

І.В. Замула, д.е.н., проф.

В.В. Травін, к.е.н., доц.

Н.М. Майстренко, аспірант

Державний університет «Житомирська політехніка»

О.А. Бурунова, к.е.н.

Університет Яна Длугоша в Ченстохово (Польща)

## Інтеграція аналітичних інструментів у стратегічне управління інноваціями підприємств біоенергетики для розвитку циркулярної економіки

У статті розглядається комплексний підхід до підвищення інноваційної спроможності підприємств у сфері біоенергетики через впровадження аналітичних моделей управління інноваційною діяльністю.

Метою дослідження є розробка та обґрунтування комплексної методики аналізу інноваційної діяльності підприємств біоенергетичного сектору в контексті циркулярної економіки, що базується на інтеграції сучасних аналітичних моделей і враховує специфіку галузі, технологічні особливості, ресурсний потенціал, екологічну та соціальну стійкість інноваційних процесів.

Запропоновано підхід до аналізу інноваційної діяльності підприємства, який об'єднує стратегічні, ресурсні, процесні та результативні компоненти, що забезпечує всебічну оцінку його інноваційного потенціалу. Послідовне проходження семи етапів – від визначення стратегічного інноваційного вектора до дослідження гнучкості та здатності до подальшої еволюції – дозволяє виявити як сильні аспекти поточного стану, так і точки росту для оптимізації. Використання комплексного набору методів (SWOT-аналіз, Balanced Scorecard, DEA, TRL-аналіз, модель Stage-Gate, LCA, а також творчі підходи TRIZ/SIT/AIDA) поєднує кількісні й якісні оцінки та робить методику придатною для високотехнологічних секторів, зокрема біоенергетики.

Системний характер методики полягає в тому, що результати кожного етапу стають основою для подальших дій, створюючи безперервний цикл прийняття управлінських рішень із постійним моніторингом і коригуванням. Використання інтегральних індексів, аналітичних матриць і моделей оптимізації гарантує об'єктивність оцінки та можливість порівняльного аналізу з кращими практиками. Водночас врахування екологічних, соціальних і адаптивних характеристик інновацій повністю відповідає принципам циркулярної економіки та сталого розвитку. Така методика спрямована на підвищення ефективності інновацій, мінімізацію ризиків і раціоналізацію ресурсів, що є вирішальним для збереження конкурентних переваг у динамічному глобальному середовищі.

**Ключові слова:** аналіз; аналітичні інструменти; циркулярна економіка; управління; біоенергетика; інновації; сталий розвиток; післявоєнне відновлення; відходи.

**Актуальність теми дослідження** обумовлена стрімким розвитком біоенергетичного сектору як ключового напрямку зеленої трансформації економіки, та впровадження принципів циркулярної економіки. За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), частка біоенергетики у світовому енергобалансі зросла на 12 % за період з 2020 р. до 2024 р., а інвестиції у цей сектор у 2024 р. перевищили 35 млрд доларів США [7], демонструючи сталий тренд зростання. Водночас, згідно з Global Innovation Index-2023, країни з розвиненими інноваційними екосистемами показують на 20–30 % вищу ефективність впровадження відновлюваних технологій, зокрема у сфері біоенергетики [6]. В Україні біоенергетика займає вагоме місце у структурі відновлюваних джерел енергії, зростання виробництва біопалива у 2023 р. склало близько 15 % [7]. Проте рівень інноваційної активності підприємств залишається недостатнім через відсутність системного підходу до управління інноваціями. У цьому контексті дослідження, яке пропонує інтеграцію аналітичних моделей для ефективного управління інноваційною діяльністю, має практичне значення для підвищення конкурентоспроможності підприємств біоенергетичного сектору та сприяння переходу до циркулярної економіки, що відповідає світовим тенденціям сталого розвитку.

Оцінювання інноваційної діяльності є важливим компонентом системи управління сучасним підприємством, особливо у високотехнологічних галузях, зокрема в біоенергетиці, де інновації відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку, підвищенні енергоефективності й конкурентоспроможності. Проведення такого оцінювання дозволяє своєчасно ідентифікувати критичні обмеження, виявити найскладніші питання в інноваційних процесах, здійснювати обґрунтовану оцінку ефективності вкладених ресурсів, оцінити результативність інноваційних проєктів, рівень їх впливу на виробничо-господарську діяльність підприємства, а також сформулювати стратегічні рішення щодо

подальших напрямів розвитку. Аналіз інноваційної активності також дає змогу оцінити потенціал підприємства до технологічного оновлення, адаптації до ринкових змін та інтеграції в глобальні інноваційні екосистеми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У науковій літературі питання управління інноваційною діяльністю в контексті біоенергетики та циркулярної економіки набуває все більшого значення. Загальні теоретичні засади інноваційного менеджменту викладені у працях Р.Каплана і Д.Нортон [8] (Kaplan, Norton), які запропонували систему збалансованих показників (Balanced Scorecard) як ефективний інструмент оцінки інноваційних процесів.

Методологія оцінювання технологічної готовності (Technology Readiness Level, TRL), запропонована Національним аерокосмічним агентством США (NASA) [9], нині є універсальним інструментом вимірювання ступеня зрілості інноваційних технологій. Вона активно використовується у високотехнологічних галузях, включаючи біоенергетику, де оцінка рівня готовності технології відіграє вирішальну роль у прийнятті інвестиційних рішень. Актуальність та ефективність застосування TRL у біоенергетичному секторі підтверджується аналітичними оглядами міжнародних організацій, зокрема OECD [10] та IEA Bioenergy [6], які адаптують даний підхід для оцінки перспективності енергоефективних рішень у сфері поновлюваних джерел енергії.

Аналітичні методи, зокрема Data Envelopment Analysis (DEA), використовують для оцінки ефективності інноваційних проєктів [2, 5]. У контексті циркулярної економіки важливі праці [4], які підкреслюють роль інновацій у переході до замкнутих виробничих циклів. Окрему увагу приділено галузевим дослідженням біоенергетики, зокрема у звітах IRENA [7], що відображають сучасний стан і перспективи розвитку сектору.

Вітчизняні науковці, зокрема В.Б. Захожай та О.В. Корецька [13], розробили методики побудови інтегральних індексів інноваційної спрямованості підприємств, адаптовані до українських реалій. Працями С.С. Ярмуса та І.П. Сидорчука [14] запропоновано системи коефіцієнтів для швидкої оцінки інноваційного потенціалу, що широко застосовуються у галузі відновлюваної енергетики.

Міжнародні рейтинги інноваційності, такі як Global Innovation Index [12], слугують базою для порівняльного аналізу та визначення позиції підприємств у глобальному інноваційному просторі.

Отже, у вітчизняній і міжнародній науковій літературі накопичено значний обсяг теоретичних і прикладних розробок щодо оцінювання інноваційної діяльності. Представлено численні методики, індикативні моделі, системи показників, які дозволяють комплексно аналізувати рівень інноваційної активності, її результати та динаміку розвитку. Однак, їх застосування вимагає врахування галузевої специфіки, масштабів підприємства, організаційно-економічних умов функціонування, а також наявності релевантних статистичних даних. Також у напрацюваннях відсутній комплексний підхід до методики аналізу інноваційної діяльності підприємств біоенергетичного сектору в контексті циркулярної економіки.

**Метою дослідження** є розробка та обґрунтування комплексної методики аналізу інноваційної діяльності підприємств біоенергетичного сектору в контексті циркулярної економіки, що базується на інтеграції сучасних аналітичних моделей і враховує специфіку галузі, технологічні особливості, ресурсний потенціал, екологічну та соціальну стійкість інноваційних процесів.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** У світовій практиці фундаментом для побудови сучасних систем оцінювання інноваційної діяльності є методологічні підходи, викладені в Oslo Manual 2018 [11], підготовленому спільно Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) та Євростатом. У цьому документі інновація визначається, як новий або істотно вдосконалений продукт (товар чи послуга), виробничий процес, маркетинговий або організаційний метод, що впроваджується у господарську діяльність з метою підвищення ефективності або створення доданої вартості. Методологія Oslo Manual передбачає оцінювання інновацій на основі концепції «вхід–вихід», яка охоплює як інвестиції (ресурси, спрямовані на створення та впровадження інновацій), так і результати їх застосування. До інвестиційних складових належать фінансові витрати, кадрові ресурси, науково-дослідні потужності, інтелектуальний капітал тощо. До результативних показників відносяться створення нових продуктів або послуг, підвищення доходів, оформлення патентів, комерціалізація наукових розробок.

В Україні зазначені підходи розкриваються у роботах вітчизняних учених, які адаптують їх до умов національної економіки. Адаптація охоплює врахування особливостей статистичної звітності, правового регулювання, галузевої специфіки, стану ринку інтелектуальної власності та доступу до джерел фінансування. Наприклад, С.С. Ярмус та І.П. Сидорчук [14] запропонували систему показників для експрес-оцінки інноваційного потенціалу підприємств, що дозволяє оперативно оцінити рівень інноваційного розвитку. Серед ключових показників: частка інноваційної продукції у загальному обсязі виробництва, питома вага витрат на технологічні інновації у загальних витратах, коефіцієнт оновлення основних засобів, продуктивність праці науково-дослідного персоналу, рівень захищеності об'єктів інтелектуальної власності.

Такий аналітичний інструментарій дає змогу сформуванню загального уявлення про стан інноваційної активності підприємства, однак його інформативність щодо ефективності використання ресурсів, глибини трансформаційних процесів та інтеграції інновацій у стратегічні пріоритети підприємства потребує подальшого вдосконалення. З цією метою доцільним є розширення кількісно-якісних параметрів оцінювання, впровадження системи ключових індикаторів ефективності (KPI), а також застосування методів багатокритеріального аналізу, економетричного моделювання та цифрових технологій моніторингу інноваційних процесів.

Для здійснення всебічної оцінки інноваційної діяльності підприємств у сучасній науковій і практичній площині широко використовуються методики, засновані на інтегральних індексах. Ці методи дозволяють системно аналізувати комплекс різнопланових показників, що відображають рівень інноваційного розвитку, шляхом їх об'єднання у єдиний узагальнюючий показник. Одним із помітних внесків у розвиток цього напрямку стали наукові розробки В.Б. Захожая та О.В. Корецької [13], які запропонували методику побудови інтегрального показника інноваційної спрямованості підприємства. Зазначена методика передбачає декілька етапів. Насамперед здійснюється нормування вихідних даних, тобто приведення всіх індикаторів до єдиного масштабу вимірювання. Це забезпечує можливість порівняння між собою показників із різними одиницями виміру. Далі визначаються вагові коефіцієнти, що відображають значущість кожного з показників у загальній структурі оцінювання. Застосування ваг дозволяє врахувати специфіку впливу окремих характеристик на інноваційну активність підприємства. Підсумковий інтегральний індекс формується як агрегована оцінка на основі зважених нормованих показників, що дає змогу відобразити загальний рівень інноваційної орієнтації суб'єкта господарювання.

На міжнародному рівні аналогічні підходи реалізовані у межах розробки *Global Innovation Index* (Глобального індексу інновацій), який щороку публікується Всесвітньою організацією інтелектуальної власності (WIPO) [12] у співпраці з INSEAD та Корнельським університетом. Цей індекс містить понад 80 показників, згрупованих у сім основних компонентів (так званих «пілонів»): інституційне середовище, людський капітал і дослідження, інфраструктура, розвиненість ринку, розвиток бізнесу, результати у сфері знань та результати у сфері творчості. Такий підхід забезпечує глибокий порівняльний аналіз інноваційних систем національного і корпоративного рівнів. Індекс дозволяє простежити динаміку інноваційної спроможності країн, виявити лідерів, а також слабкі місця в інноваційній політиці держав та окремих економік.

Ще одним високоефективним інструментом аналізу є модель оцінювання ефективності діяльності на основі аналізу охоплення даних (*Data Envelopment Analysis, DEA*). Цей підхід є кількісним методом, що використовується для визначення рівня ефективності трансформації ресурсів у результати. У контексті інноваційної діяльності DEA дозволяє порівнювати підприємства за тим, наскільки ефективно вони використовують наявні ресурси (вхідні дані), такі як витрати на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, кількість залучених дослідників, тривалість інноваційного циклу, обсяг інвестицій тощо. На виході аналізується кількість отриманих інноваційних продуктів, підписаних ліцензійних угод, патентів, приріст доходу від інновацій.

DEA-модель будується на математичному оптимізаційному підході до оцінки відносної ефективності кожного об'єкта аналізу у порівнянні з іншими, що входять до досліджуваної вибірки [2]. Вона дозволяє виявити ефективні підприємства (що утворюють так звану «ефективну оболонку») і ті, що мають невикористаний резерв для підвищення ефективності. Таким чином, DEA забезпечує не лише оцінку, але й формування стратегічних орієнтирів для покращення інноваційної діяльності шляхом ідентифікації найкращих практик.

DEA-моделі мають суттєву перевагу над багатьма іншими методами оцінювання ефективності, оскільки не потребують попереднього встановлення функціональної форми залежності між вхідними та вихідними змінними. Замість цього модель побудована на математичному апараті лінійного програмування, що дає змогу сформуванню так званої «еталонної» ефективної межі, яка визначається на основі найкращих практик у вибірці аналізованих об'єктів. Підприємства, що демонструють оптимальне співвідношення між використаними ресурсами та отриманими результатами, формують цю межу, тоді як інші розташовуються відносно неї, демонструючи наявність резервів ефективності.

Цей підхід особливо цінний у контексті аналізу інноваційної ефективності, де важко встановити чіткі детерміновані залежності між витратами на дослідження й розробки, кадровим забезпеченням, тривалістю інноваційного циклу та кінцевими результатами – новими продуктами, патентами, ліцензійними угодами чи прибутком. DEA дозволяє кількісно виміряти, наскільки ефективно підприємство трансформує інноваційні ресурси у ринкові або технологічні результати. Така методологія активно використовується у глобальній науковій практиці, зокрема в аналізі інноваційних проєктів у сфері відновлюваної енергетики, де необхідно оцінити зв'язок між обсягом вкладень у дослідження та їхнім впливом на стійкість, ефективність і масштабованість технологій.

Отже, інтегральні індекси, такі як методика В.Б. Захожая та О.В. Корецької [13], *Global Innovation Index*, а також математичні моделі, зокрема DEA, формують потужний інструментарій для оцінювання,

моніторингу і прогнозування інноваційного розвитку як на мікро-, так і на макрорівнях. Їх застосування сприяє підвищенню прозорості інноваційних процесів, забезпечує основу для прийняття стратегічних управлінських рішень і формування ефективної інноваційної політики.

У сфері стратегічного управління інноваціями широко застосовується система збалансованих показників, розроблена Р.Капланом і Д.Нортоном [8]. Цей інструмент управління дозволяє відмовитись від одновимірного акценту на фінансових показниках на користь багатовимірного аналізу результатів діяльності підприємства. Методологія системи збалансованих показників передбачає балансування фінансових та нефінансових індикаторів у чотирьох ключових площинах: фінансова перспектива, клієнтська перспектива, внутрішні бізнес-процеси, а також навчання і розвиток. Кожна з цих площин має цілі, показники ефективності (KPI), цільові значення та ініціативи для досягнення стратегічного бачення.

У контексті оцінювання інноваційної діяльності розроблені спеціалізовані модулі системи збалансованих показників, які охоплюють показники, що відображають інноваційний прогрес. Зокрема, до таких показників належать: швидкість виходу нових продуктів на ринок, частка доходу, отриманого від комерціалізації нових розробок, рівень експериментальної активності, гнучкість виробничих систем, кількість ініційованих проєктів із відкритих інновацій. Застосування системи збалансованих показників у інноваційному менеджменті дозволяє інтегрувати інноваційну складову у стратегічну карту підприємства, забезпечуючи узгодженість між місією, цілями, процесами, ресурсами та мотиваційною системою.

Ще одним ефективним інструментом управління інноваційним процесом є модель Stage-Gate, створена Р.Купером [3]. Вона передбачає послідовну структуризацію інноваційного циклу на окремі стадії (stages), які завершуються контрольними точками (gates). На кожній такій точці приймається управлінське рішення: продовжувати розробку, модифікувати підхід або припинити проєкт (go/kill decision). Основними етапами є: генерація ідеї, первинна оцінка, розробка концепції, тестування, передвиробниче впровадження та комерціалізація. Така модель забезпечує контроль за ефективністю витрат, відповідність результатів очікуванням, а також зниження ризиків невдалих інвестицій.

Сучасні модифікації Stage-Gate враховують нові виклики сталого розвитку та інтеграцію екологічних, соціальних і управлінських критеріїв (ESG-індикаторів) у процес прийняття рішень. З'явилася також практика гібридизації цієї моделі з гнучкими підходами до управління проєктами, зокрема методологією Agile, у вигляді так званих Agile/Stage-Gate hybrid систем. Вони поєднують гнучкість, притаманну ітераційному підходу Agile, з формалізованими процедурами оцінювання і контролю на кожному етапі інноваційного циклу. Завдяки цьому забезпечується не лише адаптивність інноваційного процесу до змін середовища, а й прозорість інвестиційних рішень та збереження стратегії, як основи інноваційного розвитку. Таким чином, описані підходи – DEA-моделі, BSC-системи та Stage-Gate методологія – утворюють багаторівневу основу для кількісної, якісної та стратегічної оцінки інноваційної діяльності. Їх комбіноване застосування дозволяє підвищити точність управлінських рішень, знизити ризики впровадження інновацій і створити передумови для системного нарощування інноваційного потенціалу підприємств в умовах динамічного середовища.

Ще одним дієвим інструментом оцінювання рівня інноваційного розвитку є шкала технологічної готовності (Technology Readiness Level, TRL), яка виникла в межах діяльності Національного аерокосмічного агентства США (NASA) і набула широкого міжнародного поширення [9]. TRL є ієрархічною системою класифікації стадій розвитку технології, що охоплює дев'ять рівнів – від базових наукових досліджень до повномасштабного впровадження технології в комерційну експлуатацію. На початкових рівнях (TRL 1–2) відбувається генерація та верифікація фундаментальних наукових принципів; на TRL 3–5 – створення експериментальних прототипів та перевірка концепцій в умовах лабораторії; TRL 6–8 передбачає тестування у реальних або наближених до ринкових умовах, а TRL 9 фіксує повну готовність технології до масштабного виробництва та комерційного застосування.

Шкала TRL особливо корисна у проєктах із високим ступенем технологічного та інвестиційного ризику, таких як розробка і впровадження нових рішень у сфері біоенергетики, відновлюваних джерел енергії, медичних технологій або оборонної промисловості. Її застосування дозволяє об'єктивно визначити поточний етап розвитку інноваційної ідеї, оцінити ризики її подальшого просування, сформулювати інвестиційні потреби, а також приймати зважені рішення щодо доцільності залучення фінансування або стратегічного партнерства. У багатьох міжнародних програмах фінансування інновацій (зокрема, Horizon Europe, EIC Accelerator) TRL виступає, як обов'язковий індикатор готовності заявленої технології.

Окрему категорію інструментів аналізу становлять методики, що базуються на концепціях креативного мислення та структурованого розв'язання інноваційних задач, найвідомішою серед яких є TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving), розроблена Г.С. Альтшуллером [1]. Методика TRIZ ґрунтується на ідеї, що винахідницькі задачі мають типові закономірності, і для їх розв'язання можна застосовувати стандартизовані підходи. Основними елементами TRIZ є: виявлення технічних і фізичних суперечностей, використання таблиць усунення протиріч, аналіз еволюційних закономірностей розвитку технічних систем, а також застосування 40 винахідницьких принципів. TRIZ широко використовується у складних

інженерних та високотехнологічних проєктах, оскільки дозволяє пришвидшити генерацію проривних рішень, зменшити витрати на НДДКР і підвищити рівень патентоздатності нових продуктів. Водночас на її основі було створено адаптовані до бізнес-середовища версії, серед яких найбільш відомими є SIT (Systematic Inventive Thinking) та AIDA (Advanced Innovation Design Approach).

Методика SIT передбачає обмежений набір творчих операцій (усунення, поділ, мультиплікація, об'єднання тощо), які застосовуються до існуючих продуктів або процесів для отримання інноваційних варіантів. Вона популярна в маркетингу, продуктовому дизайні та сервісній індустрії.

Своєю чергою AIDA є більш комплексною системою стратегічного управління інноваціями. Вона поєднує елементи тренд-аналізу, дизайн-мислення, прогнозування ідей, моделювання ринкових сценаріїв та створення карт інноваційного потенціалу. Особливістю підходу AIDA є побудова карти з 10 послідовних фаз інноваційного процесу – від виявлення можливостей і формулювання ідей до оцінювання їх життєздатності, апробації, масштабування та виходу на ринок. Крім того, методика оперує понад 80 показниками оцінки ефективності, що дозволяє вимірювати як внутрішню інноваційну спроможність компанії (командні компетенції, культура інновацій, рівень знань), так і зовнішній потенціал (привабливість ідеї для ринку, адаптивність до трендів, потенціал прибутковості).

Таким чином, TRL, TRIZ, SIT і AIDA утворюють потужний арсенал методичних засобів для управління інноваційною діяльністю – від технічної експертизи до стратегічного бачення. Їх застосування дозволяє не лише кількісно оцінити інноваційні проєкти, а й суттєво посилити креативний компонент у процесі прийняття рішень, забезпечуючи тим самим підвищення інноваційної динаміки підприємств у різних галузях економіки.

У сучасних умовах трансформації економіки та зростання значення інновацій, як ключового фактора конкурентоспроможності, теоретична модель аналізу інноваційної активності підприємства у високотехнологічних галузях має базуватися на врахуванні низки критично важливих чинників. Зокрема, це – технологічна складність виробничих процесів, висока капіталомісткість наукових досліджень і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР), глибока залежність від механізмів державної підтримки та пріоритетність впровадження принципів сталого розвитку, зокрема ESG-підходів. Для забезпечення цілісного та структурованого аналізу доцільно використовувати модель, яка інтегрує найкращі практики провідних міжнародних організацій (WIPO, OECD, Європейської Комісії) і адаптовані до національного середовища наукові підходи. У цьому контексті пропонується авторська методика, що передбачає послідовність аналізу інноваційної діяльності підприємства. Кожен із запропонованих етапів логічно пов'язаний із попереднім, формуючи цілісну траєкторію оцінювання: від стратегічних намірів до конкретних результатів (табл. 1).

Таблиця 1

Запропоновані етапи методики аналізу інноваційної діяльності підприємства

| Етап                                            | Ключові напрями оцінювання                    | Показники / Аспекти                                                                                                                                                                                                                            | Методичні інструменти                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                               | 2                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                              | 4                                                                                                                                                                               |
| 1. Стратегічна інноваційна орієнтація           | Інтеграція інновацій у стратегію підприємства | <ul style="list-style-type: none"> <li>Наявність інноваційних цілей у стратегічному плані;</li> <li>окрема інноваційна політика;</li> <li>довгострокові технологічні дорожні карти;</li> <li>рівень інноваційної культури</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>SWOT-аналіз інноваційної стратегії;</li> <li>Balanced Scorecard (BSC);</li> <li>опитування / AIDA</li> </ul>                             |
| 2. Інноваційний потенціал                       | Оцінка ресурсного забезпечення інновацій      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Частка інвестицій у R&amp;D;</li> <li>кількість залучених працівників;</li> <li>рівень освіти й досвіду НТП;</li> <li>кількість патентів, ноу-хау;</li> <li>технічна оснащеність лабораторій</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Порівняльні коефіцієнти</li> <li>DEA (Data Envelopment Analysis)</li> <li>Інтегральний індекс (нормування + вагова агрегація)</li> </ul> |
| 3. Стадія технологічної готовності (TRL-аналіз) | Визначення рівня зрілості технологій          | <ul style="list-style-type: none"> <li>TRL 1–3: фундаментальні дослідження;</li> <li>TRL 4–6: прототипування, випробування;</li> <li>TRL 7–9: демонстрація, комерціалізація</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Аналітичні матриці TRL;</li> <li>експертні опитувальники;</li> <li>technology Road Mapping</li> </ul>                                    |
| 4. Ефективність інноваційного процесу           | Процесно-етапний контроль реалізації          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Чіткі фази (ідея → тестування → впровадження);</li> <li>механізм прийняття рішень (Go/Kill/Hold);</li> <li>зворотний зв'язок від клієнта</li> </ul>                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stage-Gate;</li> <li>інтеграція з Agile &amp; MVP-спринти;</li> <li>KPI для кожної фази</li> </ul>                                       |

Закінчення табл. 1

| 1                                                | 2                                                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Результативність і комерційна ефективність    | Фінансово-економічний результат інновацій              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Частка доходу від нових продуктів;</li> <li>ROI, NPV, IRR;</li> <li>кількість ліцензійних угод;</li> <li>обсяг експорту «зеленого» палива</li> </ul>                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Фінансове моделювання;</li> <li>проектна звітність</li> <li>DEA (для бенчмаркінгу)</li> </ul>                                               |
| 6. Екологічна та соціальна стійкість             | Вплив інновацій на довкілля та громаду                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Зменшення викидів CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>;</li> <li>використання відходів / побічної сировини;</li> <li>LCA (Life-Cycle Assessment)</li> <li>вплив на зайнятість у регіоні;</li> <li>виконання ESG-стандартів</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Екологічний аудит / моніторинг викидів;</li> <li>LCA-ПЗ (SimaPro, GaBi);</li> <li>соціологічні опитування;</li> <li>ESG-рейтинги</li> </ul> |
| 7. Інноваційна гнучкість і здатність до розвитку | Динамічна спроможність генерувати й впроваджувати нове | <ul style="list-style-type: none"> <li>Банк ідей (кількість, якість);</li> <li>спроби трансформації бізнес-моделі;</li> <li>гнучкості сировини / виробничих процесів;</li> <li>частота модернізації обладнання та ІТ;</li> <li>використання TRIZ, SIT, AIDA, Design Thinking</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Системи управління ідеями;</li> <li>Business Model Canvas;</li> <li>KPI гнучкості;</li> <li>креативні методики (TRIZ/SIT/AIDA)</li> </ul>   |

Джерело: розроблено авторами

Отже, етап 1 є відправною точкою аналітичного процесу і передбачає визначення ступеня інтеграції інноваційної діяльності у стратегічне бачення підприємства. Аналіз фокусується на з'ясуванні, наскільки інновації є не лише декларативним наміром, а реально вбудованими в механізми стратегічного планування, розподілу ресурсів та оцінювання ефективності.

Основними напрямками аналізу на цьому етапі є оцінка:

- наявності інноваційних цілей у стратегічному плані розвитку. Досліджується, чи включені інноваційні напрями до місії, бачення та програм стратегічного розвитку підприємства. Це може стосуватися як технологічних проривів, так і організаційних, маркетингових чи соціальних інновацій.

- формалізації інноваційної політики. Перевіряється, чи існує окремий політичний документ або положення, що визначає підходи до управління інноваціями, їх фінансування, стимулювання персоналу та взаємодію із зовнішніми партнерами.

- наявності довгострокових орієнтирів у сфері технологій. Досліджуються, чи встановлені конкретні технологічні «дорожні карти», що окреслюють напрями НДДКР, очікувані проривні продукти, плани цифровізації або екологічної трансформації.

- рівня інноваційної культури. Аналізується готовність персоналу до змін, підтримка ініціатив, відкритість до експериментування та рівень толерантності до невдач. Визначається, чи закладені в організаційну культуру підприємства принципи безперервного вдосконалення.

Методичні інструменти, передбачені на етапі 1:

- SWOT-аналіз інноваційної стратегії. Дозволяє ідентифікувати сильні та слабкі сторони інноваційної діяльності в контексті внутрішніх можливостей підприємства, а також зовнішніх можливостей і загроз.

- Balanced Scorecard (BSC). Застосовується для побудови стратегічної карти інноваційного розвитку, у якій відображено цілі та ключові показники ефективності (KPI) у таких площинах: фінанси, клієнти, процеси, навчання і розвиток. Інновації можуть бути інтегровані, як окремий «стратегічний модуль», із відповідними показниками (наприклад, частка нових продуктів у загальному обсязі продажів).

- Методика AIDA або експертні опитування. Застосовуються для виявлення рівня залученості персоналу до інноваційної діяльності, оцінки їх обізнаності з інноваційними цілями підприємства і визначення бар'єрів у внутрішніх комунікаціях. AIDA, у цьому випадку, допомагає виміряти інноваційну спроможність на рівні організаційної структури та культури.

Таким чином, перший етап методики визначає ступінь стратегічної інноваційної зрілості підприємства й створює основу для формування подальших напрямів діагностики. Успішність його реалізації безпосередньо впливає на здатність підприємства ефективно планувати, оцінювати та впроваджувати інновації в умовах постійних змін зовнішнього середовища.

Другий етап методики передбачає комплексну оцінку внутрішнього потенціалу підприємства до реалізації інноваційної діяльності. На відміну від попереднього етапу, де аналіз фокусується на стратегічних намірах та управлінській орієнтації, тут основна увага приділяється реальним ресурсам і умовам, які дозволяють підприємству здійснювати інноваційний розвиток системно, стабільно і на довготривалій основі. Йдеться про здатність забезпечити безперервність інноваційного циклу – від генерування ідей до їх комерціалізації – за рахунок ефективної мобілізації фінансових, кадрових, технічних, інформаційних і організаційних ресурсів.

Ключові напрями оцінювання інноваційного потенціалу на етапі 2:

1. Фінансове забезпечення інновацій оцінюється через такі показники:
  - частка інвестицій у дослідження та розробки (R&D) в загальному обсязі бюджету підприємства.Це – базовий індикатор пріоритетності інновацій;
  - стабільність і джерела фінансування: власні кошти, венчурний капітал, державно-приватні партнерства, грантові програми тощо;
  - частка витрат на технологічні інновації у валовій продукції та індекс повернення інвестицій в інновації (Innovation ROI).
2. Кадровий потенціал оцінюється через:
  - кількість працівників, безпосередньо залучених до інноваційних проєктів, як в абсолютному, так і у відносному вимірі;
  - освітній рівень, науковий ступінь, професійна підготовка і досвід науково-технічного персоналу;
  - індекс мультидисциплінарності команд, що відображає різноманітність експертизи;
  - показники внутрішньої мобільності кадрів, системи підвищення кваліфікації, участі у міжнародних дослідницьких проєктах.
3. Інтелектуальний капітал оцінюється через:
  - кількість отриманих патентів, впроваджених власних розробок, зареєстрованих об'єктів інтелектуальної власності;
  - рівень комерціалізації результатів інтелектуальної діяльності – від ліцензування до створення spin-off проєктів;
  - наявність внутрішніх баз знань, систем управління ноу-хау, що дає змогу зберігати та масштабувати накопичений досвід.
4. Технічна база оцінюється через:
  - рівень оснащення науково-дослідних лабораторій, дослідно-конструкторських центрів і технопарків;
  - ступінь цифровізації інноваційної інфраструктури, використання CAD/CAM/CAE-систем, симуляційного моделювання, цифрових двійників;
  - наявність доступу до високопродуктивного обчислювального обладнання та аналітичних платформ.

Методами аналізу інноваційного потенціалу є:

1. Порівняльна характеристика (benchmarking) – застосовуються індикативні коефіцієнти, такі як коефіцієнт інноваційного навантаження (співвідношення кількості R&D-проєктів до чисельності персоналу), коефіцієнт ресурсної забезпеченості інновацій, індекс кадрової готовності. Дає змогу співставити підприємство з аналогічними у галузі або з лідерами ринку;
2. DEA (Data Envelopment Analysis) – дозволяє визначити ефективність використання ресурсів (інпутів) – фінансових витрат, кількості дослідників, технічної інфраструктури – у формуванні результатів (аутпутів), таких як нові продукти, технології, ліцензії, доходи від інновацій. Забезпечує ідентифікацію резервів підвищення ефективності, навіть без потреби в заданій функціональній залежності між параметрами;
3. Інтегральний індекс інноваційного потенціалу – побудова такого індексу передбачає нормування показників (приведення їх до єдиного масштабу, наприклад, через мін-макс трансформацію або Z-оцінювання). Далі проводиться агрегація з урахуванням вагових коефіцієнтів, що можуть визначатися експертним шляхом або через статистичну обробку (метод головних компонент, аналіз факторів). Отриманий інтегральний індекс дозволяє глобально оцінити рівень потенціалу підприємства, а також будувати рейтинг, порівняльну карту або профіль сильних/слабких сторін.

Отже, етап аналізу інноваційного потенціалу дає відповідь на ключове запитання: чи має підприємство необхідну ресурсну базу для стійкої інноваційної активності. Саме наявність відповідного потенціалу – кадрового, технічного, фінансового – визначає здатність підприємства не лише генерувати інноваційні ідеї, а й доводити їх до стадії практичного впровадження і ринкової реалізації. Ретельна оцінка цього етапу формує основу для подальших управлінських рішень щодо оптимізації інноваційної стратегії.

Третій етап методики передбачає ідентифікацію поточного рівня зрілості технологій, що розробляються або впроваджуються у підприємстві, шляхом застосування методики Technology Readiness Level (TRL) – однієї з найвизначніших систем оцінки у світовій практиці інноваційного менеджменту. Вона дає змогу визначити, наскільки близька технологія до повномасштабного впровадження, а отже знизити інвестиційні ризики, скоригувати часові горизонти проєктів і прийняти обґрунтовані рішення щодо їх подальшої підтримки, адаптації чи припинення.

Система TRL (розроблена NASA, пізніше адаптована Європейською комісією, OECD, ESA та іншими організаціями) охоплює 9 рівнів технологічної готовності, які відображають повний інноваційний цикл – від формування ідеї до масштабного ринкового впровадження. Кожен рівень має чіткі характеристики щодо технологічного, наукового та прикладного змісту:

1. TRL 1–3 – початкові етапи науково-дослідного процесу (*TRL 1*: виявлення фундаментальних принципів, постановка гіпотез, концептуальні теоретичні дослідження. *TRL 2*: формування технологічної концепції та можливих застосувань, первинні лабораторні дослідження. *TRL 3*: експериментальна перевірка аналітичної або лабораторної моделі, демонстрація технічної здійсненності ідеї);

2. TRL 4–6 – прикладні дослідження та прототипування (*TRL 4*: лабораторна перевірка окремих компонентів у інтегрованому середовищі. *TRL 5*: дослідна перевірка у відповідному (наближеному до реального) середовищі, тестування з обмеженими функціями. *TRL 6*: створення дослідного зразка (прототипу), польові випробування в умовах, максимально наближених до промислових);

3. TRL 7–9 – стадії впровадження та масштабування (*TRL 7*: демонстрація повністю функціональної системи у реальному середовищі. *TRL 8*: завершення розробки, сертифікація, підготовка до масового виробництва. *TRL 9*: повноцінне комерційне впровадження, розгортання на ринку, постпродажний моніторинг).

Застосування TRL дозволяє аналізу:

- оцінити обґрунтованість подальших інвестицій у проекти з урахуванням того, наскільки технологія готова до впровадження, які існують технічні бар'єри або потреби у додаткових ресурсах;
- сегментувати інноваційний портфель, виокремлюючи технології, що потребують додаткових досліджень, та ті, які можна масштабувати або комерціалізувати найближчим часом;
- сформувати матрицю ризиків впровадження, ідентифікувати критичні вузли, які потребують технічного доопрацювання або супроводу;
- планувати етапи розвитку інновацій, інтегруючи TRL-дані у дорожні карти, графіки фінансування або матриці відповідальності (RACI).

Методичні інструменти реалізації TRL-аналізу:

- аналітичні матриці TRL – таблиці відповідності технології певному рівню готовності за критеріями: ступінь дослідницької розробки, тестування, технічна документація, інфраструктурна підготовка;
- опитувальники експертного оцінювання, адаптовані під специфіку галузі (наприклад, біоенергетика, фармацевтика, аграрні технології);
- TRM (Technology Road Mapping) – інструмент візуалізації технологічного розвитку з урахуванням TRL-рівнів, часових прогнозів і потреб у ресурсах;
- кількісні методи, включаючи нормовані шкали, індекси прогресу, аналіз динаміки переходу між TRL-рівнями у попередні роки.

TRL-аналіз є критично важливим для проектів із високим ступенем технологічної новизни, де невизначеність стосується не лише ринку, а й самої технічної реалізованості. Особливо це стосується таких напрямів, як високотехнологічне машинобудування, біотехнології, відновлювана енергетика, космічні розробки, де навіть на пізніх етапах можуть виникати потреби у доопрацюванні компонентів.

Застосування TRL дозволяє мінімізувати кількість помилкових управлінських рішень, уникнути надмірного фінансування ще не готових до практичної реалізації технологій або, навпаки, недооцінки готових до масштабування розробок. У сукупності з оцінкою стратегічної орієнтації (етап 1) та ресурсного потенціалу (етап 2), TRL-аналіз завершує блок базової діагностики стану інновацій на підприємстві.

Четвертий етап методики спрямований на оцінювання якості організації інноваційного процесу як сукупності керованих послідовних дій, що ведуть від генерування ідеї до ринкового впровадження. У фокусі цього етапу перебуває не стільки ресурсне забезпечення чи результати інновацій, скільки управлінські та процедурні аспекти реалізації інноваційних проектів. Ефективність інновацій значною мірою залежить від того, наскільки логічно структурований сам процес, чи є механізми ухвалення рішень, зворотного зв'язку, а також адаптації до змін середовища.

Ключові напрямки аналізу:

1. Наявність чітко визначених фаз інноваційного процесу – розробка інновацій повинна бути розподілена на етапи (ідентифікація ідеї, аналіз ринку, технічна оцінка, розробка прототипу, тестування, виведення на ринок). Для кожної фази мають бути визначені цілі, відповідальні особи, часові рамки та очікувані результати;

2. Процедура прийняття рішень – важливо встановити, як і ким ухвалюються ключові рішення щодо подальшого розвитку інновацій: чи існують контрольні точки, на яких оцінюється доцільність переходу до наступного етапу. Особливої ваги набуває процедура Go / Kill / Hold, яка забезпечує відсікання неефективних проектів на ранніх етапах, уникаючи зайвих витрат;

3. Інтеграція клієнтського фідбеку – одним із критеріїв ефективності є те, наскільки гнучко процес враховує зворотний зв'язок від потенційних користувачів, партнерів або замовників. Важливими інструментами тут виступають опитування, фокус-групи, аналіз користувацького досвіду (UX), бета-тестування та збирання метрик щодо MVP.

Основні підходи до аналізу процесу:



1. Stage-Gate Model (модель контрольованих етапів) – це класична модель, запропонована Р.Купером, яка поділяє інноваційний процес на логічні етапи (stages), між якими розміщені ворота контролю (gates). На кожному «gate» відбувається оцінка виконаних завдань, аналіз відповідності встановленим критеріям (фінансовим, технічним, ринковим), після чого ухвалюється рішення: Go – продовжити реалізацію; Kill – зупинити проєкт; Hold – призупинити до уточнення обставин. Такий підхід дозволяє знизити ймовірність фінансування слабо опрацьованих або надмірно ризикованих ініціатив;

2. Інтеграція з Agile-підходами – для підвищення гнучкості традиційна модель Stage-Gate дедалі частіше поєднується з Agile, що дозволяє реалізовувати проєкти у вигляді коротких циклів (спринтів) із постійною перевіркою гіпотез. У процес впроваджується концепція MVP (Minimum Viable Product) – мінімально життєздатного продукту, який дає змогу протестувати ключову функціональність з мінімальними витратами. Це дозволяє швидко виявляти помилки, адаптувати продукти до потреб споживача, скорочувати цикл «ідея – результат»;

3. Визначення ключових показників ефективності (KPI) для кожного етапу – оцінка процесу повинна включати систему метрик, які фіксують прогрес у досягненні поставлених цілей. Прикладами KPI можуть бути: час розробки нового продукту (time-to-market); відсоток реалізованих прототипів; частка успішно подоланих «воріт»; індекс зворотного зв'язку клієнтів; частота змін у продукті на основі UX-даних; коефіцієнт ітерацій (кількість модифікацій прототипу);

4. Ефективне управління інноваційним процесом дозволяє підприємству забезпечити прозорість і контрольованість на кожному етапі проєкту, оптимізувати витрати часу та ресурсів, уникнувши інвестування в неефективні рішення, підвищити гнучкість і здатність до адаптації, що є особливо важливим у динамічному зовнішньому середовищі, покращити командну взаємодію завдяки чітко визначеним ролям, відповідальності та етапності.

У цілому, етап 4 методики спрямований на внутрішню якість інноваційного менеджменту, і є важливою передумовою для досягнення результативності у подальших фазах – оцінювання результатів, масштабування та стратегічної комерціалізації. П'ятий етап присвячений вимірюванню фактичного економічного ефекту від реалізації інновацій, тобто перевірці того, наскільки інноваційна діяльність підприємства трансформується у прибуткові, масштабовані та ринково орієнтовані рішення. Якщо попередні етапи зосереджувалися на ресурсах, процесах і рівні технологічної зрілості, то тут ключова увага надається оцифруванню результатів, що безпосередньо впливають на фінансову стабільність підприємства, його позиції на ринку та конкурентоспроможність у цільовому сегменті.

Основними завданнями етапу є:

- визначити, чи забезпечують інновації реальну фінансову віддачу;
- оцінити масштаб ринкового впливу нових продуктів або технологій;
- здійснити порівняльний аналіз інноваційної результативності щодо аналогічних підприємств або лідерів галузі;
- підготувати підґрунтя для подальшого масштабування, інвестування чи виходу на нові ринки.

Основні показники результативності, що оцінюються на п'ятому етапі:

1. Частка доходу від інноваційної продукції – визначається, який відсоток загального обсягу виручки становлять нові або вдосконалені продукти, створені за останні 3–5 років. Може аналізуватись у динаміці або через бенчмаркінг (наприклад, порівняння із середніми галузевими показниками за OECD, Eurostat);

2. Фінансові показники інноваційних проєктів (ROI (Return on Investment) – показує прибутковість інноваційного проєкту щодо обсягу вкладених коштів; NPV (Net Present Value) – дозволяє оцінити сукупний дисконтований прибуток за проєктом, беручи до уваги вартість грошей у часі; IRR (Internal Rate of Return) – внутрішня норма прибутковості інноваційного проєкту, важлива для прийняття рішень щодо його фінансування);

3. Кількість підписаних ліцензійних угод – один із ключових показників комерціалізації інтелектуальної власності, який демонструє попит на технології та ступінь їх ринкової привабливості;

4. Обсяг експорту інноваційної продукції (наприклад, «зеленого» палива) – дозволяє оцінити міжнародну конкурентоспроможність результатів інноваційної діяльності, зокрема в контексті «зеленого» переходу та ESG-орієнтованих ринків.

Найбільш прийнятними методами аналізу є такі:

1. Фінансове моделювання – враховує побудову сценаріїв грошових потоків, оцінку точок беззбитковості, чутливості до зміни цін, обсягів продажу або собівартості. Часто використовуються Excel-моделі або спеціалізоване ПЗ, що дозволяє прогнозувати комерційний ефект від інновацій за різними умовами;

2. Проєктна звітність – аналітика по кожному інноваційному проєкту (Project Performance Reports), що враховує бюджетні витрати, часові рамки, досягнуті KPI, відхилення від плану. Використовується для ретроспективного аналізу ефективності управління інноваційними ініціативами;

3. Метод DEA (Data Envelopment Analysis) – дає змогу зіставити ефективність підприємства з іншими ринковими гравцями, порівнюючи співвідношення «входів» (витрати, ресурси) і «виходів» (продукти, доходи, патенти). Визначає еталонні підприємства, що досягли максимальної ефективності у перетворенні інноваційних ресурсів на комерційні результати.

Додатковими інструментами аналізу на цьому етапі можуть бути:

- інноваційний мультиплікатор – коефіцієнт, що показує, скільки гривень доходу формується на одну гривню інвестицій в інновації;
- портфельний аналіз інновацій – оцінка структури інноваційного портфеля за критеріями: ризик, дохідність, зрілість технології (поєднання з TRL-аналізом);
- індикатори сталого розвитку (SRI-індикатори) – для проєктів «зеленої» економіки: зниження викидів, екологічна сертифікація, експортна відповідність стандартам ЄС.

Оцінка результативності інноваційної діяльності дає змогу виміряти фінансовий ефект і перетворити інновації на стратегічний актив підприємства. Завдяки цьому етапу керівництво отримує чіткі відповіді на запитання:

- Чи виправдали себе інвестиції в інновації?
- Які технології мають найвищу рентабельність?
- Які напрямки варто масштабувати, а які – оптимізувати або вивести з портфеля?

Таким чином, етап 5 є центральним з точки зору економічної доцільності інновацій, і має ключове значення для стратегічного планування, залучення інвесторів і формування іміджу інноваційного підприємства.

У сфері біопалива інновації мають особливе значення, оскільки виконують не лише економічну функцію, а й втілюють соціально-екологічну місію, сприяючи сталому розвитку і захисту довкілля. Тому шостий етап методики спрямований на всебічну оцінку екологічної та соціальної стійкості інноваційних рішень, що є ключовою умовою їхньої довгострокової життєздатності, відповідності світовим трендам «зеленої» економіки, а також доступу до преференційних джерел фінансування.

Основні напрями аналізу на шостому етапі такі:

1. Зменшення шкідливих викидів – визначається обсяг зниження викидів парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), метану (CH<sub>4</sub>) та інших потенційно шкідливих речовин у порівнянні з традиційними технологіями. Аналізу підлягає і кількісний внесок інновації у досягнення національних та міжнародних кліматичних цілей (наприклад, Цілі сталого розвитку ООН, Паризька угода);

2. Використання відходів або побічної сировини – особливо важливим є оцінювання застосування в технологічних процесах відновлюваних ресурсів, таких як аграрні відходи, біогаз, целюлозні матеріали, що зменшує залежність від викопного палива та знижує екологічний слід. Це дозволяє також оптимізувати виробничі цикли, скоротити обсяги утилізації, що має позитивний вплив на навколишнє середовище;

3. Наявність замкнених циклів виробництва (LCA – оцінка життєвого циклу) – застосування методології Life Cycle Assessment (LCA) дає змогу проаналізувати екологічний вплив продукту або технології на всіх етапах – від добування сировини до утилізації відходів. Оцінка поєднує не лише викиди, а й споживання ресурсів (вода, енергія), утворення відходів, вплив на біорізноманіття. Важливо забезпечити мінімізацію екологічного навантаження у всіх ланках технологічного ланцюга;

4. Вплив на зайнятість і соціальний розвиток у регіонах розташування виробництва – оцінюється, скільки нових робочих місць створює інноваційне виробництво, а також які умови праці і соціальні гарантії забезпечуються працівникам. Враховується внесок у розвиток місцевих громад, підтримку малого та середнього бізнесу, підвищення кваліфікації персоналу. Цей аспект відображає соціальну відповідальність підприємства та його інтеграцію у регіональну економіку;

5. Дотримання стандартів ESG (Environmental, Social, Governance) – оцінка відповідає міжнародним критеріям екологічної безпеки, соціальної відповідальності та корпоративного управління. Включає аналіз відповідності екологічним нормам, прозорість діяльності, етичні аспекти ведення бізнесу. Забезпечення ESG-комплаєнсу є необхідною умовою для залучення «зелених» інвестицій та кредитів із пільговими умовами.

Методами й інструментами для оцінки на цьому етапі є: моніторинг і аудит викидів за допомогою екологічних звітів, датчиків, лабораторних досліджень; LCA-програми забезпечення (наприклад, SimaPro, GaBi) для повного аналізу життєвого циклу; соціологічні дослідження серед працівників і місцевих громад, фокус-групи, опитування; ESG-рейтинги та сертифікації, які підтверджують відповідність міжнародним стандартам; індикатори сталого розвитку – як кількісні, так і якісні метрики для системного моніторингу.

Екологічна і соціальна стійкість інновацій у сфері біопалива є не лише питанням корпоративної відповідальності, але й стратегічною конкурентною перевагою підприємства. Вона сприяє формуванню позитивного іміджу, залученню довгострокового фінансування, відповідності міжнародним регуляторним вимогам і побудові партнерських відносин із суспільством.

Впровадження системної оцінки екологічних і соціальних аспектів дозволяє інтегрувати принципи сталого розвитку у внутрішні управлінські рішення, що є критично важливим для довготривалої життєздатності бізнесу у контексті глобальних змін клімату та соціальних очікувань.

Останній, сьомий етап комплексної методики аналізу інноваційної діяльності підприємства має за мету визначення динамічної здатності підприємства постійно генерувати нові ідеї, адаптуватися до змін зовнішнього та внутрішнього середовища, масштабувати інноваційні розробки і впроваджувати проривні технологічні та управлінські рішення. Цей етап є критичним для забезпечення довготривалого інноваційного потенціалу і конкурентоспроможності в умовах швидкоплинних ринкових трансформацій.

Ключовими складовими оцінки інноваційної гнучкості є такі:

1. Інноваційний «банк ідей» – вимірюється кількість ідей, які надходять від співробітників підприємства у межах внутрішніх ініціатив, спеціалізованих платформ чи конкурсів інновацій. Аналізується не лише кількість, але й якість ідей – їхній потенціал для подальшої реалізації. Наявність системи заохочень та механізмів підтримки генерації ідей свідчить про відкритість організації до інновацій;

2. Гнучкість трансформації бізнес-моделі – оцінюється частота і масштаб змін у бізнес-моделі підприємства, зокрема здатність швидко адаптуватися до нових ринкових умов, технологічних трендів, регуляторних вимог. Аналізується впровадження нових підходів до створення цінності, каналів збуту, партнерств. Цей показник свідчить про стратегічну гнучкість і готовність підприємства до довгострокового розвитку;

3. Гнучкість виробничих процесів – вивчається здатність підприємства оперативно змінювати сировинну базу, технологічні режими та конфігурації обладнання без значних збоїв у виробництві. Особливо актуально для біопаливної сфери, де сировина може бути різноманітною – від різних видів біомаси до агропобічних продуктів. Така гнучкість підвищує стійкість виробництва до зовнішніх шоків і забезпечує безперервність інноваційних циклів;

4. Інтенсивність модернізації обладнання та IT-інфраструктури – визначається частота оновлення технічного оснащення, запровадження нових цифрових рішень, автоматизації та інтелектуальних систем управління. Висока інтенсивність модернізації сприяє підвищенню продуктивності, якості продукції і швидкості впровадження інновацій;

5. Використання креативних і системних методів генерації інновацій – аналізується застосування таких методик, як TRIZ (Теорія розв'язання винахідницьких задач), SIT (Systematic Inventive Thinking), AIDA (Advanced Innovation Design Approach), а також дизайн-мислення (Design Thinking). Ці підходи сприяють системному пошуку оригінальних ідей, подоланню технічних і організаційних суперечностей, формуванню інноваційних концептів на основі глибокого розуміння потреб користувачів. Впровадження цих методів свідчить про високу культурну та методологічну зрілість інноваційної діяльності.

Етап 7 демонструє, чи розглядає підприємство інновації як безперервний, системний процес, а не як разову акцію або тимчасовий проєкт. Визначення рівня інноваційної гнучкості дозволяє прогнозувати здатність підприємства реагувати на виклики майбутнього, підтримувати сталий розвиток та лідирувати у сфері високотехнологічних інновацій. Високий рівень гнучкості забезпечує більшу швидкість впровадження проривних технологій, зменшує ризики застою та втрати конкурентних переваг.

Таким чином, заключний етап методики аналізу інноваційності підкреслює роль організаційної культури, адаптивності, а також наявності системних інструментів і методів, які стимулюють безперервний розвиток і підтримують інноваційний потенціал підприємства.

**Висновки.** Запропонована методика аналізу інноваційної діяльності підприємства інтегрує стратегічні, ресурсні, процесні та результативні підходи й дозволяє отримати комплексну, багатогранну оцінку інноваційної спроможності підприємства. Структурована послідовність етапів – від встановлення стратегічної інноваційної орієнтації до оцінки гнучкості та здатності до подальшого розвитку – забезпечує всебічне виявлення як сильних сторін, так і резервів для оптимізації. Застосування різноманітних методичних інструментів (SWOT-аналіз, BSC, DEA, TRL-аналіз, Stage-Gate, LCA, TRIZ/SIT/AIDA та ін.) дозволяє поєднати кількісні та якісні показники й гарантує адаптивність методики до специфіки високотехнологічних галузей, зокрема біоенергетики.

Ключовою перевагою даного підходу є його системність: кожен етап формує вихідні дані та інсайти для наступного, що створює замкнений цикл управлінського прийняття рішень із постійним моніторингом і корекцією. Застосування інтегральних індексів, аналітичних матриць і моделей оптимізації забезпечує об'єктивність оцінки та можливість бенчмаркінгу, а врахування екологічних, соціальних і гнучких характеристик інновацій відповідає принципам циркулярної економіки та сталого розвитку. Така методика сприяє підвищенню ефективності інноваційної діяльності, зниженню ризиків і раціоналізації ресурсів, що є критично важливим для утримання конкурентних переваг у мінливому глобальному середовищі.

*Дослідження виконано за підтримки МОН України в рамках проєкту «Розробка механізму сталого розвитку економічних систем в умовах воєнних дій та післявоєнного відновлення економіки» (реєстраційний номер 0124U000463)*

## Список використаної літератури:

1. Altshuller G.S. The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity / G.S. Altshuller. – Worcester, MA : Technical Innovation Center, 1969.
2. Charnes A. Measuring the efficiency of decision making units / A.Charnes, W.W. Cooper, E.Rhodes // *European Journal of Operational Research*. – 1978. – № 2 (6). – P. 429–444.
3. Cooper R.G. Stage-gate systems: A new tool for managing new products / R.G. Cooper // *Business Horizons*. – 1990. – № 33 (3). – P. 44–54. DOI: 10.1016/0007-6813(90)90040-I.
4. Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition / Ellen MacArthur Foundation, 2013 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>.
5. Emrouznejad A. A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016 / A.Emrouznejad, G.-L. Yang // *Socio-Economic Planning Sciences*. – 2018. – № 61. – P. 4–8.
6. Deployment of Bioenergy Technologies: Barriers and Drivers / IEA Bioenergy. – International Energy Agency, 2019 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/05/IEA-Bioenergy-Annual-Report-2019.pdf>.
7. Bioenergy Market Report / International Renewable Energy Agency (IRENA), 2023 [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA\\_CPI\\_Global\\_RE\\_finance\\_2023.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA_CPI_Global_RE_finance_2023.pdf).
8. Kaplan R.S. The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action / R.S. Kaplan, D.P. Norton. – Harvard Business School Press, 1996.
9. Mankins J.C. Technology Readiness Levels-A White Paper / J.C. Mankins. – NASA, Office of Space Access and Technology, 1995 [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.researchgate.net/publication/247705707\\_Technology\\_Readiness\\_Level\\_-\\_A\\_White\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/247705707_Technology_Readiness_Level_-_A_White_Paper).
10. Technology Readiness Levels and Market Maturity for Clean Energy Technologies / OECD, 2020 [Electronic resource]. – Access mode : [https://www.oecd.org/en/publications/energy-technology-perspectives-2020\\_ab43a9a5-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/energy-technology-perspectives-2020_ab43a9a5-en.html).
11. Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation / The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. DOI: 10.1787/9789264304604-en.
12. Global Innovation Index 2022 / WIPO, 2023 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.wipo.int/en/web/global-innovation-index/2022/index>.
13. Захожай В.Б. Методика оцінки інноваційної спрямованості підприємств / В.Б. Захожай, О.В. Корецька // *Економіка і держава*. – 2019. – № 3. – С. 42–49.
14. Ярмус С.С. Система коефіцієнтів для оцінки інноваційного потенціалу підприємств / С.С. Ярмус, І.П. Сидорчук // *Вісник енергетики України*. – 2021. – № 4. – С. 12–17.

## References:

1. Altshuller, G.S. (1969), *The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*, Technical Innovation Center, Worcester, MA.
2. Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978), «Measuring the efficiency of decision making units», *European Journal of Operational Research*, No. 2 (6), pp. 429–444.
3. Cooper, R.G. (1990), «Stage-gate systems: A new tool for managing new products», *Business Horizons*, No. 33 (3), pp. 44–54, doi: 10.1016/0007-6813(90)90040-I.
4. Ellen MacArthur Foundation (2013), «Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition», [Online], available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
5. Emrouznejad, A. and Yang, G.-L. (2018), «A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016», *Socio-Economic Planning Sciences*, No. 61, pp. 4–8.
6. IEA Bioenergy (2019), «Deployment of Bioenergy Technologies: Barriers and Drivers», International Energy Agency, [Online], available at: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/05/IEA-Bioenergy-Annual-Report-2019.pdf>
7. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2023), *Bioenergy Market Report*, [Online], available at: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA\\_CPI\\_Global\\_RE\\_finance\\_2023.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Feb/IRENA_CPI_Global_RE_finance_2023.pdf)
8. Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1996), *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, Harvard Business School Press.
9. Mankins, J.C. (1995), *Technology Readiness Levels-A White Paper*, NASA, Office of Space Access and Technology, [Online], available at: [https://www.researchgate.net/publication/247705707\\_Technology\\_Readiness\\_Level\\_-\\_A\\_White\\_Paper](https://www.researchgate.net/publication/247705707_Technology_Readiness_Level_-_A_White_Paper)
10. OECD (2020), *Technology Readiness Levels and Market Maturity for Clean Energy Technologies*, [Online], available at: [https://www.oecd.org/en/publications/energy-technology-perspectives-2020\\_ab43a9a5-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/energy-technology-perspectives-2020_ab43a9a5-en.html)
11. «Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation», *The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, doi: 10.1787/9789264304604-en.
12. WIPO (2023), «Global Innovation Index 2022», [Online], available at: <https://www.wipo.int/en/web/global-innovation-index/2022/index>

13. Zakhozhai, V.B. and Koretska, O.V. (2019), «Metodyka otsinky innovatsiinoi spriamovanosti pidpriemstv», *Ekonomika i derzhava*, No. 3, pp. 42–49.
14. Iarmus, S.S. and Sydorchuk, I.P. (2021), «Systema koefitsientiv dlia otsinky innovatsiinoho potentsialu pidpriemstv», *Visnyk enerhetyky Ukrainy*, No. 4, pp. 12–17.

**Замула Ірина Валеріївна** – доктор економічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-6075-095X>.

Наукові інтереси:

- проблеми розвитку бухгалтерського обліку та аналізу для забезпечення стійкого розвитку економіки;
- теорія та методологія бухгалтерського обліку, контролю й аналізу природно-ресурсного потенціалу країни.

E-mail: [zamula@ztu.edu.ua](mailto:zamula@ztu.edu.ua).

**Травін Віталій Вікторович** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри цифрової економіки та міжнародних економічних відносин Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-7386-7372>.

Наукові інтереси:

- інституційні механізми сталого розвитку аграрного сектору економіки України.

E-mail: [travin@ztu.edu.ua](mailto:travin@ztu.edu.ua).

**Майстренко Наталія Миколаївна** – аспірант кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0009-0008-9270-5919>.

Наукові інтереси:

- розвиток обліково-аналітичного забезпечення провадженням циркулярної економіки як механізму сталого розвитку аграрного сектору України.

E-mail: [maistrenkonataliia83@gmail.com](mailto:maistrenkonataliia83@gmail.com).

**Бурунова Олена Анатоліївна** – кандидат економічних наук, ад'юнкт кафедри економіки і фінансів Університету Яна Длугоша в Ченстохово (Польща).

<https://orcid.org/0000-0003-0502-0644>.

Наукові інтереси:

- сучасні проблеми макроекономіки.

E-mail: [o.burunova@ujd.edu.pl](mailto:o.burunova@ujd.edu.pl).

**Zamula I.V., Travin V.V., Maistrenko N.M., Burunova O.A.**

#### **Integration of analytical tools into strategic innovation management of bioenergy enterprises for the development of the circular economy**

This paper presents a comprehensive framework for enhancing the innovation capacity of bioenergy enterprises through the adoption of analytical models for innovation management.

The study aims to develop and substantiate an integrated methodology for assessing the innovation performance of firms in the bioenergy sector within the context of the circular economy. This methodology synthesizes state-of-the-art analytical models while accounting for industry-specific characteristics, technological features, resource endowments, and the environmental and social sustainability of innovation processes.

We propose a seven-stage approach to enterprise innovation analysis, encompassing strategic, resource-based, process-oriented, and outcome-driven dimensions. By sequentially progressing from the definition of the firm's strategic innovation vector to the evaluation of its flexibility and capacity for further evolution, this approach identifies both current strengths and areas for optimization. The methodology integrates a diverse toolkit, including SWOT analysis, the Balanced Scorecard, Data Envelopment Analysis (DEA), Technology Readiness Level (TRL) assessment, the Stage-Gate model, Life-Cycle Assessment (LCA), and creative problem-solving methods (TRIZ/SIT/AIDA) – thereby combining quantitative and qualitative metrics and ensuring applicability to high-tech sectors such as bioenergy.

The systemic nature of this framework lies in the fact that outputs from each stage feed directly into subsequent stages, establishing a continuous cycle of managerial decision-making supported by ongoing monitoring and adjustment. The use of composite indices, analytical matrices, and optimization models guarantees objective evaluation and enables benchmarking against best practices. Simultaneously, the incorporation of environmental, social, and adaptive innovation attributes fully aligns with circular economy principles and sustainable development goals.

This methodology is designed to increase innovation efficiency, minimize risk, and optimize resource allocation – critical factors for maintaining competitive advantage in a dynamic global environment.

**Keywords:** analysis; analytical tools; circular economy; management; bioenergy; innovation; sustainable development; post-conflict recovery; waste.

Стаття надійшла до редакції 11.06.2025.