та підсилює ризики. Для кількісної оцінки сценарного навантаження використано інтегральний коефіцієнт сценарної напруженості:

$$K_s = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T E(t). \quad (2.30)$$

де K_s – показник, що відображає середній рівень динамічного навантаження проєктного середовища протягом періоду реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів.

Навіть при однакових технічних чинниках проєкту енергозабезпечення житлових масивів рівень зовнішнього навантаження відрізняється майже на 50% залежно від характеру розвитку проєктного середовища.

Таким чином, обґрунтування сценаріїв зміни чинників динамічного проєктного середовища створює основу для подальшого моделювання ризику. Це дозволяє перейти від загального опису нестабільності проєктного середовища до формалізованого кількісного аналізу його впливу на реалізацію проєкту. Саме це забезпечує можливість у наступних підрозділах дослідити, яким чином різні типи проєктного середовища змінюють траєкторію накопичення інтегрального ризику та впливають на управлінські рішення.

Висновки до розділу 2

1. Обґрунтовано, що циркуляційно-ціннісне управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів відрізняється від існуючих підходів

комплексним поєднанням процесів управління цінністю, ресурсною циркуляцією, адаптацією конфігурації проєкту та його продукту до змін проєктного середовища, а також інтегрованим врахуванням ризиків. На відміну від класичних моделей, запропонований підхід орієнтований на формування інтегральної цінності для зацікавлених сторін впродовж усього життєвого циклу проєкту та створює основу для розроблення адаптивних моделей і методів управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

2. Формування цінності у проєктах енергозабезпечення житлових масивів базується на створенні вигод для зацікавлених сторін, багаторівневості цінності та її системному управлінні впродовж життєвого циклу проєкту енергозабезпечення житлових масивів. Це створює основу для переходу до циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, у межах якого цінність формується під впливом циркуляційних ресурсів, динамічного проєктного середовища та ефективних управлінських рішень із врахуванням ризиків.

3. Встановлено, що сучасні інформаційні технології за використання циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів використовуються для розв'язання 10 основних задач, об'єднаних у 3 функціональні контури. Зокрема, вони стосуються збору даних, прогнозування, оптимізації, оцінювання цінності та підтримки прийняття управлінських рішень з урахуванням динамічного проєктного середовища. На відміну від традиційних підходів, їх використання дозволяє адаптивно узгоджувати конфігурацію проєкту, його продукту та параметри проєктного середовища.

4. Встановлено, що структура циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів охоплює 5 взаємопов'язаних груп процесів, до яких належать базові управлінські, аналітико-прогностичні, технологічно-конфігураційні, ціннісно-оцінювальні та стратегічні. Їх інтеграція забезпечує формування управлінських рішень щодо реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів з урахуванням прогнозованого ефекту,

раціональної конфігурації проєкту та його продукту, інтегрованої цінності та рівня енергетичної автономності житлових масивів.

5. Запропонований механізм узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву охоплює 3 взаємопов'язані конфігурації (проєкту, його продукту та проєктного середовища), 4 групи критеріїв сумісності (технічні, ресурсні, екологічні та економічні) і 5 послідовних етапів узгодження параметрів. Це забезпечує досягнення збалансованого стану конфігурацій та максимізацію інтегрованої цінності від реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву для зацікавлених сторін.

6. Обґрунтовано, що для оцінювання ризиків проєктів енергозабезпечення житлових масивів в умовах динамічного проєктного середовища доцільно враховувати 3 сценарії його зміни, сформовані на основі 6 основних груп чинників. Вони відображають базовий, стресовий та адаптивний характер зміни проєктного середовища під час реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів, що дає змогу кількісно оцінювати інтегральний ризик і обґрунтовувати управлінські рішення залежно від динаміки його змін.

Розділ 3.

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВИХ МАСИВІВ

3.1. Циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

На основі обґрунтованої структури процесів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів (п. 2.4) розроблено циркуляційно-ціннісну модель управління зазначеними проєктами. Особливістю таких проєктів є те, що використовуються органічні відходи житлових масивів, враховується специфіка проєктного середовища, а також характер ресурсної бази, сценарії функціонування локальних енергетичних систем та вимоги до довгострокової вигоди від створеного продукту проєкту. У цій моделі надається перевага критеріям досягнення часових, вартісних і технічних параметрів реалізації проєкту. Окрім того, запропонована модель зосереджена на формуванні інтегрованої цінності проєкту. Така цінність охоплює не лише результативність створення системи енергозабезпечення житлового масиву, а й довготривалий енергетичний, економічний, соціальний та екологічний ефект від її функціонування для населення громади. Водночас у моделі враховано потребу мінімізації негативного впливу на довкілля, що досягається через циркуляційне використання органічних відходів, повторне залучення ресурсних потоків та зменшення втрат у процесах перероблення і споживання енергії.

Запропонована модель відображає багаторівневу динамічну систему, що складається з п'яти взаємопов'язаних підсистем: 1) ресурсної; 2) технологічної; 3) соціально-економічної; 4) екологічної; 5) управлінської. Їх виділення зумовлене тим, що для ефективного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів слід розглядати декілька контурів із процесами управління. Це пов'язано із тим, що оскільки в них одночасно взаємодіють процеси формування

ресурсної бази, технологічного перетворення, оцінювання створюваної цінності, контролю екологічних наслідків і прийняття адаптивних управлінських рішень.

Ресурсна підсистема характеризує формування, накопичення та використання органічних відходів як локального ресурсу для функціонування енергетичної системи, що є продуктом проєкту енергозабезпечення житлових масивів. Технологічна підсистема описує перетворення цих ресурсів у біогаз, теплову та інші форми корисної енергії з урахуванням конфігурації анаеробної системи, її пропускної здатності та сценаріїв роботи. Соціально-економічна підсистема відображає наслідки реалізації проєкту для населення громади через зниження витрат на енергоспоживання, створення робочих місць, посилення енергетичної стійкості та підвищення якості життя. Екологічна підсистема характеризує зменшення накопичення відходів, скорочення викидів парникових газів і загалом ступінь відповідності проєкту принципам циркуляційного використання ресурсів. Управлінська підсистема інтегрує процеси ініціювання, планування, моніторингу, контролю, оцінювання ризиків, коригування рішень, а також спеціальні аналітичні процедури, пов'язані з прогнозуванням енерговиробництва, оцінюванням інтегрованої цінності, вибором конфігурації проєкту та його продукту, визначенням доцільності включення відповідного проєкту до портфеля розвитку громади (рис. 3.1).

З позиції управління проєктами важливо, що дана модель описує проєкт енергозабезпечення житлового масиву не як ізольований технічний об'єкт, а як керовану організаційно-технічну систему, у якій зміна параметрів однієї підсистеми викликає ланцюгову зміну характеристик інших підсистем. Саме тому її доцільно трактувати як циркуляційно-ціннісну, оскільки вона об'єднує два взаємодоповнювальні принципи. Перший принцип полягає у повторному залученні ресурсів і замкненості матеріально-енергетичних потоків. Другий полягає в оцінюванні проєкту через приріст інтегрованої цінності, а не лише через досягнення локальних технічних параметрів. При цьому результативність проєкту енергозабезпечення житлового масиву визначається не тільки кількістю виробленої енергії, а й тим, наскільки створений продукт (енергетична система)

підвищує енергетичну автономність громади, забезпечує соціально прийнятний ефект і зменшує екологічне навантаження.

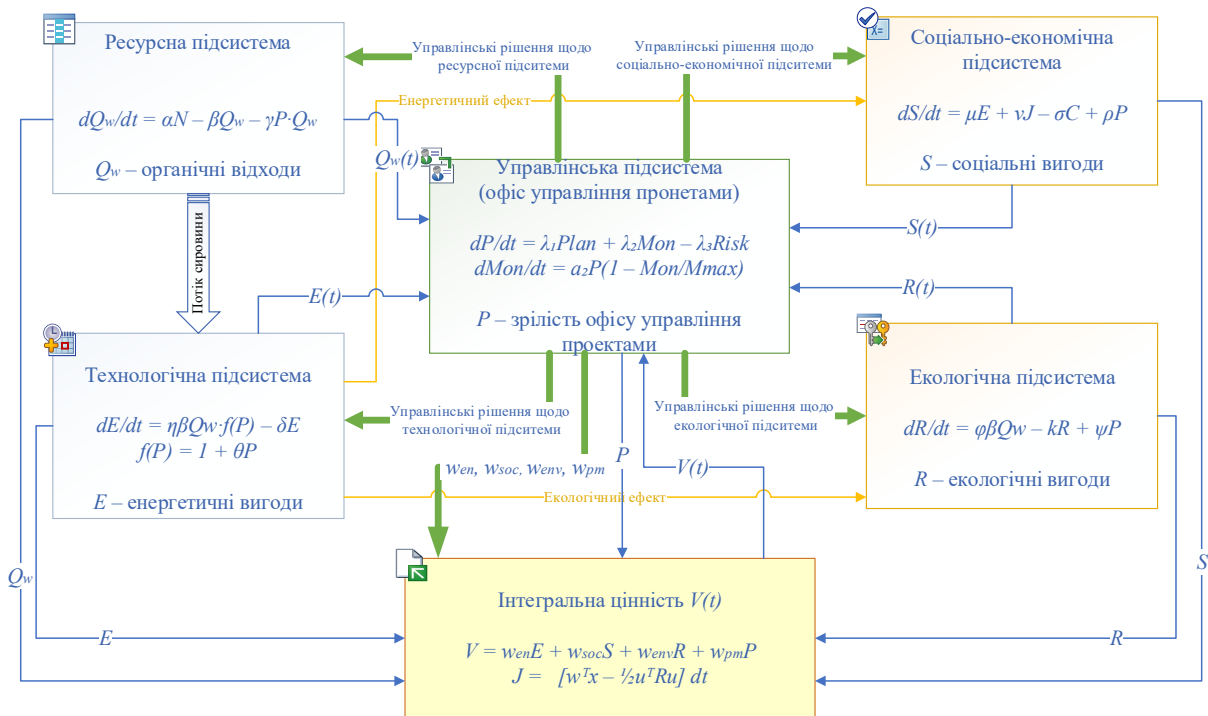


Рисунок 3.1 – Циркуляційно-ціннісна модель управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

Для математичного опису моделі використано систему диференціальних рівнянь, оскільки саме це дає змогу відобразити безперервний характер змін стану підсистем у часі, їх взаємозалежність і вплив управлінських рішень на динаміку реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву. У загальному вигляді стан циркуляційно-ціннісної моделі подається векторною функцією:

$$X(t) = [Q_w(t), E(t), S(t), E_c(t), M(t)], \quad (3.1)$$

де $Q_w(t)$ – обсяг утворення органічних відходів у житловому масиві у t -й момент часу; $E(t)$ – обсяг виробництва енергії; $S(t)$ – соціально-економічні вигоди;

$E_c(t)$ – екологічні вигоди; $M(t)$ – рівень управлінської результативності або зрілості офісу управління проєктом.

Тоді узагальнене рівняння стану проєкту у t -й момент часу його життєвого циклу описується:

$$\frac{dX(t)}{dt} = F(X(t), U(t), Z(t)), \quad (3.2)$$

де $U(t)$ – вектор керуючих дій, що відображає процеси планування, моніторингу, управління ризиками та коригування рішень, а $Z(t)$ – вектор зовнішніх впливів проєктного середовища.

Таким чином, модель забезпечує одночасне врахування внутрішньої динаміки проєкту та змін проєктного середовища впродовж життєвого циклу його реалізації.

3.1.1. Ресурсна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Ресурсна підсистема є базовою в запропонованій моделі, оскільки саме вона формує первинний матеріальний потік, від якого залежить подальше функціонування всієї системи (рис. 3.2).

Вона відображає процеси утворення, накопичення, сортування та надходження органічних відходів до енергетичної системи. Динаміка обсягу органічних відходів визначається кількістю домогосподарств, середнім рівнем утворення відходів, якістю організації збору та сортування, а також управлінськими рішеннями щодо логістики та конфігурації ресурсного контуру. Вона описується співвідношенням:

$$\frac{dQ_w}{dt} = \alpha N(t) - \beta Q_w(t) - \gamma P(t) Q_w(t), \quad (3.3)$$

де $Q_w(t)$ – обсяг органічних відходів у заданий момент часу t ; $\alpha N(t)$ – інтенсивність надходження органічних відходів у систему енергозабезпечення; α – середній коефіцієнт утворення відходів одним домогосподарством; $N(t)$ – кількість домогосподарств у житловому масиві; β – коефіцієнт природного скорочення або втрат у процесі зберігання та часткової переробки; $\gamma P(t)$ – коефіцієнт, що описує вплив рівня зрілості управління проектом $P(t)$ щодо рішень відносно збору й сортування відходів.

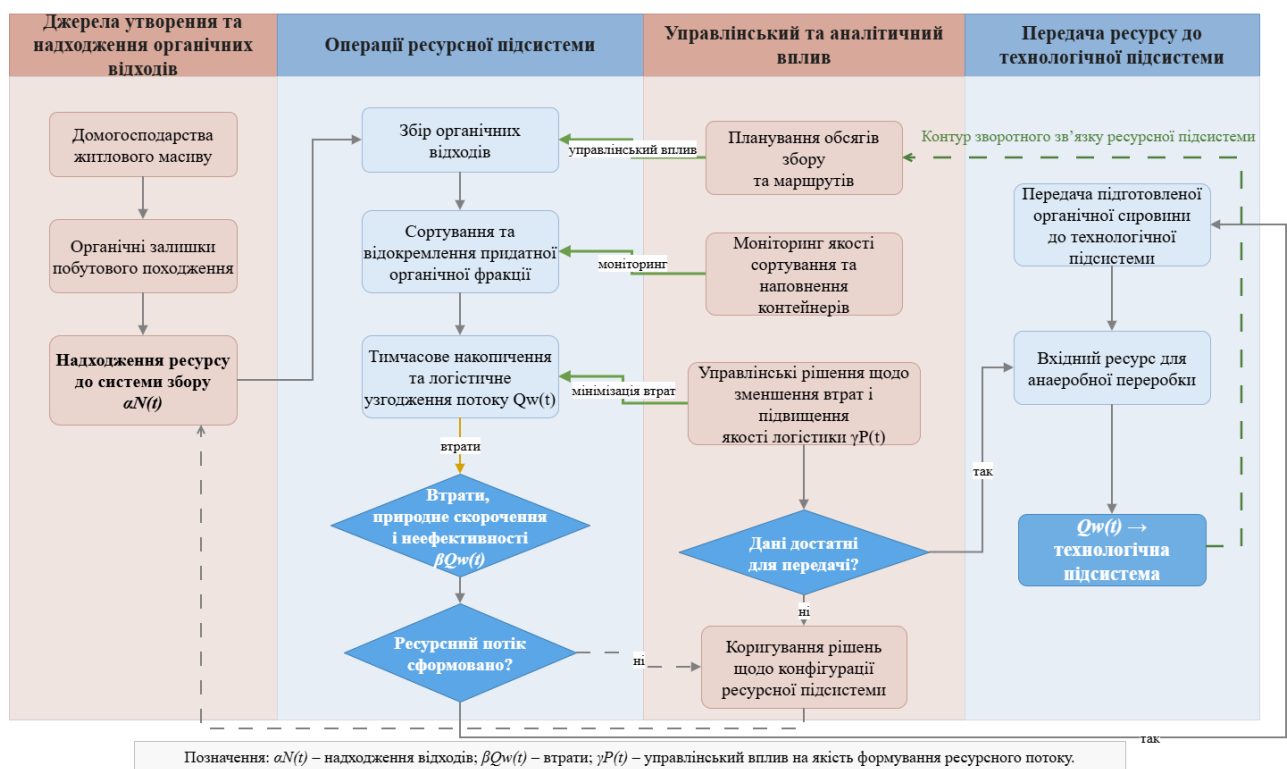


Рисунок 3.2 – Формування потоку ресурсів в циркуляційно-ціннісній моделі управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

У формулі (3.3) перший доданок $\alpha N(t)$ відображає інтенсивність генерування органічних відходів у заданій системі. Цей показник є

пропорційним чисельності населення житлового масиву та середньому обсягу утворення органічних відходів, що формує потік ресурсів. Другий доданок $\beta Q_w(t)$ дає можливість представити природні втрати сировини та спонтанну утилізацію, які притаманні навіть за відсутності переробки відходів. Третій доданок $\gamma P(t)Q_w(t)$ відображає управлінські впливи на реалізацію проєкту. Зокрема, це стосується ефективності обґрунтування конфігурації продукту проєкту та самого проєкту, а також сценаріїв виконання робіт у ньому. Чим вища ефективність організації заготівлі органічних відходів, тим ефективніше відбувається їх сортування та переробка, що зменшує їх накопичення, екологічні наслідки на окремих проміжних етапах.

Ресурсна підсистема відображає динамічну рівновагу між процесами утворення органічних відходів на території житлового масиву та процесами зниження їх накопичення внаслідок організованого вилучення, сортування і спрямування до подальшого використання для виробництва енергії. Її функціонування безпосередньо залежить від управлінської підсистеми, оскільки саме рівень виконання процесів планування, моніторингу, логістики та оперативного коригування управлінських рішень визначає параметри управлінського впливу на інтенсивність використання ресурсів із системи їх накопичення. Через це зміна значення коефіцієнта управлінського впливу безпосередньо позначається не лише на обсязі доступної ресурсної сировини, а й на швидкості її надходження до технологічної підсистеми, де відбувається подальше перетворення у енергію.

Для практичного використання моделі в задачах прогнозування обсягів утворення органічних відходів доцільно перейти від безперервного опису до дискретного подання. Це дає можливість аналізувати стан системи у визначені часові інтервали Δt . У такому випадку формула (3.3) набуває вигляду:

$$Q_w(t + \Delta t) = Q_w(t) + [\alpha N(t) - \beta Q_w(t) - \gamma P(t)Q_w(t)]\Delta t., \quad (3.4)$$

де Δt – часовий крок моделювання.

Отримана формула (3.4) дозволяє оцінювати прогнозований обсяг органічних відходів у наступний момент часу $t + \Delta t$ з урахуванням поточного стану системи, параметрів зовнішнього проєктного середовища та характеру прийнятих управлінських рішень. Це формує основу для аналітико-прогностичного процесу визначення забезпечення ресурсами проєктів енергозабезпечення житлових масивів, оскільки дає змогу заздалегідь оцінити доступний обсяг органічної сировини для формування конфігурації локальної енергетичної системи.

3.1.2. Технологічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Технологічна підсистема у запропонованій циркуляційно-ціннісній моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів відображає наступний етап руху потоку ресурсів – перетворення органічних відходів у енергію (рис. 3.3). У цій підсистемі відображаються процеси підготовки сировини, її сортування, біохімічного розкладу в анаеробних умовах, утворення біогазу, виробництва теплової та електричної енергії, а також формування проміжних і кінцевих енергетичних потоків. Саме тут формується конфігурація продукту проєкту. Вона визначає, яка частка зібраних ресурсів буде ефективно трансформована у корисний результат, а яка частина залишиться у вигляді втрат, технологічних залишків або неефективно використаної сировини.

З позиції управління проєктами дана підсистема має важливе значення, оскільки саме вона визначає функціональний зв'язок між забезпеченням ресурсами та фактичним рівнем виробництва енергії. Від правильності обґрунтування конфігурації продукту проєкту (анаеробної системи), його продуктивності, режиму функціонування і відповідності складу органічних відходів залежить рівень досягнення цільових параметрів проєкту – цінності для

стейкхолдерів. Запропонована модель дозволяє не лише оцінювати технічну результативність, а й формувати підґрунтя для подальшого визначення інтегрованої цінності проєкту, оскільки обсяг виробленої енергії прямо впливає на рівень енергетичної автономності, економічну доцільність і соціальний ефект.

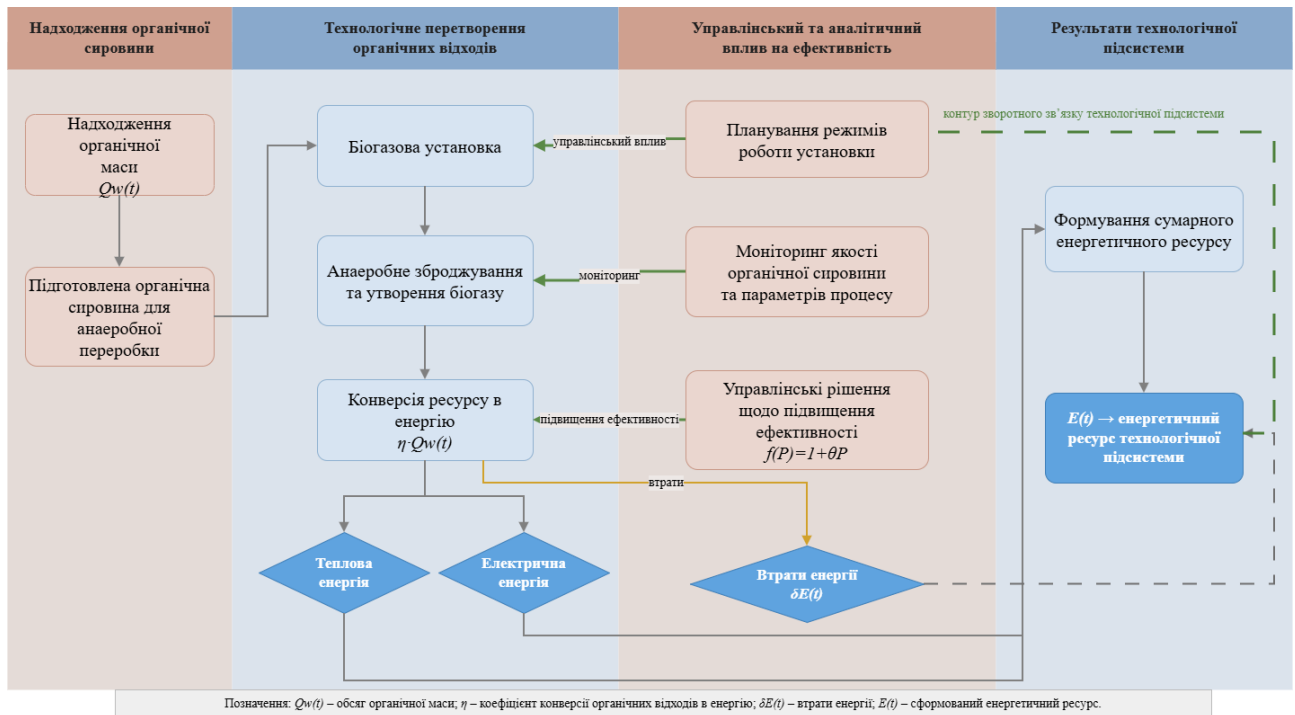


Рисунок 3.3 – Процес перетворення органічних відходів у енергетичний ресурс у межах технологічної підсистеми

Обсягів виробництва енергії у заданий момент часу представляється формулою:

$$\frac{dE}{dt} = \eta \beta Q_w(t) f(P(t)) - \delta E(t), \quad (3.5)$$

де $E(t)$ – обсяг виробництва енергії системою у t -й момент часу; η – коефіцієнт енергетичної конверсії, що характеризує ефективність перетворення органічних відходів у енергію; $\beta Q_w(t)$ – обсяг органічних відходів, що реально надходить на переробку; $f(P(t))$ – функція, яка враховує вплив рівня управління проєктом

на ефективність процесу перетворення органічних відходів у енергію; $\delta E(t)$ – втрати енергії, зумовлені зберіганням, розподілом або технічними обмеженнями.

Перша складова $\eta\beta Q_w(t)f(P(t))$ генерує новий енергетичний потів. Вона задає, що обсяг енергії залежить як від обсягу наявних органічних відходів у технологічній підсистемі, а також і від конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлових масивів (характеристик обладнання і якості управління). Функція $f(P(t))=1+\theta P(t)$ відображає вплив рівня зрілості офісу управління проєктами. Від ефективності прийнятих управлінських рішень щодо конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлових масивів залежить отримана цінність для стейкхолдерів. Обґрунтування раціональної конфігурації продукту проєкту забезпечує зменшення втрат відходів та енергії, а також підвищує ефективність виробництва енергії. Друга складова $\delta E(t)$ формули (3.5) відображає частку зменшення обсягів отриманої енергії завдяки її розподілу, використанню та природним втратам у інфраструктурі.

У дискретному вигляді динаміка технологічної підсистеми описується формулою:

$$E(t + \Delta t) = E(t) + [\eta\beta Q_w(t)f(P(t)) - \delta E(t)]\Delta t. \quad (3.6)$$

Формула (3.6), подана вище, дає можливість послідовно відстежувати зміну обсягів виробництва енергії залежно від фактичних обсягів надходження органічних відходів та результативності управлінських рішень, що приймаються на різних етапах реалізації проєкту. Її використання є потрібним для узгодження між собою процесів утворення органічних відходів і процесів виробництва енергії на території житлових масивів, оскільки саме так забезпечується збалансованість між ресурсною базою та можливостями локальної енергетичної системи.

3.1.3. Соціально-економічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Соціально-економічна підсистема у циркуляційно-ціннісній моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів відображає процес формування вигод для населення громади та подальші зміни цих вигод у часі. На відміну від ресурсної чи технологічної складових, у межах цієї підсистеми основна увага приділяється не матеріальному потоку, а результатам, які проявляються у соціально-економічному середовищі житлового масиву. До таких результатів належать створення нових робочих місць, зниження витрат домогосподарств на енергозабезпечення, покращення умов проживання населення та формування довгострокових соціальних переваг для громади (рис. 3.4).

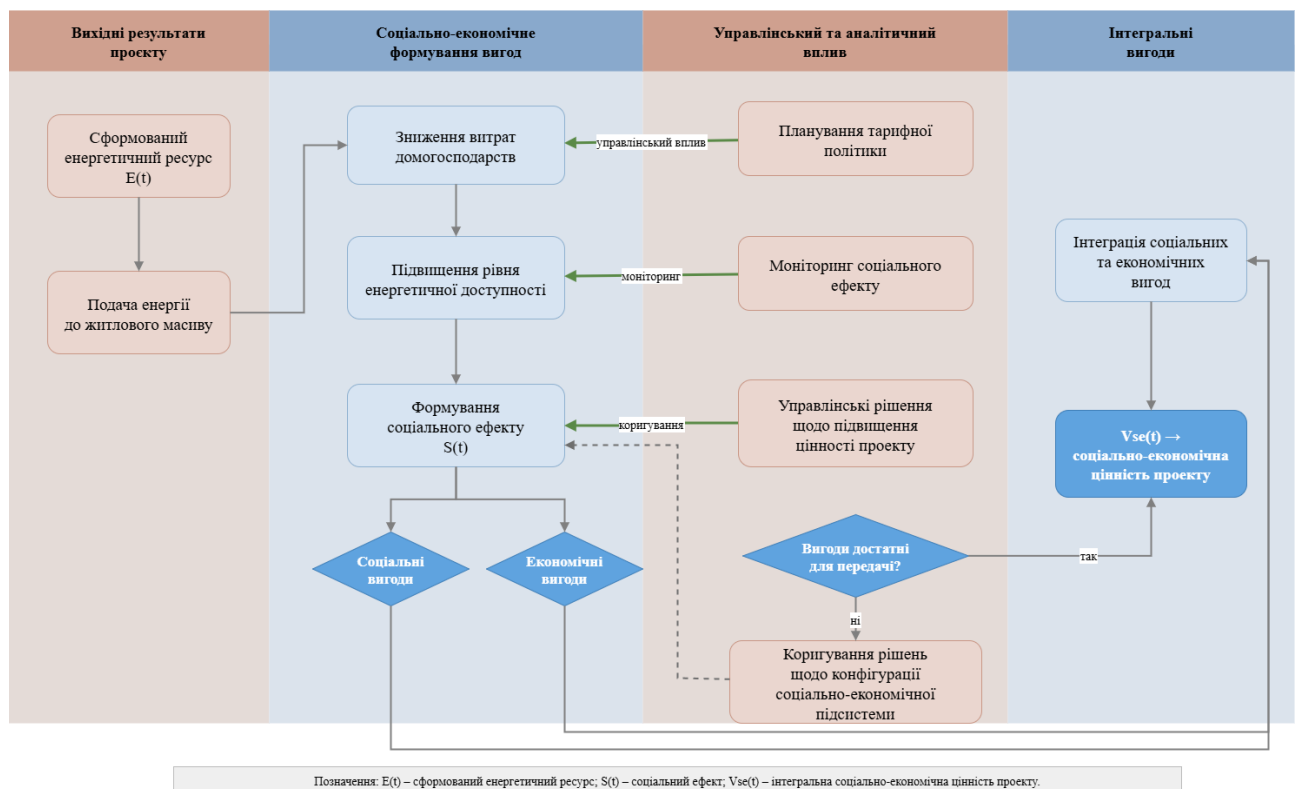


Рисунок 3.4 – Формування соціально-економічних вигод у результаті реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів

Особливістю цієї підсистеми є те, що сформована цінність не завжди безпосередньо виражена у вартісних показниках. Частина ефектів має нематеріальний характер, однак саме вони суттєво впливають на сталість розвитку житлових масивів, рівень соціальної стабільності та готовність громади до підтримки подібних проєктів у перспективі. Саме тому соціально-економічна підсистема є важливою складовою циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, оскільки дозволяє враховувати ті результати, які у традиційних підходах до управління проєктами часто залишаються поза межами формального аналізу.

Зміни соціально-економічних вигод у часі описуються формулою:

$$\frac{dS}{dt} = \mu E(t) + \nu J(t) - \sigma C(t) + \rho P(t), \quad (3.7)$$

де dS – рівень соціально-економічних вигод у t -й момент часу; μ – коефіцієнт впливу обсягу виробленої енергії на вигоди для мешканців житлового масиву (завдяки зниженню витрат на традиційні енергоресурси); $E(t)$ – обсяг виробництва енергії; ν – коефіцієнт впливу створених робочих місць $J(t)$; σ – показник витрат, який характеризує зменшення соціальної цінності; $C(t)$ – витрати мешканців житлових масивів або ж домогосподарств; $\rho P(t)$ – складова, яка враховує ефективність прийнятих управлінських рішень стосовно соціально-економічних вигод (прозорість комунікації, залучення громадськості, механізми партнерства тощо).

Перша складова $\mu E(t)$ відображає те, що зі зростанням обсягів виробленої енергії з відновлюваних джерел знижується залежність громади від традиційних ресурсів. Це зумовлює зниження витрат на енергетичні ресурси, а також зростання стійкості до відключень від централізованих енергосистем. Складова $\nu J(t)$ враховує створені робочі місця завдяки реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів із використанням органічних відходів. Це важлива складова для післявоєнного періоду, який характеризується соціальною

інтеграцією населення через зайнятість. Саме це вважається визначальним чинником стабільності. Складова $\sigma C(t)$ характеризує вплив фінансових витрат мешканців житлових масивів на цінність. Адже навіть інноваційні проєкти потребують інвестицій і витрат, що зменшують вигоди для мешканців. Складова $\rho P(t)$ відображає те, що офісу рівень управління проєктами формує обсяг зниження витрат та підвищення довіри мешканців житлових масивів. Це забезпечує зростання соціальної цінності.

Прогнозування соціально-економічних вигод виконується за формулою:

$$S(t + \Delta t) = S(t) + [\mu E(t) + \nu J(t) - \sigma C(t) + \rho P(t)] \Delta t. \quad (3.8)$$

Формула (3.8) відображає у часовому розрізі зміну соціально-економічних вигод залежно від результативності процесів енерговиробництва та характеру управлінських рішень, що приймаються в межах реалізації проєкту. Її використання дозволяє оцінити, яким чином вибрана конфігурація проєкту та його продукту впливають на формування соціально-економічних переваг для населення мешканців житлових масивів у короткостроковому та середньостроковому часовому вимірі.

Соціально-економічна підсистема у структурі циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів характеризує не лише зміну витрат і доходів, пов'язаних із функціонуванням локальної енергетичної системи, а й дає змогу відобразити наслідки управлінських рішень для рівня довіри мешканців житлових масивів до проєкту та сприйняття його суспільної корисності. Значною мірою формування таких вигод залежить від того, наскільки ефективно працюють технологічна та екологічна підсистеми. Це пов'язано із тим, що саме вони визначають реальний рівень енергетичного та екологічного ефекту. У взаємозв'язку ці складові формують інтегральну цінність проєкту енергозабезпечення житлових масивів,

яка в межах циркуляційно-ціннісного підходу виступає базовим критерієм оцінювання результативності управління у багаторівневій системі.

3.1.4. Екологічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Екологічна підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів визначає рівень екологічної стійкості та безпечності реалізації відповідних проєктів. У її межах відображаються процеси зменшення накопичення органічних відходів, скорочення викидів парникових газів та загальний позитивний вплив функціонування системи на стан довкілля. Саме ця підсистема дозволяє оцінити, наскільки реалізований проєкт відповідає принципам циркулярної економіки, де основним є замкнений цикл використання утворених ресурсів на території житлових масивів без формування екологічно небезпечних залишків (рис. 3.5).

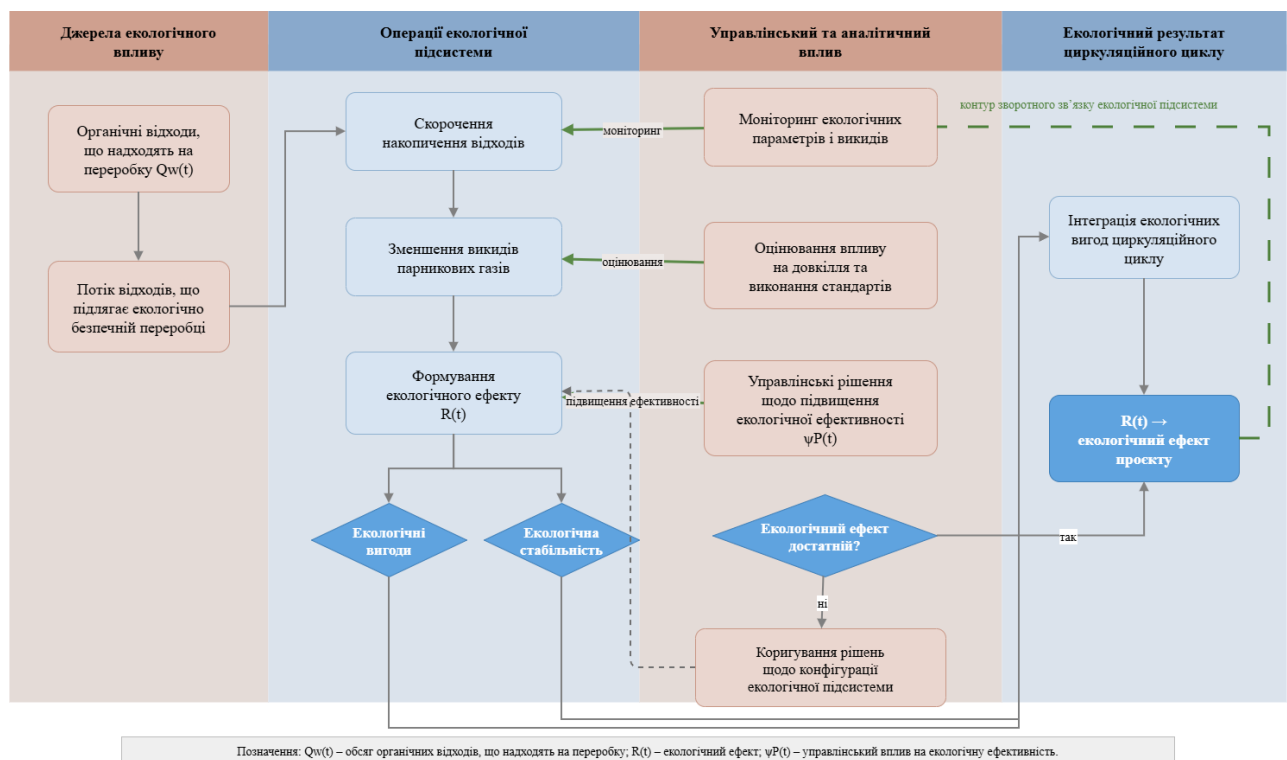


Рисунок 3.5 – Формування екологічного ефекту в циркуляційному циклі використання органічних відходів

На практиці органічні відходи, які продукуються у межах житлового масиву, розглядаються не як джерело екологічного навантаження, а як ресурс для подальшого виробництва енергії. Відповідно до цього, екологічна підсистема відображає перехід від традиційного накопичення відходів до їх повторного залучення в енергетичний цикл, що дає можливість мінімізувати негативний вплив на територію житлового масиву та зменшити ризики для локальної екосистеми. Саме через це екологічна складова у межах моделі має не допоміжний, а системоутворювальний характер, оскільки без неї неможливо досягти повної циркуляційної логіки функціонування проєкту.

Опису динаміки створення екологічних вигод здійснюється за формулою:

$$\frac{dR}{dt} = \phi\beta Q_w(t) - kR(t) + \psi P(t), \quad (3.9)$$

де dR – рівень екологічних вигод у заданий t -й момент часу; ϕ – коефіцієнт, що враховує здатність використання відходів до зменшення негативного впливу на довкілля; $\phi\beta Q_w(t)$ – обсяг органічних відходів, які переробляється системою; k – коефіцієнт зниження екологічних вигод, що характеризує поступове зменшення екологічних вигод з часом (технічне старіння обладнання, зниження якості обслуговування тощо); $\psi P(t)$ – складова, що описує вплив управлінських рішень на екологічну ефективність системи.

Перша складова формули (3.9) $\phi\beta Q_w(t)$ визначає вигоди від переробки органічних відходів. Вона стосується зменшення обсягів накопичення органічних відходів, що потрапляють на полігони, і скорочення обсягів метанових викидів. Чим більший обсяг органічних відходів переробляється у енергетичних установках, тим більші є екологічні вигоди. Друга складова $kR(t)$ відображає те, що будь-які екологічні вигоди не є постійними. Вони з часом зменшуються, якщо не здійснювати належного моніторингу, контролю і оновлення технологічних рішень. Третя складова $\psi P(t)$ відображає рівень

прийняття управлінських рішень щодо екологічних вигод. Вона відображає ефективне управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів (врахування оцінки впливу на довкілля, контроль викидів, використання екологічних стандартів ISO 14001 тощо), що посилює екологічну стійкість і сприяє відновленню природного балансу.

Прогнозування екологічних вигод здійснюється за формулою:

$$R(t + \Delta t) = R(t) + [\phi\beta Q_w(t) - kR(t) + \psi P(t)] \Delta t. \quad (3.10)$$

Формула (3.10) дає можливість поетапно відстежувати зміну екологічних вигод у часі, що має принципове значення для довгострокового планування проєктів енергозабезпечення житлових масивів, у яких використовується органічна сировина як ресурс. Її застосування дозволяє моделювати альтернативні сценарії прийняття управлінських рішень і на цій основі визначати той варіант функціонування системи, який забезпечує найбільш прийнятний рівень екологічної нейтральності житлового масиву та мінімальний вплив на довкілля.

Екологічна підсистема перебуває у безпосередньому функціональному зв'язку з управлінською підсистемою, оскільки результативність прийнятих рішень прямо позначається на значенні коефіцієнта ψ , що характеризує адаптаційну здатність системи енергозабезпечення реагувати на екологічні виклики. Зростання коефіцієнта ψ , як правило, досягається завдяки впровадженню засобів екологічного моніторингу, технічному оновленню обладнання, підвищенню якості збору та аналізу даних, а також використанню геоінформаційних технологій для супроводу управлінських процесів. У такому випадку управлінська підсистема виконує функцію динамічного коригування параметрів реалізації проєкту, що дозволяє своєчасно мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Екологічна підсистема, математичний опис якої подано формулами (3.9) та (3.10), виконує у структурі циркуляційно-ціннісної моделі стабілізуючу функцію. Саме вона формує механізм зворотного зв'язку між ресурсною та технологічною підсистемами, завдяки чому забезпечується контроль за недопущенням надмірного накопичення органічних відходів, підтримується відновлення локальних екосистем і створюється довготривала екологічна цінність для населення громади. За рахунок цього в межах моделі поняття «енергія з відходів» набуває ширшого змісту і розглядається як «енергія у збалансованій взаємодії з природним середовищем».

3.1.5. Управлінська підсистема циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Управлінська підсистема займає центральне місце у циркуляційно-ціннісній моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, оскільки саме через неї забезпечується узгоджене функціонування всіх інших підсистем – ресурсної, технологічної, соціально-економічної та екологічної. Її роль полягає у формуванні та реалізації управлінських процесів, пов'язаних із плануванням, моніторингом, контролем, управлінням ризиками та координацією дій, необхідних для створення продукту проєкту, тобто системи енергозабезпечення житлового масиву, що функціонує на основі органічних відходів.

Крім цього, управлінська підсистема інтегрує міжпідсистемні інформаційні зв'язки, на основі яких формується ефективний офіс управління проєктами. Саме через такий механізм забезпечується точність прийняття управлінських рішень, адаптивність до змін зовнішнього проєктного середовища та можливість своєчасного коригування конфігурації проєкту відповідно до ресурсних, технологічних, соціально-економічних і екологічних параметрів його функціонування (рис. 3.6).

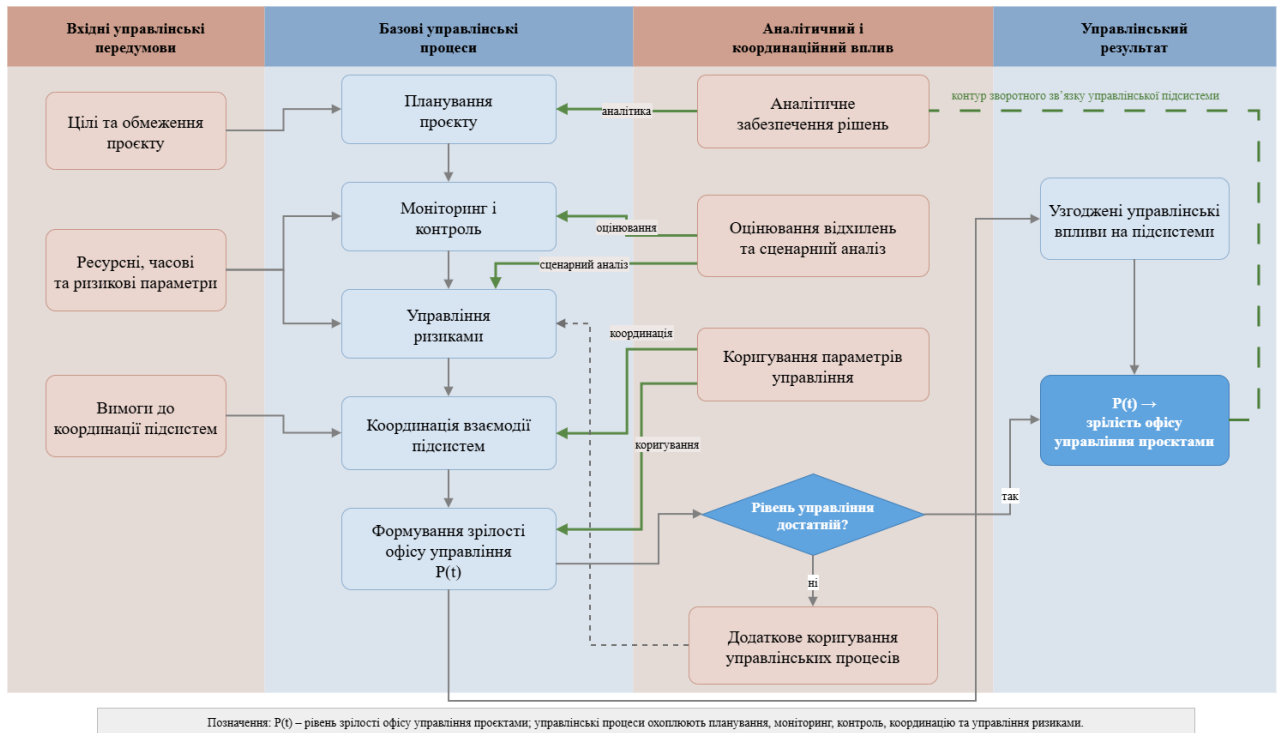


Рисунок 3.6 – Структура управлінських процесів у циркуляційно-ціннісній моделі

З метою формалізованого опису змін стану управлінської підсистеми у часі та відображення взаємозв'язків між базовими управлінськими процесами використовується залежність:

$$\frac{dP}{dt} = \lambda_1 Plan(t) + \lambda_2 Mon(t) - \lambda_3 Risk(t), \quad (3.11)$$

де dP – рівень ефективності управління проєктом у заданий момент часу t ; $Plan(t)$ – функція планування, яка характеризує процеси планування проєкту; $Mon(t)$ – функція моніторингу, що відображає здатність системи відстежувати стан формування продукту проєкту, аналізувати відхилення та формувати обґрунтовані коригувальні дії; $Risk(t)$ – функція управління ризиками, яка описує реалізацію процесів реагування на ризики, що впливають на хід виконання проєкту; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – вагові коефіцієнти, які визначають ступінь впливу

окремих управлінських процесів на загальний рівень ефективності управління проектом.

Перша складова формули (3.11), тобто $\lambda_1 Plan(t)$, характеризує процеси планування проектів, що охоплюють деталізацію етапів створення продукту проекту, балансування ресурсного забезпечення, формування резервів у відповідь на можливі ризики та інші підготовчі управлінські дії. Саме ця складова формує основу для підвищення результативності управління, оскільки забезпечує стратегічне бачення реалізації проекту, дозволяє прогнозувати майбутні зміни та підвищує готовність системи до динаміки зовнішнього проектного середовища.

Друга складова $\lambda_2 Mon(t)$ описує процеси моніторингу, через які забезпечується своєчасне виявлення відхилень від запланованих параметрів та прийняття оперативних коригувальних рішень у процесі формування продукту проекту. Наявність якісно організованого моніторингу створює постійний зворотний зв'язок із технологічними, соціально-економічними та екологічними підсистемами, що забезпечує адаптивність усієї циркуляційно-ціннісної моделі до змін у функціонуванні проекту.

Третя складова $\lambda_3 Risk(t)$ відображає процеси управління ризиками. Саме через неї враховується вплив невизначеностей, які можуть виникати під час реалізації проекту, зокрема через недостатність інформації, технічні несправності обладнання, соціальну нестабільність, коливання вартості ресурсів або зміну зовнішніх умов функціонування енергетичної системи. Наявність таких факторів знижує загальний рівень ефективності управління, що потребує системного реагування в межах управлінської підсистеми.

Для поглибленого опису управлінського впливу доцільно деталізувати окремі функції, що входять до складу формули (3.11). Зокрема, у межах процесів планування проекту пропонується використовувати модель формування продукту проекту зі змінною інтенсивністю виконання дій:

$$\frac{dPlan}{dt} = a_1 P(t) - b_1 Dev(t), \quad (3.12)$$

де a_1 – коефіцієнт позитивного впливу управлінської зрілості проектного офісу; $P(t)$ – рівень зрілості управління проектом у момент часу t ; $b_1 Dev(t)$ – параметр, що характеризує зниження ефективності управління внаслідок відхилень від календарного графіка або виникнення затримок у реалізації проекту.

Аналогічно процеси моніторингу доцільно подати у вигляді функції, що зростає разом із накопиченням даних, однак поступово зменшує приріст ефективності в умовах інформаційного перевантаження (рис. 3.7):

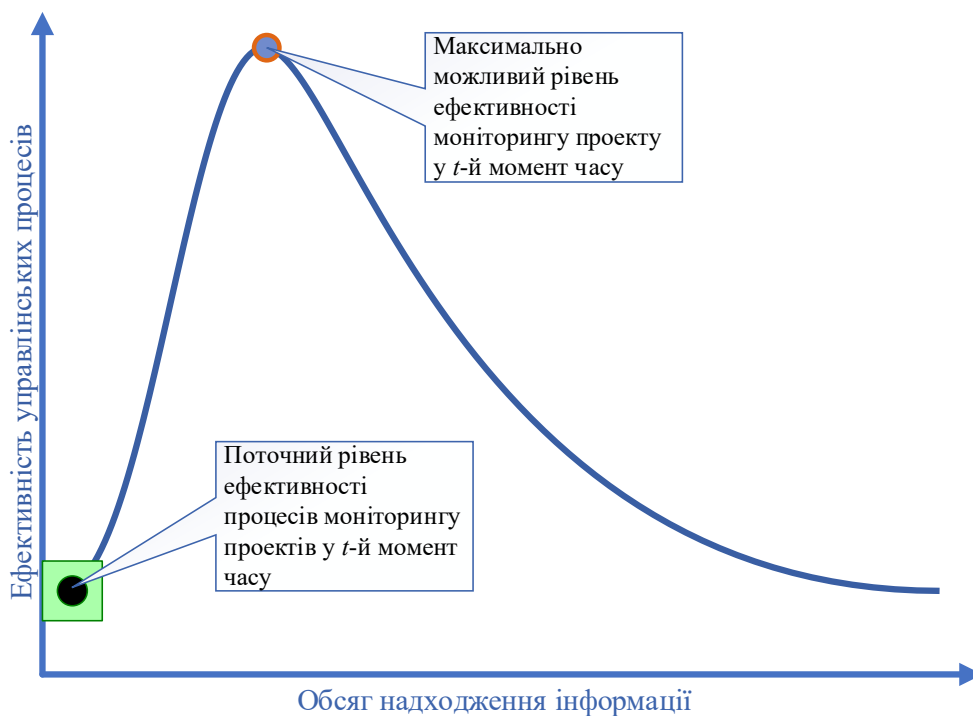


Рисунок 3.7 – Графічна інтерпретація залежності ефективності управлінських процесів від обсягу інформації про стан проектного середовища

$$\frac{dMon}{dt} = a_2 P(t) \left(1 - \frac{Mon(t)}{M_{max}} \right), \quad (3.13)$$

де $\frac{dMon}{dt}$ – швидкість зміни рівня моніторингу проєкту в часі; $Mon(t)$ – поточний рівень ефективності моніторингу у момент часу t ; a_2 – коефіцієнт впливу управлінської зрілості на точність процесів моніторингу; M_{max} – максимально можливий рівень ефективності моніторингу; $1 - \frac{Mon(t)}{M_{max}}$ – коефіцієнт насичення розвитку проєктного офісу.

Показник зміни рівня моніторингу проєктів проєктами енергозабезпечення житлових масивів у часі $\frac{dMon}{dt}$ є показником, що відображає швидкість покращення процесів формування продукту проєкту, аналізу і звітності. Додатне значення цього показника свідчить про поступове вдосконалення механізмів контролю, тоді як його наближення до нульового рівня означає, що процес досяг стану відносної стабільності й подальші зміни відбуваються вже значно повільніше.

Поточний рівень ефективності моніторингу проєкту $Mon(t)$ характеризує здатність проєктного офісу контролювати хід виконання дій, пов'язаних із формуванням продукту проєкту, своєчасно виявляти відхилення від запланованих параметрів, накопичувати необхідні дані та передавати їх до офісу управління проєктами для подальшого аналізу. На початкових етапах реалізації проєкту значення $Mon(t)$ зазвичай є невисоким, однак у процесі розвитку системи управління поступово зростає разом із підвищенням зрілості управлінських процедур.

Коефіцієнт a_2 , який характеризує вплив управлінської зрілості, показує, наскільки рівень організації управління, тобто зрілість проєктного офісу $P(t)$, сприяє покращенню якості моніторингових процесів. За високих значень цього коефіцієнта навіть незначне підвищення рівня управлінської організації приводить до помітного зростання точності моніторингу та якості аналітичного супроводу проєкту.

Рівень зрілості управління проектом $P(t)$ у момент часу t відображає загальну результативність виконання управлінських процесів, зокрема планування, комунікації, контролю, координації та реагування на ризики. Чим вищим є цей показник, тим ефективніше реалізуються функції моніторингу, оскільки зрілий проектний офіс має кращу організаційну структуру, стабільні процедури обробки інформації та вищу якість прийняття рішень.

Максимально можливий рівень ефективності моніторингу M_{max} у заданий момент часу визначає межу, до якої система вдосконалюється у технічному або організаційному напрямі. Така межа формується залежно від використання автоматизованих засобів збору інформації про стан підсистем, аналітичних інструментів реального часу, інтеграції геоінформаційних технологій та застосування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Коефіцієнт насичення $1 - \frac{Mon(t)}{M_{max}}$ розвитку проектного офісу відображає закономірність, за якої на початкових етапах, коли рівень ефективності моніторингу ще є відносно низьким, приріст відбувається досить швидко. Однак у міру наближення $Mon(t)$ до граничних значень швидкість подальшого вдосконалення поступово зменшується. Така поведінка відповідає реальним умовам управління проектами, де підвищення якості контролю на високих рівнях організації вимагає значно більших зусиль і ресурсів.

Опис процесів управління ризиками доцільно здійснювати за допомогою формули, яка відображає зростання рівня ризиків за недостатнього контролю реалізації проекту та їх поступове зниження у випадку підвищення ефективності функціонування офісу управління проектами:

$$\frac{dRisk}{dt} = \xi - \zeta P(t) - \omega Mon(t), \quad (3.14)$$

де ξ – показник інтенсивності виникнення нових ризиків у процесі реалізації проєкту; ζ – параметр, що характеризує вплив ефективності управління проєктом на зниження рівня ризиків; ω – показник зменшення ризиків завдяки виконанню моніторингових процедур у ході реалізації проєкту.

У дискретній формі опис управлінської підсистеми описується формулою:

$$P(t + \Delta t) = P(t) + [\lambda_1 Plan(t) + \lambda_2 Mon(t) - \lambda_3 Risk(t)]\Delta t. \quad (3.15)$$

Формула (3.15) відображає, яким чином накопичення досвіду та знань щодо виконання управлінських дій упродовж реалізації проєкту поступово формує зростання зрілості офісу управління проєктами. Такий спосіб подання дозволяє не лише оцінювати поточний стан організації управління, а й прогнозувати подальшу зміну рівня її розвитку залежно від вибраної стратегії функціонування та вдосконалення.

Управлінська підсистема побудована за ієрархічним принципом, центральним елементом якого виступає офіс управління проєктами. Саме він виконує функцію координаційного ядра, через яке узгоджуються процеси планування, фінансового забезпечення, контролю, управління ризиками та інформаційної взаємодії між усіма підсистемами моделі. У межах цієї структури офіс управління проєктами формує управлінські рішення, які передаються до ресурсної, технологічної, соціально-економічної та екологічної підсистем для подальшої реалізації. Реакція кожної з підсистем на такі управлінські впливи забезпечує формування замкненого циклу, у якому після прийняття рішення відбувається оцінювання отриманого результату, що проявляється у виконанні відповідних дій та формуванні продукту проєкту.

Таким чином, управлінська підсистема виконує в межах циркуляційно-ціннісної моделі функцію стабілізації та узгодження діяльності всіх її складових. Її роль не обмежується окремим впливом на технологічну, соціально-економічну чи екологічну підсистеми, оскільки саме через неї забезпечується інтеграція між

ними в єдину адаптивну систему управління проектами, здатну реагувати на зміни проектної середовища.

У поєднанні з інструментами прогнозного аналізу, системної динаміки та геоінформаційного моделювання управлінська підсистема, побудована на основі запропонованої циркуляційно-ціннісної моделі, формує повноцінний інструментарій стратегічного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, у яких органічні відходи розглядаються як базовий локальний ресурс для створення енергетичної цінності.

3.2. Модель визначення інтегральної цінності проекту енергозабезпечення житлових масивів

Інтегральна цінність проекту енергозабезпечення житлових масивів описується формулою (3.16) і є узагальнюючим показником запропонованої циркуляційно-ціннісної моделі управління зазначеним проектом. Інтегральний показник цінності завдяки реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів із використанням органічних відходів визначається за формулою:

$$V_{int} = w_{en} \cdot E + w_{ec} \cdot E_c + w_{soc} \cdot S + w_{env} \cdot R, \quad (3.16)$$

де E – обсяг виробництва енергії; E_c – економічні вигоди; S – соціальні вигоди; R – екологічні вигоди; $w_{en}, w_{ec}, w_{soc}, w_{env}$ – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритети окремих стейкхолдерів.

Зокрема, інтегральний показник цінності V_{int} відображає сукупний результат функціонування всіх основних підсистем проекту – ресурсної, технологічної, соціально-економічної, екологічної та управлінської. Його доцільно розглядати як динамічну величину, що характеризує рівень стійкості й

результативності проекту енергозабезпечення житлових масивів упродовж часу та враховує як кількісні параметри, так і якісні аспекти створюваної цінності.

На відміну від традиційних підходів, у яких оцінювання ефективності переважно ґрунтується на фінансових індикаторах, запропонована модель передбачає використання поняття багатовимірної цінності. Така цінність формується поступово в процесі реалізації проекту через аналіз потоків ресурсів, енергетичних параметрів, соціальних ефектів, а також рівня обґрунтованості та точності управлінських рішень.

Інтегральна цінність проекту енергозабезпечення житлових масивів визначається як функціональна залежність від змінних стану системи та вагових коефіцієнтів, що задають пріоритетність окремих складових у процесі прийняття управлінських рішень. Відповідний аналітичний вираз цієї залежності подається у вигляді формули:

$$V(t) = w_{en}E(t) + w_{soc}S(t) + w_{env}R(t) + w_{pm}P(t), \quad (3.17)$$

де $V(t)$ – інтегральна цінність проекту енергозабезпечення житлових масивів у t -й момент часу; $E(t)$ – енергетичні вигоди; $S(t)$ – соціально-економічні вигоди; $R(t)$ – екологічні вигоди; $P(t)$ – показник управлінської зрілості офісу управління проектами; w_{en} , w_{soc} , w_{env} , w_{pm} – відповідно вагові коефіцієнти, що характеризують відносну значущість кожної компоненти цінності.

Під час реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів різні групи стейкхолдерів формують власне бачення цінності проекту залежно від функціональних інтересів, очікуваних результатів, рівня відповідальності та ступеня впливу на процес прийняття управлінських рішень. У зв'язку з цим інтегральна цінність проекту не може розглядатися як універсальний показник, однаковий для всіх учасників проектного середовища, а має визначатися з урахуванням багатокритеріального представлення інтересів основних груп стейкхолдерів. Такий підхід дає змогу формалізувати процес узгодження цілей

проекту із потребами громади, інвесторів, операторів енергетичної інфраструктури, органів місцевого самоврядування та інших учасників проектного середовища.

До основних груп стейкхолдерів у проектах енергозабезпечення житлових масивів належать мешканці житлових масивів, органи місцевого самоврядування, інвестори, підприємства енергетичної галузі, екологічні організації та офіс управління проектами. Для кожної групи стейкхолдерів формується власна локальна функція цінності, що характеризує рівень досягнення очікуваних результатів проекту в певний момент часу:

$$U_k(t) = \sum_{i=1}^n \alpha_{ki} X_i(t), \quad (3.18)$$

де $U_k(t)$ – локальна цінність проекту для k -ї групи стейкхолдерів у t -й момент часу; α_{ki} – коефіцієнт важливості i -ї складової цінності для k -ї групи стейкхолдерів; $X_i(t)$ – значення відповідної складової цінності проекту; n – кількість складових цінностей.

У такому випадку інтегральна цінність проекту енергозабезпечення житлових масивів визначається як агрегована функція локальних цінностей усіх груп стейкхолдерів:

$$V(t) = \sum_{k=1}^m \beta_k U_k(t), \quad (3.18)$$

де β_k – ваговий коефіцієнт значущості k -ї групи стейкхолдерів у системі управління проектом; m – кількість груп стейкхолдерів.

Запропоноване представлення інтегральної цінності дозволяє враховувати суперечливість інтересів різних учасників проектного середовища, забезпечує адаптивність управлінських рішень до змін зовнішніх умов та створює основу

для подальшого використання методів багатокритеріальної оптимізації під час вибору раціональної конфігурації проєкту енергозабезпечення житлових масивів. Крім того, така формалізація дає можливість визначати вплив окремих груп стейкхолдерів на формування кінцевої інтегральної цінності проєкту та оцінювати ступінь узгодженості їхніх інтересів у процесі реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів.

Вагові коефіцієнти в моделі не залишаються сталими, а змінюються впродовж реалізації проєкту, відображаючи необхідність адаптації проєктних рішень до поточних стратегічних орієнтирів громади та змін, що виникають у динамічному проєктному середовищі. Такий підхід дає можливість враховувати зміну пріоритетів управління залежно від зовнішніх умов, доступності ресурсів і цілей розвитку території (рис. 3.8).

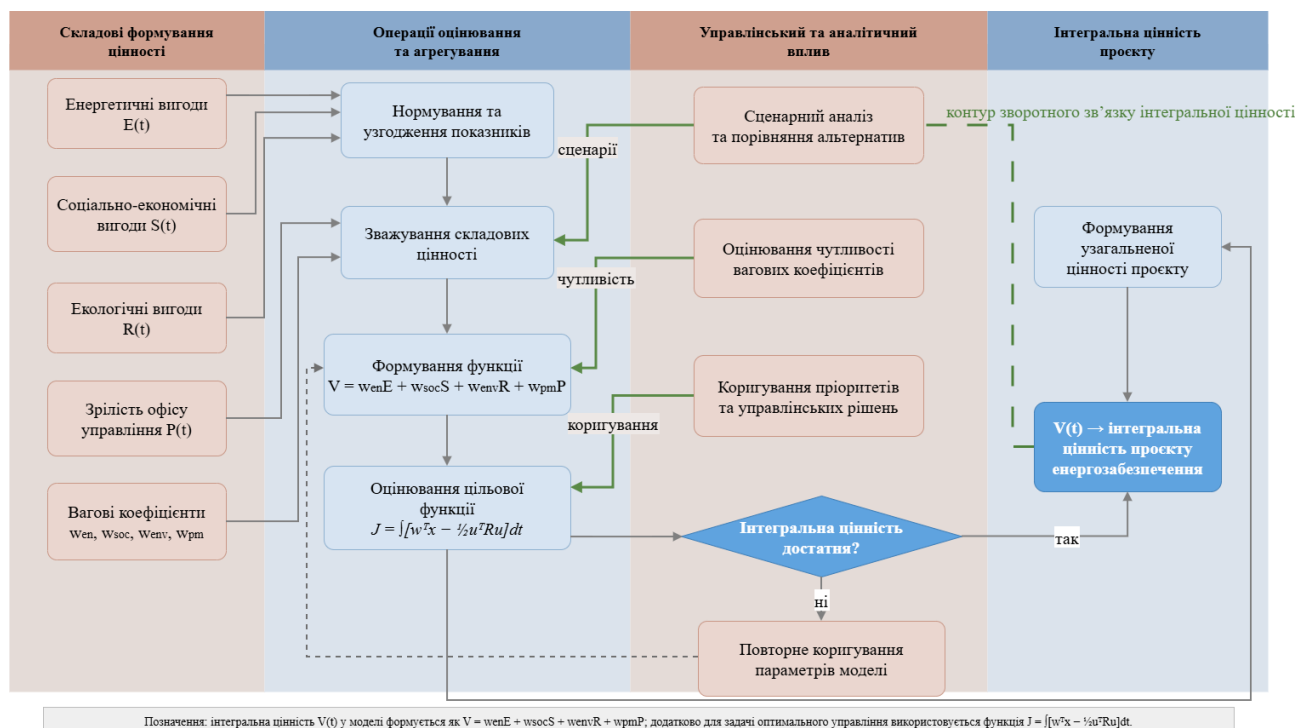


Рисунок 3.8 – Модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів

З огляду на те, що всі підсистеми функціонують у тісному взаємозв'язку та взаємно впливають одна на одну, інтегральну цінність проєктів

енергозабезпечення житлових масивів доцільно розглядати не як просту суму окремих складових, а як функціонал, що визначається поточним динамічним станом проєкту:

$$V(t) = \int_{t_0}^t \left[w^T x(\tau) - \frac{1}{2} x^T(\tau) Q x(\tau) \right] d\tau, \quad (3.19)$$

де $x(t)$ – вектор стану проєкту; w – вектор вагових коефіцієнтів; Q – матриця штрафних параметрів, що відображає вплив небажаних відхилень, втрат або проявів неефективності в процесі реалізації проєкту.

Запропоноване подання моделі інтегральної цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів у виразі (3.19) створює основу для постановки задачі оптимального управління, у межах якої інтегральна цінність розглядається як цільова функція, що підлягає максимізації за умов обмеженості ресурсів, наявності ризиків та з урахуванням конфігурації взаємодіючих підсистем.

3.3. Матричне представлення циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Узагальнено циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів у матричному вигляді подається через рівняння стану:

$$\hat{x}(t) = A \cdot x(t) + B \cdot u(t) + G \cdot d(t), \quad (3.20)$$

де $x(t)$ – вектор стану проєкту, який охоплює основні змінні, визначені у рівнянні (3.21); $u(t)$ – вектор керуючих впливів, що характеризує управлінські

дії; $d(t)$ – вектор зовнішніх збурень, який описує вплив чинників проектного середовища, зокрема зміну ресурсної бази, коливання енергоспоживання або соціально-економічні зміни; A – матриця внутрішніх взаємозв'язків між підсистемами; G – матриця впливу офісу управління проектами; B – матриця чутливості системи до зовнішніх факторів.

Вектор стану проекту задається таким чином:

$$x(t) = [Q_w(t), E(t), S(t), R(t), P(t)]^T, \quad (3.21)$$

де $x(t)$ – вектор стану проекту; $Q_w(t)$ – обсяг органічних відходів; $E(t)$ – обсяг виробленої енергії; $S(t)$ – соціальні вигоди; $R(t)$ – екологічні вигоди; $P(t)$ – рівень зрілості офісу управління проектами.

Вектор стану $x(t)$ включає змінні, які змінюються в часі та відображають стан окремих підсистем циркуляційно-ціннісної моделі управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Їх часові зміни дають можливість відстежувати динаміку реалізації проекту та характер переходу системи між різними станами.

Вектор управлінських дій $u(t)$ формується на основі процесів планування $Plan(t)$, моніторингу $Mon(t)$ та ризик-менеджменту $Risk(t)$:

$$u(t) = \begin{bmatrix} Plan(t) \\ Mon(t) \\ Risk(t) \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

Усі змінні, що входять до виразу (3.22), є керованими, оскільки безпосередньо визначаються управлінськими рішеннями, сформованими в офісі управління проектами. Саме їх поєднання задає траєкторію розвитку проекту в конкретному проектному середовищі.

У загальному вигляді задача оптимального управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів полягає у визначенні такої множини управлінських дій $u^*(t)$, яка забезпечує максимум інтегральної функції цінності:

$$\max_{u(t)} J = \int_{t_0}^{t_f} \left[w^T \cdot x(t) - \frac{1}{2} u^T(t) \cdot R \cdot u(t) \right] dt, \quad (3.23)$$

де R – матриця вагових коефіцієнтів управління, що відображає відносну важливість або вартість реалізації окремих управлінських дій.

Таке формалізоване подання задачі оптимального управління дозволяє застосовувати принцип Беллмана або рівняння Гамільтона-Якобі-Беллмана, що забезпечує максимізацію інтегральної цінності під час реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів.

Управлінські рішення щодо планування, моніторингу, контролю ризиків та інших управлінських процесів повинні узгоджуватися не лише з конфігурацією продукту проєкту енергозабезпечення житлових масивів, а й із соціальними та екологічними ефектами, яких очікують зацікавлені сторони. Такий підхід дозволяє розглядати проєкт як єдину систему, у межах якої кожне управлінське рішення викликає зміну стану кількох взаємопов'язаних підсистем.

Водночас основною метою такого управління є досягнення такого результату проєкту енергозабезпечення житлових масивів, за якого забезпечується збалансованість між економічною доцільністю, соціальною справедливістю та екологічною стійкістю.

Матричне представлення циркуляційно-ціннісної моделі дає можливість описати управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів у вигляді системи динамічних рівнянь зі зворотними зв'язками. У цьому випадку математична модель виконує не лише описову функцію, а й формує концептуальну основу переходу від лінійного управління проєктами до використання самоорганізованої динамічної системи, здатної адаптуватися до

змін проєктного середовища, підтримувати узгодженість між підсистемами та забезпечувати зростання інтегральної цінності у довгостроковій перспективі.

3.4. Метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища

Сутність запропонованого методу (рис. 3.9) полягає в послідовному виявленні, формалізації та усуненні суперечностей між трьома зазначеними конфігураціями з подальшим формуванням такої конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву, яка б з одного боку, забезпечувала створення та введення в дію системи виробництва енергії з органічних відходів, а з іншого відповідала проєктному середовищу (параметрам житлового масиву), доступним ресурсам, часовим обмеженням, ризикам та можливості створенню максимальної інтегрованої цінності для стейкхолдерів. На відміну від відомих методів та моделей управління конфігурацією проєктів, в яких основна увага приділяється переважно парному узгодженню конфігурації продукту і проєкту, у запропонованому методі як окремий вагомий елемент управління враховується конфігурація проєктного середовища. Це дозволяє розглядати проєктне середовище не як зовнішні умови реалізації проєкту, а як повноцінну керовану та обмежувальну систему, яка визначає допустимі межі конфігурації продукту проєкту і конфігурації самого проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Для формалізації методу запропоновано використовувати три множини параметрів. Конфігурація продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву описується вектором:

$$K_{prod} = \langle C_s, P_t, G_m, A_e, D_e, H_r \rangle \quad (3.24)$$

де C_s – конфігурація підсистеми збору органічної сировини; P_t – технологія перероблення органічних відходів; G_m – склад і потужність енергогенеруючих модулів; A_e – конфігурація підсистеми акумулювання енергії; D_e – конфігурація підсистеми видачі електричної та теплової енергії; H_r – конфігурація підсистеми рекуперації та утилізації побічних продуктів.

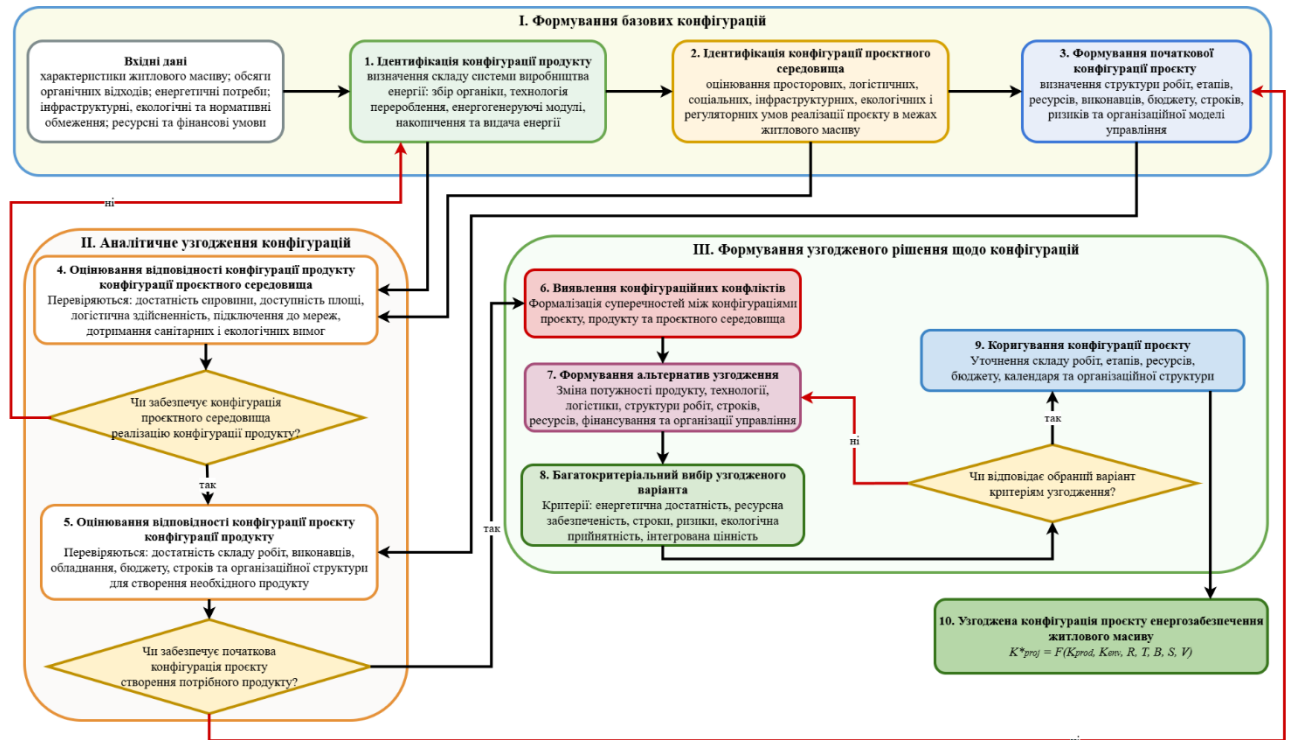


Рисунок 3.9 – Структурна схема методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища

Конфігурація проєктного середовища проєкту енергозабезпечення житлового масиву описується вектором:

$$K_{env} = \langle Z_h, W_o, L_g, I_n, S_b, N_r, E_c \rangle \quad (3.25)$$

де Z_h – параметри житлового масиву; W_o – обсяги та структура органічних відходів; L_g – логістична доступність; I_n – наявність інженерних мереж і площ;

S_b – поведінкові характеристики мешканців і стейкхолдерів; N_r – регуляторні обмеження; E_c – екологічні та санітарні параметри території.

Конфігурація проєкту формується вектором

$$K_{proj} = \langle W, R, T, B, O, Q, \Psi \rangle \quad (3.26)$$

де W – множина робіт у проєкті; R – ресурсне забезпечення проєкту; T – часові параметри проєкту; B – бюджет проєкту; O – організаційна архітектура офісу управління проєктом; Q – механізми контролю та забезпечення якості проєкту; Ψ – сукупність керуючих впливів і процедур коригування дій у проєкті.

Результатом використання методу є визначення узгодженої конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву:

$$K_{proj}^* = F(K_{prod}, K_{env}, R, T, B, S, V) \quad (3.27)$$

де S – параметри взаємодії між стейкхолдерами проєкту; V – показник інтегрованої цінності проєкту.

На відміну від традиційної постановки задачі, тут функція $F(\cdot)$ не є одноразовим розрахунком. Вона реалізується як ітераційний процес переходу від початкової конфігурації $K_{proj}^{(0)}$ до узгодженої конфігурації K_{proj}^* через процедури перевірки сумісності, виявлення конфліктів, генерації альтернатив і багатокритеріального вибору кращого варіанту конфігурації:

$$K_{proj}^{(r+1)} = K_{proj}^{(r)} + \Delta K_{corr}^{(r)}, \quad (3.28)$$

де $\Delta K_{corr}^{(r)}$ – вектор коригувань на r -му кроці, сформований за результатами оцінювання невідповідностей між конфігураціями.

Перший етап методу передбачає ідентифікацію конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Його зміст полягає у визначенні такої структури системи виробництва енергії, яка забезпечує енергетичні потреби мешканців житлового масиву за використання генерованої ними органічної сировини із відходів. На цьому етапі встановлюються тип технології переробки органічних відходів, розрахункова продуктивність біоенергетичних модулів, схема збору та накопичення органічних відходів, параметри підсистем виробництва електричної й теплової енергії, а також допустимі режими роботи системи. Формально цей етап описується як задача синтезу:

$$K_{prod} = \arg \max_{\bar{K}_{prod} \in \Omega_{prod}} \{E(\bar{K}_{prod}) - \lambda_1 C(\bar{K}_{prod}) - \lambda_2 R_{tech}(\bar{K}_{prod})\}, \quad (3.29)$$

де $E(\bar{K}_{prod})$ – енергетична віддача; $C(\bar{K}_{prod})$ – капітальні та експлуатаційні витрати; $R_{tech}(\bar{K}_{prod})$ – технічний ризик; Ω_{prod} – область допустимих технічних конфігурацій.

Цей етап є початковим, оскільки саме продукт проєкту енергозабезпечення житлового масиву задає вимоги до ресурсів, часу, змісту робіт і особливостей взаємодії між стейкхолдерами.

Другий етап полягає в ідентифікації конфігурації проєктного середовища проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Він забезпечує не лише оцінювання зовнішніх умов проєктного середовища, а й формування їхньої структурованої моделі, придатної до подальшого аналітичного порівняння з конфігурацією продукту та проєкту енергозабезпечення житлового масиву. На цьому етапі встановлюються територіальні межі житлового масиву, оцінюється структура забудови, щільність населення, фактичні й прогнозовані обсяги утворення органічних відходів, транспортна схема збору, наявність або відсутність потрібних майданчиків, відстані до вузлів підключення енергомереж, а також санітарні вимоги, екологічні обмеження й поведінкові чинники, пов'язані з готовністю мешканців до сортування відходів. Для виконання цього

етапу використано агрегований показник придатності умов проєктного середовища для реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву:

$$P_{env} = \sum_{i=1}^m \alpha_i g_i(K_{env}), \quad (3.30)$$

де $g_i(K_{env})$ – нормовані функції окремих характеристик проєктного середовища, α_i – вагові коефіцієнти.

Значення показника P_{env} дозволяє оцінити, чи є середовище загалом сприятливим для розміщення й функціонування вибраної системи енергозабезпечення.

На третьому етапі формується початкова конфігурація проєкту енергозабезпечення житлового масиву. У цій конфігурації існують невідповідності, однак вона відображає первинне уявлення про те, якими мають бути структури проєкту енергозабезпечення житлового масиву за відомих конфігурацій його продукту та проєктного середовища. При цьому визначаються склад і послідовність робіт, етапи життєвого циклу реалізації проєкту, потреба у фахівцях та підрядниках, потреба в обладнанні, структура бюджету, часові межі, механізми взаємодії із громадою, органами місцевого самоврядування, операторами систем поводження з органічними відходами та енергетичними компаніями. Початкова конфігурація проєкту енергозабезпечення житлового масиву записується виразом:

$$K_{proj}^{(0)} = \langle W^{(0)}, R^{(0)}, T^{(0)}, B^{(0)}, O^{(0)}, Q^{(0)}, \Psi^{(0)} \rangle, \quad (3.31)$$

де (0) – верхній індекс, який вказує на попередній, ще узгоджений стан конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Четвертий етап передбачає оцінювання відповідності конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву конфігурації

проектного середовища. Це один із основних етапів цього методу, оскільки саме тут перевіряється, чи задана конфігурація продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву функціонуватиме в конкретному житловому масиві. Оцінюється забезпеченість системи сировиною, доступність майданчиків, допустимість логістичних маршрутів, можливість підключення до електричних і теплових мереж, а також відповідність санітарним та екологічним нормам. Узагальнена функція відповідності на цьому етапі записується:

$$\Phi_1(K_{prod}, K_{env}) = \beta_1 f_w(W_o, G_m) + \beta_2 f_l(L_g, C_s) + \beta_3 f_i(I_n, D_e) + \beta_4 f_e(E_c, P_t) + \beta_5 f_n(N_r, K_{prod}) \quad (3.32)$$

де f_w, f_l, f_i, f_e, f_n – відповідно часткові функції узгодження сировинної, логістичної, інфраструктурної, екологічної й нормативної складових; β_i – вагові коефіцієнти.

Після цього перевіряється умова:

$$\Phi_1 < \Phi_1^{crit} \quad (3.33)$$

Якщо виконується умова (3.33), то проєктне середовище не забезпечує створення бажаного продукту проєкту, і метод передбачає повернення до коригування конфігурації продукту або уточнення параметрів проєктного середовища. Саме цей зворотний зв'язок відображений на рис. 3.9.

П'ятий етап пов'язаний з оцінюванням відповідності початкової конфігурації проєкту конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Тут не визначається чи здатен продукт проєкту конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву функціонувати в заданому проєктному середовищі, а обґрунтовується здатність конфігурації проєкту (організаційно-технічної системи) забезпечити створення такого продукту. Перевіряється повнота переліку робіт, достатність виконавців, наявність обладнання, узгодженість термінів виконання робіт, бюджету, а також

відповідність організаційної моделі управління складності технічного рішення. Функція такої відповідності визначається як:

$$\begin{aligned} \Phi_2(K_{proj}, K_{prod}) = & \gamma_1 f_d(W, G_m) + \gamma_2 f_r(R, P_t) + \\ & + \gamma_3 f_t(T, K_{prod}) + \gamma_4 f_b(B, C_s) + \gamma_5 f_o(O, K_{prod}) \end{aligned} \quad (3.34)$$

де f_d – характеризує відповідність набору робіт технічній конфігурації продукту; f_r – забезпечення ресурсами проєкту; f_t – календарна узгодженість; f_b – бюджетна узгодженість; f_o – організаційна відповідність.

У подальшому перевіряється умова:

$$\Phi_2 < \Phi_2^{crit}, \quad (3.35)$$

Отже, початкова конфігурація проєкту енергозабезпечення житлового масиву вважається недостатньою для створення потрібного продукту, що потребує повернення до третього етапу і перегляду структури робіт, ресурсів, бюджету або термінів виконання.

Шостий етап передбачає виявлення конфліктів між конфігураціями. Під такими конфліктами розуміються всі випадки, коли хоча б одна з трьох конфігурацій суперечить двом одній. Наприклад, конфігурація продукту проєкту є такою, що передбачає заданої потужності ферментаційної установки, але проєктне середовище не забезпечує стабільного обсягу надходження органічної сировини. Або ж конфігурація проєктного середовища є придатною для функціонування продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву, однак конфігурація проєкту не передбачає робіт, пов'язаних із побудовою мережі роздільного збору органіки. Множину конфліктів представимо виразом:

$$\Xi = \left\{ \xi_j : \xi_j = \langle \delta_{prod}^{(j)}, \delta_{env}^{(j)}, \delta_{proj}^{(j)} \rangle, j = 1, \dots, n_\xi \right\}, \quad (3.36)$$

де $\delta_{prod}^{(j)}$, $\delta_{env}^{(j)}$, $\delta_{proj}^{(j)}$ – відповідно часткові відхилення у відповідних конфігураціях продукту проекту, проектного середовища та проекту енергозабезпечення житлового масиву. Інтенсивність конфлікту пропонується оцінювати через норму:

$$I_{\xi_j} = \sqrt{\omega_1(\delta_{prod}^{(j)})^2 + \omega_2(\delta_{env}^{(j)})^2 + \omega_3(\delta_{proj}^{(j)})^2}, \quad (3.37)$$

Формула (3.37) дозволяє ранжувати конфлікти між конфігураціями за ступенем їхнього впливу на конфігурацію проекту.

Сьомий етап полягає у формуванні можливих сценаріїв узгодження конфігурацій. Для кожної виявленої суперечності між конфігураціями проекту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проектного середовища генеруються можливі варіанти сценаріїв його усунення. Якщо причина невідповідності стосується надмірної потужності продукту проекту енергозабезпечення житлового масиву, розглядається її зменшення або зміна технології. Якщо суперечність стосується логістики, то слід змінювати маршрути збору органічних відходів, розміщення приймальних пунктів, інтервали транспортування або ж саму організацію заготівлі органічних відходів. Якщо суперечність стосується конфігурації проекту енергозабезпечення житлового масиву, то коригується структура робіт, терміни їх виконання, бюджет, залучення додаткових виконавців або механізми взаємодії зі стейкхолдерами. Альтернативний варіант сценарію a_q описується вектором:

$$a_q = \langle \Delta K_{prod}^{(q)}, \Delta K_{proj}^{(q)}, \Delta K_{env}^{(q)} \rangle, \quad (3.38)$$

У формулі (3.38) один або кілька компонентів дорівнюють нулю залежно від характеру суперечності. Множина альтернативних сценаріїв позначається:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_Q\}. \quad (3.39)$$

Восьмий етап охоплює багатокритеріальний вибір узгодженого варіанта конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проектного середовища. Цей етап являє собою основний обчислювальний блок методу, в якому всі сформовані альтернативні варіанти конфігурацій порівнюються за системою критеріїв (енергетична достатність, ресурсна забезпеченість, календарна допустимість, ризик, екологічна прийнятність, соціальна підтримка та інтегрована цінність). Для цього пропонується використовувати узагальнений критерій:

$$J(a_q) = \mu_1 U_{en}(a_q) + \mu_2 U_{res}(a_q) + \mu_3 U_{time}(a_q) + \mu_4 U_{eco}(a_q) + \mu_5 U_{soc}(a_q) + \mu_6 V(a_q) - \mu_7 R(a_q) \quad (3.40)$$

де U_{en} , U_{res} , U_{time} , U_{eco} , U_{soc} – нормовані показники придатності за окремими критеріями; $V(a_q)$ – показник інтегрованої цінності; $R(a_q)$ – інтегральний ризик; μ_i – коефіцієнти важливості.

Узгоджений варіант конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проектного середовища визначається за правилом:

$$a^* = \arg \max_{a_q \in A} J(a_q). \quad (3.41)$$

При цьому враховується система обмежень:

$$\begin{cases} R(a_q) \leq R^{max}, \\ T(a_q) \leq T^{max}, \\ B(a_q) \leq B^{max}, \\ \Phi_1(a_q) \geq \Phi_1^{crit}, \\ \Phi_2(a_q) \geq \Phi_2^{crit}. \end{cases} \quad (3.42)$$

Якщо жоден із альтернативних варіантів конфігурацій не задовольняє критеріям узгодження (3.42), то повертаються до сьомого етапу цього методу, де генеруються нові варіанти для узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проєктного середовища. Таким чином забезпечується ітераційний характер прийняття управлінського рішення.

Дев'ятий етап полягає у коригуванні конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. На підставі обраного узгодженого варіанта конфігурацій вносяться зміни до початкової конфігурації проєкту $K_{proj}^{(0)}$. При цьому уточняється перелік робіт, їхня послідовність і трудомісткість, визначаються нові параметри ресурсного забезпечення, переглядається календар реалізації проєкту, уточняється бюджет, а також адаптується організаційна структура проєкту. Таке коригування описується формулою:

$$K_{proj}^* = K_{proj}^{(0)} + \Delta K_{proj}(a^*). \quad (3.43)$$

де $\Delta K_{proj}(a^*)$ – вектор змін, що утворюється із вибраного варіанта узгодження конфігурацій.

На цьому етапі проєктні менеджери переходять від аналітичного оцінювання до формування реальної конфігурації майбутнього проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

На десятому етапі отримують узгоджену конфігурацію проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Вона є результатом ітераційного узгодження трьох конфігурацій (проєкту, продукту та проєктного середовища). Отримана конфігурація проєкту енергозабезпечення житлового масиву: 1) забезпечує реалізацію технічно та функціонально обґрунтованого продукту (системи енергозабезпечення житлового масиву); 2) не суперечить умовам конкретного проєктного середовища; 3) реалізується в межах допустимих ресурсних, часових і організаційних обмежень.

Важливим є те, що узгоджена конфігурація проєкту не лише за календарно-ресурсними показниками, а й враховує вигоди стейкхолдерів, адаптивні механізми реагування на зміни проєктного середовища та параметри інтегрованої цінності.

Запропоновані зв'язки між етапами методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища (рис. 3.9) мають не лінійний, а контурно-ітераційний характер. Зв'язок між першим і другим етапами відображає переходи від технічного обґрунтування конфігурації продукту до аналізу умов його використання. Зв'язок між другим і третім етапами забезпечує перенесення конфігурації проєктного середовища та конфігурації продукту у площину конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Четвертий етап пов'язаний з першим і другим, оскільки саме їхні результати порівнюються між собою. П'ятий етап, навпаки, базується на результатах першого і третього етапів. Шостий етап акумулює невідповідності, виявлені на четвертому і п'ятому етапах, а сьомий та восьмий трансформують їх у множину альтернатив і процедуру вибору раціонального варіанту конфігурацій.

Дев'ятий етап виступає механізмом імплементації обраного управлінського рішення, тоді як десятий фіксує кінцевий результат. Зворотні зв'язки від логічних перевірок до попередніх етапів відображають потребу повернення до попередніх розрахунків у разі невідповідного рівня узгодженості конфігурацій. Така структура управлінських процесів у запропонованому методі дозволяє уникати формального прийняття управлінських рішень і забезпечує поетапне отримання раціональної конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та врахування проєктного середовища.

Характеристика етапів методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика етапів методу узгодження конфігурації проекту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища

Етап методу	Зміст етапу	Основний результат
1	Ідентифікація конфігурації продукту проєкту	Визначено K_{prod}
2	Ідентифікація конфігурації проєктного середовища	Визначено K_{env}
3	Формування початкової конфігурації проєкту	Сформовано $K_{proj}^{(0)}$
4	Оцінювання відповідності між конфігураціями «продукт – проєктне середовище»	Обчислено Φ_1
5	Оцінювання відповідності між конфігураціями «проєкт – продукт»	Обчислено Φ_2
6	Виявлення суперечностей між конфігураціями	Сформовано множину Ξ
7	Формування альтернативних варіантів узгодження конфігурацій	Сформовано множину A
8	Багатокритеріальний вибір узгодженого варіанта конфігурацій	Обрано a^*
9	Коригування конфігурації проєкту	Отримано K_{proj}^*
10	Фіксація узгодженого управлінського рішення щодо конфігурацій	Підготовлено звіт із характеристиками конфігурацій до реалізації

Запропонований метод має низку особливостей, які визначають його практичну цінність. Передусім він орієнтований не на абстрактний енергетичний

об'єкт, а на конкретний житловий масив як джерело утворення сировини для виробництва енергії і водночас її споживання. Це зумовлює розгляд не лише технології отримання енергії, а й структури утворення органічних відходів, просторового розташування будівель, доступності інфраструктури та поведінкової готовності мешканців до сортування відходів.

Другою особливістю цього методу є те, що забезпечується поєднання техніко-технологічної, організаційно-технічної, управлінської та ресурсної складових в межах однієї процедури узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проєктного середовища. Третьою особливістю є використання інтегрованої цінності як одного з критеріїв вибору узгодженого варіанта конфігурацій, що дозволяє оцінювати не лише прямий енергетичний або економічний ефект, а й соціальні та екологічні вигоди від реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Наукова новизна запропонованого методу полягає в тому, що вперше для управління конфігурацією проєкту енергозабезпечення житлового масиву пропонується одночасно розглядати три взаємопов'язані конфігурації (продукту, проєктного середовища та проєкту) із використанням поетапної процедури їхнього узгодження на основі оцінювання відповідності, виявлення суперечностей у конфігураціях, генерації альтернативних варіантів їх змін і багатокритеріального вибору раціональної конфігурації за критеріями інтегрованої цінності, ризику, забезпечення ресурсами та часової допустимості. На відміну від існуючих підходів, у яких проєктне середовище враховується переважно як набір зовнішніх обмежень, у цьому методі воно розглядається як активний конфігураційний компонент, що формує допустиму область технічних і управлінських рішень. Саме це підвищує ефективність реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів у мінливому проєктному середовищі.

Практичне значення методу полягає в тому, що він використовується проєктними менеджерами на стадіях ініціації та планування проєктів енергозабезпечення житлових масивів для вибору раціональної конфігурації їх

продукту, обґрунтування календарно-ресурсної архітектури проєкту у конкретному проєктному середовищі житлового масиву, що лежить в основі підвищення ефективності та цінності реалізації таких проєктів. Використання цього методу створює підґрунтя для подальшої розробки моделі прогнозування інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів, а також для побудови системи підтримки прийняття управлінських рішень на основі циркуляційно-ціннісного управління енергозабезпеченням житлових масивів.

Для додаткового формального узагальнення представимо цільову функцію узгодження конфігурацій (продукту, проєктного середовища та проєкту) у вигляді:

$$L = \max \left[\eta_1 \Phi_1(K_{prod}, K_{env}) + \eta_2 \Phi_2(K_{proj}, K_{prod}) + \eta_3 V(K_{proj}, K_{prod}, K_{env}) - \eta_4 R(K_{proj}, K_{prod}, K_{env}) \right]. \quad (3.44)$$

При цьому враховуються наступні умови:

$$\begin{cases} B \leq B^{max}, \\ T \leq T^{max}, \\ W_o \geq W_o^{min}, \\ E_{gen} \geq E_{dem}, \\ N_{san} \in \Omega_{san}, \\ \Xi \rightarrow \min. \end{cases} \quad (3.45)$$

де E_{gen} – прогнозований обсяг виробництва енергії на території житлового масиву; E_{dem} – потреба житлового масиву в енергії; N_{san} – параметри санітарних обмежень; Ω_{san} – допустима область санітарних норм.

Таке представлення науково-прикладної задачі узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища не лише математично представляє запропонований

метод, а й демонструє його орієнтацію на збалансування технічної здійсненності, організаційної готовності, допустимості проєктного середовища та можливості примноження цінності для стейкхолдерів.

Запропонований метод створює методологічну основу для переходу від фрагментарного погодження окремих параметрів до системного узгодження всієї конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Саме ця властивість робить його придатним для використання у циркуляційно-ціннісному управлінні, де продукт, проєктне середовище та структури (WBS, OBS та CBS) проєкту слід розглядати не окремо, а як взаємозалежну динамічну систему.

Висновки до розділу 3

1. Розроблена циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів передбачає системну взаємодію 5 функціонально пов'язаних підсистем. Вона передбачає узгодження ресурсних, технологічних, соціально-економічних, екологічних і управлінських процесів у межах єдиного контуру формування інтегральної цінності проєкту, що дає можливість кількісно оцінювати зміну його цінності в часі, враховувати циркуляційне використання органічних ресурсів, повторне залучення енергетичних потоків та вплив управлінських рішень на стан підсистем. Завдяки використанню цієї моделі підвищується точність прийняття управлінських рішень щодо розподілу ресурсів, вибору сценаріїв реалізації проєкту із адаптацією до динамічного зовнішнього середовища.

2. Запропонована модель визначення інтегральної цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів передбачає системне виконання 4 взаємопов'язаних груп процедур, які передбачають оцінювання складових формування цінності, нормування та агрегування показників, аналітичне коригування параметрів і формування узагальненої інтегральної цінності

проекту. Це забезпечує своєчасне врахування змін стану підсистем, адаптацію вагових коефіцієнтів до сценаріїв та стану проєктного середовища, а також прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо максимізації цінності від продукту проєкту для зацікавлених сторін.

3. Матричне представлення циркуляційно-ціннісної моделі дає змогу формалізувати процес управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів у вигляді системи взаємопов'язаних динамічних рівнянь із багаторівневими зворотними зв'язками між підсистемами. За такого підходу математична модель виконує не лише описову, а й аналітико-прогностичну функцію, оскільки створює основу для переходу від традиційного лінійного управління проєктом до динамічної адаптивної системи, здатної реагувати на зміни конфігурації проєктного середовища, підтримувати структурну узгодженість між ресурсною, технологічною, соціально-економічною та екологічною складовими, а також забезпечувати цілеспрямоване зростання інтегральної цінності проєкту впродовж усього його життєвого циклу.

4. Удосконалений метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища передбачає реалізацію 3 етапів, у межах яких виконуються 10 взаємопов'язаних управлінських процесів ідентифікації, аналітичного оцінювання, виявлення конфігураційних суперечностей, багатокритеріального вибору та адаптивного коригування конфігурації проєкту. Особливістю цього методу є інтеграція конфігурацій продукту проєкту, проєктного середовища та внутрішньої структури проєкту в єдині управлінські процеси їх узгодження. Це забезпечує адаптивне коригування змісту та термінів виконання робіт, використовуваних ресурсів, бюджету та структур (WBS, OBS та CBS) проєкту відповідно до змін проєктного середовища й орієнтації на досягнення інтегральної цінності проєкту.

Розділ 4

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ

4.1. Результати розробки алгоритму та СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів

Розроблена СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів базується на циркуляційно-ціннісній моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, яка представлена у п. 3.1 цієї роботи. Вона являє собою програмний інструмент, що забезпечує комплексну підтримку аналітичного оцінювання, обчислення інтегрованого показника цінності, побудову графічних залежностей, формування рекомендацій та збереження результатів розрахунку для подальшого використання у процесах прийняття управлінських рішень. На відміну від існуючих моделей, які функціонують лише як математичний опис, створена СППР реалізує повний цикл взаємодії між користувачем, вхідними даними, аналітичним ядром і модулем інтерпретації результатів.

Архітектура системи побудована за модульним принципом, що дозволило розділити процес роботи СППР на функціонально завершені блоки, кожен із яких виконує окрему роль у загальному алгоритмі підтримки прийняття управлінських рішень. Алгоритм роботи СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів представлений на рис. 4.1.

Перший функціональний блок охоплює підготовку вхідних даних. На цьому етапі користувач формує початковий набір даних, що містить параметри ресурсної, технологічної, соціально-економічної, екологічної та управлінської підсистем. Особливістю реалізованої СППР є те, що кожна група параметрів вводиться не у вигляді загального набору чисел, а через структуровані підсистеми, які відповідають логіці розробленої циркуляційно-ціннісної моделі.

Такий підхід дозволяє уникнути помилок під час введення параметрів та забезпечує відповідність кожного вхідного значення конкретному блоку математичної моделі.

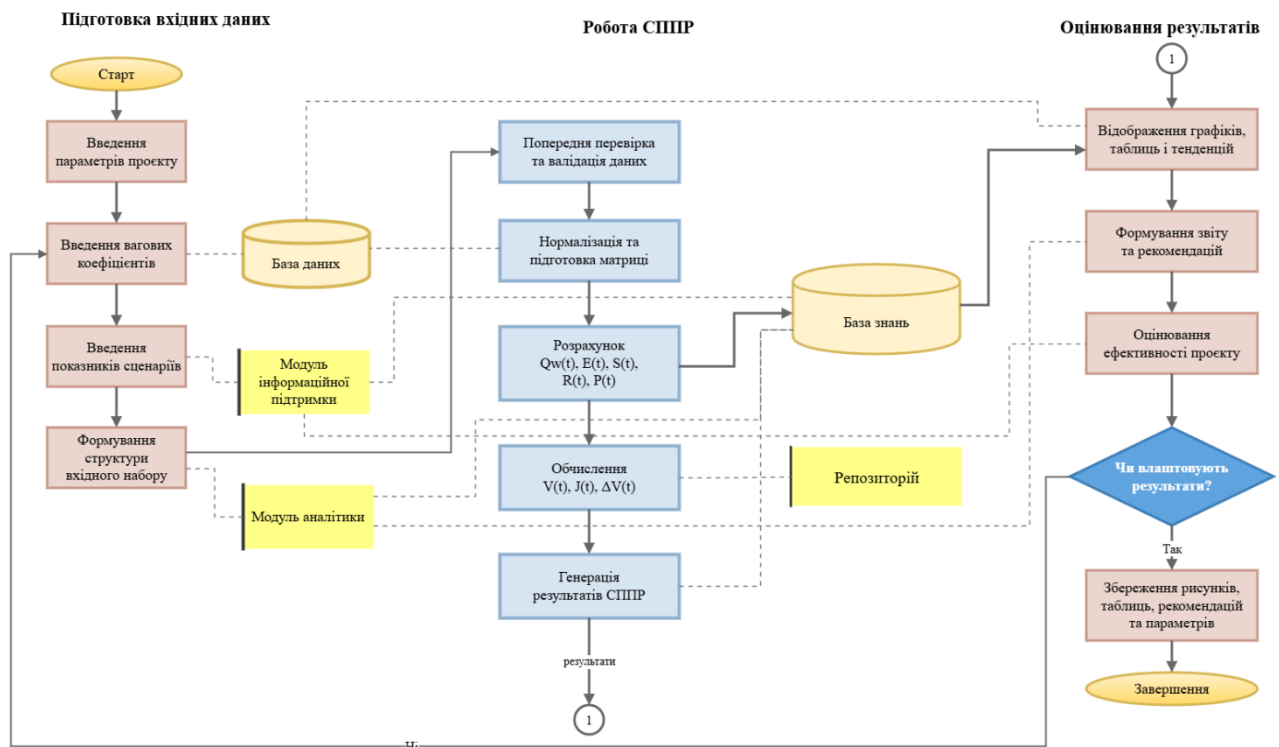


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи СППР для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів

Для збереження введених параметрів використано внутрішню базу даних, яка забезпечує можливість повторного використання конфігурацій розрахунку. Це особливо важливо у випадках, коли проводиться сценарний аналіз кількох варіантів реалізації проєкту енергозабезпечення житлових масивів. Особливо реалізовано модуль інформаційної підтримки, який виконує логічну перевірку введених значень, контролює допустимі діапазони параметрів і формує службову інформацію для наступних етапів розрахунку.

Центральна частина СППР реалізує аналітичне ядро системи, у якому здійснюється безпосередній розрахунок показників циркуляційно-ціннісної моделі. Після перевірки даних виконується їх нормалізація та підготовка розрахункової матриці. Особливістю цього етапу є автоматичне приведення

параметрів різної фізичної природи до єдиної обчислювальної структури, що дозволяє одночасно працювати з ресурсними, енергетичними, соціальними та екологічними показниками.

Під час розрахунків СППР формує значення основних функцій моделі – динаміки утворення органічних відходів, формування енергетичних вигод для мешканців, соціально-економічних ефектів, екологічних результатів та зрілості офісу управління. Усі ці компоненти інтегруються в єдину функцію інтегрованої цінності проекту енергозабезпечення житлових масивів. Для забезпечення інтелектуальної підтримки у СППР реалізовано базу знань, яка виконує функцію накопичення правил прийняття рішень, шаблонів оцінювання та логіки формування рекомендацій. Саме база знань відрізняє створену СППР від звичайної розрахункової програми, оскільки дозволяє системі не лише обчислювати, а й інтерпретувати отримані результати.

Окремим компонентом архітектури СППР виступає аналітичний модуль, який забезпечує побудову похідних показників, аналіз динаміки параметрів у часі та підготовку даних для графічного представлення. Для збереження проміжних сценаріїв і сформованих результатів використовується репозиторій, що дозволяє користувачу працювати з різними конфігураціями моделі без втрати попередніх результатів.

Програмна реалізація системи підтримки прийняття рішень для визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів виконана засобами мови Python як універсального середовища для поєднання математичного моделювання, оброблення даних, графічної візуалізації та створення інтерактивного користувацького інтерфейсу. Вибір саме цього інструментального середовища зумовлений його гнучкістю, наявністю розвинених бібліотек для чисельних обчислень, зручністю реалізації модульної архітектури та можливістю подальшого масштабування системи.

Основу прикладної реалізації СППР становить поєднання кількох функціональних технологій. Для чисельних розрахунків і роботи з масивами даних використано бібліотеки NumPy та Pandas, які забезпечують ефективне

формування часових рядів, накопичення значень параметрів і представлення результатів у табличній формі. Для побудови графіків застосовано Matplotlib, що дало змогу реалізувати динамічні аналітичні вікна у середовищі графічного інтерфейсу. Для створення десктопного додатка використано бібліотеку PySide6, яка реалізує інструментарій Qt і забезпечує побудову багатовкладкового віконного інтерфейсу з елементами введення, таблицями, аналітичними панелями та засобами взаємодії з користувачем. Головне вікно СППР наведено на рисунку 4.2.

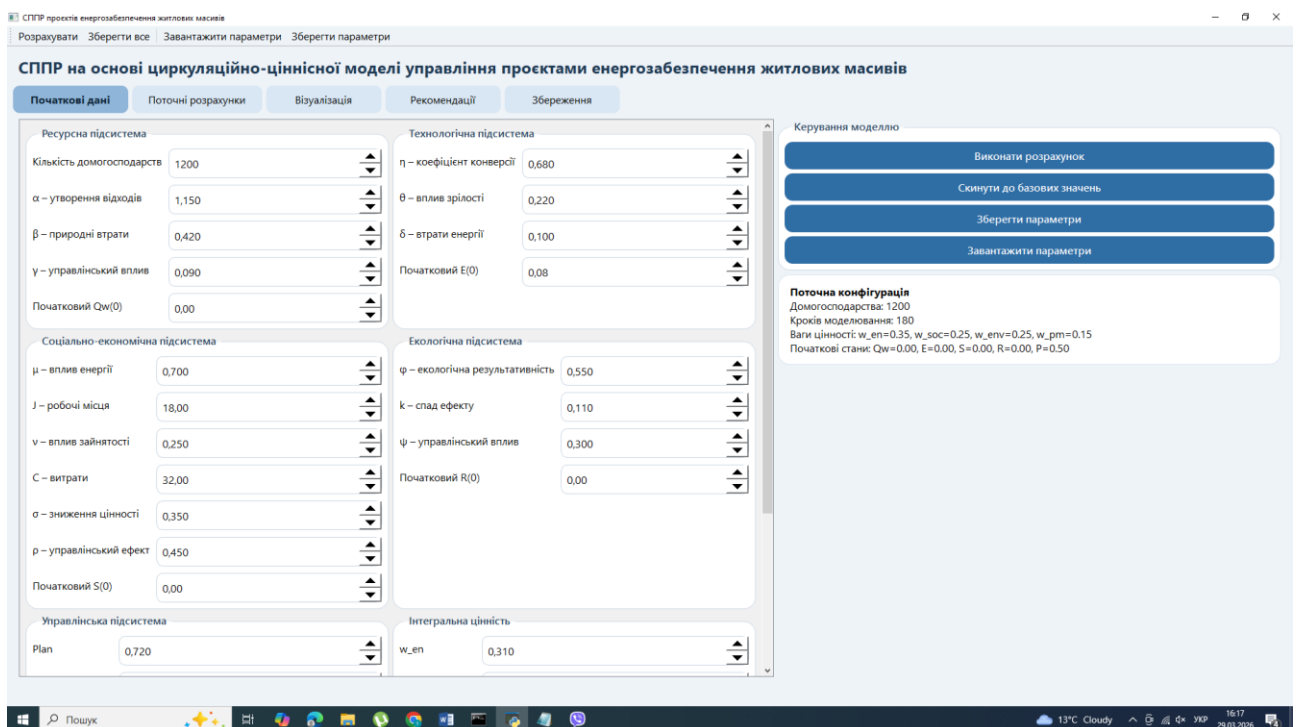


Рисунок 4.2 – Головне вікно СППР для введення початкових даних

Інтерфейс організовано таким чином, щоб користувач послідовно працював із кожною підсистемою моделі. У лівій частині розташовано поля введення параметрів, згруповані за функціональними контурами. У правій частині передбачено блок керування моделлю, який містить інструменти запуску розрахунку, збереження параметрів, завантаження конфігурацій та скидання системи до базових значень.

Важливою особливістю є те, що користувач не лише виконує одноразовий розрахунок, а й формує власні набори параметрів для порівняльного аналізу різних сценаріїв розвитку проєкту. Це робить СППР придатною не тільки для дослідницького використання, але й для практичного використання проєктними менеджерами під час прийняття управлінських рішень у проєктах енергозабезпечення житлових масивів.

Після запуску обчислення СППР автоматично переходить до вкладки поточних розрахунків, де формується таблиця динаміки усіх змінних моделі. Вікно СППР із результатами поточних розрахунків наведено на рисунку 4.3.

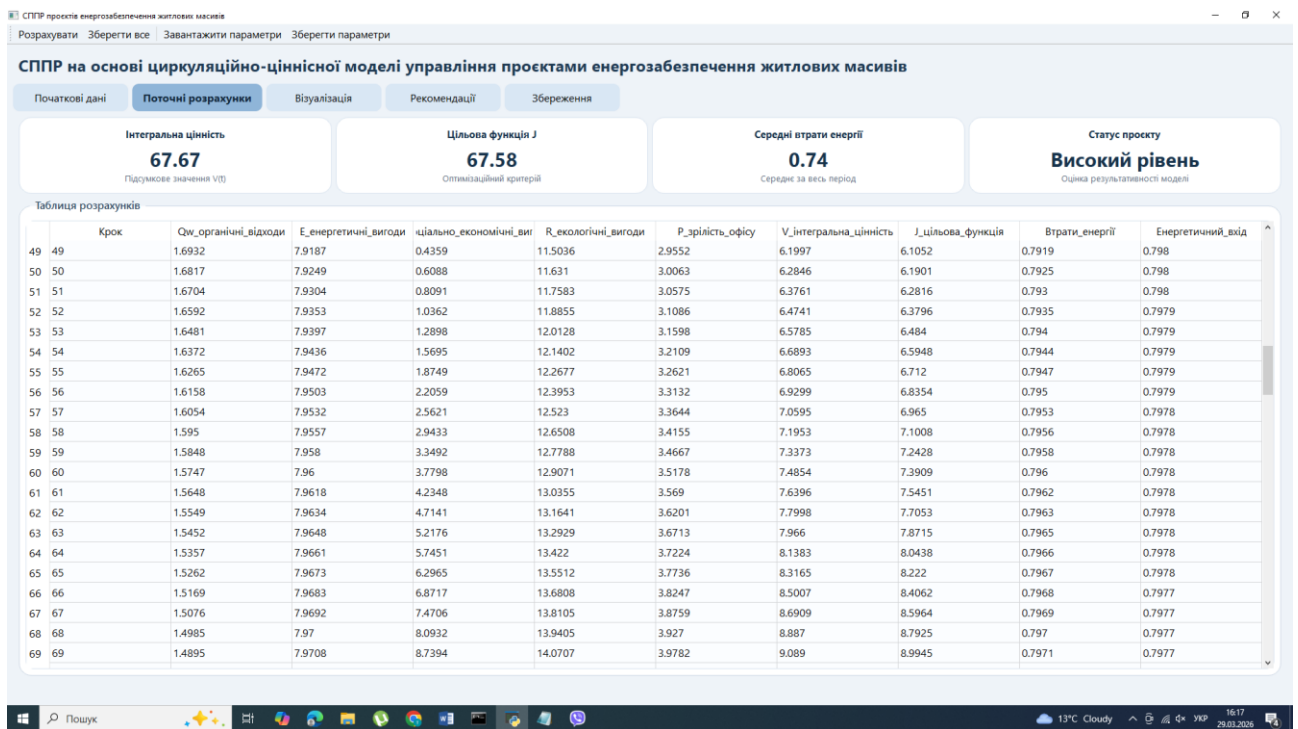


Рисунок 4.3 – Вікно СППР із результатами поточних розрахунків

Особливість цього вікна полягає в тому, що користувач отримує повний доступ до покрокової зміни всіх параметрів, що дозволяє аналізувати не лише фінальний результат, а й поведінку системи на кожному етапі моделювання. Такий підхід суттєво підвищує прозорість СППР та дозволяє контролювати коректність логіки розрахунку.

Окремий блок системи реалізує модуль візуалізації, де результати автоматично подаються у вигляді графіків та аналітичних залежностей. Вікно СППР із результатами візуалізації наведено на рисунку 4.4.

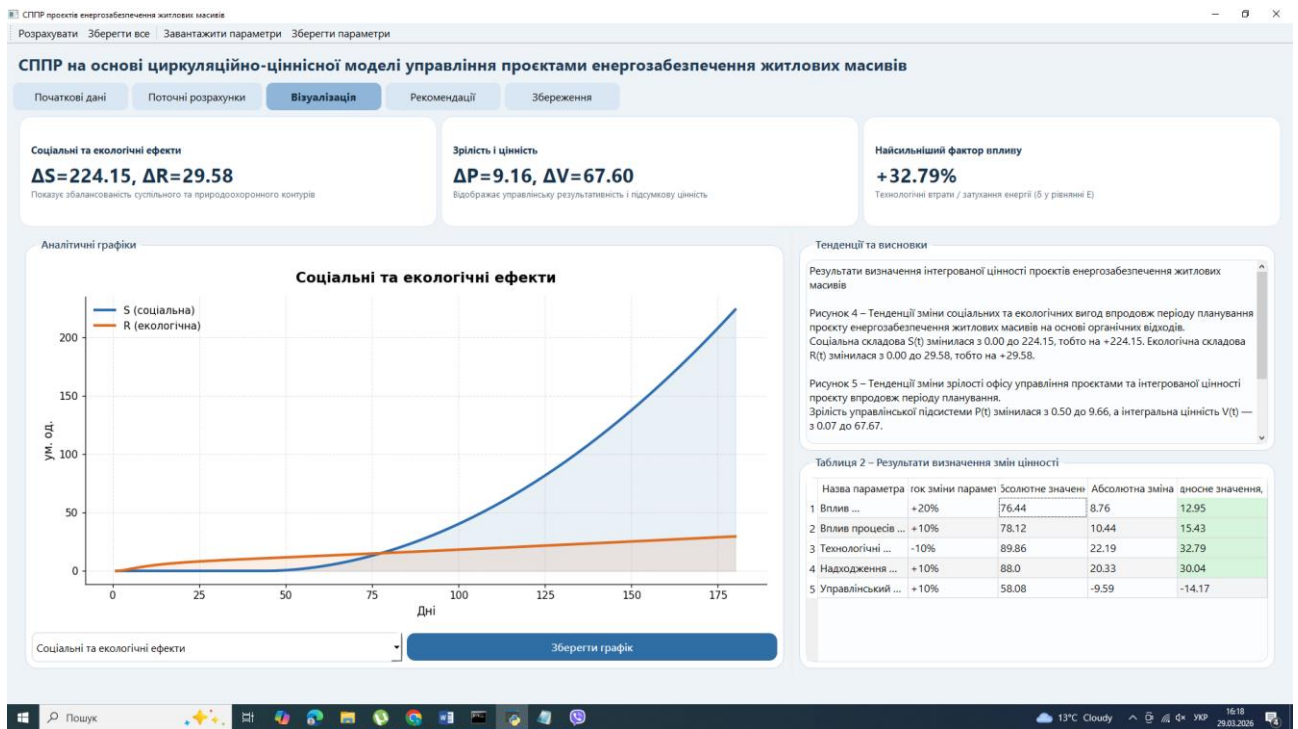


Рисунок 4.4 – Вікно СППР із результатами візуалізації

У цьому вікні користувач обирає тип аналітичного графіка, виконує його збереження та одночасно отримує короткий аналітичний опис тенденцій, сформований СППР. Така інтеграція числових і графічних результатів значно спрощує інтерпретацію поведінки моделі.

Наступний функціональний блок передбачає модуль рекомендацій, який забезпечує автоматичне формування напрямів коригування параметрів проекту. Вікно СППР із рекомендаціями для проектних менеджерів наведено на рисунку 4.5.

Для відображення вікна СППР із рекомендаціями використано базу знань, що забезпечує визначення найбільш чутливих параметрів, ранжує напрями впливу за пріоритетністю та формує короткі практичні рекомендації для проектних менеджерів. Таким чином, СППР переходить від звичайного розрахунку до підтримки управлінського рішення.

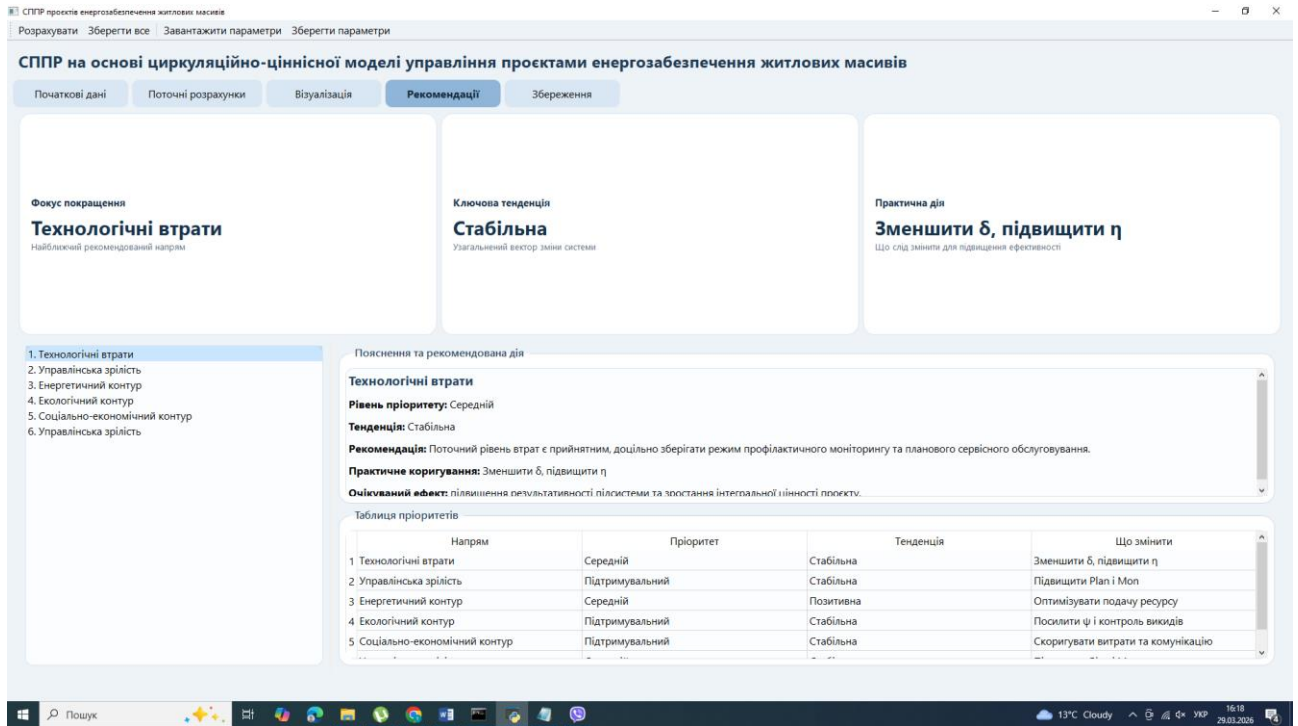


Рисунок 4.5 – Вікно СППР із рекомендаціями для проєктних менеджерів

Для користувача основною перевагою створеної СППР є те, що весь цикл роботи, починаючи від введення параметрів до отримання рекомендацій, реалізований в єдиному середовищі без потреби використання сторонніх програмних засобів. Це забезпечує цілісність аналітичного процесу, зменшує ризик втрати інформації та підвищує практичну придатність СППР у реальних умовах управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів.

4.2. Результати визначення інтегрованої цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів

На підставі використання запропонованої СППР (п. 4.1) визначено тенденції зміни інтегрованої цінності від реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів. На прикладі житлового масиву «Червоні казарми» м. Броди Бродівської міської територіальної громади Золочівського району Львівської області використано СППР. Для цього житлового масиву ініціюється для

подальшої реалізації проєкт енергозабезпечення на основі використання органічних відходів із централізованим збором, транспортуванням та переробки органічної сировини у енергію.

Для використання СППР сформовано набір початкових даних, що характеризують функціонування ресурсної, технологічної, соціально-економічної, екологічної та управлінської підсистем проєкту (додаток А, табл. А.1). Значення параметрів вводилися через відповідні модулі програмного середовища та використовувалися для запуску математичної моделі динамічного прогнозування інтегрованої цінності.

У ресурсній підсистемі враховано 450 домогосподарств, коефіцієнт утворення органічних відходів $\alpha = 1,15$, природні втрати $\beta = 0,42$, управлінський вплив $\gamma = 0,09$ та початковий обсяг органічної маси $Q_{w0} = 0,02$. Для технологічної підсистеми прийнято коефіцієнт конверсії $\eta = 0,68$, вплив зрілості технології $\theta = 0,22$, втрати енергії $\delta = 0,10$ та початковий рівень енергетичного виходу $E_{w0} = 0,10$. Соціально-економічна підсистема характеризувалася значеннями $\mu = 0,73$, кількістю створених робочих місць $J = 6$, впливом зайнятості $\nu = 0,25$, витратами $C = 32,05$, коефіцієнтом зниження цінності $\sigma = 0,35$ та управлінським ефектом $\rho = 0,45$. Для екологічної підсистеми використано параметри $\varphi = 0,55$, $k = 0,11$, $\psi = 0,30$. Управлінська підсистема задавалася коефіцієнтами $Plan = 0,70$, $Mon = 0,66$, $Risk = 0,24$, при початковому рівні зрілості $P_0 = 0,50$. Інтегрована цінність формувалася за вагових коефіцієнтів $w_{en} = 0,35$, $w_{soc} = 0,25$, $w_{env} = 0,31$, $w_{pm} = 0,15$, а розрахунок виконувався протягом 180 діб моделювання із кроком $\Delta t = 1,0$ доба.

Результати моделювання використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву для визначення інтегрованої цінності представлено у додатку А (табл. А.2). Узагальнені значення показників за базового сценарію використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву подано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Узагальнені значення показників за базового сценарію використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву (T=180 днів)

Показник	Умовне позначення	Значення
Обсяг надходження органічних відходів (початок – завершення), т/добу	Q_w	0.00 – 0.89
Енергетичні вигоди	$E(t)$	7.98
Соціальні вигоди	$S(t)$	1.06
Екологічні вигоди	$R(t)$	29.58
Зрілість офісу управління	$P(t)$	9.66
Інтегрована цінність	$V(t)$	11.90
Цільова функція	$J(t)$	11.81
Середні втрати енергії	E_e	0.74
Енергетичний вхід системи	E_k	0.80
Абсолютний приріст інтегрованої цінності	ΔV	11.83
Відносне зростання інтегрованої цінності		у 158.7 раза
Статус результативності проєкту	–	помірний рівень

За результатами моделювання встановлено, що протягом 180 днів використання продукту проєкту інтегрована цінність зростає від 0,075 до 11,90, а цільова функція досягає 11,81, що характеризує стійку позитивну динаміку реалізації проєкту. Найбільший внесок у формування інтегрованої цінності забезпечують екологічні вигоди, величина яких досягає 29,58, тоді як енергетичні вигоди стабілізуються на рівні 7,98. Соціально-економічний ефект формується поступово і наприкінці періоду становить 1,06, що відображає накопичення додаткової суспільної цінності від проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

На рисунку 4.6 відображено динаміку соціальних та екологічних ефектів від використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву протягом 180 днів. Аналіз кривих свідчить, що екологічна складова $R(t)$ формується значно інтенсивніше порівняно із соціальною складовою $S(t)$. Це пояснюється безпосереднім впливом використання органічних відходів на зменшення екологічного навантаження вже на початкових етапах функціонування системи.

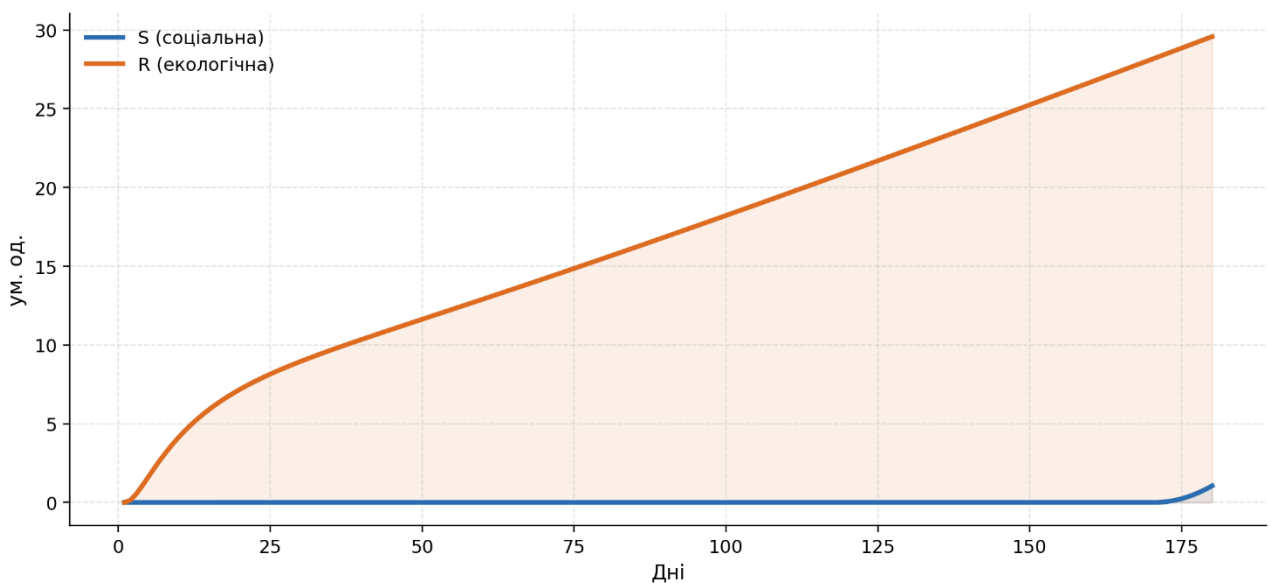


Рисунок 4.6 – Тенденції зміни соціальних $S(t)$ та екологічних $R(t)$ ефектів від використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву

У перші 20-30 днів спостерігається найбільш інтенсивний приріст екологічного ефекту – значення $R(t)$ зростає від нуля до приблизно 8 умовних одиниць, що відповідає фазі активного запуску технологічних процесів утилізації органічної сировини та стабілізації енергетичного контуру системи. Надалі темп приросту набуває майже лінійного характеру, і до завершення періоду значення екологічного ефекту досягає $R(t) = 29,58$ умовних одиниць, що підтверджує стале накопичення довгострокового природоохоронного

результату. Така траєкторія свідчить, що основний внесок у загальну інтегровану цінність вносить екологічна компонента $R(t)$.

Соціальна складова $S(t)$, навпаки, тривалий період залишається майже незмінною. Практично до 170-го дня її значення наближене до нуля, що пояснюється інерційністю соціально-економічних змін у житловому масиві. При цьому соціальний ефект проявляється лише після накопичення організаційних, управлінських і ресурсних передумов. Лише на завершальному етапі спостерігається зростання показника до 1,06 умовної одиниці, що пов'язано з появою відкладених соціальних результатів – стабілізацією енергозабезпечення, зменшенням витрат населення та формуванням локального соціального ефекту.

Отримані результати демонструють, що у базовому сценарії реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву домінуючим чинником формування цінності є екологічні вигоди. Водночас соціальний ефект має відкладений характер і проявляється на завершальному розглядуваному періоді життєвого циклу продукту. Саме така структура ефектів є типовою для проєктів за використання циркуляційно-ціннісного управління, де первинний результат формується через екологічну стабілізацію, а соціальна цінність накопичується поступово через механізми адаптації системи енергозабезпечення із використанням органічних відходів.

На рисунку 4.7 подано взаємозв'язок між динамікою зрілості офісу управління проєктами $P(t)$ та інтегрованою цінністю $V(t)$. Отримані криві демонструють узгоджене зростання обох показників, що підтверджує безпосередній вплив розвитку управлінської спроможності на накопичення сукупної цінності проєкту.

Крива зрілості офісу управління проєктами $P(t)$ демонструє поступове нарощування управлінської спроможності – від початкового рівня 0,5 до 9,66 за 180 днів. Така динаміка пояснюється тим, що в процесі використання продукту проєкту управлінська підсистема накопичує практичний досвід експлуатації, уточнює механізми контролю, адаптує процедури моніторингу енергетичних

потоків, витрат сировини та результатів функціонування системи. Тобто зрілість офісу управління проектами формується як наслідок реальної експлуатації створеної системи, а не лише організаційної підготовки.

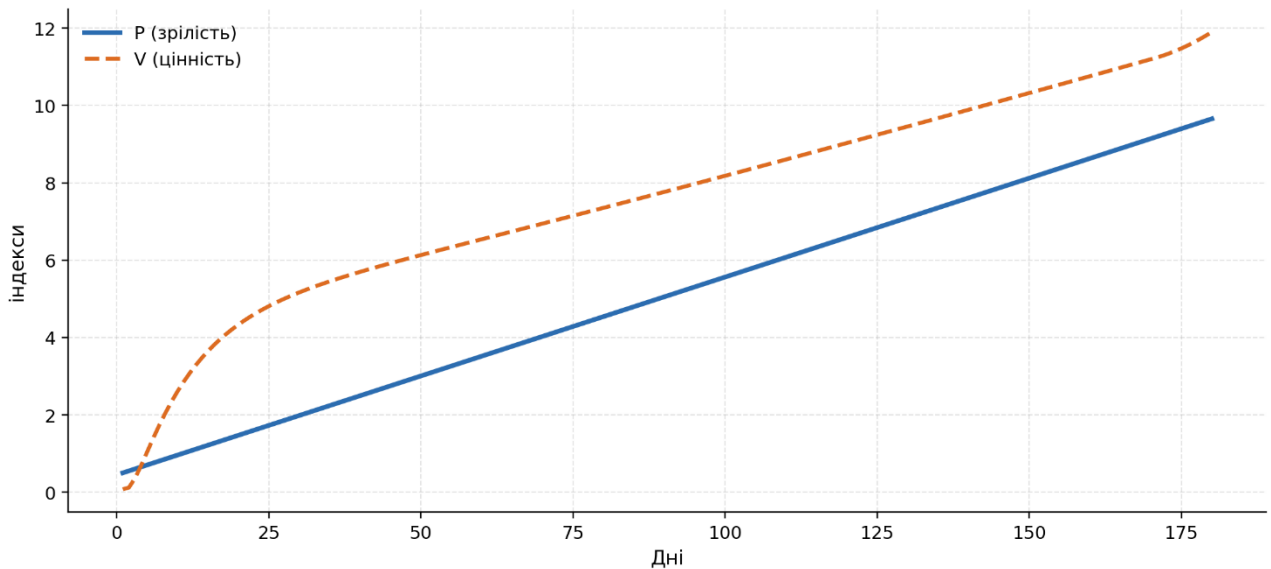


Рисунок 4.7 – Тенденції зміни зрілості $P(t)$ офісу управління проектами та інтегрованої цінності $V(t)$ впродовж реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву на основі органічних відходів

Інтегрована цінність проекту $V(t)$ зростає швидше, особливо на початковому етапі. Уже в перші тижні після початку використання продукту проекту спостерігається інтенсивне зростання від 0,075 до близько 4,8, що пов'язано з отриманням перших відчутних результатів – заміщення частини традиційної енергії отриманою локальною енергією, скорочення витрат на централізоване енергопостачання та зменшення екологічних втрат. Надалі зростання інтегрованої цінності набуває стабільного характеру і досягає 11,90 на 180-й день.

Такий характер залежності свідчить, що використання продукту проекту є основним джерелом формування інтегрованої цінності, оскільки саме в експлуатаційній фазі починають проявлятися реальні ефекти, які не можуть бути оцінені лише на стадії планування чи впровадження. Іншими словами, модель

дозволяє перейти від оцінки окремих технічних параметрів до оцінки сукупного результату, який формується через взаємодію енергетичних, економічних, екологічних і управлінських складових.

Особливо важливо, що інтегрована цінність $V(t)$ протягом усього періоду дослідження залишається вищою за показник зрілості офісу управління. Це означає, що навіть за умов поступового розвитку управлінської підсистеми продукт проєкту вже генерує значний корисний результат. Саме така залежність підтверджує практичну доцільність моделювання використання продукту проєкту для визначення інтегрованої цінності, оскільки дозволяє кількісно оцінити, наскільки отримані результати перевищують організаційні витрати на управління.

Запропоноване моделювання із використанням СППР дає можливість оцінити інтегровану цінність не як абстрактний показник, а як динамічний результат використання продукту проєкту в реальних умовах функціонування житлового масиву. Це створює основу для подальшого прийняття управлінських рішень щодо масштабування подібних проєктів, коригування параметрів експлуатації та обґрунтування доцільності інвестицій у системи енергетичної автономності.

На підставі отриманих результатів щодо базового сценарію реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву «Червоні казарми» виконано зміну параметрів моделі для оцінки чутливості інтегрованої цінності проєкту до окремих управлінських і технологічних чинників. Результати визначення змін інтегрованої цінності відносно базового значення подано в таблиці 4.2.

Базове значення інтегрованої цінності за результатами моделювання становить 11,90, а відповідне значення зрілості офісу управління проєктами – 9,66. Це відповідає умовам, за яких продукт проєкту вже функціонує у режимі стабільного використання, а накопичення цінності відбувається через практичне використання системи енергозабезпечення на основі органічних відходів.

Таблиця 4.2 – Результати визначення змін інтегрованої цінності проєкту енергозабезпечення житлового масиву відносно базового значення

Назва параметра	Відсоток зміни параметра, %	Абсолютне значення V	Абсолютна зміна ΔV	Відносна зміна ΔV , %
Вплив моніторингу на управлінську зрілість ($Mon \rightarrow P$, зворотний зв'язок)	+20	13,78	+1,88	+15,77
Вплив процесів управління на енергетичний вихід ($P \rightarrow E$)	+10	13,67	+1,77	+14,88
Технологічні втрати / затухання енергії (E)	-10	15,78	+3,88	+32,62
Надходження органічних відходів (Q_w)	+10	15,26	+3,36	+28,24
Управлінський вплив на переробку ($P \cdot Q_w$, через γ_{max})	+10	11,43	-0,47	-3,96

Аналіз результатів таблиці 4.2 показав, що найбільший вплив на зміну інтегрованої цінності має зниження технологічних втрат у підсистемі перетворення енергії. При зменшенні цього параметра на 10% абсолютне значення інтегрованої цінності становить 15,78, абсолютна зміна – +3,88, а відносне зростання досягає +32,62 %. Це означає, що саме технологічна

ефективність перетворення органічної сировини в енергію є основним чинником підвищення результативності використання продукту проєкту, оскільки зменшення втрат безпосередньо збільшує частку корисної енергії, що надходить у систему житлового масиву.

Підвищення надходження органічних відходів на 10% також забезпечує істотний приріст інтегрованої цінності. Зокрема, її абсолютне значення досягає 15,26, абсолютна зміна становить +3,36, а відносне зростання – +28,24 %. Для умов даного проєкту це означає, що збільшення стабільності потоку сировини підвищує ефективність функціонування енергетичної підсистеми, оскільки продукт проєкту працює в режимі, де додатковий ресурс ще не перевищує технічних можливостей для системи переробки.

Зростання впливу моніторингу на управлінську зрілість на 20% формує абсолютне значення інтегрованої цінності 13,78, що відповідає абсолютній зміні +1,88 і відносному приросту +15,77 %. Це підтверджує, що покращення інформаційного супроводу, регулярність контролю показників функціонування системи та оперативне коригування показників використання продукту проєкту сприяють зростанню його сумарної цінності через більш ефективне управлінське реагування.

Подібний характер має і підсилення впливу процесів управління на енергетичний вихід. Зокрема, за зміни цього параметра на 10% абсолютне значення інтегрованої цінності становить 13,67, абсолютна зміна – +1,77, а відносний приріст – +14,88 %. Це свідчить про те, що управлінські рішення безпосередньо впливають на режим використання продукту проєкту, однак їх дія є менш інтенсивною порівняно з технологічними параметрами, оскільки частина ефекту проявляється поступово у часі.

Окремо слід відзначити, що збільшення управлінського впливу на переробку в поточних умовах не призводить до приросту інтегрованої цінності, а, навпаки, формує незначне зменшення показника. Зокрема, абсолютне значення становить 11,43, абсолютна зміна –0,47, а відносне відхилення –3,96 %. Це свідчить про наявність стану насичення управлінського ефекту, коли

додаткове посилення управлінського впливу вже не забезпечує пропорційного приросту результативності через наближення системи до межі її поточного функціонального потенціалу.

Насичення управлінського ефекту в даному випадку означає, що зі зростанням зрілості офісу управління проєктами додаткове підсилення управлінських дій дає дедалі менший приріст ефективності та практично стабілізується поблизу граничного рівня. Це характерно для ситуації, коли основні організаційні механізми вже відпрацьовані, а подальший приріст інтегрованої цінності визначається переважно технологічними параметрами функціонування продукту проєкту.

4.3. Практичне значення циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

На підставі виконаних досліджень встановлено, що запропонована циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів є доцільною для проєктних менеджерів у кількох практичних аспектах (рис. 4.8).

По-перше, вона дає змогу визначити найбільш чутливі елементи системи, які реально формують приріст інтегрованої цінності. У розглядуваному прикладі проєкту енергозабезпечення житлового масиву таким елементом є технологічна підсистема, оскільки саме зменшення втрат забезпечує максимальний приріст цінності.

По-друге, модель дозволяє оцінити часовий характер прояву управлінських ефектів, коли підсилення моніторингу чи управління не дає миттєвого результату, а формує поступове накопичення цінності. По-третє, використання моделі дає можливість оцінювати продукт проєкту саме у фазі його експлуатації, коли інтегрована цінність формується як результат реального використання створеної енергетичної системи.

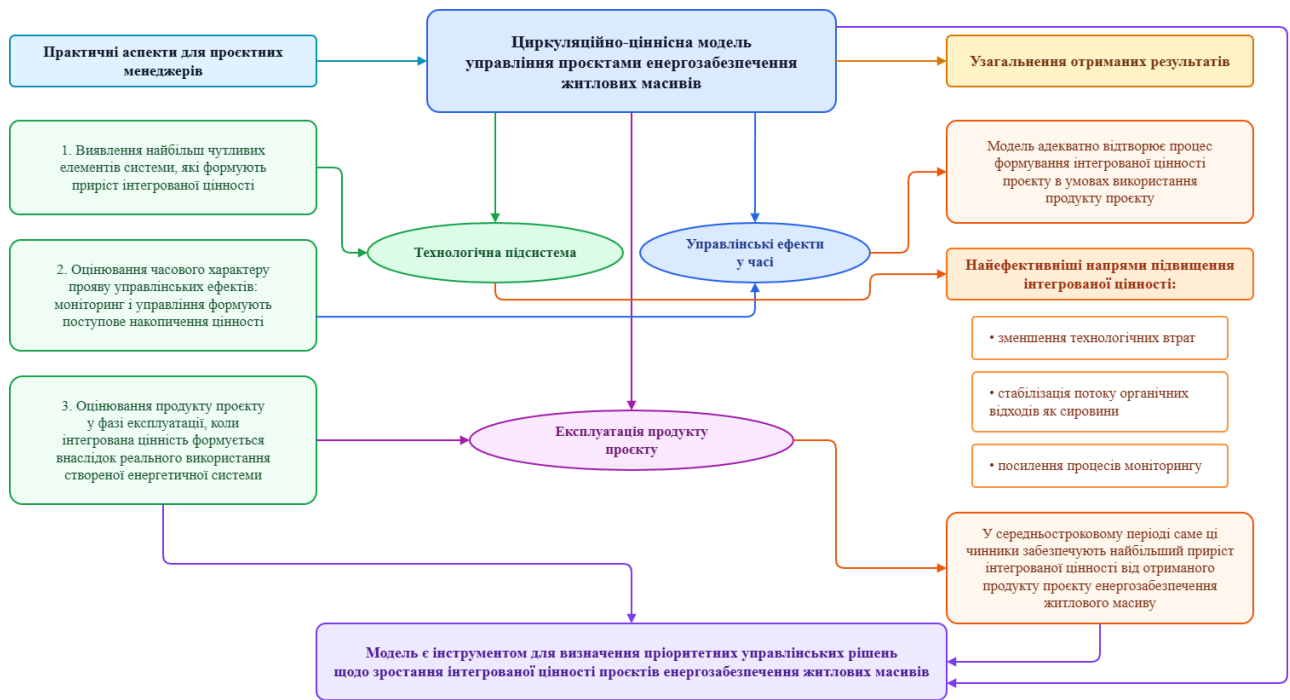


Рисунок 4.8 – Схема практичного значення циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів

Узагальнюючи отримані результати, слід зазначити, що запропонована модель адекватно відтворює процес формування інтегрованої цінності проєкту в умовах використання продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Найефективнішими напрямками підвищення інтегрованої цінності є зменшення технологічних втрат, стабілізація потоку органічних відходів як сировини та посилення процесів моніторингу. Саме ці чинники забезпечують найбільший приріст інтегральної цінності від отриманого продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву в середньостроковому періоді.

4.4. Алгоритм функціонування системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Розроблення алгоритму СППР виконано на основі запропонованого у п. 3.2 методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву

із конфігураціями його продукту та проєктного середовища. Алгоритм функціонування системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву побудований як послідовна багаторівнева процедура, що охоплює етапи підготовки вхідних даних, виконання аналітичних розрахунків у межах СППР та оцінювання отриманих результатів для подальшого використання під час управління відповідними проєктами. Загальна блок-схема запропонованого алгоритму наведена на рис. 4.9.

На початковому етапі алгоритму виконується формування вхідної інформаційної бази даних щодо проєкту у заданому проєктному середовищі. До системи послідовно вводяться дані житлового масиву, які характеризують масштаб майбутнього проєкту, енергетичне навантаження та ресурсний потенціал території. Одночасно вводяться ресурсні й регуляторні умови, що відображають допустимі фінансові можливості для реалізації, часові обмеження, рівень регуляторної складності та екологічної прийнятності.

Наступним етапом є введення даних щодо параметрів конфігурації продукту, які визначають технологічні особливості майбутньої системи енергозабезпечення, а також параметрів організаційної конфігурації проєкту, що характеризують управлінську готовність до реалізації цього проєкту. Після завершення введення система формує структурований набір даних типу `InputData`, який є основою для подальшого автоматизованого аналізу цих даних.

Для забезпечення коректності подальших розрахунків алгоритмом передбачено окремий блок модулів для введення та перевірки даних, а також модуль аналітики вхідних даних. Їх призначення полягає у виявленні некоректних значень, перевірці допустимих меж параметрів і узгодженні внутрішньої структури набору даних перед початком виконання розрахунків. Після цього сформовані початкові дані зберігаються у базі даних, що дозволяє системі використовувати їх повторно під час сценарного моделювання або під час повторного запуску алгоритму.

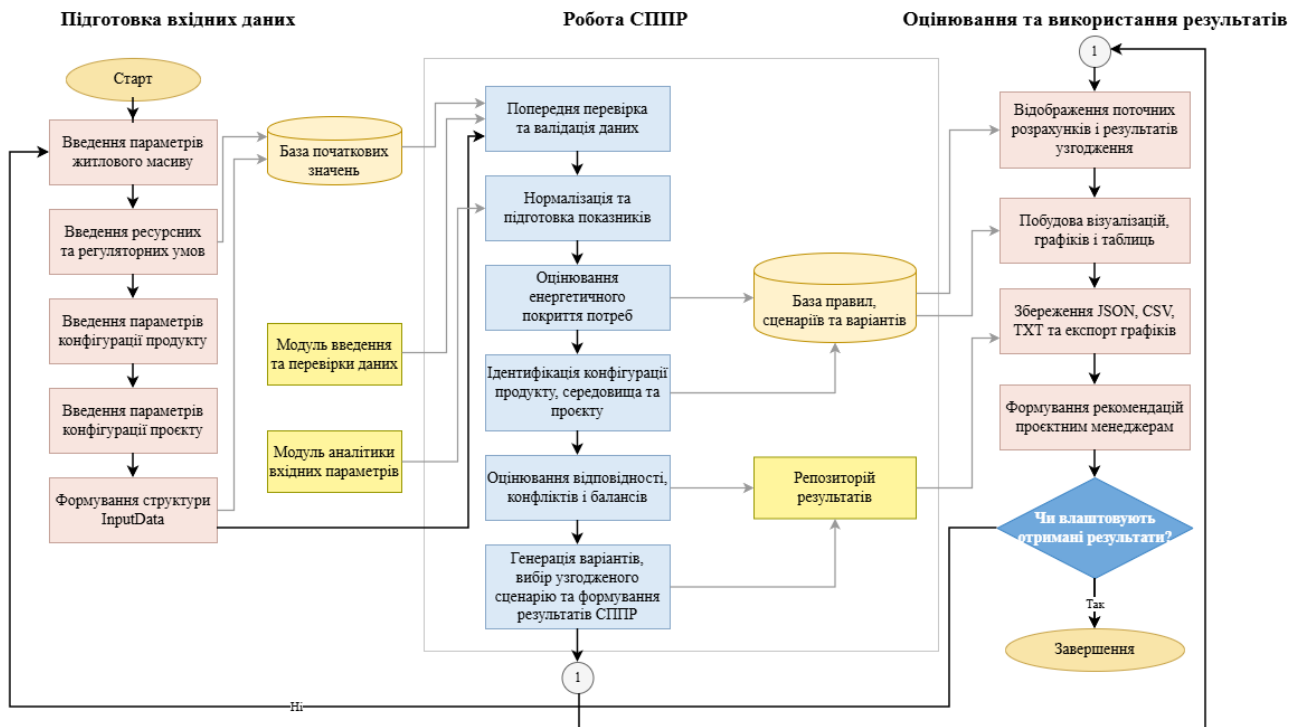


Рисунок 4.9 – Алгоритм функціонування системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Центральний блок алгоритму реалізує основну логіку роботи СППР. Спочатку виконується попередня перевірка та валідація вхідних даних. При цьому система оцінює повноту набору даних і придатність їх до подальшого аналізу. Наступним етапом є нормалізація даних та їх підготовка до єдиної внутрішньої структури, що забезпечує можливість коректного порівняння різнорідних типів даних.

Після підготовки даних система переходить до оцінювання енергетичного покриття потреб житлового масиву. На цьому етапі визначається співвідношення між потенційним обсягом енергії, що отримується із доступної сировини, та фактичними потребами житлового масиву в тепловій і електричній енергії. Отриманий результат використовується як один із базових критеріїв для подальшого вибору конфігурацій продукту та проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Наступний етап алгоритму стосується ідентифікації конфігурації продукту, середовища та самого проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Система автоматично визначає тип технологічної конфігурації, рівень придатності зовнішнього проєктного середовища до реалізації проєкту та базову організаційну конфігурацію системи управління проєктом. Саме на цьому етапі формується первинна модель взаємодії між продуктом, проєктним середовищем і проєктом, що є основою для подальшого узгодження їх конфігурацій.

Після ідентифікації конфігурації виконується блок оцінювання відповідності, конфліктності та балансів. У цьому блоці система аналізує ступінь відповідності між параметрами продукту та проєктного середовища, між конфігурацією проєкту і продукту. Окрім того, оцінює можливі суперечності між ресурсними, часовими та організаційними показниками проєкту, а також визначає загальний баланс основних параметрів реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Отримані результати передаються до блоку генерації варіантів конфігурації. При цьому система формує набір можливих сценаріїв реалізації проєкту енергозабезпечення житлового масиву, порівнює їх між собою та автоматично визначає функціонально узгоджений варіант конфігурації. На цьому ж етапі формується підсумковий результат роботи СППР, який відображається через показник інтегрованої цінності для стейкхолдерів за обґрунтованим раціональним рішенням щодо конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву.

Під час роботи СППР активно використовує внутрішню базу правил, сценаріїв та варіантів, у якій накопичуються логічні умови вибору конфігурацій, а також репозиторій результатів, де зберігаються отримані аналітичні результати для подальшого використання.

Наступний етап алгоритму передбачає оцінювання та практичне використання результатів. На цьому етапі система відображає поточні розрахунки та результати узгодження конфігурацій, будує графічні візуалізації, таблиці та аналітичні представлення. Після цього система дає можливість зберегти результати у форматах JSON, CSV і TXT, а також здійснити окремий експорт графіків.

Завершальним етапом алгоритму є формування рекомендацій для проєктних менеджерів. На основі отриманого сценарію система автоматично формує управлінські висновки щодо доцільності зміни параметрів конфігурації, посилення ресурсного забезпечення, зміни рівня цифровізації або коригування окремих організаційних рішень.

Після завершення аналізу користувач оцінює отримані результати. Якщо сформований варіант не задовольняє очікуваним результатам, алгоритм передбачає повернення до блоку введення початкових даних для повторного сценарного аналізу. У разі прийнятності результатів процес завершується формуванням остаточного набору управлінських рішень для практичного використання.

Таким чином, побудований алгоритм забезпечує повний цикл підтримки прийняття управлінських рішень для розв'язання задачі узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища – від формування вхідних даних до отримання готових управлінських рекомендацій.

4.5. Результати програмної реалізації системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Розроблення СППР виконано як завершальний етап практичної реалізації запропонованого у п. 4.5 алгоритму функціонування системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Основною метою програмної реалізації стало створення такого інформаційно-аналітичного інструменту, який дозволяє у прикладному режимі відтворити послідовність логічних процедур методу, автоматизувати розрахунок показників та сформувані обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень проєктними менеджерами.

Передбачено програмний модуль у СППР для введення початкових даних. У цьому модулі передбачено структуру вхідних даних, яка охоплює основні характеристики житлового масиву (кількість домогосподарств, чисельність населення, добовий обсяг органічних відходів, пікове теплове та електричне навантаження, доступну площу та логістичну відстань). Паралельно вводяться параметри ресурсного забезпечення і регуляторних умов. До них належать бюджет проєкту, тривалість реалізації, регуляторна складність, екологічні обмеження, підтримка стейкхолдерів, стабільність сировинного забезпечення, доступність підключення до мережі та забезпеченість водою. Окремо задаються характеристики конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву та організаційні особливості реалізації проєкту. Це дозволяє сформувати комплексну базу даних для подальших розрахунків. Інтерфейс цього модуля подано на рис. 4.10.

СППР узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Виконати узгодження Синути

СППР Configuration DSS

Узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища

- Початкові дані
- Поточні розрахунки
- Результати узгодження
- Візуалізація
- Збереження результату
- Рекомендації менеджерам

Виконати розрахунок

Початкові дані проєкту

Змінійте характеристики житлового масиву, продукту, середовища та організаційної конфігурації. Після зміни параметрів система автоматично перераховує показники, обирає інший сценарій і змінює конфігурацію.

Характеристики житлового масиву	
Кількість домогосподарств	1200
Кількість населення	3200
Добовий обсяг органічних відходів, т/добу	4.200
Пікове теплове навантаження, МВт·год	3.800
Пікове електричне навантаження, МВт	1.400
Доступна площа, га	2.200
Логістична відстань, км	6.000

Ресурсні та регуляторні умови	
Бюджет, млн грн	48,000
Тривалість проєкту, міс	18
Регуляторна складність	0.550
Екологічне обмеження / прийнятність	0.700
Підтримка стейкхолдерів	0.720
Стабільність постачання сировини	0.760
Доступність підключення до мережі	0.810
Забезпеченість водою	0.690

Конфігурація продукту	
Готовність підрядників	0.660
Зрілість управління	0.610
Повнота команди	0.680

Конфігурація продукту	
Рівень попередньої підготовки сировини	0.650

Завантажити базові значення Розрахувати узгоджену конфігурацію

10°C Mostly cloudy 14:16 07.04.2025

Рисунок 4.10 – Вікно введення початкових параметрів проєкту у СППР

Після введення початкових даних система переходить до поточних розрахунків, де реалізовано основну логіку методу узгодження конфігурації

проекту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проектного середовища. У відповідному модулі автоматично визначаються показники відповідності між конфігурацією продукту проекту та проектним середовищем, відповідності між конфігурацією проекту та його продуктом, індекс конфліктності, покриття енергетичних потреб, баланс бюджету проекту та загальний рівень узгодженості конфігурацій.

Особливістю цього модуля є відображення усіх проміжних результатів за етапами методу, що дозволяє користувачу контролювати логіку прийняття управлінського рішення та бачити вплив кожного показника на кінцевий результат. Екран поточних розрахунків наведено на рис. 4.11.

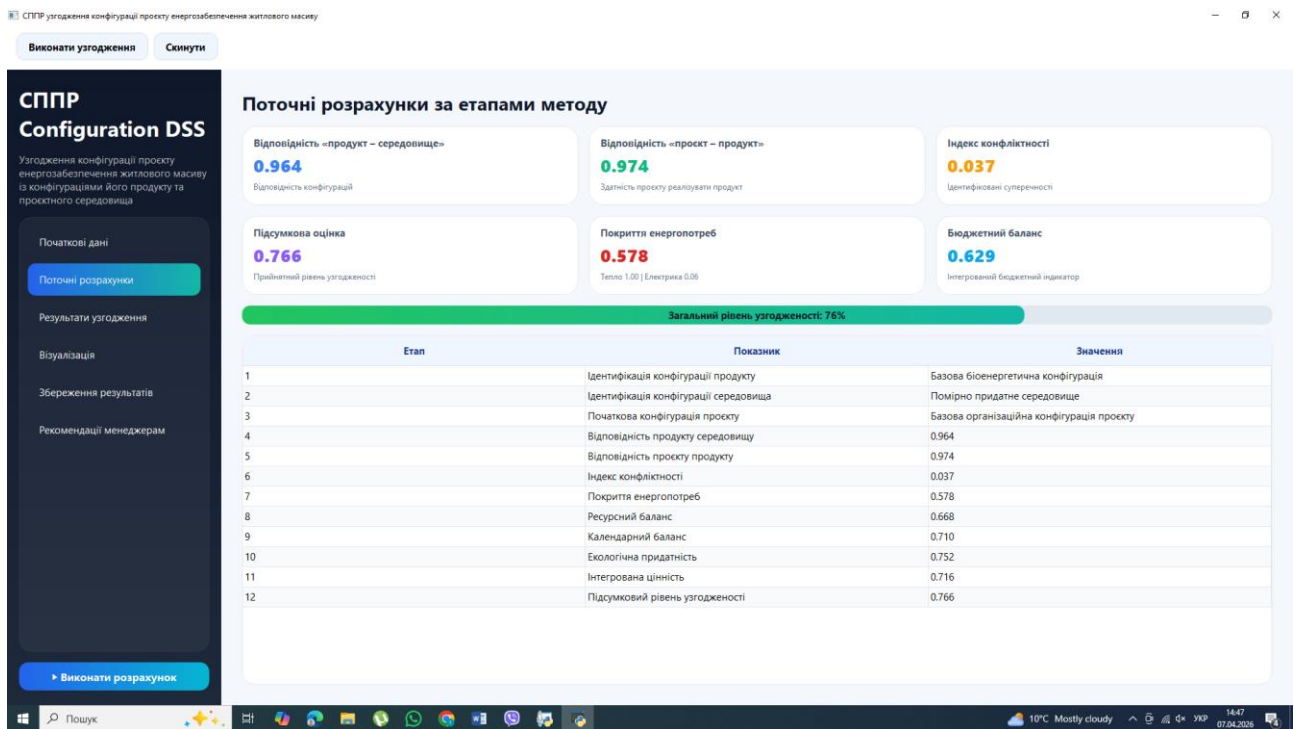


Рисунок 4.11 – Вікно СППР із поточними розрахунками

Наступний модуль забезпечує формування підсумкового результату узгодження конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву. У ньому система автоматично визначає статус конфігурації, рекомендований сценарій, інтегрований показник цінності обраного варіанта та фактичний тип поточної конфігурації. Крім узагальненого висновку, користувачу подається деталізована таблиця основних показників, що характеризують стан продукту

проекту, проектного середовища та проекту енергозабезпечення житлового масиву.

Такий формат дозволяє перейти від аналітичного оцінювання до конкретного управлінського рішення. Вікно СППР із результатами цього модуля наведено на рисунку 4.12.

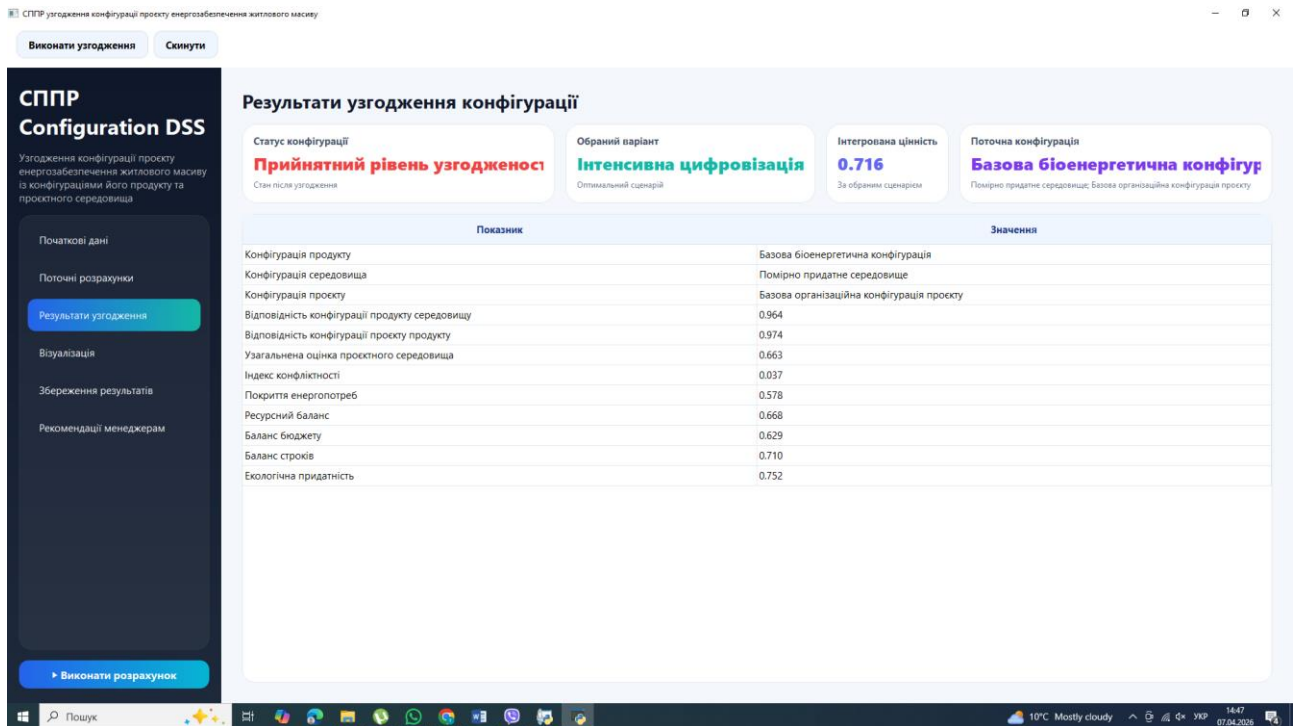


Рисунок 4.12 – Вікно СППР із результатами узгодження конфігурацій продукту проекту, проектного середовища та проекту енергозабезпечення житлового масиву

Важливою складовою СППР є модуль візуалізації, який дозволяє представити результати аналізу у графічній формі. Реалізовано побудову діаграми профілю узгодженості конфігурацій, порівняльних діаграм варіантів конфігурацій, структури конфігураційних показників, балансу основних індикаторів та матриці сильних і слабких сторін. Наявна можливість збереження кожного графіка окремо, що створює додаткові можливості для використання результатів у проектній документації та презентаційних матеріалах. Приклад

вікна користувача із результатами використання цього модуля наведено на рисунку 4.13.

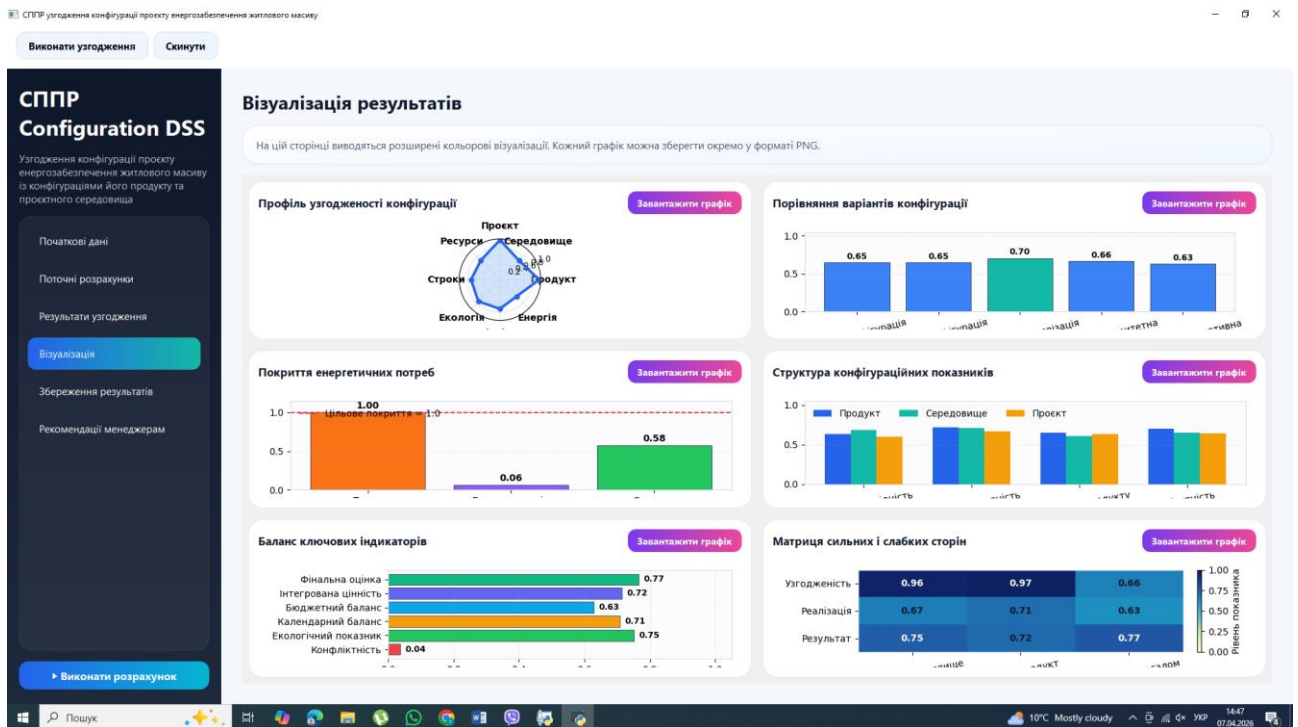


Рисунок 4.13 – Вікно СППР із результатами візуалізації показників узгодження конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву

Для практичного використання результатів у системі реалізовано модуль збереження даних. Він забезпечує можливість експорту отриманих результатів у форматах JSON, CSV та текстовому звіті. Такий функціонал дозволяє переносити результати у зовнішні інформаційні середовища, використовувати їх для повторного аналізу або включати до супровідної документації проекту енергозабезпечення житлового масиву. Інтерфейс користувача зі сторінкою збереження результатів наведено на рисунку 4.14.

Завершальним етапом роботи СППР є автоматичне формування рекомендацій для проєктних менеджерів. На основі отриманих значень інтегрованих показників цінності система формує текстові управлінські висновки щодо доцільності зміни масштабу енергетичного модуля, доцільності підвищення рівня цифровізації, посилення ресурсної стабільності або

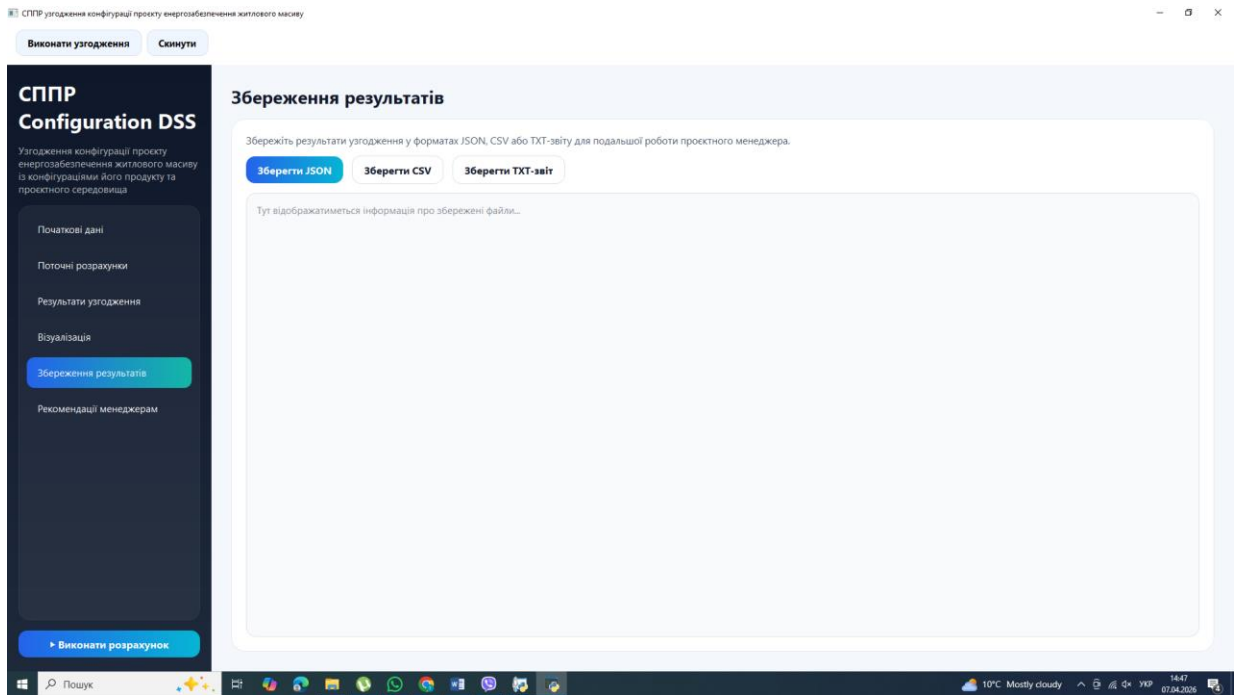


Рисунок 4.14 – Вікно СППР зі сторінкою збереження результатів коригування окремих параметрів конфігурацій продукту проєкту, проєктного середовища та проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Саме цей блок забезпечує перехід від аналітичного оцінювання до практичного використання результатів у процесі управління проєктами енергозабезпечення житлового масиву. Приклад такого функціоналу наведено на рисунку 4.15.

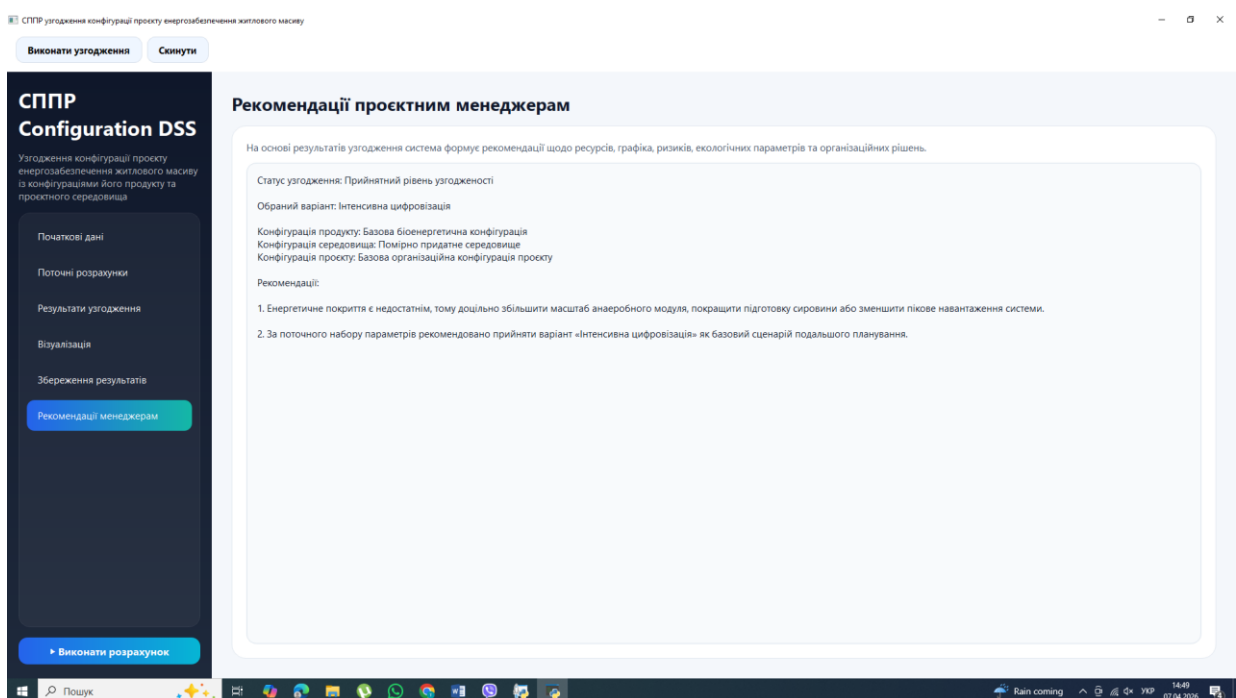


Рисунок 4.15 – Вікно СППР із формуванням рекомендацій для проєктних менеджерів

Таким чином, розроблена СППР забезпечує повну прикладну реалізацію методу узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Її архітектура відображає повний цикл підтримки управлінського рішення, починаючи від введення початкових даних до отримання готових рекомендацій для проєктних менеджерів щодо вибору конфігурації проєкту в умовах мінливого проєктного середовища.

4.6. Валідація системи підтримки прийняття рішень та оцінювання адекватності результатів узгодження конфігурацій

Після завершення програмної реалізації СППР для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву виконано перевірку того, наскільки отримані результати, що формуються системою, є внутрішньо узгодженими, стійкими до зміни вхідних параметрів і придатними для використання в реальних умовах прийняття управлінських рішень. У межах даного дослідження валідація розробленої СППР здійснювалася шляхом послідовного аналізу поведінки моделі за зміни основних параметрів конфігурації, порівняння інтегральних оцінок для альтернативних сценаріїв та перевірки ступеня відхилення результатів від контрольних значень.

Оцінювання адекватності результатів виконувалося за сукупністю критеріїв, які характеризують основні функціональні властивості СППР. До таких критеріїв віднесено інтегральну узгодженість конфігурації, індекс конфліктності, стійкість до варіації ресурсних параметрів, чутливість до змін параметрів продукту та відтворюваність результатів за виконання повторних розрахунків.

Інтегральний критерій адекватності розробленої СППР визначається як середньозважена оцінка основних компонентів узгодження конфігурацій продукту проєкту, проєктного середовища та проєкту енергозабезпечення житлового масиву:

$$A = \sum_{i=1}^m w_i k_i, \quad (4.1)$$

де A – інтегральний показник адекватності СППР; w_i – ваговий коефіцієнт критерію; k_i – нормалізована оцінка окремого параметра.

Для оцінювання стійкості результатів застосовувався коефіцієнт варіації інтегральної оцінки:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (4.2)$$

де σ – стандартне відхилення результатів; \bar{x} – середнє значення інтегральної оцінки.

Практична перевірка виконувалася шляхом серії експериментальних запусків СППР за контрольованої зміни вхідних показників. У кожному сценарії змінювалися рівень цифрового моніторингу, бюджетний резерв, рівень автоматизації, регуляторна складність та ресурсна забезпеченість. Отримані результати дозволили побудувати залежність інтегральної оцінки від рівня зміни параметрів (рис. 4.16).

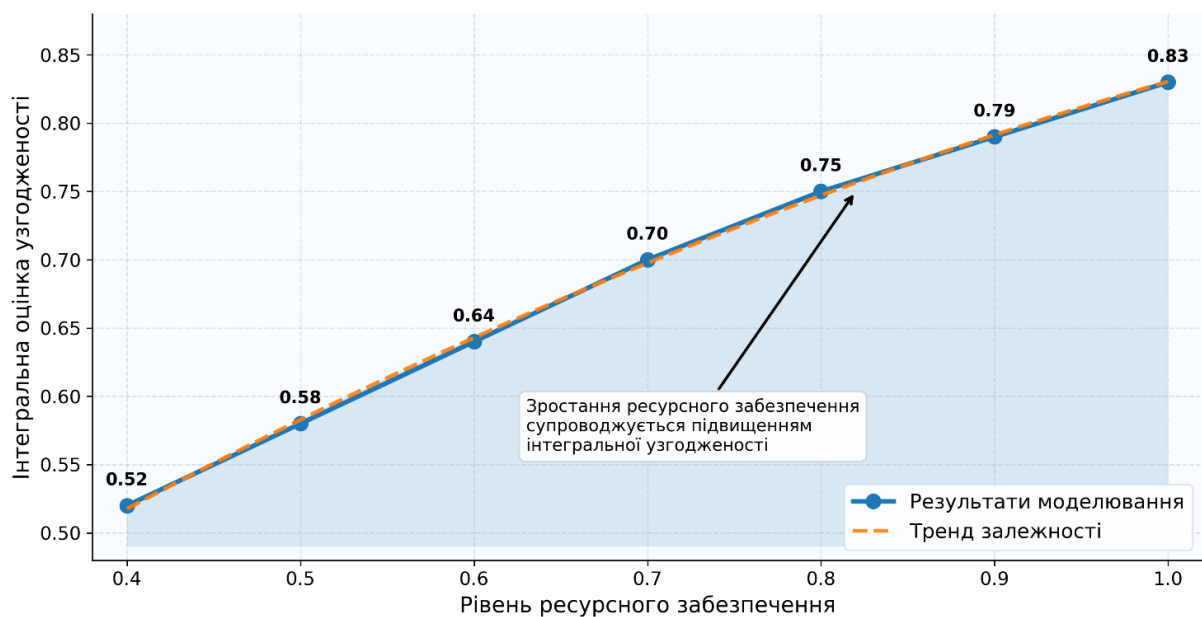


Рисунок 4.16 – Залежність інтегральної оцінки узгодженості від зміни рівня ресурсного забезпечення

Аналіз результатів, наведених на рисунку 4.16, свідчить про наявність стійкої позитивної залежності між рівнем ресурсного забезпечення проєкту та інтегральною оцінкою узгодженості конфігурації. У межах досліджуваного інтервалу збільшення ресурсу від 0,4 до 1,0 супроводжується зростанням інтегрального показника від 0,52 до 0,83, тобто на 0,31 відносних одиниць, що відповідає приросту майже 59,6%. Найбільш інтенсивне підвищення спостерігається в діапазоні від 0,6 до 0,8, де значення узгодженості конфігурацій зростає з 0,64 до 0,75, тобто на 0,11.

Характер кривої (рис. 4.16) свідчить про те, що після рівня ресурсного забезпечення 0,8 темп приросту частково стабілізується. Зокрема, за переходу від 0,8 до 0,9 інтегральна оцінка збільшується лише на 0,04, а від 0,9 до 1,0 – ще на 0,04. Це підтверджує, що після досягнення порогового рівня ресурсів СППР переходить у режим відносної структурної стабільності, коли додаткові ресурси вже не формують настільки значного приросту узгодженості. Отриманий результат підтверджує адекватність використаної СППР для оцінювання конфігураційних змін, оскільки демонструє логічну реакцію інтегрального критерію на варіацію одного з керованих параметрів. Додатково для аналізу реакції СППР на зміну конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву було побудовано порівняльну діаграму чутливості (рис. 4.17).

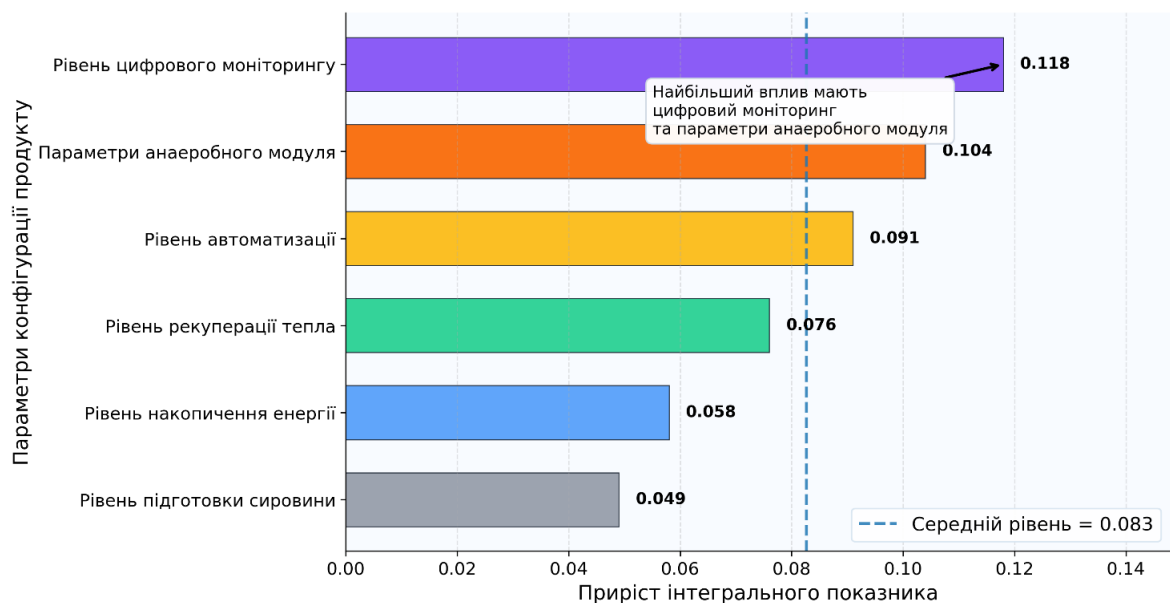


Рисунок 4.17 – Гістограма чутливості інтегрального показника до зміни параметрів конфігурації продукту проєкту

Отримані результати (рис. 4.17) свідчать про різний вплив параметрів конфігурації продукту проєкту на інтегральний показник узгодженості. Найбільшу чутливість виявлено для параметра рівня цифрового моніторингу, для якого приріст інтегрального показника становить 0,118, що на 0,035 вище за середній рівень чутливості (0,083). Другим за значущістю є параметри анаеробного модуля зі значенням 0,104, що також перевищує середнє значення на 0,021. Це підтверджує, що саме цифрові механізми контролю та продуктивність основного технологічного вузла формують найбільший внесок у загальну узгодженість конфігурації.

Параметри рівня автоматизації (0,091) та рівня рекуперації тепла (0,076) знаходяться поблизу середнього діапазону, тоді як рівень накопичення енергії (0,058) і рівень підготовки сировини (0,049) демонструють найменший вплив на приріст інтегрального показника. Різниця між максимальним і мінімальним значенням становить 0,069, що свідчить про достатньо виражену нерівномірність впливу окремих параметрів продукту на інтегральний результат. Отже, при узгодженні конфігурацій із використанням запропонованої СППР доцільно першочергово оптимізувати саме ті компоненти, які мають найбільший коефіцієнт чутливості, оскільки вони забезпечують найвищий системний ефект.

Для комплексної оцінки було сформовано матрицю відповідності отриманих результатів заданим критеріям (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Результати валідації СППР за основними критеріями

Критерій	Отримане значення	Допустимий рівень	Висновок
Інтегральна узгодженість	0,70	>0,60	Відповідає
Індекс конфліктності	0,12	<0,30	Відповідає
Коефіцієнт варіації	0,04	<0,10	Відповідає
Відносне відхилення	0,00	<0,05	Відповідає
Стійкість до варіації параметрів	висока	достатня	Відповідає

Аналіз результатів валідації (табл. 4.3) свідчить про те, що всі розглядувані критерії знаходяться в межах установлених допустимих значень, що підтверджує адекватність функціонування СППР під час узгодження конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проектного середовища. Значення інтегральної узгодженості становить 0,70 при нормативному порозі понад 0,60, тобто фактичний результат перевищує мінімально допустимий рівень на 0,10, що характеризує достатній рівень структурної сумісності між основними параметрами конфігурацій.

Показник індексу конфліктності становить 0,12, що у 2,5 раза менший за граничне значення 0,30. Це свідчить про низький рівень внутрішньої неузгодженості між параметрами конфігурацій. Коефіцієнт варіації є на рівні 0,04, тобто у 2,5 раза нижчий за допустимий рівень 0,10, що підтверджує стабільність результатів при повторних обчисленнях. Відносне відхилення дорівнює 0,00, що фактично означає повну збіжність модельних і контрольних значень без статистично значущої похибки.

Сукупність отриманих результатів підтверджує, що запропонована СППР є придатною для практичного використання. Отже, розроблена СППР є адекватною для використання у задачах узгодження конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву, його продукту та проектного середовища.

Висновки до розділу 4

1. Запропоновано алгоритм визначення інтегральної цінності проектів енергозабезпечення житлових масивів, який передбачає виконання 12 послідовних кроків. Вони стосуються підготовки вхідних даних, аналітичної обробки даних, використання математичних виразів циркуляційно-ціннісної моделі для інтелектуального прийняття управлінських рішень. Особливістю алгоритму є те, що він забезпечує виконання єдиного обчислювального циклу, що передбачає

визначення інтегральної цінності та генерацію результатів і формування рекомендацій. На основі розробленого алгоритму створено систему підтримки прийняття управлінських рішень для визначення інтегральної цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів у вигляді настільного програмного додатка.

2. На підставі використання СППР для житлового масиву «Червоні казарми» встановлено, що базове значення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення становить 11,90 за рівня зрілості офісу управління проєктами 9,66. Встановлено, що найбільший приріст інтегральної цінності забезпечується зниженням втрат на 10%, що підвищує абсолютний показник до 15,78 (+32,62%). Збільшення надходження органічних відходів на 10% забезпечує приріст інтегральної цінності до 15,26 (+28,24%), тоді як посилення процесів моніторингу на 20% підвищує інтегральну цінність до 13,78 (+15,77%). Отримані результати підтверджують, що для проєктних менеджерів найбільш ефективним напрямом підвищення результативності є управління технологічною ефективністю та стабільністю ресурсного забезпечення, оскільки саме ці складові формують найбільший приріст інтегральної цінності проєкту.

3. На підставі виконаних досліджень встановлено, що запропонована циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів є практичним інструментом для проєктних менеджерів, оскільки дає змогу виявляти найбільш чутливі елементи системи, оцінювати часовий характер управлінських ефектів та визначати пріоритетні напрями підвищення інтегральної цінності проєкту. Практичне застосування моделі підтвердило, що найбільш результативними управлінськими впливами є зниження технологічних втрат, стабілізація потоку органічних відходів як сировини та посилення процесів моніторингу, що забезпечує обґрунтоване формування управлінських рішень у середньостроковому періоді.

4. Розроблений алгоритм узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву, який ґрунтується на запропонованому методі узгодження конфігурацій проєкту, його продукту та проєктного середовища. Він реалізує послідовну багаторівневу процедуру, що охоплює

підготовку вхідних даних, аналітичну обробку параметрів та оцінювання результатів. Особливістю алгоритму є інтеграція процедур оцінення параметрів житлового масиву, потреб у енергії, виявлення неузгодженостей у конфігурації, генерування узгоджених варіантів і формування рекомендацій із використанням бази правил, сценаріїв та репозиторію результатів. Це забезпечує підтримку управлінських рішень під час вибору раціональної конфігурації проєкту.

5. Виконана програмна реалізація та валідація системи підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Встановлено, що запропонована система здатна забезпечувати підтримку управлінських рішень щодо узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву. Під час валідації встановлено, що інтегральна узгодженість отриманих рішень становить 0,70, індекс конфліктності – 0,12, коефіцієнт варіації – 0,04, що не перевищує мінімально допустимого рівня, а відносне відхилення практично відсутнє. Це підтверджує, що результати, сформовані із використанням СППР, використовуються під час обґрунтування конфігурації проєкту в заданому проєктному середовищі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дисертаційній роботі розв'язується важлива науково-прикладна задача підвищення ефективності управління проектами енергозабезпечення житлових масивів завдяки розвитку циркуляційно-ціннісного підходу та розробленню моделей, методу і інформаційно-аналітичних засобів, що входять до інструментарію підтримки прийняття управлінських рішень під час ініціації та планування цих проєктів в умовах динамічного проєктного середовища.

Основні результати дисертаційної роботи для науки та практики полягають у наступному:

1. На підставі проведеного аналізу стану предметної області, сучасних наукових підходів і практики управління проектами енергозабезпечення житлових масивів встановлено, що існуючі підходи недостатньо враховують взаємозв'язок ресурсних, технологічних, екологічних та організаційних чинників у динамічному проєктному середовищі, що зумовлює доцільність розроблення нових і вдосконалення наявних моделей, методів та інформаційно-аналітичних засобів для підтримки управлінських рішень щодо реалізації цих проєктів.

2. Обґрунтовано теоретичні засади циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, які передбачають інтегроване врахування процесів формування цінності, циркуляційного використання ресурсів, сучасних інформаційних технологій та взаємопов'язаних управлінських процесів. Запропоновано структуру процесів циркуляційно-ціннісного управління, механізм узгодження конфігурації проєкту з конфігураціями його продукту та проєктного середовища, а також обґрунтовано сценарії зміни чинників динамічного проєктного середовища, що створює основу для розроблення моделей і методів для циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів.

3. Розроблено циркуляційно-ціннісну модель управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, яка базується на 5 функціонально

пов'язаних підсистемах та забезпечує формування єдиного контуру інтегральної цінності проєкту, а також модель визначення інтегральної цінності проєкту енергозабезпечення житлових масивів, що передбачає системне виконання 4 взаємопов'язаних груп процедур оцінювання, нормування, агрегування й аналітичного коригування показників. Вони забезпечують кількісне оцінювання впливу змін параметрів проєкту на інтегральну цінність, вибір раціональних сценаріїв реалізації та підвищення ефективності управління проєктами в умовах динамічного проєктного середовища.

4. Удосконалено метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву із конфігураціями його продукту та проєктного середовища, який передбачає виконання 3 етапів та 10 взаємопов'язаних процесів ідентифікації, аналітичного оцінювання, виявлення конфігураційних суперечностей, багатокритеріального вибору та адаптивного коригування конфігурації проєкту, що на відміну від існуючих забезпечує адаптивне коригування змісту та термінів виконання робіт, використовуваних ресурсів, бюджету та структур (WBS, OBS та CBS) проєкту відповідно до змін проєктного середовища й орієнтації на досягнення інтегральної цінності проєкту.

5. Розроблено інформаційно-аналітичний інструментарій підтримки прийняття рішень для реалізації моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, який включає алгоритми та програмні засоби визначення інтегральної цінності проєкту, узгодження його конфігурації в умовах динамічного проєктного середовища. Запропоновані алгоритми й комп'ютерні програми забезпечують виконання розрахунків, аналіз альтернативних сценаріїв, формування рекомендацій і візуалізацію результатів, а проведена валідація підтвердила їх адекватність для обґрунтування управлінських рішень щодо підвищення інтегральної цінності та узгодженості конфігурацій зазначених проєктів.

6. На основі розроблених моделей, методів і систем підтримки прийняття рішень обґрунтовано базу знань для циркуляційно-ціннісного

управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. На підставі використання розробленого інструментарію встановлено, що для заданого проектного середовища базове значення інтегральної цінності проекту становить 11,90, а зниження технологічних втрат на 10% підвищує його до 15,78 (+32,62%). Це підтверджує доцільність використання запропонованого інструментарію для обґрунтування управлінських рішень і розроблення рекомендацій щодо адаптації параметрів проекту до динамічного проектного середовища.

7. Запропонований інформаційно-аналітичний інструментарій забезпечив оцінювання інтегральної цінності проектів енергозабезпечення житлових масивів, узгодження їх конфігурації. Отримані результати дослідження використано для обґрунтування управлінських рішень, а розроблені рекомендації, база знань і комп'ютерний інструментарій впроваджено у практику Львівського комунального підприємства «Зелене місто», ТОВ «Майстерня будинків «Квітка»» і Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області, а також у навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, що підтверджує їх практичну цінність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрушків О., Олійник Р., Коциловський М., Тригуба І. Інтелектуальні моделі управління проєктами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням екологічних та безпекових викликів. *Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.*, м. Львів, 23 березня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. С.329-333.
2. Андрушків О., Олійник Р., Тригуба І. Алгоритм прогнозування обсягів утворення органічних відходів домогосподарствами у проєктах виробництва екологічно чистої енергії. *Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.* Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 321-325.
3. Андрушків О.Я. Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів.* Львів, ЛДУ БЖД, 2023, С. 216-218.
4. Брич В. Я., Федірко М. М. Управління енергоефективністю територіальних громад : сучасні інструменти та підходи. *Регіональна економіка.* 2021. № 3. С. 45–53.
5. Бушуєв С. Д., Бушуєва Н. С. Управління проєктами в умовах енергетичних трансформацій. *Управління розвитком складних систем.* 2022. № 49. С. 6–14.
6. Бушуєв С. Д.; Бушуєва Н. С.; Языкоч Д. В. Менеджмент проєктів розвитку аграрного сектору на принципах циркулярної економіки. *Управління розвитком складних систем.* 2022. № 52. С. 21–27. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.21-27>
7. Бушуєв С. Д.; Дорош М. С.; Литвиненко Н. В. Інноваційне мислення при формуванні нових методологій управління проєктами. *Управління*

проектами та розвиток виробництва. 2016. № 2(26). URL: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-26/7.pdf> (дата звернення: 12.10.2025).
urss.knuba.edu.ua

8. Данченко О. Б. Огляд сучасних методологій управління ризиками в проєктах. *Управління проєктами та розвиток виробництва*. 2014. № 1 (49). С. 16–25. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4816/1/2023%20Данченко%20та%20ін.%20Проектний%20менеджмент.pdf> (дата звернення: 19.05.2025).

9. Данченко О. Б., Занора В. О. Проєктний менеджмент: управління ризиками та змінами в процесах прийняття управлінських рішень : монографія. Черкаси : ПП Чабаненко Ю. А., 2019. 278 с. URL: https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1235/1/Монографія_Данченко_Занора.pdf (дата звернення: 23.01.2026).

10. Данченко О. Б., Савіна О. Ю., Бедрій Д. І., Гайдаєнко О. В., Меленчук В. М. Проєктний менеджмент: управління наукомісткими проєктами та портфелями проєктів у наукомістких галузях: монографія. Черкаси: Видавець Пономаренко Р. В., 2023. 315 с.

11. Денисюк С. П., Дерев'янка Ю. М. Енергетичний менеджмент. Частина 3 : практикум. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 98 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/52302/1/Enerhetychnyi_menedzhment_3_Praktykum.pdf (дата звернення: 05.01.2026).

12. Деренська Ю. Аспекти впровадження проєктно-орієнтованого управління в діяльність закладів охорони здоров'я. *Економічний вісник НТУУ "КПІ"*, 2022. 21. 254-841. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.21.2022.254841>

13. Доченко С. І. Управління енергозбереженням у соціально-економічних системах : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. URL: https://radapm.kname.edu.ua/images/Disser/docenko_a.pdf (дата звернення: 04.02.2026).

14. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 16 с. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_31000_2018.pdf
15. Єгорченкова Н., Єгорченков О., Сазонов А. Аналіз сучасних методів підвищення ефективності управління портфелями проєктів і програм // Управління розвитком складних систем. 2022. № 49. С. 19–25.
16. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.
17. Зачко І. Г., Кобилкін Д. С., Зачко О. Б. Гібридні технології управління інфраструктурними проєктами та програмами : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2022. 266 с.
18. Зачко О. Б. Моделі та методи безпеко-орієнтованого управління проєктами розвитку складних систем: методологічний підхід. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. Харків: НТУ «ХПИ», 2016. № 2 (1174). С. 86-90.
19. Зачко О. Б. Теоретичні підходи до управління безпекою в проєктах розвитку складних систем. Управління розвитком складних систем. 2015. № 22. С. 48–53. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/1064> (дата звернення: 12.10.2025).
20. Зачко О. Б., Івануса А.І., Кобилкін Д.С. Управління проєктами: теорія, практика, інформаційні технології. Львів: ЛДУ БЖД, 2019. 173 с.
21. Кобилкін, Д., Зачко, О., Мицько, Р., Захарчишин, С. і Еламс, Ч. Управління критичними параметрами логістичних та інфраструктурних проєктів засобами комп'ютерного експерименту (на прикладі сектору безпеки та оборони в умовах війни)». *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2025. 3(33, с. 33–44. doi: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.3.033>

22. Козирєв О. В. Інформаційно-аналітичне забезпечення прийняття рішень у системах енергоменеджменту. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. № 4. С. 88–94.

23. Комплексна програма підвищення енергоефективності, енергозбереження та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області на 2021–2025 роки : рішення Львівської обласної ради від 18 лютого 2021 р. № 62. URL: <https://drohobych-rada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/03/dod-62-1.pdf> (дата звернення: 11.02.2026).

24. Кунанець Н. Е., Небесний Р. М., Мацюк О. В. Особливості формування цілей соціальних та соціо-комунікаційних складових у проєктах smart-city. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: *Інформаційні системи та мережі*. 2016. № 854. С. 257–274. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/8cf82f78-f82a-4295-8104-574ec48f29c8> (дата звернення: 19.04.2025).

25. Кунанець Н. Е., Федорка П. І., Кут В. В. Формування рекомендаційної системи для «розумного регіону» з метою обрання інформаційних технологій та їх реалізацій при створенні застосунків. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. 2023. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/dy/article/download/8390/8528/18299> (дата звернення: 19.04.2025).

26. Матківська, Х., Зачко, О. Моделі цифровізації систем HR-менеджменту безпеко-орієнтованих організацій. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. 1(27). С. 204–214. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.204>

27. Олійник Р., Андрушків О., Коциловський М.П., Тригуба І.Л. Інтелектуальні методи управління проєктами енергетичної автономності критичних об'єктів різних галузей. *Інновінг сучасних трендів в менеджменті безпеки: національна безпека та оборона: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Львів: ЛДУ БЖД, 23 травня 2025. С. 227-232.

28. Пащенко П. О. Управління проектами енергозбереження в організаціях бюджетної сфери : дис. ... д-ра філософії : 073. Полтава, 2023. URL: https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/13449/dysertaciya_pashchenko.pdf (дата звернення: 23.01.2026).

29. Придатко О., Лясковська С., Мартин Є., Хлевной О. Моделювання багатопараметричних систем. Львів: ЛДУ БЖД, 2021. 245 с.

30. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки : постанова Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 695 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/695-2020-%D0%BF> (дата звернення: 20.01.2026).

31. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/373-2023-%D1%80> (дата звернення: 19.01.2026).

32. Ратушний А., Коваль Л., Тригуба А. Модель узгодження конфігурацій проектів створення добровільних рятувальних формувань для сільських громад із характеристиками проектного середовища у післявоєнний період. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.*, м. Львів 28-29 березня 2024 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 361-365.

33. Ратушний А.Р., Коваль Л.С., Тригуба А.М. Автоматизована кластеризація пошкоджень доріг для руху пожежно рятувальних формувань на заданій території у післявоєнний період. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів*, м. Львів, 27-28 березня 2025. Львів: ЛДУБЖД, 2025. С. 418-422.

34. Ратушний Р., Ратушний А., Андрухів Д. Менеджмент гібридних проектів систем безпеки. *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання*

надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення : збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 203-205.

35. Самойлик Ю. В. Моделювання сценаріїв енергоспоживання в умовах невизначеності. *Економіка АПК*. 2023. № 7. С. 112–119.

36. Семко І. Б., Бедрій Д. І., Бабич М. І. Проектний підхід до енергоменеджменту. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2016. № 1 (1173). С. 97–102. URL: <https://pm.khpi.edu.ua/article/view/2413-3000.2016.1173.19/57051> (дата звернення: 19.04.2025).

37. Tryhuba A. M., Koval N. Ya., Ratushnyi A. R., Tryhuba I. L., Shevchuk V. V. Algorithm for the routes formation of food raw materials procurement on the community territory taking into account the production conditions during emergency situations. *Applied Aspects of Information Technology*. Publ. Nauka i Tekhnika. Odessa: Ukraine. 2023; Vol. 6 No.1: 60–73. <https://doi.org/10,15276/aait.06.2023.5>

38. Tryhuba A., Ratushnyi A., Lub P., Rudynets M. and Visyn O. The Value Formation Model of the Project's Implementation for the Territorial Rescue Structures Creation to a Consequences Elimination of a Military Emergency Situations. *Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023)*. Conference. Warsaw, Poland, May 19, 2023. pp. 59-70, <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper6.pdf>

39. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Андрушків О. Я. Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. *Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва: каталог інноваційних розробок*; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 27.

40. Тригуба А. М., Ратушний А. Р., Рудинець М. В., Федорчук-Мороз В. І. Алгоритм та програмне забезпечення обґрунтування раціональної конфігурації систем безпеки територіальних громад. *Інформаційні технології в енергетиці та*

агропромислового комплексу: матеріали XI Міжнар. наук. Конференції. Львів, 04-06 жовтня 2022 р. Львів : ЛНУП, 2022. С. 67-71.

41. Тригуба А. М., Ратушний Р. Т., Ратушний А. Р., Коваль Л. С. Івануса А.І. Оптимізація безпекової інфраструктури у програмах післявоєнного відновлення з використанням сучасних геоінформаційних систем. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 31, 196-212. <https://doi.org/10.32447/20784643.31.2025.20>

42. Тригуба А., Андрушків О., Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні механізми енергоменеджменту в управлінні складними енергетичними проєктами. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології»*, ІБІТ 2025, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, С. 233-236.

43. Тригуба А., Маланчук О., Ратушний А., Паньків О., Коваль Л., Шолудько Р., Андрушків О. Адаптивно-ціннісний підхід до управління проєктами розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2023. № 27. С. 113–126. DOI: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.113>

44. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В., Андрушків О., Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2024. № 28. С. 148–158. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148>

45. Тригуба А., Тригуба І., Андрушків О., Коваль Л., Олійник Р. Інтелектуальні моделі управління проєктами розвитку інфраструктурних об'єктів територіальних громад у післявоєнний період. *Штучний інтелект в інклюзивному розвитку: I Міжнародна науково-практична конференція (AIID-2025)*, Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2025. С. 21–24.

46. Тригуба А., Тригуба І., Маланчук О., Коциловський М., Коваль Л., Андрушків О., Олійник Р. Інтелектуальні моделі розвитку систем безпеки та енергетичної автономності сільських громад. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2025. № 29. С. 185–197. <https://doi.org/10.32718/agroengineering2025.29.185-197>

47. Тригуба А., Шолудько Р., Андрушків О., Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні моделі управління інфраструктурними проєктами розвитку громад в умовах багаторівневих ризиків. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 31, 213-226. <https://doi.org/10.32447/20784643.31.2025.21>

48. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Ратушний А.Р., Андрушків О.Я., Олійник Р.І. Доцільність та особливості реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами»*, Коблево, 9–13 вересня 2024 р. Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2024. С. 220-224.

49. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Шолудько Р.Я., Андрушків О.Я., Олійник Р.І. Використання цифрових технологій для реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 277-281.

50. Тригуба А.М., Паньків О.В., Шолудько Р.Я., Андрушків О.Я. Особливості антикризового управління проєктами на об'єктах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. *Управління проєктами у розвитку суспільства: Управління проєктами післявоєнної розбудови України: тези доп. XXI -ї Міжн. конф.*, Київ: КНУБА, 2024. С.237-241.

51. Тригуба А.М., Татомир А.В., Ратушний А.Р., Коваль Л.С. Алгоритм визначення ефективних сценаріїв проєктів розвитку систем безпеки на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XII Міжнар. наук. конференції (Львів, 04-06 жовтня 2023 р.)*. ЛНУП : За заг. ред. В. В. Снітинського. Львів : ЛНУП, 2023. С. 73-75.

52. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., Андрушків О.Я., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Особливості управління проєктами виробництва енергії із органічних відходів на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XII Міжнар. наук. конференції*. Львів : ЛНУП, 2023. С. 79-81.

53. Тригуба І. Л., Андрушків О. Я. Циркуляційно-ціннісний підхід до управління проєктами енергозабезпечення житлової інфраструктури на основі ефективного біоенергетичного менеджменту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 32, 278-291.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.32.2025.25>

54. Тригуба І.Л., Андрушків О.Я., Олійник Р.І., Коциловський М.П. Системний підхід до оцінки ефективності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури об'єктів на основі циркуляційно-ціннісної методології. *XVI Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті»*, Одеса: ОДАБА, 2025. С. 327–332.

55. Тригуба І.Л., Маланчук О.М., Татомир А.В., Коциловський М.П., Андрушків О.Я. Інформаційно-аналітична модель оцінення ресурсного потенціалу для реалізації проєктів енергозабезпечення домогосподарств. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 284-288.

56. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., Андрушків О.Я. Особливості управління проєктами рециклінгу органічних побутових відходів житлових масивів для виробництва біоенергії. Сучасні ековиклики. стратегії екологічної безпеки довкілля: *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю кафедри екології Львівського НУП, 22-23 травня 2024 р.* Львів-Дубляни : ЛНУП, 2024. С. 273-278.

57. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., Андрушків О.Я. Управління проєктами виробництва біоенергії із відходів фруктів та овочів. Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції. *Матеріали II*

Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак. 28-29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 172-176.

58. Тригуба, А. М., Андрушків, О. Я., Тригуба, І. Л. Циркуляційно-ціннісна модель управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. *Управління розвитком складних систем*, 2025. (64), 138–152. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.138-152>

59. Череп А. В., Андреева Г. І. Стратегічне управління енергоефективністю регіонів України : монографія. Запоріжжя : ЗНУ, 2021.

60. Чернявський А., Іншеков Є., Яшина К., Бориченко О., Соловей О., Пертко П. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту в громадах України. Київ : Проєкт GIZ, 2021. 136 с. URL: https://www.ukriee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf (дата звернення: 11.08.2025).

61. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 6th ed. Pennsylvania : Project Management Institute, 2017. 756 p. URL: www.pmi.org (date of access: 25.03.2026).

62. Ahmed S., Ali A., D'Angola A. A review of renewable energy communities: concepts, scope, progress, challenges, and recommendations. *Sustainability*. 2024. Vol. 16 (5). Article 1749. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16051749>

63. Alemayehu H. B., Rehfuss E. A system dynamics framework for energy policy and infrastructure transitions. *Systems Research and Behavioral Science*. 2025. Vol. 42 (1). P. 115–132. DOI: <https://doi.org/10.1002/sres.2926>

64. Ali R., Hussain A., Nazir S., Khan S., Khan H. Intelligent decision support systems: analysis of machine learning and multicriteria methods. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(22). 12426. DOI: <https://doi.org/10.3390/app132212426>

65. Alotaibi S., Alzaatreh A., Al-Hussein M. A holistic framework to accelerate implementation of circular economy in mega-scale construction projects. *Applied*

Sciences. 2024. Vol. 14 (23). Article 10958. DOI: <https://doi.org/10.3390/app142310958>

66. Association for Project Management. APM Body of Knowledge. 7th ed. Princes Risborough: Association for Project Management, 2019. 226 p.

67. Atkinson R. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*. 1999. Vol. 17(6). P. 337–342. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00069-6)

68. Bashynsky O., Garasymchuk I., Gorbovy O., et al. Research of the variable natural potential of the wind and energy in the northern strip of the Ukrainian Carpathians. In: ICoRES 2019. E3S Web of Conferences. 2020, Vol. 154. Art. 06002.

69. Bashynsky O., Hutsol T., Rozkosz A., Prokopova O. Justification of Parameters of the Energy Supply System of Agricultural Enterprises with Using Wind Power Installations. E3S Web of Conferences. 2020, Vol. 154.

70. Batyuk V.V., Dyndyn M.L. Coordination of configurations of complex organizational and technical systems for development of agricultural sector branches. *Journal of Automation and Information Sciences*. 2020, Vol. 52(2). P. 63–76.

71. Blomsma F., Brennan G. The emergence of circular economy: A new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*. 2017. Vol. 21(3). P. 603–614. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>

72. Bocken N. M. P., Short S. W., Rana P., Evans S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 65. P. 42–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>

73. Bond T., Templeton M. History and future of domestic biogas plants in the developing world. *Energy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 15(4). P. 347–354. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.09.003>

74. Bondar A., Bushuyev S., Bushuieva V., Onyshchenko S. Complementary strategic model for managing entropy of the organization. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2851. P. 293–302.
75. Bos-de Vos M., van Bueren E., Boon W. Projecting to promote sustainability transitions through joint value creation. *International Journal of Project Management*. 2025. Vol. 43 (6). Article 101001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2025.101001>
76. Boyarchuk V., Boyarchuk O., Ftoma O. Evaluation of risk value of investors of projects for the creation of crop protection of family dairy farms. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2019. Vol. 67(5). P. 1357–1367.
77. Boyarchuk V., Pavlikha N. Risk-Adapted model of the lifecycle of the technologically integrated programs of dairy cattle breeding. In: *CSIT*. 2021. Vol. 2. P. 307–310.
78. Boyarchuk, V., Tryhuba, I., Tymochko, V. & Bondarchuk, S. “Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials”. *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2020)*. 2020; 2: 151–154. IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9322024> .
79. Boyko A., Kotenko O., Pavlenko V. Managing energy infrastructure under sustainable development imperatives. *Mechanism of Economic Regulation*. 2025. Vol. 2. P. 15–28. URL: <https://mmi.sumdu.edu.ua>
80. Bushuyev S. D., Bushuyev D. A., Rogozina V. B., Mikhieieva O. Convergence of knowledge in project management. *IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, Warsaw, Poland, 24–26 Sept. 2015. Piscataway : IEEE, 2015. P. 496–500. DOI: <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2015.7341355>

81. Bushuyev S., Bushuyeva N., Nekrasov I., Chumachenko I. Successful Management of Public Health Projects Driven by AI in a BANI Environment. *Computation*. 2025. Vol. 13(7). Article 160. DOI: <https://doi.org/10.3390/computation13070160>

82. Bushuyev S., Ivko A., Ilin O. The syncretic project management model in BANI environment. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference «Scientific Results»* (November 7-8, 2024). Rome, Italy. 2024. 8. URL: <https://ojs.publisher.agency/index.php/SR/article/view/4567>

83. Bushuyev S., Verenysh O. Organizational maturity and project: program and portfolio success. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1190. P. 104–127. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3197-5.ch006>

84. Bushuyev, S. D., Bushuyeva, N., Nekrasov, I., & Chumachenko, I. Successful management of public health projects driven by AI in a BANI environment. *Computation*, 2025. 13(7), 160. <https://doi.org/10.3390/computation13070160>

85. Calderon-Tellez J. A., Rodríguez-Monroy C., Sánchez M. Systemic insights for value creation in solar photovoltaic energy projects. *Energies*. 2025. Vol. 18 (6). Article 1409. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18061409>

86. Chernov S., Titov S., Chernova L., Kunanets N., Bobyk I. Assignment Problem Generalization. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3295. P. 48–63.

87. Chernov S., Titov S., Chernova L., Kunanets N., Pitera V., Shcherbyna Y., Petryshyn L. Efficient algorithms of linear optimization problems solution. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2851.

88. Cradle to Cradle / McDonough W., Braungart M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press, 2002. 208 p.

89. Cuppen E., Bosch-Rekvelde M. G. C., Pikaar E., Mehos D. Stakeholder engagement in large-scale energy infrastructure projects. *International Journal of Project Management*. 2016. Vol. 34. No. 7. P. 1347–1359.

90. Dedel'uk K. Система управління проєктами розвитку енергетичної інфраструктури. Управління розвитком складних систем. 2016. № 25. С. 34–42. URL: <https://urss.knuba.edu.ua>
91. Dotsenko N., Chumachenko I., Kraivskyi B., Railian M., Litvinov A. Methodological support for managing of critical competences in agile transformation projects within a multi-project medical environment. *Advanced Information Systems*. 2024. 8 (4), P. 26–33. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.4.04>
92. Freeman R. E. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 292 p.
93. Gao L. P., Zhao M., Wang S. Fuzzy TOPSIS-based selection in renewable energy systems. *Wind Energy*. 2025. Vol. 28 (4). DOI: <https://doi.org/10.1002/we.70058>
94. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
95. Gogunskii V.D., Kolesnikova K. V., Lukianov D.V. Entropy analysis of organizations' knowledge systems on the example of project management standards. *Applied Aspects of Information Technology*. 2022; Vol. 5 No. 2: 91–104. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.05.2022.7>
96. Hulida, E., Pasnak, I., Koval, O., Tryhuba, A. Determination of the critical time of fire in the building and ensure successful evacuation of people. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 2019, 63(1), pp. 308–316.
97. Iastremska, O., Malyarets, L., Samoilenko, V., Budarin, O. Management of innovative projects to ensure innovative development of enterprises. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. 2024. No. 3 (29). P. 104–120. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2024.29.104>
98. IEA. *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. Paris : International Energy Agency, 2023. 156 p. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>

99. Igliński B., Buczkowski R., Iglińska A., Cichosz M., Piechota G., Kujawski W. Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16 (7). P. 4890–4900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.037>

100. International Energy Agency. *Energy Technology Perspectives 2023*. Paris: IEA, 2023. 682 p.

101. Jayakodi, S., Badurdeen, F., Chileshe, N., et al. Circular economy assessment using project-level and organisation-level indicators. *Journal of Building Engineering*, 2024. 110084. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110084>

102. Juarez-Quispe J., Hernandez A. Sustainable infrastructure management tools. *Buildings*. 2025. Vol. 15 (2). Article 210. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15020210>

103. Kabir G., Sadiq R., Tesfamariam S. A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering*. 2014. Vol. 10 (9). P. 1176–1210. DOI: <https://doi.org/10.1080/15732479.2013.795978>

104. Kamariotis A., Tsoukalas V. Monitoring-supported value generation for infrastructure systems. *arXiv*. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.00021>

105. Kelly J., Male S., Graham D. *Value Management of Construction Projects*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015. 584 p.

106. Kerzner H. *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 13th ed. Hoboken: Wiley, 2022. 848 p.

107. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 127. P. 221–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

108. Kobylkin D., Zachko O., Popovych V., Golovaty R., Wolff C. Models for changes management in infrastructure projects. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020, Vol. 2565. P. 106–115.

109. Kobylkin D., Zachko O., Ratushny R., Ivanusa A., Carsten W. Models of content management of infrastructure projects mono-templates under the influence of project changes. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2851. P. 106–115.

110. Kondysiuk I., Bashynsky O., Dembitskyi V., Myskovets I. Formation and risk assessment of stakeholders value of motor transport enterprises development projects. In: *CSIT*. 2021. Vol. 2. P. 303–306.

111. Koval N., Kondysiuk I., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021. Vol. 2917. P. 196–206.

112. Kovalchuk O., Kobylkin D., Zachko O. Digitalization of HR-management processes of project-oriented organizations in the field of safety. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3295. P. 183–190,

113. Kovalchuk O., Zachko O., Kobylkin D. Criteria for intellectual forming a project teams in safety oriented system. In: 17th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2022. Vol. 2. P. 430–433.

114. Kucher, O., Hutsol, O., Prokopchuk, L., Hutsol, T., Vasylyshen, Y., Tryhuba, A., Gajda, J., Kornas, R., & Borusiewicz, A. (2025). Application of marketing tools in the bioeconomic sector. *Sustainability*, 17(8), 3590. <https://doi.org/10.3390/su17083590>

115. Kuitert, L., Baha, S. E., van Bueren, E., & Bussemaker, M. Value integration in multi-functional urban projects. *Building Research & Information*, 2024. 52(7), 1303–1321. <https://doi.org/10.1080/01446193.2023.2264969>

116. Laursen M., Svejvig P. Taking stock of project value creation: A structured literature review with future directions for research and practice. *International Journal of Project Management*. 2016. Vol. 34(4). P. 736–747. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.06.007>

117. Le Pennec M., Raufflet E. Value Creation in Inter-Organizational Collaboration: An Empirical Study. *Journal of Business Ethics*. 2018. Vol. 148, No. 4. P. 817–834. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-3012-7>
118. Lub P., Berezovetskyi S., Chubyk R., Ptashnyk V. The Research of Technological Risk of the Harvesting Projects on the Basis of Simulation Modeling. In: 16th CSIT. 2021. Vol. 2. P. 359–363.
119. Lub P., Berezovetskyi S., Padyuka R., Chubyk R. Information-analytical support of project management processes with the use of simulation modeling methods. CEUR Workshop Proceedings. 2022. Vol. 3109. P. 53–57.
120. Lub P., Pukas V., Sharybura A., Chubyk R., Lysiuk O. The information technology use for studying the impact of the project environment on the timelines of the crops harvesting projects. CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2851. P. 324–333.
121. Lub P., Pukas V., Sharybura A., Lysiuk O. Modelling of the technological systems projects of harvesting agricultural crops. In: 14th CSIT. 2019. Vol. 2. P. 19–22.
122. Lund H., Østergaard P. A., Connolly D., Mathiesen B. V. Smart energy and smart energy systems. *Energy*. 2017. Vol. 137. P. 556–565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>
123. Luo X., Wang J., Dooner M., Clarke J. Overview of current development in electrical energy storage technologies. *Applied Energy*. 2015. Vol. 137. P. 511–536. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.081>
124. Malanchuk O., Tryhuba A., Pankiv O., Sholudko R. Architecture of an intelligent information system for forecasting components of projects. *Applied Aspects of Information Technology*. 2023. Vol. 6(4). P. 376–390. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.06.2023.25>
125. Malanchuk O., Tryhuba A., Tryhuba I., Bandura I. A conceptual model of adaptive value management of project portfolios of creation of hospital districts in Ukraine. *Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management*

(ITPM 2023). *CEUR Workshop Proceedings*, 3453, Warsaw, Poland, 2023, pp. 82–95.
DOI: <https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper8.pdf>

126. Malanchuk O., Tryhuba A., Tryhuba I., Sholudko, R., Pankiv, O. A neural network model-based decision support system for time management in pediatric diabetes care projects. *IEEE 18th international conference on computer science and information technologies (CSIT 2023)*. Lviv. 2023. P. 191-195.
DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324014>

127. Managing Complex Infrastructure Projects using System Dynamics. IntechOpen. 2025. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1221850>

128. Mancarella P. MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models. *Energy*. 2014. Vol. 65. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.041>

129. Martinsuo, M., & Killen, C. P. Value management in project portfolios: Identifying and assessing strategic value. *Project Management Journal*, 2014. 45(5), 56–70. <https://doi.org/10.1002/pmj.21452>

130. Martyn Y., Smotr O., Burak N., Prydatko O., Malets I. Software for Shelter's Fire Safety and Comfort Levels Evaluation. *In book: Data Stream Mining & Processing*. 2020, pp.457-469. DOI: [10.1007/978-3-030-61656-4_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_31)

131. Meredith J. R., Shafer S. M., Mantel S. J. *Project Management: A Managerial Approach*. 10th ed. Hoboken: Wiley, 2022. 560 p.

132. Milford J., Bilello D., Hart D. Energy sector portfolio analysis under uncertainty. National Renewable Energy Laboratory. 2022. URL: <https://docs.nrel.gov/docs/fy22osti/78746.pdf>

133. Mohagheghi V., Mousavi S. A new resilient-sustainable energy project portfolio selection model under uncertainty. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 129. Article 107342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107342>

134. Mokhlesian S., Holmén M. Business model changes and green construction projects. *Journal of Management in Engineering*. 2021. Vol. 37 (4). Article 04021032. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000949](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000949)

135. Munonye W. C., Tiew F., Oke A. Energy-driven circular design in the built environment. *Frontiers in Sustainable Cities*. 2025. Vol. 7. Article 1569362. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1569362>

136. Ni J.-Q. A review of household and industrial anaerobic digestion in Asia: Biogas development and safety incidents. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2024. Vol. 197. Article 114371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114371>

137. Ofori-Kuragu J., Baiden B., Badu E. How project management practices lead to infrastructure sustainable success. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2020. Vol. 27 (10). P. 2797–2819. DOI: <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2019-0027>

138. Ogunniran O., Uthman A., Olatunji O. Risk-based optimization of renewable energy investment portfolios. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15 (5). Article 2346. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15052346>

139. Pandey V., Dinçer H., Yüksel S. Review on TOPSIS method and its applications in infrastructure systems. *Soft Computing*. 2023. Vol. 27. P. 16891–16916. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09011-0>

140. Panteli M., Mancarella P. Influence of extreme weather and climate change on the resilience of power systems: Impacts and possible mitigation strategies. *Electric Power Systems Research*. 2015. Vol. 127. P. 259–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.06.012>

141. Park C., Kim H., Lee D. TOPSIS and AHP-based multi-criteria decision framework for sustainable infrastructure planning. *Sustainability*. 2025. Vol. 17 (15). Article 7072. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17157072>

142. Pavlikha N., Rudynets M., Khomiuk N., Fedorchuk-Moroz V. Studying the influence of production conditions on the content of operations in logistic systems of milk collection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 3(3-99). P. 50–63.

143. Piterska V. M., Rudenko S. V., Shakhov A. V. Development of the Method of Forming of the Architecture of the Innovation Program in the System «University-

State-Business». *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*. 2018. Vol. 7, No. 4.3. P. 232–239.

144. Piterska V., Shakhov A., Lohinov O., Lohinova L. The Method of Human Resources Management of Educational Projects of Institution of Higher Education. In: 15th CSIT. 2020, P. 123–126.

145. Portfolio Management of Infrastructure Projects. Proceedings of International Infrastructure Research Forum. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/383759886>

146. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 8th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2025. 408 p. URL: <https://www.pmi.org/standards/pmbok>

147. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021. 370 p.

148. Qiao Y., Zhang H., Chen J. Data-driven dynamic mechanism of energy investment decision-making. *Energy Informatics*. 2025. Vol. 8 (1). Article 73. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-025-00573-x>

149. Ratushny, R., Tryhuba, A., Bashynsky, O., Ptashnyk, V. Development and Usage of a Computer Model of Evaluating the Scenarios of Projects for the Creation of Fire Fighting Systems of Rural Communities. 11th International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies, ELIT 2019 - Proceedings, 2019, pp. 34–39, 8892320,

150. Ratushnyi A., Ptashnyk V., Koval L., Lub P., Tatomyr A. A Neural Network Model for Predicting the Duration of Emergency Response Projects. *IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, 2023. 195025. P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/csit61576.2023.10324279>

151. Ratushnyi R., Khmel P., Martyn E., Prydatko O. Substantiating the effectiveness of projects for the construction of dual systems of fire suppression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4(3-100). P. 46–53.

152. REN21. Renewables Global Status Report. Paris, 2010. URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
153. Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects: A Practice Guide. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2024. 160 p. URL: https://www.pmi.org/standards/risk-management-in-portfolios?utm_source=chatgpt.com
154. Rudynets M., Pavlikha N., Skorokhod I., Seleznov D. Establishing patterns of change in the indicators of using milk processing shops at a community territory. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 6(3-102). P. 57–65.
155. Scarlat N., Dallemand J.-F., Fahl F. Biogas: developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*. 2018. Vol. 129. P. 457–472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
156. Serra, C. E. M., & Kunc, M. Benefits realisation management and its influence on project success and on the execution of business strategies. *International Journal of Project Management*, 2015. 33(1), 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.011>
157. Shaier, A. A., et al. (2025). Multi-objective optimization and algorithmic evaluation for hybrid renewable energy systems. *Scientific Reports*, 15, Article e-pub ahead of print. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84227-0>
158. Sinsel S., Riemke R., Hoffmann V. Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources. *Renewable Energy*. 2020. Vol. 145. P. 2271–2285. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.147>
159. Thanh N., Hoang P., Le T. An overall assessment of multi-criteria decision support system framework in the context of sustainability. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 2025. Vol. 13 (6). DOI: <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d13.0614>
160. The Standard for Earned Value Management. Project Management Institute. 2020,

161. The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs, and Projects. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2022. URL: https://www.pmi.org/standards/risk-management?utm_source=chatgpt.com

162. Too E. G., Weaver P. The management of project management: A conceptual framework for project governance. *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32, No. 8. P. 1382–1394.

163. Tryhuba A., Bashynsky O., Kondysiuk I., Koval N., Bondarchuk L. Conceptual model of management of technologically integrated industry development projects. In: 15th CSIT. 2020, Vol. 2. P. 155–158.

164. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I. et al. Forecasting of a Lifecycle of the Projects of Production of Biofuel Raw Materials With Consideration of Risks. In: ATIT. 2019. P. 420–425.

165. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I. et al. Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. In: 15th CSIT. 2020, Vol. 2. P. 151–154.

166. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Boiarchuk O., Pavlikha N., Kovalchuk N. Study of the impact of the volume of investments in agrarian projects on the risk of their value. CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2851.

167. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Francik S., Rudynets M. Method and software of planning of the substantial risks in the projects of production of raw material for biofuel. CEUR Workshop Proceedings. 2020, Vol. 2565. P. 116–129.

168. Tryhuba A., Boyarchuk V., Tryhuba I., Ftoma O., Padyuka R., Rudynets M. Forecasting the risk of the resource demand for dairy farms basing on machine learning. CEUR Workshop Proceedings. 2020, Vol. 2631.

169. Tryhuba A., Ratushny R., Horodetsky I., Molchak Y., Grabovets V. The configurations coordination of the projects products of development of the community fire extinguishing systems with the project environment. CEUR Workshop Proceedings. 2021. Vol. 2851. P. 238–248.

170. Tryhuba A., Tryhuba I., Ftoma O., Boyarchuk O. Method of quantitative evaluation of the risk of benefits for investors of fodder-producing cooperatives. In:

14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2019. Vol. 3. P. 55–58.

171. Tryhuba A., Tryhuba I., Oliynyk R., Andrushkiv O., Kotsylovskiy M. An Intelligent Model for Identifying Risks of Power Supply Projects for Critical Infrastructure Facilities in the Conditions of Emergency and Martial Law. *VI International Workshop “IT Project Management” (ITPM-2025)*, May 22, 2025, Kyiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 2025. Vol. 4023. P. 32–47. <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper4.pdf>

172. Tryhuba A., Zachko O., Grabovets V., Berlady O., Pavlova I., Rudynets M. Examining the effect of production conditions at territorial logistic systems of milk harvesting on the parameters of a fleet of specialized road tanks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 5(3). P. 59-70, URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5\(3\)_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2018_5(3)_7). (Last accessed: 17.10.2025).

173. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Cieszewska A., Andrushkiv O., Glowacki S., Bryś A., Slobodian S., Tulej W., Sojak M. Prediction of Biogas Production Volumes from Household Organic Waste Based on Machine Learning. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 7, 1786. <https://doi.org/10.3390/en17071786>

174. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Lopushniak V., Cieszewska A., Andrushkiv O., Barabasz W., Pikulicka A., Kowalczyk Z., Vasyuk V. European Green Deal: Justification of the Relationships between the Functional Indicators of Bioenergy Production Systems Using Organic Residential Waste Based on the Analysis of the State of Theory and Practice. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 6, 1461. <https://doi.org/10.3390/en17061461>

175. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Szufa S., Glowacki S., Andrushkiv O., Padyuka R., Faichuk O., Slavina N. European Green Deal: Substantiation of the Rational Configuration of the Bioenergy Production System from Organic Waste. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 17, 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513>

176. Tryhuba, A., Bashynsky, O. Coordination of dairy workshops projects on the community territory and their project environment. International Scientific and

Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2019, 3, pp. 51–54, 8929816.

177. Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tymochko, V., & Bondarchuk, S. (2020). Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. In 2020 *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. Vol. 2, pp. 151–154. <https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9322024>

178. Tryhuba, A., Hutsol, T., Čėsna, J., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2024). Coordination of configurations of technologically integrated “European Green Deal” projects. In *Advances in Renewable Energy Systems*. MDPI. pp. 327–339. <https://doi.org/10.3390/pr10091768>

179. Tryhuba, A., Hutsol, T., Čėsna, J., Tryhuba, I., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2025). Optimizing energy systems of livestock farms with computational intelligence for achieving energy autonomy. *Scientific Reports*, 15, 10777. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92836-6>

180. Tryhuba, A., Hutsol, T., Pokotylska, N., Kovalenko, N., Tabor, S., & Kwasniewski, D. (2021). Risk assessment of investments in projects of production of raw materials for bioethanol. *Processes*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/pr9010012>

181. Tryhuba, A., Mudryk, K., Tryhuba, I., Kotsylovskyi, M., Sorokin, D., Bezalychna, O., Pysz, P., & Hutsol, T. (2025). Models for sustainable management of livestock waste based on neural network architectures. *Scientific Reports*, 15, 28082. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40750980/>

182. Tryhuba, I., Tryhuba, A., Hutsol, T., Szufa, S., Glowacki, S., Andrushkiv, O., Padyuka, R., Faichuk, O., & Slavina, N. (2024). European Green Deal: Substantiation of the rational configuration of the bioenergy production system from organic waste. *Energies*, 17(17), 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513>

183. Verenyh O., Wolff C., Bushuyev S., Bondar O., Voitenko O. Hybrid Competencies Model for Managing Innovation Projects. CEUR Workshop Proceedings. 2022. Vol. 3295. P. 25–37.

184. Vovk M., Batyuk B., Holomsha O., Sava A. Improving the quality of management in the system of forecasting milk procurement in communities usage the technology of neutron networks. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2022. Vol. 40, P. 201–209.

185. Vuorinen L., Martinsuo M., Aarikka-Stenroos L. Value-oriented stakeholder influence on infrastructure projects. *International Journal of Project Management*. 2019. Vol. 37. No. 5. P. 750–766.

186. Walker B., Holling C. S., Carpenter S. R., Kinzig A. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*. 2004. Vol. 9(2). Art. 5. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>

187. Winter M., Smith C., Morris P., Cicmil S. Directions for future research in project management: The main findings of a UK government-funded research network. *International Journal of Project Management*. 2006. Vol. 24. No. 8. P. 638–649.

188. Wu Y., Li J., Wang J., Huang Y. Project portfolio management applied to building energy projects management system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012. Vol. 16 (1). P. 718–724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.037>

189. Xuan A., Li P., Zhang T. Conditional Value-at-Risk planning model for integrated energy systems. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 114511–114523. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105128>

190. Zwikael O., Meredith J. R., Smyrk J., Cooper M. Project governance: Balancing control and trust in dealing with risk. *International Journal of Project Management*. 2019. Vol. 37(2). P. 301–314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.10.012>

ДОДАТКИ

Додаток А

**Результати використання СППР для визначення інтегрованої цінності
проектів енергозабезпечення житлових масивів**

Таблиця А.1 – Початкові параметри моделювання використання продукту
проекту енергозабезпечення житлового масиву «Червоні казарми»

Підсистема	Параметр	Позначення	Значення
1	2	3	4
Ресурсна	Кількість домогосподарств	N	450
	Коефіцієнт утворення відходів	α	1,150
	Природні втрати	β	0,420
	Управлінський вплив	γ	0,090
	Початковий обсяг відходів	Q_{w0}	0,02
Технологічна	Коефіцієнт конверсії	η	0,680
	Вплив зрілості	θ	0,220
	Втрати енергії	δ	0,100
	Початкова енергія	E_0	0,10
Соціально-економічна	Вплив енергії	μ	0,700
	Робочі місця	J	6,00
	Вплив зайнятості	ν	0,250
	Витрати	C	32,05
	Зниження цінності	σ	0,350
	Управлінський ефект	ρ	0,450
	Початкове значення	S_0	0,00
Екологічна	Екологічна результативність	φ	0,550
	Спад ефекту	k	0,110
	Управлінський вплив	ψ	0,300
	Початкове значення	R_0	0,00

продовження табл. А.1

1	2	3	4
Управлінська	Планування	<i>Plan</i>	0,700
	Моніторинг	<i>Mon</i>	0,660
	Ризики	<i>Risk</i>	0,240
		λ_1	0,890
		λ_2	0,750
	λ_3	0,500	
	Початковий рівень	<i>P₀</i>	0,500
Інтегральна цінність	Вага енергетичної складової	<i>w_{en}</i>	0,350
	Вага соціальної складової	<i>w_{soc}</i>	0,250
	Вага екологічної складової	<i>w_{env}</i>	0,310
	Вага управлінської складової	<i>w_{pm}</i>	0,150
Моделювання	Кількість кроків	<i>T</i>	180
	Крок інтегрування	<i>Δt</i>	1,00

Таблиця А.2 – Результати визначення інтегрованої цінності проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Крок	Q_w органічні відходи	E енергетичні вигоди	S соціально- економічні вигоди	R екологічні вигоди	P зрілість офісу	V інтегральна цінність	J цільова функція	Втрати енергії	Енергетичний вхід
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.075	-0.020	0.000	0.000
10	2.307	4.064	0.000	4.169	0.960	2.609	2.514	0.406	0.798
20	2.114	6.624	0.000	7.180	1.472	4.334	4.240	0.662	0.799
30	1.947	7.513	0.000	8.957	1.983	5.166	5.072	0.751	0.799
40	1.805	7.820	0.000	10.345	2.495	5.698	5.603	0.782	0.798
50	1.682	7.925	0.000	11.631	3.006	6.132	6.038	0.792	0.798
60	1.575	7.960	0.000	12.907	3.518	6.540	6.446	0.796	0.798
70	1.481	7.971	0.000	14.201	4.029	6.945	6.850	0.797	0.798
80	1.397	7.975	0.000	15.519	4.541	7.352	7.258	0.797	0.798
90	1.323	7.976	0.000	16.860	5.052	7.764	7.670	0.798	0.798
100	1.256	7.977	0.000	18.221	5.564	8.182	8.087	0.798	0.798
110	1.195	7.977	0.000	19.600	6.075	8.603	8.509	0.798	0.798
120	1.141	7.977	0.000	20.994	6.587	9.029	8.934	0.798	0.798
130	1.091	7.978	0.000	22.401	7.098	9.457	9.363	0.798	0.798
140	1.045	7.979	0.000	23.819	7.610	9.889	9.794	0.798	0.798
150	1.003	7.979	0.000	25.247	8.121	10.323	10.228	0.798	0.798
160	0.964	7.980	0.000	26.684	8.633	10.759	10.665	0.798	0.798
170	0.928	7.981	1.056	28.128	9.144	11.197	11.103	0.798	0.798
180	0.895	7.982	1.056	29.580	9.656	11.901	11.806	0.798	0.798

Додаток Б

Результати валідації системи підтримки прийняття рішень та оцінювання адекватності результатів узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Таблиця Б.1 – Результати експериментальних запусків СППР для формування залежності інтегральної оцінки узгодженості від рівня ресурсного забезпечення

№ сценарію	Рівень цифрового моніторингу	Бюджетний резерв	Рівень автоматизації	Регуляторна складність	Рівень ресурсного забезпечення	Інтегральна оцінка узгодженості
1	0,42	0,38	0,41	0,62	0,40	0,52
2	0,47	0,44	0,46	0,58	0,50	0,58
3	0,54	0,51	0,53	0,55	0,60	0,64
4	0,61	0,59	0,60	0,49	0,70	0,70
5	0,68	0,65	0,67	0,44	0,80	0,75
6	0,74	0,72	0,73	0,39	0,90	0,79
7	0,81	0,79	0,80	0,35	1,00	0,83

Таблиця Б.2 – Усереднені прирости інтегральної оцінки між сусідніми сценаріями конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Інтервал зміни ресурсів	Приріст інтегральної оцінки	Темп приросту, %
0,40 → 0,50	0,06	11,54
0,50 → 0,60	0,06	10,34
0,60 → 0,70	0,06	9,38
0,70 → 0,80	0,05	7,14
0,80 → 0,90	0,04	5,33
0,90 → 1,00	0,04	5,06

Таблиця Б.3 – Результати оцінювання чутливості інтегрального показника до параметрів конфігурації продукту

№ п/п	Параметр конфігурації продукту	Базове значення параметра	Модифіковане значення параметра	Інтегральна оцінка (базова)	Інтегральна оцінка (після зміни)	Приріст інтегрального показника
1	Рівень цифрового моніторингу	0,62	0,78	0,582	0,700	0,118
2	Параметри анаеробного модуля	0,58	0,73	0,596	0,700	0,104
3	Рівень автоматизації	0,55	0,69	0,609	0,700	0,091
4	Рівень рекуперації тепла	0,51	0,64	0,624	0,700	0,076
5	Рівень накопичення енергії	0,47	0,58	0,642	0,700	0,058
6	Рівень підготовки сировини	0,44	0,53	0,651	0,700	0,049

Таблиця Б.4 – Узагальнені статистичні характеристики параметрів чутливості

Показник	Значення
Максимальний приріст	0,118
Мінімальний приріст	0,049
Середній рівень чутливості	0,083
Діапазон варіації	0,069
Коефіцієнт варіації	0,289

Додаток В

Результати використання системи підтримки прийняття рішень для визначення показників узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Таблиця В.1 – Характеристики житлового масиву

Показник	Значення
Кількість домогосподарств	1200
Кількість населення	3200
Добовий обсяг органічних відходів, т/добу	4,200
Пікове теплове навантаження, МВт-год	3,800
Пікове електричне навантаження, МВт	1,400
Доступна площа, га	2,200
Логістична відстань, км	6,000

Таблиця В.2 – Початкові параметри конфігурації продукту проєкту

№	Параметр конфігурації продукту	Позначення	Значення
1	Рівень попередньої підготовки сировини	P_{raw}	0,650
2	Масштаб анаеробного модуля	P_{anaer}	0,700
3	Рівень ємності накопичення	P_{stor}	0,600
4	Рівень автоматизації	P_{auto}	0,740
5	Рівень рекуперації тепла	P_{heat}	0,710
6	Рівень цифрового моніторингу	P_{dig}	0,780

Таблиця В.3 – Початкові параметри конфігурації проєкту

№	Параметр конфігурації проєкту	Позначення	Значення
1	Готовність підрядників	C_{cont}	0,660
2	Зрілість управління	C_{man}	0,510
3	Повнота команди	C_{team}	0,680
4	Реалістичність графіка	C_{time}	0,640
5	Фінансовий резерв	C_{fin}	0,280
6	Готовність закупівель	C_{proc}	0,620
7	Якість реагування на ризики	C_{risk}	0,670
8	Організаційна гнучкість	C_{flex}	0,630

Таблиця В.4 – Ресурсні та регуляторні умови реалізації проєкту

№	Параметр середовища	Позначення	Значення
1	Бюджет, млн грн	E_{bud}	48,000
2	Тривалість проєкту, міс	E_{dur}	18
3	Регуляторна складність	E_{reg}	0,550
4	Екологічне обмеження / прийнятність	E_{eco}	0,700
5	Підтримка стейкхолдерів	E_{stake}	0,720
6	Стабільність постачання сировини	E_{sup}	0,660
7	Доступність підключення до мережі	E_{grid}	0,810
8	Забезпеченість водою	E_{water}	0,690

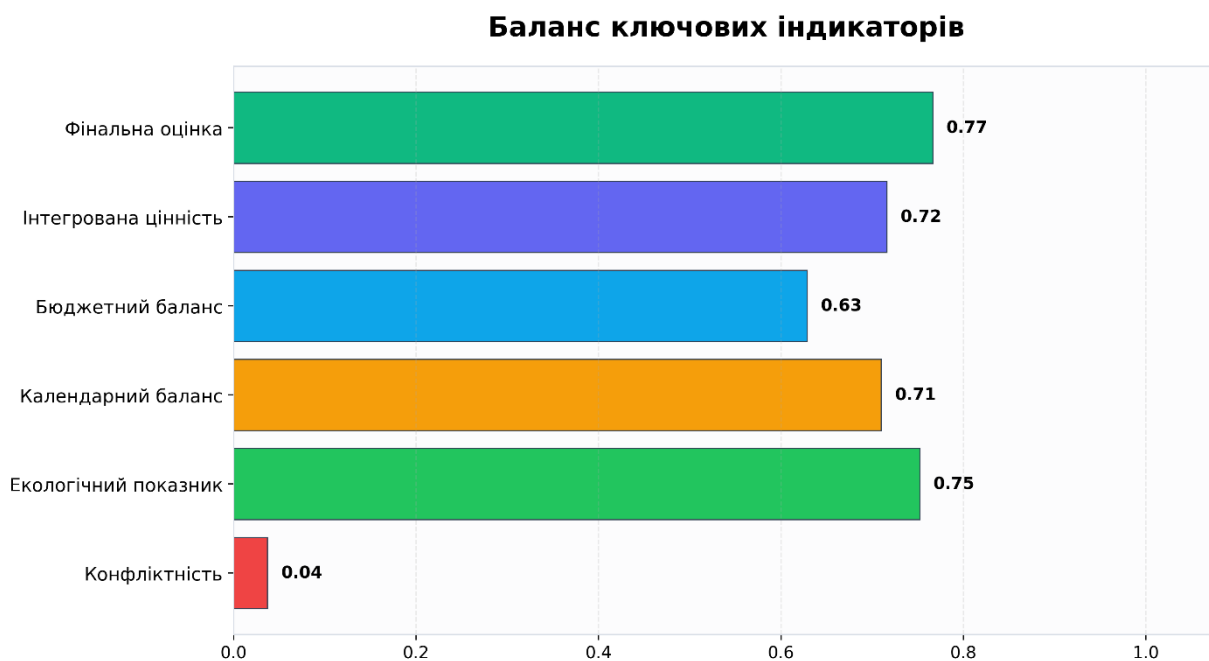


Рисунок В.1 – Гістограма балансу основних індикаторів узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

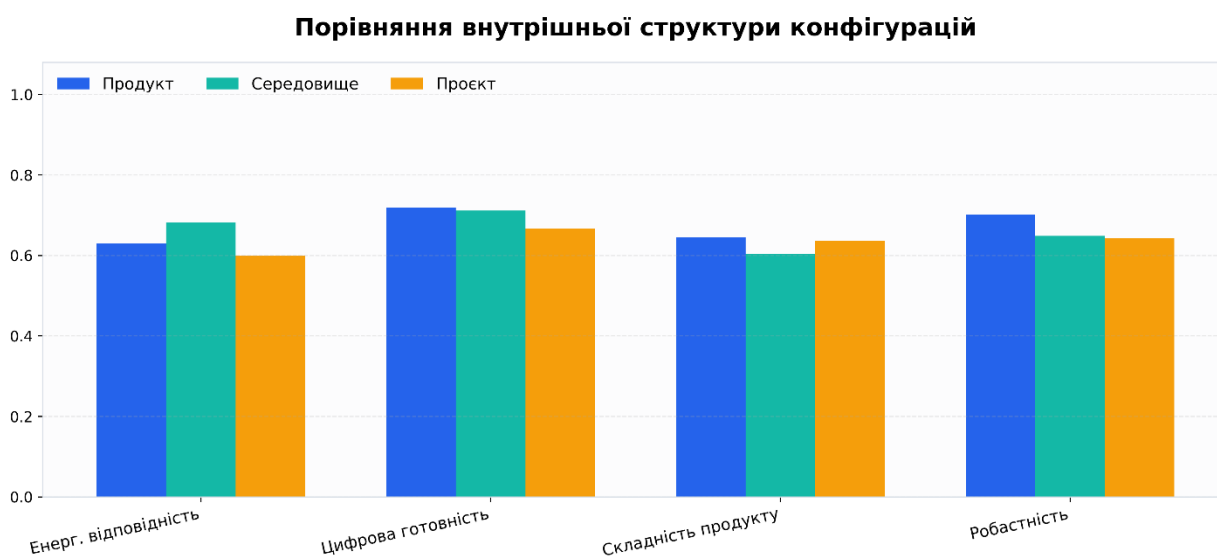


Рисунок В.2 – Гістограма порівняння внутрішньої структури конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву

Покриття потреб системою енергозабезпечення

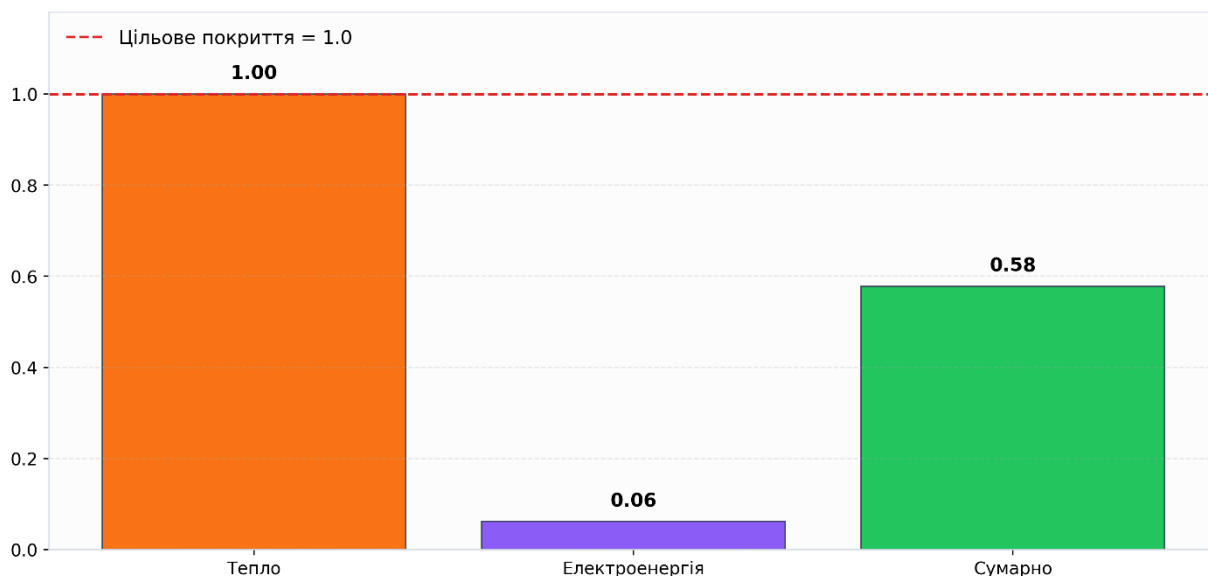


Рисунок В.3 – Гістограма покриття потребу у енергії для житлового масиву

Радар узгодженості

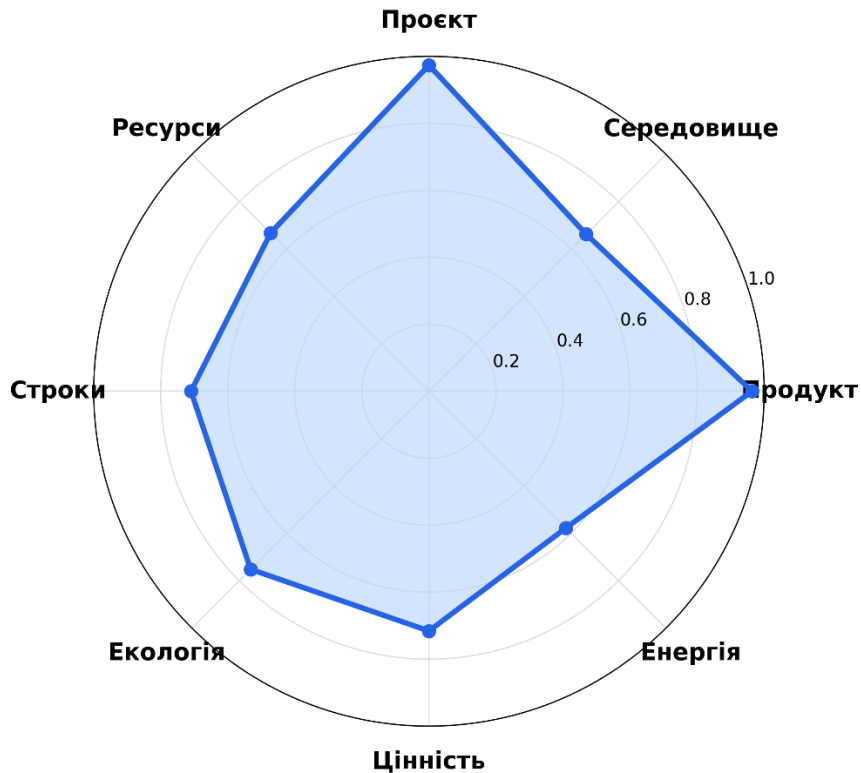


Рисунок В.4 – Діаграма узгодженості основних складових конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву

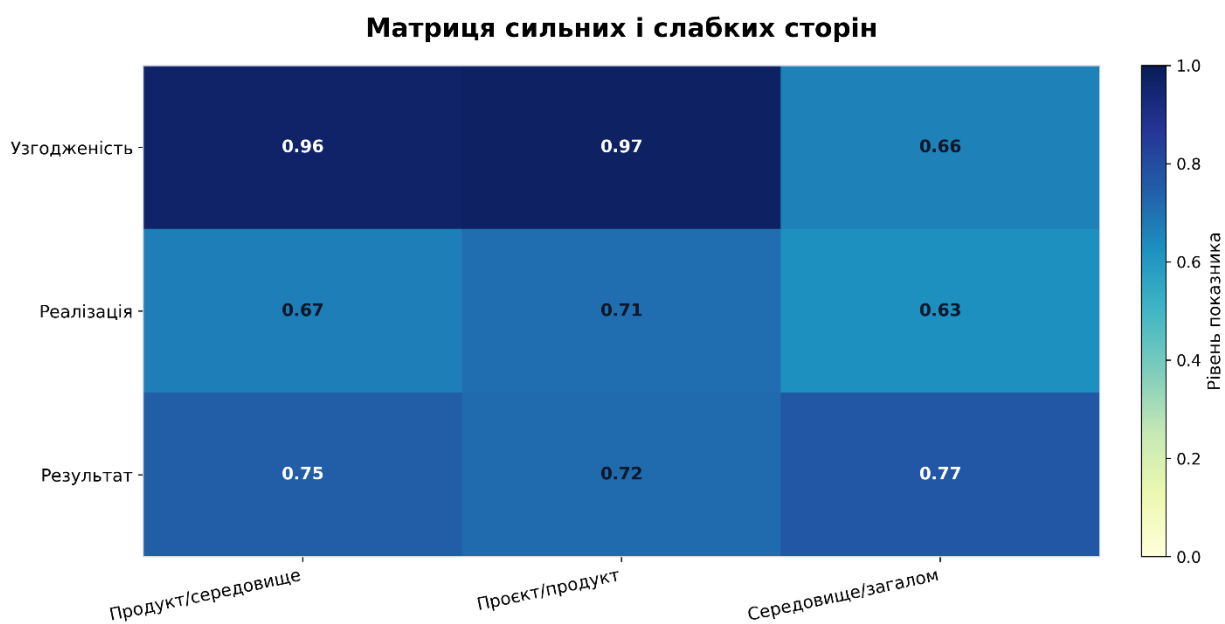


Рисунок В.5 – Матриця сильних та слабких сторін узгодження конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву

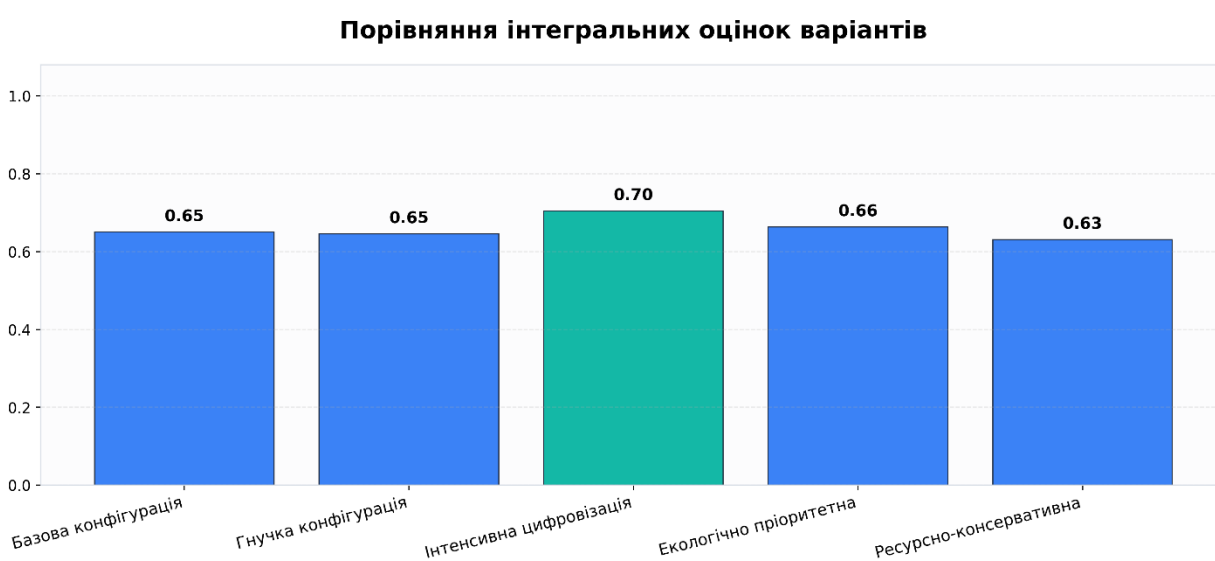


Рисунок В.6 – Гістограма порівняння інтегральних оцінок варіантів конфігурацій проекту енергозабезпечення житлового масиву

Додаток Г

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті у міжнародних наукових виданнях і тих, що входять до міжнародних наукометричних баз (МНБ):

1. Tryhuba A., Tryhuba I., Oliinyk R., **Andrushkiv O.**, Kotsylovskiyi M. An Intelligent Model for Identifying Risks of Power Supply Projects for Critical Infrastructure Facilities in the Conditions of Emergency and Martial Law. *VI International Workshop “IT Project Management” (ITPM-2025), May 22, 2025, Kyiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 2025. Vol. 4023. P. 32–47. <https://ceur-ws.org/Vol-4023/paper4.pdf>. (1,18 д. а.). Видання входить до МНБ – Scopus. Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей оцінювання ризиків проєктів енергозабезпечення об’єктів в умовах динамічного проєктного середовища та становить 0,18 друк. арк.*
2. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Szufa S., Glowacki S., **Andrushkiv O.**, Padyuka R., Faichuk O., Slavina N. European Green Deal: Substantiation of the Rational Configuration of the Bioenergy Production System from Organic Waste. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 17, 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513> (1,95 д. а.). *Видання входить до МНБ – Scopus, Q1. Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні залежностей між конфігураціями продукту проєкту енергозабезпечення житлового масиву та проєктного середовища, що дозволило сформувавши основу методу визначення конфігурації проєкту та становить 0,12 друк. арк.*
3. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Cieszewska A., **Andrushkiv O.**, Glowacki S., Bryś A., Slobodian S., Tulej W., Sojak M. Prediction of Biogas Production Volumes from Household Organic Waste Based on Machine Learning. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 7, 1786. <https://doi.org/10.3390/en17071786> (1,53 д. а.). *Видання входить до МНБ – Scopus, Q1. Особистий внесок автора полягає у виконанні підготовки та структуризації вхідних даних щодо обсягів органічних відходів домогосподарств, які використано для моделювання, а*

також здійснив формальний аналіз отриманих результатів прогнозування біогазового потенціалу як основи для прийняття рішень у проєктах енергозабезпечення житлових масивів, що становить 0,15 друк. арк.

4. Tryhuba I., Tryhuba A., Hutsol T., Lopushniak V., Cieszewska A., **Andrushkiv O.**, Barabasz W., Pikulicka A., Kowalczyk Z., Vasyuk V. European Green Deal: Justification of the Relationships between the Functional Indicators of Bioenergy Production Systems Using Organic Residential Waste Based on the Analysis of the State of Theory and Practice. *Energies*, 2024, Vol. 17, No. 6, 1461. <https://doi.org/10.3390/en17061461> (1,68 д. а.). **Видання входить до МНБ – Scopus, Q1.** Особистий внесок автора полягає у підготовці та систематизації вихідних даних для обґрунтування залежностей між характеристиками органічних відходів житлових масивів і параметрами виробництва біоенергії як складової інформаційного забезпечення моделей циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,168 друк. арк.

Статті у наукових фахових виданнях України:

5. Тригуба, А. М., **Андрушків, О. Я.**, Тригуба, І. Л. Циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів. *Управління розвитком складних систем*, 2025. (64), 138–152. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2025.64.138-152> (1,57 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні структури процесів та розробленні циркуляційно-ціннісної моделі управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,7 друк. арк.

6. Тригуба І. Л., **Андрушків О. Я.** Циркуляційно-ціннісний підхід до управління проєктами енергозабезпечення житлової інфраструктури на основі ефективного біоенергетичного менеджменту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 32, 278-291. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.32.2025.25> (0,96 д. а.). Особистий внесок автора полягає у формалізації моделей оцінювання

інтегральної цінності, сценарному моделюванні проєктів енергозабезпечення житлових масивів та становить 0,46 друк. арк.

7. Тригуба А., Шолудько Р., **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні моделі управління інфраструктурними проєктами розвитку громад в умовах багаторівневих ризиків. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2025. 31, 213-226. <https://doi.org/10.32447/20784643.31.2025.21> (1,45 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні енергетичної складової моделі та формалізації показників інтегральної цінності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури громад, що становить 0,18 друк. арк.*

Статті, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Тригуба А., Маланчук О., Ратушний А., Паньків О., Коваль Л., Шолудько Р., **Андрушків О.** Адаптивно-ціннісний підхід до управління проєктами розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2023. № 27. С. 113–126. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.113> (1,1 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні доцільності включення проєктів циркуляційного використання органічних відходів і локального енергозабезпечення до портфеля розвитку громади на основі ціннісних критеріїв та становить 0,14 друк. арк.*

9. Тригуба А., Маланчук О., Тригуба І., Мармуляк А., Демчина В., **Андрушків О.**, Олійник Р. Вплив сучасних інформаційних технологій на процеси ініціації та планування проєктів розвитку громад та регіонів. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження*. 2024. № 28. С. 148–158. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2024.28.148> (1,25 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні ролі сучасних інформаційних технологій у процесах планування проєктів розвитку громад та становить 0,15 друк. арк.*

10. Тригуба А., Тригуба І., Маланчук О., Коциловський М., Коваль Л., **Андрушків О.**, Олійник Р. Інтелектуальні моделі розвитку систем безпеки та енергетичної автономності сільських громад. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження.* 2025. № 29. С. 148–158. <https://doi.org/10.32718/agroengineering2025.29.185-197> (0,85 д.а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні моделей енергетичної автономності сільських громад та оцінюванні впливу енергетичних параметрів на інтегральну цінність розвитку громади, що становить 0,12 друк. арк.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Тригуба А.М., Тригуба І.Л., **Андрушків О.Я.**, Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Особливості управління проектами виробництва енергії із органічних відходів на території громад. *Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі: матеріали XII Міжнар. наук. конференції.* Львів : ЛНУП, 2023. С. 79-81. (0,17 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у аналізі стану науки та предметної галузі щодо управління проектами виробництва енергії із органічних відходів, що становить 0,04 друк. арк.*

12. **Андрушків О.Я.** Сучасні інформаційні технології для циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів.* Львів, ЛДУ БЖД, 2023, С. 216-218. (0,16 д. а.).

13. **Андрушків О.**, Олійник Р., Тригуба І. Алгоритм прогнозування обсягів утворення органічних відходів домогосподарствами у проектах виробництва екологічно чистої енергії. *Зб. наук. праць XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.* Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 321-325. (0,23 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у формалізації алгоритму прогнозування обсягів утворення органічних*

відходів домогосподарствами для проєктів виробництва екологічно чистої енергії, що становить 0,07 друк. арк.

14. Тригуба А.М., Паньків О.В., Шолудько Р.Я., **Андрушків О.Я.** Особливості антикризового управління проєктами на об'єктах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. *Управління проєктами у розвитку суспільства: Управління проєктами післявоєнної розбудови України: тези доп. XXI -ї Міжн. конф.*, Київ: КНУБА, 2024. С.237-241. (0,17 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні особливостей ефективного антикризового управління проєктами на об'єктах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану, що становить 0,05 друк. арк.*

15. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., **Андрушків О.Я.** Управління проєктами виробництва біоенергії із відходів фруктів та овочів. *Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 90-річчю від дня народження видатної селекціонерки часнику Лідії Ліщак.* 28-29 березня 2024. Львів: ЛНУП. С. 172-176. (0,21 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні ознак оцінення відходів фруктів та овочів для виробництва біоенергії, що становить 0,07 друк. арк.*

16. Тригуба І.Л., Тригуба А.М., **Андрушків О.Я.** Особливості управління проєктами рециклінгу органічних побутових відходів житлових масивів для виробництва біоенергії. *Сучасні ековиклики. стратегії екологічної безпеки довкілля: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю кафедри екології Львівського НУП,* 22-23 травня 2024 р. Львів-Дубляни : ЛНУП, 2024. С. 273-278. (0,23 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у аналізі стану науки та практики, а також описі особливостей управління проєктами рециклінгу органічних відходів житлових масивів для виробництва біоенергії, що становить 0,07 друк. арк.*

17. Тригуба А. М., Демчина В. Р., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., **Андрушків О. Я.** Архітектура системи збору даних та моделі об'єктів інфраструктурних проєктів. *Вчені Львівського національного аграрного*

університету виробництву: каталог інноваційних розробок; за заг. ред. В. І. Лопушняка, Б. І. Гулька. Вип. 24. Львів: Львів. нац. ун-т. природ., 2024. С. 27. (0,08 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у визначенні можливостей використання геоінформаційних сервісів для збору та візуалізації даних під час циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, що становить 0,015 друк. арк.*

18. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Ратушний А.Р., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І. Доцільність та особливості реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи в управлінні проектами та програмами», Коблево, 9–13 вересня 2024 р. Збірник праць.* Харків: ХНУРЕ, 2024. С. 220-224. (0,167 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні енергетичних аспектів реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час та становить 0,04 друк. арк.*

19. **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М., Тригуба І. Інтелектуальні моделі управління проектами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням екологічних та безпекових викликів. *Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.*, м. Львів, 23 березня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. С.329-333. (0,265 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у формалізації моделей управління проектами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням енергетичних параметрів та становить 0,065 друк. арк.*

20. Олійник Р., **Андрушків О.**, Коциловський М.П., Тригуба І.Л. Інтелектуальні методи управління проектами енергетичної автономності критичних об'єктів різних галузей. *Інновітг сучасних трендів в менеджменті безпеки: національна безпека та оборона: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції*, Львів: ЛДУ БЖД, 23 травня 2025. С. 227-232. (0,28 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у виборі та аналізі інтелектуальних методів управління проектами енергетичної*

автономності критичних об'єктів та становить, що становить 0,07 друк. арк.

21. Тригуба А.М., Коваль Л.С., Шолудько Р.Я., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І. Використання цифрових технологій для реалізації проєктів розвитку інфраструктури регіонів у післявоєнний час. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 277-281. (0,2 д. а.). *Особистий внесок автора полягає в обґрунтуванні використання цифрових технологій для підтримки управлінських рішень у проєктах розвитку інфраструктури регіонів, що становить 0,04 друк. арк.*

22. Тригуба І.Л., Маланчук О.М., Татомир А.В., Коциловський М.П., **Андрушків О.Я.** Інформаційно-аналітична модель оцінення ресурсного потенціалу для реалізації проєктів енергозабезпечення домогосподарств. *Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами»*, Збірник праць. Харків: ХНУРЕ, 2025. С. 284-288. (0,19 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні параметрів оцінювання ресурсного потенціалу для реалізації проєктів енергозабезпечення домогосподарств, що становить 0,04 друк. арк.*

23. Тригуба І.Л., **Андрушків О.Я.**, Олійник Р.І., Коциловський М.П. Системний підхід до оцінки ефективності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури об'єктів на основі циркуляційно-ціннісної методології. *XVI Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті»*, Одеса: ОДАБА, 2025. С. 327–332. (0,18 д. а.). *Особистий внесок автора полягає у у формалізації показників оцінювання ефективності проєктів розвитку енергетичної інфраструктури на основі циркуляційно-ціннісного підходу, що становить 0,045 друк. арк.*

24. Тригуба А., Тригуба І., **Андрушків О.**, Коваль Л., Олійник Р. Інтелектуальні моделі управління проєктами розвитку інфраструктурних об'єктів територіальних громад у післявоєнний період. *Штучний інтелект в*

інклюзивному розвитку: I Міжнародна науково-практична конференція (АІІД-2025), Одеса: Національний університет «Одеська політехніка», 2025. С. 21–24. (0,23 д. а.). Особистий внесок автора полягає у обґрунтуванні показників цінності та робастності для управління проєктами розвитку інфраструктурних об'єктів у післявоєнний період, що становить 0,05 друк. арк.

25. Тригуба А., **Андрушків О.**, Олійник Р., Коциловський М. Інтелектуальні механізми енергоменеджменту в управлінні складними енергетичними проєктами. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник доповідей VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології», ІБІТ 2025, м. Львів, 27 листопада 2025 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2025, С. 233-236. (0,18 д. а.). Особистий внесок автора полягає у оцінюванні ризиків реалізації складних енергетичних проєктів, що становить 0,045 друк. арк.*

Додаток Д

Відомості про апробацію результатів дисертації

Результати дисертаційного дослідження апробовано на 18 наукових і науково-практичних конференціях, з яких 10 – міжнародні, 4 – всеукраїнські та 4 – щорічні звітні конференції ад'юнктів і здобувачів Львівського державного університету безпеки життєдіяльності:

1. XII Міжнародна наукова конференція «Інформаційні технології в енергетиці та агропромисловому комплексі» (Львів, 2023), форма участі – очна;
2. VI Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, студентів і курсантів «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2023), форма участі – очна;
3. II Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології вирощування екологічно безпечної плодоовочевої продукції» (Львів, 2024), форма участі – очна;
4. XIX Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (Львів, 2024), форма участі – очна;
5. XXI Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами післявоєнної розбудови України» (Київ, 2024), форма участі – очна (онлайн);
6. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні ековиклики. Стратегії екологічної безпеки довкілля» (Львів-Дубляни, 2024), форма участі – очна;
7. Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи в управлінні проєктами та програмами» (Коблево, 2024), форма участі – очна (онлайн);
8. VI International Workshop IT Project Management (ITPM 2025) (Kyiv, 2025), форма участі – очна (онлайн);

9. XX Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (Львів, 2025), форма участі – очна;

10. Всеукраїнська науково-практична конференція «Інновінг сучасних трендів в менеджменті безпеки: національна безпека та оборона» (Львів, 2025), форма участі – очна;

11. Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та інноваційні технології управління проєктами і програмами» (Харків, 2025), форма участі – очна (онлайн);

12. XVI Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: проєктний підхід в сучасному менеджменті» (Одеса, 2025), форма участі – очна (онлайн);

13. I Міжнародна науково-практична конференція «Штучний інтелект в інклюзивному розвитку» (Одеса, 2025), форма участі – очна (онлайн);

14. VII Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Львів, 2025), форма участі – очна;

15. Щорічних звітних конференціях ад'юнктів та здобувачів Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, 2023–2026), форма участі – очна.

Додаток Е

Акти впровадження науково-дослідної роботи у практику

«Затверджую»
 Директор Львівського
 комунального підприємства
 «Зелене місто» Львівської міської
 ради
 Олександр ЄГОРОВ
 «_____» 2026 р.

АКТ

про впровадження НДР у практику

Ми, що підписалися нижче, начальник відділу контролю якості та екології Світлана БУНДЗ та начальник відділу реалізації проектів Назарій КИРИЛЕЙЗА Львівського комунального підприємства «Зелене місто» Львівської міської ради, з однієї сторони, а також виконавці НДР, аспірант кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Олег АНДРУШКІВ Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, завідувач кафедри генетики, селекції та захисту рослин к.с.-г.н., доцент Інна ТРИГУБА та завідувач кафедри інформаційних технологій, д.т.н., професор Анатолій ТРИГУБА Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів закінченої науково-дослідної роботи «Моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів».

В результаті НДР виконано: 1) розроблено моделі і методи циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів домогосподарств; 2) розроблено алгоритм та систему підтримки прийняття рішень для визначення інтегрованої цінності проектів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів домогосподарств.

У практику Львівського комунального підприємства «Зелене місто» впроваджено: 1) методику циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів домогосподарств; 2) рекомендації щодо особливостей реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів домогосподарств.

Світлана БУНДЗ
 Назарій КИРИЛЕЙЗА

Олег АНДРУШКІВ
 Інна ТРИГУБА
 Анатолій ТРИГУБА



«Затверджую»

Голова Товариства «Майстерня
будівників "КВІТКА"»

Назар Городецький

14.07.2026 2026 р.

АКТ

про впровадження результатів НДР у практику

Ми, що підписалися нижче, керівник будівельного проєкту житлового комплексу «Вільне місто» Тарас Радковський та голова правління ОСББ «Вільне місто-1» Дмитро Гищук, з однієї сторони, а також виконавці НДР, аспірант кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Олег АНДРУШКІВ Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, завідувач кафедри генетики, селекції та захисту рослин к.с-г.н., доцент Інна ТРИГУБА та завідувач кафедри інформаційних технологій, д.т.н., професор Анатолій ТРИГУБА Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів закінченої науково-дослідної роботи «Моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів».

В результаті НДР виконано: 1) розроблено метод узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву на основі органічних відходів домогосподарств із конфігураціями його продукту та проєктного середовища; 2) розроблено алгоритм та систему підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурації проєкту енергозабезпечення житлового масиву на основі органічних відходів домогосподарств.

У практику житлового комплексу «Вільне місто» впроваджено: 1) систему підтримки прийняття рішень для узгодження конфігурацій проєкту енергозабезпечення житлового масиву на основі органічних відходів домогосподарств, його продукту та проєктного середовища; 2) рекомендації щодо управління конфігурацією проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів домогосподарств.

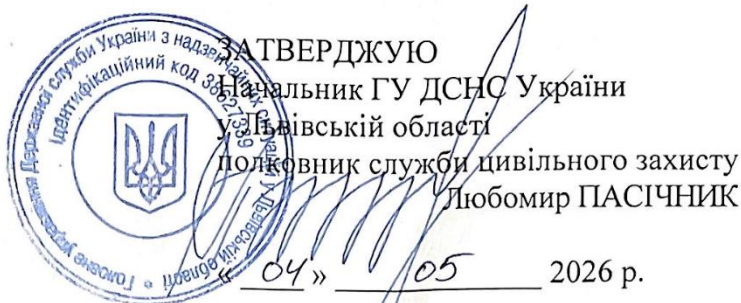
Тарас РАДКОВСЬКИЙ
Дмитро ГИЩУК

Олег АНДРУШКІВ

Інна ТРИГУБА

Анатолій ТРИГУБА





АКТ

про впровадження НДР у практику

Ми, що підписалися нижче, підполковник служби цивільного захисту Павло ЧЕРНЕЦЬКИЙ, заступник начальника управління – начальник відділу превентивної діяльності управління цивільного захисту та превентивної діяльності ГУ ДСНС України у Львівській області, підполковник служби цивільного захисту Юрій ЮРЕНЦ, начальник сектору організації заходів безпеки критичної інфраструктури управління цивільного захисту та превентивної діяльності ГУ ДСНС України у Львівській області, з однієї сторони, а також виконавці НДР, аспірант Олег АНДРУШКІВ Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доцент Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, к.с.-г.н., доцент Інна ТРИГУБА і завідувач кафедри інформаційних технологій цього ж університету, д.т.н., професор Анатолій ТРИГУБА, з другої сторони, склали цей акт про впровадження результатів закінченої науково-дослідної роботи «Моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів».


В результаті НДР виконано: 1) розроблено моделі і методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури; 2) розроблено інформаційно-аналітичний інструментарій підтримки прийняття рішень; 3) сформовано базу знань та рекомендації щодо використання моделей і методів циркуляційно-ціннісного управління проєктами енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури.

У практику Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Львівській області впроваджено: 1) рекомендації щодо оцінювання інтегральної цінності та ризиків проєктів енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури в умовах динамічного проєктного середовища; 2) інформаційно-аналітичний інструментарій підтримки прийняття рішень для обґрунтування управлінських рішень щодо реалізації проєктів енергозабезпечення об'єктів критичної інфраструктури.

Павло ЧЕРНЕЦЬКИЙ
Юрій ЮРЕНЦ

Олег АНДРУШКІВ
Інна ТРИГУБА
Анатолій ТРИГУБА


ЗАТВЕРДЖУЮ
 проректор університету із
 навчально-методичної роботи
 полковник служби цивільного
 захисту
 Олександр ПРИДАТКО
 2026 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
 результатів дисертації
 здобувача кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій
АНДРУШКІВА Олега Ярославовича
«Моделі та методи циркуляційно-ціннісного управління проєктами
енергозабезпечення житлових масивів»

Цим актом підтверджується, що впроваджені у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності результати дисертації АНДРУШКІВА Олега Ярославовича в рамках виконання науково-дослідної роботи «Наукові основи поствоєнного відновлення та реновації регіональних систем критичної інфраструктури України: бенчмаркінг світового досвіду та HR фактор» (ДР № 0123U102890), використані у навчальному процесі під час викладання освітніх компонент «Проектний менеджмент», «Управління проєктами розвитку організацій» та «Системи підтримки прийняття рішень» для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальностей 073 (D3) «Менеджмент» спеціалізації «Управління проєктами» та 122 (F3) «Комп'ютерні науки», зокрема у частині розгляду окремих питань менеджменту девелоперських проєктів в умовах війни.

Професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту
 д.т.н, професор,
 заслужений діяч науки і техніки України

 Олег ЗАЧКО

Начальник кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту
 к.ю.н., доцент

 Андрій САМІЛО

Начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій
 к.т.н., доцент

 Назарій БУРАК