

О. І. ШЕРСТЮК**МОДЕЛЬ ЦІЛЕПОКЛАДАННЯ У ПРОЄКТАХ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОЇ ГАЛУЗІ**

Запропоновано комплексну модель цілепокладання 5С, яка виступає інструментом стратегічного управління проєктами розвитку підприємств морської галузі. Модель включає п'ять ключових етапів: Контекст (Context), Концепція (Concept), Співпраця (Collaboration), Побудова (Construction) та Безперервність (Continuity), що забезпечує системний підхід до управління проєктами. Розроблена модель базується на використанні сучасних математичних методів та алгоритмів, включаючи функцію ризиків, що дозволить кількісно оцінювати можливі загрози, інтегральну функцію ринкових умов для оцінки змін у конкурентному середовищі та методи оптимізації ресурсів, які мінімізують витрати та забезпечують їх ефективний розподіл. Особлива увага приділена коаліційній функції, що визначає ефективність взаємодії між учасниками проєкту, та методу Шеплі, який дозволить справедливо розподіляти вигоди між партнерами. Впровадження методу критичного шляху забезпечує оптимізацію розкладу виконання завдань, тоді як динамічна модель розвитку дозволяє оцінити довгострокову стійкість проєкту в умовах змінного ринкового середовища. Запропоновано механізм динамічної оптимізації, що сприяє постійному вдосконаленню процесів управління та прийняття обґрунтованих стратегічних рішень. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої моделі для проєктів розвитку підприємств морської галузі, особливо в умовах високої динамічності та невизначеності. Практичне застосування моделі дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємств, мінімізувати ризики, забезпечити збалансований розвиток та інтегрувати принципи екологічного, соціального та корпоративного управління в управлінські процеси. У перспективі модель 5С може бути адаптована до інших галузей економіки, що потребують системного підходу до стратегічного управління проєктами.

Ключові слова: цілепокладання; стратегічне управління; оптимізація ресурсів; управління ризиками; коаліційна функція; метод критичного шляху; динамічна модель розвитку; динамічна оптимізація.

О. SHERSTIUK**GOAL-SETTING MODEL FOR DEVELOPMENT PROJECTS IN THE MARITIME INDUSTRY**

A comprehensive 5C goal-setting model is proposed as a tool for strategic project management in developing maritime industry enterprises. The model includes five key stages: Context, Concept, Collaboration, Construction, and Continuity, ensuring a systematic approach to project management. The proposed model is based on the application of modern mathematical methods and algorithms, including the risk function, which enables a quantitative assessment of potential threats, the integral function of market conditions for evaluating changes in the competitive environment, and resource optimisation methods, which minimise costs and ensure their efficient allocation. Special attention is given to the coalition function, which determines the effectiveness of interaction between project participants, and the Shapley value method, which ensures a fair distribution of benefits among partners. The critical path method is implemented to optimise the task execution schedule. At the same time, the dynamic development model allows for an assessment of the project's long-term stability in a changing market environment. A dynamic optimisation mechanism is proposed to facilitate the continuous improvement of management processes and the adoption of well-founded strategic decisions. The obtained results confirm the effectiveness of the proposed model for development projects in the maritime industry, especially under conditions of high dynamism and uncertainty. The practical application of the model enhances enterprise competitiveness, minimises risks, ensures balanced development, and integrates the principles of environmental, social, and corporate governance into management processes. In the future, the 5C model can be adapted to other sectors of the economy that require a systematic approach to strategic project management.

Keywords: goal setting; strategic management; resource optimisation; risk management; coalition function; critical path method; dynamic development model; dynamic optimisation.

Вступ. Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується високим динамізмом, невизначеністю та посиленням глобальної конкуренції, що особливо яскраво проявляється в морській галузі. Трансформаційні процеси, зумовлені технологічними інноваціями, зміною кліматичних умов, геополітичними викликами та необхідністю забезпечення сталого розвитку, вимагають від підприємств морської галузі впровадження принципово нових підходів до стратегічного управління проєктами. Морська індустрія, яка забезпечує понад 80% міжнародних вантажних перевезень, перебуває в епіцентрі глобальних трансформацій. Діджиталізація, автоматизація, впровадження екологічно чистих технологій та посилення вимог до безпеки судноплавства створюють складний контекст для проєктного менеджменту. Традиційні методи управління проєктами виявляються недостатньо ефективними в умовах високої невизначеності та швидких змін зовнішнього середовища. Саме тому актуалізується потреба в розробці комплексних моделей цілепокладання,

здатних інтегрувати різнопланові аспекти проєктного управління – від стратегічного планування до забезпечення довгострокової стійкості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] висвітлюється динамічний вплив штучного інтелекту (ШІ) на стратегічне управління проєктами (SPM), акцентуючи увагу на трансформації традиційних підходів до управління завдяки використанню ШІ. Адаптивне планування за допомогою ШІ дозволяє не лише встановлювати цілі, але й коригувати їх у реальному часі відповідно до змін у внутрішньому чи зовнішньому середовищі. Це забезпечує більшу гнучкість у досягненні цілей і підвищує ймовірність успішної реалізації проєктів.

Робота [2] описує перехід морської галузі до ризико-орієнтованого підходу у встановленні цілей, що створює нові можливості для інженерів з охорони праці у використанні гнучких і вдосконалених моделей ризиків та підходів до прийняття рішень у проєктуванні та експлуатації. Ризико-орієнтований підхід дозволяє формулювати цілі, які враховують

потенційні загрози та невизначеності, забезпечуючи більшу гнучкість і точність у досягненні результатів. Це підвищує ефективність управління процесами та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень, що відповідають стратегічним завданням галузі.

Стаття [3] досліджує використання хмарних симуляторів у морській освіті та навчанні як інноваційної платформи для доповнення професійної підготовки навчанням, заснованим на симуляції. Адаптивні можливості симуляторів дозволяють налаштовувати навчальні цілі відповідно до індивідуальних характеристик курсантів, що забезпечує персоналізований підхід до досягнення освітніх і професійних завдань.

Стаття [4] досліджує концепцію обізнаності щодо ситуації у морській навігації, яка є критично важливою для забезпечення безпеки операцій у високоризиковій галузі морських перевезень. Знання вимог і факторів, що впливають на обізнаність щодо ситуації, дозволяє формулювати чіткі цілі для вдосконалення навігаційних процедур, підготовки персоналу та впровадження інноваційних технологій, спрямованих на підвищення безпеки морських операцій. Робота [5] спрямована на розвиток стратегічного морського менеджменту як нової дисципліни, що сприяє дослідженню стратегічних питань у морській галузі. Автори адаптували існуючу модель зрілості академічних дисциплін, додавши до неї чотири фази динамічного еволюційного шляху для оцінки рівня зрілості дисципліни. Дану модель зрілості можна використовувати для виявлення прогалин і можливостей, які дозволяють формувати стратегічні цілі та визначати напрямки розвитку досліджень у морській галузі, забезпечуючи її довгострокову конкурентоспроможність.

Однак, у наведених роботах відсутній глибокий аналіз впливу сучасних технологій, таких як штучний інтелект, інтернет речей (IoT) та блокчейн, на стратегічне управління у морській галузі. Також недостатньо досліджено роль мультикультурних команд у реалізації міжнародних морських проєктів, зокрема вплив культурних відмінностей на комунікацію та прийняття рішень та потребують дослідження підходи до оцінки впливу екологічних інновацій на довгострокову стійкість у морських операціях, а також інтеграція принципів ESG (екологічного, соціального та корпоративного управління) у цілепокладання.

Метою статті є розробка теоретико-методологічних засад та практичних рекомендацій щодо впровадження комплексної моделі цілепокладання як ефективного інструменту управління проєктами розвитку підприємств морської галузі в умовах високої динамічності та невизначеності зовнішнього середовища.

Виклад основного матеріалу. З огляду на наведені дослідження, можна зробити висновок, що хоча окремі аспекти стратегічного управління, впровадження інноваційних технологій та аналізу ризиків у морській галузі були розглянуті, комплексного підходу, який би

поєднував ці елементи в єдину структуру, досі бракує. У зв'язку з цим виникає необхідність представити повноцінну інтеграційну модель цілепокладання, яка враховує всі ключові етапи управління морськими проєктами. Така модель, названа «5С», дозволяє забезпечити системний, гнучкий та адаптивний підхід до управління проєктами, зосереджуючи увагу на кожному з її етапів (див. рис.1): Контекст (Context), Концепція (Concept), Співпраця (Collaboration), Побудова (Construction) та Безперервність (Continuity).

Контекст у морській галузі формується на основі аналізу внутрішніх можливостей компанії (наприклад, технічний стан флоту, рівень цифровізації, наявність портової інфраструктури) та зовнішніх факторів (ринковий попит на перевезення, екологічні вимоги ІМО, регіональні та міжнародні регуляторні зміни). Ця інформація визначає необхідність розробки концепції, яка враховує стратегічні цілі, КРІ та бізнес-модель роботи компанії. Водночас, концепція може змінювати контекст, якщо, наприклад, компанія вирішує вийти на нові ринки або переорієнтуватися на більш екологічні види пального.

Контекст включає не лише ринкове середовище, а й відносини з ключовими партнерами – портами, логістичними компаніями, суднобудівними заводами тощо. Співпраця є критично важливою для оптимізації ланцюгів постачання, обміну даними між портами та судновласниками (Port Community Systems), а також забезпечення відповідності стандартам безпеки та екологічності. Водночас, ефективна співпраця дозволяє адаптувати контекст, наприклад, через координацію із судноремонтними підприємствами або морське страхування.

Концепція в морському бізнесі передбачає не лише внутрішнє планування, але й розбудову партнерських відносин із морськими адміністраціями, страховими компаніями, вантажовласниками, екологічними агентствами. Наприклад, якщо компанія ухвалює концепцію «зеленого флоту», це означає необхідність співпраці з постачальниками LNG або альтернативних палив, а також інтеграцію з портами, які мають інфраструктуру для прийому таких суден. Водночас, співпраця може виявити нові можливості або виклики, що потребують коригування концепції.

Реалізація концепції в морській галузі часто означає будівництво або модернізацію суден та портової інфраструктури. Наприклад, якщо компанія вирішує інвестувати в цифрову трансформацію, це потребує впровадження систем автоматизованого управління флотом та IoT-технологій для контролю стану суден. Водночас, процес побудови або оновлення флоту може виявити необхідність коригування концепції через технічні або фінансові обмеження. Будівництво та модернізація в морській галузі неможливі без взаємодії між судновласниками, портами, регуляторними органами, суднобудівними верфями та постачальниками обладнання. Наприклад, якщо компанія будує нові контейнеровози, вона має узгоджувати їхні характеристики з портами, де вони будуть обслуговуватися. Співпраця також дозволяє

залучати фінансування через партнерські програми або державні субсидії на екологічні ініціативи.

У морській індустрії співпраця не завершується після будівництва судна чи терміналу – вона є постійним процесом. Наприклад, судноплавні компанії підтримують довготривалі контракти з портовими операторами, страховими агентствами та логістичними партнерами для забезпечення безперервної роботи флоту. Взаємодія з класифікаційними товариствами та міжнародними регуляторами (ІМО, ІАКС) дозволяє компаніям адаптуватися до змін у стандартах безпеки та екологічних норм.

Побудова нового судна або інфраструктури – це лише початковий етап, після якого необхідно забезпечити її безперервну експлуатацію, технічне обслуговування та модернізацію. Наприклад, після спуску нового судна на воду компанія має впровадити систему моніторингу стану корпусу та механізмів (Condition-Based Maintenance), щоб зменшити простої через аварії. Також необхідно забезпечити відповідність змінюваним регуляторним вимогам, що може призводити до оновлення технічних стандартів флоту.

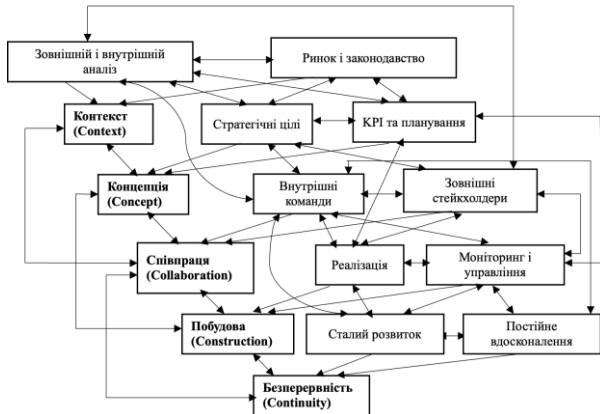


Рис.1. Етапи впровадження моделі 5C у проекти розвитку морської галузі

У процесі аналізу контексту (Context) особлива увага приділяється оцінці зовнішніх та внутрішніх чинників, що впливають на проект. Зовнішній аналіз охоплює макроекономічні показники та тенденції світової торгівлі, міжнародні регуляторні вимоги та екологічні стандарти, а також технологічні інновації та рівень діджиталізації галузі [6-8]. Важливим аспектом є також вивчення конкурентного середовища та ринкової динаміки, включаючи геополітичні фактори та торговельні відносини між країнами. Внутрішній аналіз зосереджується на оцінці технічного стану флоту та портової інфраструктури, кваліфікації персоналу та ефективності системи управління [9-10]. Особлива увага приділяється аналізу фінансових ресурсів та інвестиційних можливостей, а також оцінці операційної ефективності та якості послуг, що надаються. Мета цього етапу – оцінити ресурси, обмеження та можливості проекту. Оцінку ресурсів можна здійснити за формулою (1).

$$R_i \geq D_i, \quad \forall_i \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (1)$$

де R_i – наявний обсяг i -го ресурсу (фінанси, кадри, технології);

D_i – потреба проекту в i -му ресурсі.

Проект може бути реалізованим, якщо кожен R_i не менший за D_i .

Для оцінки ризиків використовується функція ризиків (2).

$$Risk(x) = \sum_{j=1}^m p_j * L_j(x), \quad (2)$$

де p_j – ймовірність настання j -го ризику;

$L_j(x)$ – втрати від реалізації j -го ризику за умов плану x .

Функція ризиків дозволяє кількісно оцінити потенційні загрози, які можуть вплинути на реалізацію проекту, і врахувати ці ризики під час прийняття рішень. Вона відображає ймовірність настання певних ризикових подій і їхні можливі втрати для проекту [11].

Для оцінки ринкових умов застосовують інтегральну функцію (3). Інтегральна функція для оцінки ринкових умов використовується для аналізу змін у ринковому середовищі протягом певного часу. Ця функція дозволяє кількісно оцінити вплив різних факторів (економічних, політичних, технологічних тощо) на проект, враховуючи їх динаміку:

$$E = \int_{t_0}^{t_1} F(t) dt, \quad (3)$$

де $F(t)$ – функція, що описує змінність ринкових трендів у часі.

На етапі формування концепції (Concept) відбувається визначення головних цілей проекту та розробка конкретних задач для їх досягнення. Стратегічне планування включає формулювання чіткого бачення та місії проекту, встановлення довгострокових та короткострокових цілей. У процесі операційного планування розробляються детальні плани реалізації, встановлюються ключові показники ефективності та визначаються необхідні ресурси і бюджет [12]. Важливим елементом є створення ефективної системи моніторингу та контролю за виконанням поставлених завдань. На цьому етапі визначаються цільова функція та обмеження. Цільовою функцією є максимізація ефекту, яка виражається формулою (4):

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i * f_i(x), \quad (4)$$

де x – вектор рішень (план дій);

$f_i(x)$ – ефект від реалізації i -го завдання;

w_i – ваговий коефіцієнт важливості i -го завдання.

Обмеження виражаються формулою (5).

$$\sum_{j=1}^m c_{ij} * x_j \leq R_i \quad \forall_i \in \{1, \dots, n\} \quad (5)$$

де c_{ij} – витрати ресурсу i для реалізації рішення j ;

x_j – частка ресурсу, виділена на j -те завдання.

Ресурси, час та зусилля, які виділяються на виконання різних завдань або напрямів проекту, мають бути розподілені таким чином, щоб забезпечити гармонійне досягнення цілей проекту без перевантаження або нехтування окремими аспектами. Це можна описати за допомогою формули балансу між елементами (6).

$$\sum_{j=1}^k x_j = 1, \quad x_j \geq 0, \quad (6)$$

де x_j – частка ресурсу, виділена на j -те завдання (наприклад, бюджет, людські ресурси чи час).

k – загальна кількість завдань або напрямків у проекті.

Баланс між елементами важливий для збереження цілісності проекту, ефективного використання ресурсів та досягнення всіх цілей без диспропорцій у їх виконанні.

Співпраця (Collaboration) є критично важливим компонентом успішної реалізації проектів у морській галузі. Внутрішня взаємодія передбачає формування ефективних проектних команд та чіткої розподіл відповідальності між учасниками. Особлива увага приділяється налагодженню комунікаційних каналів між різними підрозділами та створенню системи мотивації персоналу. Зовнішня взаємодія охоплює партнерство з портами та логістичними компаніями, активну співпрацю з регуляторними органами та класифікаційними товариствами [13]. Важливим аспектом є також налагодження ефективної взаємодії з постачальниками, підрядниками та клієнтами. Для аналізу співпраці між учасниками в межах проекту, особливо у випадках, коли успіх залежить від спільних зусиль декількох сторін, використовується коаліційна функція (7). Вона допомагає визначити, який внесок кожна група або учасник може зробити в загальний результат, оцінюючи синергетичний ефект від їхньої співпраці.

$$v(S) = \max_{i \in S} Z_i, \quad (7)$$

де $v(S)$ – загальний результат або цінність, досягнута коаліцією S ;

S – коаліція, тобто підмножина учасників N , які вирішили співпрацювати;

Z_i – внесок i -го учасника в коаліції S .

Для оцінки вкладу кожного учасника використовується метод Шеплі (8). Це підхід із теорії кооперативних ігор, який дозволяє справедливо розподілити загальну вигоду між учасниками коаліції залежно від їхнього внеску [14]. Цей метод особливо

корисний у проектах, де кілька сторін спільно працюють для досягнення загальної мети, і потрібно визначити, який внесок кожен учасник зробив у загальний результат.

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{|S|!(n-|S|-1)!}{n!} * (v(S \cup \{i\}) - v(S)), \quad (8)$$

де ϕ_i – внесок i -го учасника (Шеплі-значення);

N – множина всіх учасників коаліції (наприклад, n учасників);

S – підмножина учасників коаліції (без i -го учасника);

$v(S)$ – загальна вигода (коаліційна функція),

досягнута підмножиною S ;

$v(S \cup \{i\})$ – загальна вигода, досягнута

підмножиною S , якщо до неї приєднується i -й учасник;

$|S|$ – кількість учасників у підмножині S ;

$n!$, $S!$, $(n-|S|-1)!$ – факторіали, що враховують кількість можливих порядків кооперації;

$S \subseteq N \setminus \{i\}$ – сума ведеться по всіх підмножинах S , які не містять елемента i .

Метод визначає, як зміниться загальний результат коаліції ($v(S)$) за рахунок приєднання конкретного учасника (i) до підмножини S . Шеплі-вартості враховують всі можливі коаліції, у яких i -й учасник може брати участь, і його внесок у кожній з них. Значення ϕ_i визначає, яку частку загальної вигоди $v(N)$ має отримати i -й учасник, враховуючи його середній внесок у всіх можливих сценаріях.

Етап побудови (Construction) зосереджується на практичній поетапній реалізації розроблених планів та впровадженні необхідних змін. Технічна реалізація включає розробку детальних специфікацій та вимог, впровадження нових технологій та систем, а також модернізацію існуючої інфраструктури з урахуванням сучасних екологічних стандартів [6]. Управління процесами передбачає створення ефективної системи управління якістю, впровадження оптимізованих операційних процедур та розробку планів дій у надзвичайних ситуаціях. Розробка графіка реалізації завдань і контроль ресурсів є ключовим етапом управління проектом, що забезпечує ефективне планування, координацію завдань і розподіл ресурсів. Це дозволяє завершити проект вчасно, у межах бюджету та з максимальним використанням доступних ресурсів. Метод критичного шляху (9) є потужним інструментом для ефективного планування та контролю проектів. Він дозволяє чітко визначати, які завдання є пріоритетними, допомагає уникнути затримок і забезпечує успішне завершення проекту в заплановані терміни.

$$T_{kp} = \max\{T_L\}, \quad (9)$$

де T_{kp} – тривалість критичного шляху (критичний час);

T_L – тривалість (довжина) будь-якого шляху.

Тривалість (довжина) будь-якого шляху T_L рівна сумі тривалості складових його робіт (10):

$$T_L = \sum t_{i-j}, \quad (10)$$

де t_{i-j} – тривалість роботи.

Оптимізація розподілу ресурсів має на меті забезпечити ефективне використання доступних ресурсів (час, гроші, люди, обладнання) для виконання завдань, мінімізуючи витрати та час, а також уникнути перевантаження або простоїв [15]. Це критично важливо для досягнення цілей проєкту в заданих обмеженнях. Цільовою функцією є мінімізація загальних витрат (11)

$$\min Z = \sum_{i=1}^n C_i * R_i, \quad (11)$$

де Z – загальні витрати на ресурси;

C_i – вартість одиниці ресурсу i ;

R_i – кількість використаних одиниць ресурсу i ;

n – кількість типів ресурсів.

Оптимізація розподілу ресурсів забезпечує баланс між витратами, часом та ефективністю виконання завдань. Вона є ключовим інструментом у проєктному менеджменті, що дозволяє досягти максимальних результатів у межах заданих обмежень.

Забезпечення безперервності (Continuity) є ключовим фактором довгострокового успіху проєктів розвитку морської галузі. Сталий розвиток досягається через впровадження екологічно чистих технологій та оптимізацію використання ресурсів [8]. Значна увага приділяється розвитку персоналу та підвищенню кваліфікації співробітників, а також постійному вдосконаленню процесів та систем. Управління змінами забезпечує здатність організації адаптуватися до нових умов ринку та впроваджувати інноваційні рішення, розвиваючи корпоративну культуру та підтримуючи довгострокову конкурентоспроможність. Цей етап передбачає підтримку результатів і довгостроковий розвиток. Динамічну модель розвитку можна описати формулою (12):

$$R_{t+1} = R_t + \alpha * (G_t - C_t), \quad (12)$$

де R_t – стан ресурсу або системи в момент часу t (наприклад, фінанси, виробничі потужності, людські ресурси);

R_{t+1} – стан ресурсу в момент часу $t+1$;

G_t – приріст ресурсу (прибуток, дохід, нові інвестиції) у момент часу t ;

C_t – витрати ресурсу (операційні витрати, втрати, амортизація) у момент часу t ;

α – коефіцієнт адаптації (враховує ефективність використання ресурсу).

Якщо приріст перевищує витрати ($G_t > C_t$), стан ресурсу зростає ($R_{t+1} > R_t$), що сприяє розвитку системи. Якщо приріст дорівнює витратам ($G_t = C_t$),

ресурс залишається на одному рівні ($R_{t+1} = R_t$). Якщо витрати перевищують приріст ($G_t < C_t$), стан ресурсу погіршується ($R_{t+1} < R_t$). Динамічна модель розвитку допомагає приймати обґрунтовані рішення для забезпечення сталого розвитку, зберігаючи баланс між витратами та приростом.

Для того, щоб знайти оптимальні рішення для певної функції корисності (результату), враховуючи динамічні зміни параметрів із часом, використовується метод динамічної оптимізації. Цей метод базується на динамічному підході до управління ресурсами, який дозволяє адаптувати стратегії та розподіл ресурсів до змінних умов проєкту. Він враховує, що параметри проєкту (наприклад, доступні ресурси, ринкові умови, технологічні інновації) можуть змінюватися з часом, і тому вимагає постійного оновлення планів та стратегій. Задачу динамічної оптимізації можна формально описати як максимізацію функції корисності в межах певного інтервалу часу, яка відображає ефективність використання ресурсів протягом часу з урахуванням динамічних змін середовища, за допомогою формули (13):

$$\max \int_{t_0}^{t_1} U(R_t, t) dt, \quad (13)$$

де $U(R_t, t)$ – функція корисності або результативності, яка залежить від стану ресурсу R_t у момент часу t ;

t_0, t_1 – початковий і кінцевий моменти часу;

R_t – стан ресурсу (наприклад, фінанси, продуктивність, людські ресурси) у момент часу t .

Динамічна оптимізація дозволяє динамічно адаптувати ресурси і стратегії до змінних умов, забезпечуючи ефективність у довгостроковій перспективі. Наприклад, у проєкті розвитку портової інфраструктури метод динамічної оптимізації ресурсів дозволяє моніторити стан фінансових ресурсів, людських ресурсів та технологічних можливостей, аналізувати, як зміни в ринкових умовах (наприклад, зростання цін на енергоресурси) впливають на проєкт та адаптувати стратегії розвитку, наприклад, впроваджувати енергоефективні технології або шукати нові джерела фінансування. Метод динамічної оптимізації можна також застосовувати в управлінні флотом. Наприклад, морська компанія прагне оптимізувати використання своїх кораблів для перевезення вантажів упродовж року, враховуючи змінні ринкові умови, обмежені ресурси та необхідність максимізації прибутку. У такій ситуації метод динамічної оптимізації дозволяє знайти оптимальний розподіл ресурсів у часі, щоб мінімізувати простой суден і максимізувати дохід, адаптувати маршрути і графік перевезень відповідно до сезонних змін у попиту та вартості перевезень, оптимізувати використання пального та мінімізувати супутні витрати, серед яких важливе місце

займають портові збори та логістичні витрати, що залежать від умов ринку.

Застосування моделі було апробовано на проєкті оптимізації контейнерних перевезень, що включав цифровізацію управління флотом, прогнозування затримок у портах та скорочення витрат на паливо. Для оцінки ефективності моделі 5С були використані ключові операційні показники судноплавної компанії (Таблиця 1), що займається контейнерними перевезеннями. Вони включають масштаб флоту, фінансові ресурси, середню тривалість рейсів та рівень простоїв у портах.

Таблиця 1 – Вхідні параметри моделювання

Показник	Значення
Кількість контейнеровозів	12 суден (14,000 TEU кожен)
Річний вантажообіг	12 млн TEU
Середня тривалість рейсу	28 днів
Середній час простою у портах	24–48 годин
Бюджет на оптимізацію	10 млн USD

Великий обсяг перевезень (12 млн TEU/рік) потребує високого рівня операційної оптимізації. Простої в портах (до 48 годин) можуть створювати значні затримки, що впливає на рентабельність рейсів.

Етап моделі 5С Контекст (Context) розглядає загальні ринкові умови та внутрішні аспекти управління компанією. Оцінка ризиків здійснюється за формулою (2). Результати оцінки ризиків наведені у Таблиці 2.

Таблиця 2 – Оцінка ризиків у сфері контейнерних перевезень

Ризик	Ймовірність (p_i)	Втрати ($L_j(x)$), тис. USD	Сумарний ефект, тис. USD
Затримки в портах	0,35	1000	350
Коливання вартості пального	0,3	800	240
Регуляторні зміни	0,15	600	90
Технічні збої	0,20	700	140
Загальний ризик			820

Отже, основним ризиком є ризик затримки в портах, що потребує вдосконаленого управління операціями. Коливання вартості пального впливає на загальні витрати компанії. Ризик технічних збоїв може спричинити потребу у додаткових витратах.

На етапі Концепції (Concept) на основі аналізу ризиків та стратегічних цілей визначено ключові напрямки фінансування для підвищення ефективності перевезень. За допомогою формули (4) визначено економічний ефект впровадження моделі 5С, враховуючи оптимізацію транспортних процесів, скорочення операційних витрат та відповідність екологічним нормам. Використання вагових

коефіцієнтів дозволить оцінити відносний вплив кожного критерію, що сприяє розробці стратегії ефективного управління контейнерними перевезеннями (Таблиця 3).

Таблиця 3 – Економічний ефект впровадження моделі 5С

Показник	Ваговий коефіцієнт (w_i)	Економічний ефект ($f_i(x)$), тис. USD
Скорочення операційних витрат	0,48	2400
Оптимізація транспортних процесів	0,32	1200
Дотримання екологічних норм	0,20	800
Сумарний економічний ефект $F(x)$	1,00	4400

Дана таблиця демонструє ключові фінансові вигоди, які компанія отримує від впровадження моделі 5С. Вона базується на оцінці ефективності транспортних процесів, економії операційних витрат і відповідності екологічним стандартам. Скорочення операційних витрат є основним параметром моделі, що визначає рівень оптимізації ресурсів і включає економію на паливі, скорочення витрат на технічне обслуговування та мінімізацію втрат через простої. Оптимізація транспортних процесів відбувається за рахунок впровадження цифрових технологій та коригування маршрутів, що сприяє більш швидкому виконанню рейсів. Дотримання екологічних норм включає заходи щодо зменшення викидів CO₂ та відповідність міжнародним стандартам ІМО.

На етапі Співпраці (Collaboration) формування стратегічних партнерств створило синергетичний ефект. За методом Шеплі (формула (8)) визначено розподіл внеску кожного учасника (Таблиця 4).

Таблиця 4 – Розподіл внесків між партнерами

Учасник	Внесок ϕ_i
ІТ-департамент	0,38
Логістичний департамент	0,28
Портові партнери	0,22
Постачальники технологій	0,12

Отже, ІТ-департамент отримує найвищий внесок, оскільки цифровізація є основним фактором успіху проєкту. Логістичний департамент має важливий вплив, оскільки його рішення безпосередньо впливають на операційну ефективність. Портові партнери відіграють значну роль у мінімізації затримок суден. Постачальники технологій мають найменший внесок, оскільки їхній вплив є підтримувальним, а не визначальним.

На етапі Побудови (Construction) реалізується впровадження стратегічних заходів, спрямованих на оптимізацію контейнерних перевезень. Визначено критичний шлях, що охоплює ключові етапи інтеграції цифрових рішень та логістичних процесів (Таблиця 5). Розрахунок часових параметрів

виконано за методом PERT, що дозволить структурувати послідовність реалізації. Загальна тривалість критичного шляху становить 10 місяців, включаючи такі ключові етапи: впровадження AI-аналізу (7 міс.) для прогнозування затримок у портах, інтеграція даних портів (9 міс.) для зниження простоїв суден та оптимізація маршрутів (10 міс.) для

скорочення витрат на паливо та підвищення ефективності флоту. Для кількісної оцінки впливу на загальні витрати використано формулу (11), що враховує вартість одиниці ресурсу (C_i), кількість використаних одиниць (R_i) та загальні витрати (Таблиця 6).

Таблиця 5 – Часова модель реалізації проекту

Етап	Тривалість (міс.)	Ранній старт	Раннє завершення	Пізній старт	Пізнє завершення	Часовий резерв
Впровадження AI-аналізу	7	0	7	0	7	0
Інтеграція даних портів	9	7	16	7	16	0
Оптимізація маршрутів	10	16	26	16	26	0
Автоматизація процесів у портах	6	10	16	12	18	2
Динамічне управління флотом	8	18	26	19	27	1
Загальна тривалість T_{sp}	10	—	26	—	27	1

Таблиця 6 – Аналіз розподілу ресурсів

Тип ресурсу (i)	Вартість одиниці (C_i), USD	Одиниці виміру	Кількість (R_i) (од.)	Загальні витрати ($C_i R_i$), тис. USD
Паливо	500	Тонни пального	3200	1600
Технічне обслуговування	700	Кількість сервісних перевірок	2100	1470
Навігаційне ПЗ	1500	Ліцензії на програмне забезпечення	900	1350
Інтеграція даних портів	1800	Підключені портові вузли	800	1440
Автоматизація процесів	1200	Автоматизовані термінали	880	1056
Загальні витрати				6916

На цьому етапі оцінюється довгострокова динаміка фінансового розвитку, а також ефективність використання ресурсів у моделі 5С. Головна мета – забезпечити стабільне функціонування системи, мінімізуючи витрати та підтримуючи зростання.

Для аналізу застосовується формула (12), яка моделює зміни стану ресурсу в часі з урахуванням приросту, витрат та коефіцієнта адаптації. Таблиця 7 відображає, як фінансовий стан системи змінюється на кожному етапі через вплив приросту (G_t), витрат (C_t) та коефіцієнта адаптації (α).

Таблиця 7 – Динаміка змін стану ресурсів

Рік (t)	Початковий стан (R_t), тис. USD	Приріст (G_t), тис. USD	Витрати (C_t), тис. USD	Коеф. адаптації (α)	Оновлений стан (R_{t+1}), тис. USD
1	5000	1750	950	0,85	5680
3	5680	2300	1250	0,88	6802
5	6802	2900	1450	0,90	8117

Згідно з аналізом динаміки змін стану ресурсів, за 5 років фінансова база компанії зростає на 62%. Це демонструє стабільне зростання, що підтверджує ефективність моделі 5С. Приріст ресурсів випереджає витрати, що дозволить підтримувати фінансову стійкість у довгостроковій перспективі.

Таким чином, представлені математичні формалізації моделі 5С демонструють її універсальність і ефективність для управління проектами, особливо в умовах динамічних змін морської галузі. Завдяки використанню формул для аналізу ризиків, оптимізації розподілу ресурсів, динамічного планування та динамічної оптимізації, модель дозволить враховувати як стратегічні, так і

оперативні аспекти проектів. Це забезпечує збалансований підхід до досягнення цілей, мінімізацію витрат і ефективну адаптацію до змінних умов ринку, що робить модель 5С актуальним інструментом для підвищення конкурентоспроможності і стійкості проектів.

Висновки. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованої моделі 5С як комплексного інструменту для управління проектами в морській галузі. Модель інтегрує ключові етапи управління: аналіз контексту, формування концепції, налагодження співпраці, побудову й забезпечення безперервності, що дозволить враховувати як стратегічні, так і оперативні аспекти. Було проведено

математичну формалізацію кожного етапу моделі, включаючи функції аналізу ризиків, розподілу ресурсів, динамічного планування та динамічної оптимізації, які підтверджують її універсальність і адаптивність. Особливу увагу приділено інтеграції ризико-орієнтованого підходу, забезпеченню ефективного розподілу ресурсів і врахуванню екологічних стандартів. Практичне застосування моделі дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємств морської галузі, мінімізувати ризики та забезпечити стійкість проєктів у динамічних умовах глобального ринку. Впровадження моделі 5С надасть низку суттєвих переваг для організацій морської галузі. Системність підходу забезпечує комплексне врахування всіх аспектів діяльності та прийняття збалансованих рішень. Гнучкість моделі дозволить адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі та швидко реагувати на нові виклики. Орієнтація на сталий розвиток сприяє досягненню довгострокових цілей з урахуванням екологічної відповідальності та соціальної стійкості. Підвищення ефективності досягається через оптимізацію використання ресурсів та покращення операційних показників, що призводить до зниження витрат. Забезпечення ефективної співпраці створює синергетичний ефект та сприяє залученню всіх учасників до процесу реалізації проєкту.

Перспективи подальших досліджень у межах моделі 5С пов'язані з розширенням її практичного застосування та вдосконаленням математичних підходів для управління проєктами. Зокрема, актуальним є впровадження інструментів штучного інтелекту для автоматизації процесів аналізу ризиків, прогнозування змін ринкових умов та оптимізації розподілу ресурсів у реальному часі. Крім того, варто розглянути адаптацію моделі для багатокультурних та міжнародних проєктів, де особливу роль відіграють міжкультурна комунікація та співпраця. Подальші дослідження можуть зосередитися на інтеграції екологічних критеріїв та принципів ESG (екологічного, соціального та корпоративного управління) в усі етапи моделі. Також перспективним є застосування моделей системної динаміки для оцінки довгострокового впливу управлінських рішень на стійкість і ефективність проєктів. Загалом, подальший розвиток моделі 5С може забезпечити її адаптацію до нових викликів морської галузі та інших сфер економіки.

Список літератури

1. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V., Bushuyeva N., Tykchonovych J. Strategic project management development under influence of artificial intelligence. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. 2024. № 1(8). Р. 3–7. doi: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2024.8.1> URL: <http://pm.khpi.edu.ua/issue/view/18146>. (дата звертання: 9 січня 2025).
2. Wang J., Sii H. S., Yang J. B., Pillay A., Yu D., Liu J., Maistralis E., Saajedi A. Use of advances in technology for maritime risk assessment. *Risk Analysis*. 2004. Vol. 24(4). P. 1041–1063. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00506.x>
3. Hjellvik S., Mallam S. Integrating motivated goal achievement in maritime simulator training. *WMU Journal of Maritime Affairs*. 2023.

- Vol. 22. P. 209–240. doi: <https://doi.org/10.1007/s13437-023-00309-2>
4. Sharma A., Nazir S., Ernstsen J. Situation awareness information requirements for maritime navigation: A goal-directed task analysis. *Safety Science*. 2019. Vol. 120. P. 745–752. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.016>
5. Wang P., Mileski J. P. Strategic maritime management as a new emerging field in naval studies. *Maritime Business Review*. 2018. Vol. 3. P. 1–31 doi: <https://doi.org/10.1108/MABR-06-2018-0019>
6. Ковтун Т., Ковтун Д. Характеристика проєктів екологістичних систем. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проєктами. 2022. № 2(6). С. 45–52. doi: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2022.6.9> URL: <http://pm.khpi.edu.ua/article/view/262373>. (дата звертання: 11 січня 2025).
7. Ковтун Т. Визначення ролі екологізації в досягненні цілей сталого розвитку. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2020. № 2(71). Р. 63–81.
8. Олех Т.М., Руденко С.В., Гогунський В.Д. Оцінка ефективності екологічних проєктів. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2013. № 1(10/61). С. 79–82.
9. Cariou P., Ferrari C., Parola F. Strategies in maritime and port logistics. *Maritime Economics & Logistics*. 2015. Vol. 17(1). P. 1–8.
10. Dinwoodie J., Tuck S., Knowles H., Benhin J., Sansom M. Sustainable development of port maritime operations. *Business Strategy and the Environment*. 2012. Vol. 21(2). P. 111–126.
11. Shakhov A., Kyrylova O., Sagaydak O., Pitera V., Sherstiuk O. Conceptual risk-oriented model of goal setting in the implementation of concession projects in seaports. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3295. P. 149–158.
12. Parola F., Satta G., Panayides P. M. Corporate strategies and profitability of maritime logistics firms. *Maritime Economics & Logistics*. 2015. Vol. 17(1). P. 52–78.
13. Lee E. S., Song D. W. Knowledge management for maritime logistics value: discussing conceptual issues. *Maritime Policy & Management*. 2010. Vol. 37(6). P. 563–583.
14. Hollen R., Van Den Bosch F. A., Volberda H. W. The role of management innovation in enabling technological process innovation: An inter-organizational perspective. *European Management Review*. 2013. Vol. 10(1). P. 35–50.
15. Jenssen J. I., Randy T. The performance effect of innovation in shipping companies. *Maritime Policy & Management*. 2006. Vol. 33(4). P. 327–343.

References (transliterated)

1. Bushuyev S., Bushuiev D., Bushuieva V., Bushuyeva N., Tykchonovych J. Rozrobka stratehichnoho upravlinnya proiektamy pid vplyvom shtuchnoho intelektu [Strategic project management development under influence of artificial intelligence]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proiektamy [Bulletin of the National Technical University "KhPI"], 2024, № 1(8), pp. 3–7. Available at: <http://pm.khpi.edu.ua/issue/view/18146>. (accessed 9.01.2025)
2. Wang J., Sii H. S., Yang J. B., Pillay A., Yu D., Liu J., Maistralis E., Saajedi A. Use of advances in technology for maritime risk assessment. *Risk Analysis*, 2004, vol. 24(4), pp. 1041–1063.
3. Hjellvik S., Mallam S. Integrating motivated goal achievement in maritime simulator training. *WMU Journal of Maritime Affairs*. 2023, vol. 22, pp. 209–240.
4. Sharma A., Nazir S., Ernstsen J. Situation awareness information requirements for maritime navigation: A goal directed task analysis. *Safety Science*, 2019, vol. 120, pp. 745–752.
5. Wang P., Mileski J. P. Strategic maritime management as a new emerging field in maritime studies. *Maritime Business Review*, 2018, vol. 3, pp. 1-31.
6. Kovtun T., Kovtun D. Kharakterystyka proektiv ekolohistychnykh system [Characteristics of ecologist systems projects]. *Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Stratehichne upravlinnia, upravlinnia portfeliamy, prohramamy ta proiektamy [Bulletin of the National Technical University "KhPI"], 2022, № 2(6), pp. 45–52. Available at: <http://pm.khpi.edu.ua/article/view/262373> (accessed 11.01.2025)
7. Kovtun T. Vyznachennia roli ekolohizatsii v dosiagnenni tsilei staloho rozvytku [Determining the role of ecologization in achieving

- the goals of sustainable development]. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti* [Development of management and entrepreneurship methods on transport], 2020, № 2(71), pp. 63–81.
8. Olekh T. M., Rudenko S. V., Gogunskii V. D. Otsinka efektyvnosti ekolohichnykh proektiv [Evaluation of the effectiveness of environmental projects]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2013, № 1(10/61), pp. 79–82.
 9. Cariou P., Ferrari C., Parola F. Strategies in maritime and port logistics. *Maritime Economics & Logistics*, 2015, vol. 17(1), pp. 1–8.
 10. Dinwoodie J., Tuck S., Knowles H., Benhin J., Sansom M. Sustainable development of maritime operations in ports. *Business Strategy and the Environment*, 2012, vol. 21(2), pp. 111–126.
 11. Shakhov A., Kyrylova O., Sagaydak O., Pitera V., Sherstiuk O. Conceptual risk-oriented model of goal setting in the implementation of concession projects in seaports. *CEUR Workshop Proceedings*, 2022, vol. 3295, pp. 149–158.
 12. Parola F., Satta G., Panayides P. M. Corporate strategies and profitability of maritime logistics firms. *Maritime Economics & Logistics*, 2015, vol. 17(1), pp. 52–78.
 13. Lee E. S., Song D. W. Knowledge management for maritime logistics value: discussing conceptual issues. *Maritime Policy & Management*, 2010, vol. 37(6), pp. 563–583.
 14. Hollen R., Van Den Bosch F. A., Volberda H. W. The role of management innovation in enabling technological process innovation: An inter-organizational perspective. *European Management Review*, 2013, vol. 10(1), pp. 35–50.
 15. Jenssen J. I., Randy T. The performance effect of innovation in shipping companies. *Maritime Policy & Management*, 2006, vol. 33(4), pp. 327–343.

Надійшла (received) 19.01.2025

Відомості про авторів / About the Authors

Шерстюк Ольга Ігорівна (Sherstiuk Olha Ihorivna) – кандидат технічних наук, доцент, Одеський національний морський університет, доцент кафедри «Філологія»; e-mail: olusha972@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0482-2656>.