

Рудюк Ярослав Анатолійович

*аспірант кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва,
Національний університет «Львівська політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5887-757X>*

Шуляр Роман Віталійович

*доктор економічних наук,
професор кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва,
Національний університет «Львівська політехніка»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8065-7579>*

**КОМПЛЕКСНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ
ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ
В УМОВАХ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СИТУАЦІЙ**

У статті розглянуто теоретико-методичні засади оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій, зокрема економічних криз, пандемій та природних катастроф. Запропоновано комплексний підхід, що поєднує створення інноваційних підрозділів, партнерство з науково-дослідними установами, впровадження систем управління знаннями, використання методів відкритих інновацій та інвестування у цифрові технології. На основі математичного моделювання сформульовано оптимізаційну задачу максимізації ефективності інноваційної діяльності з урахуванням внутрішніх і зовнішніх чинників, а також обмежень ресурсного характеру. Розроблено удосконалену модель, яка включає нелінійні залежності, зовнішні фактори (економічні, політичні, екологічні), адаптивні стратегії та механізми моніторингу на основі KPI. Застосування запропонованого підходу дозволяє забезпечити гнучкість, стійкість і конкурентоспроможність підприємств у мінливих умовах та підвищити ефективність використання інноваційного потенціалу в кризових ситуаціях.

Ключові слова: інноваційна діяльність, оптимізація, екстремальні ситуації, адаптивні стратегії, цифрові технології, відкриті інновації, стратегічне управління.

Yaroslav Rudiuk

*Postgraduate Student of the Department of Management and International Entrepreneurship,
Lviv Polytechnic National University*

Roman Shulyar

*Doctor of Economics,
Professor of the Department of Management and International Entrepreneurship,
Lviv Polytechnic National University*

**COMPREHENSIVE MODEL FOR OPTIMIZING
THE DEVELOPMENT OF ENTERPRISE INNOVATION ACTIVITIES
UNDER EXTREME CONDITIONS**

The article presents a theoretical and methodological approach to developing a comprehensive model for optimizing the innovation activities of enterprises under extreme conditions caused by economic crises, pandemics, natural disasters, and other destabilizing factors. It is established that innovation serves as a key tool for ensuring enterprise resilience, adaptability, and competitiveness in an environment of heightened uncertainty. The proposed concept of a comprehensive approach combines five interrelated components: the creation of internal innovation units or R&D centers; partnerships with research institutions and universities; the implementation of knowledge management systems; the application of open innovation methods; and investment in digital technologies and automation. To quantitatively substantiate the proposed approach, a mathematical model is developed that formalizes the relationships between the main components of innovation activity and the resource constraints of enterprises. The model is based on maximizing the utility function of innovation activity, taking into account weighted coefficients that reflect the influence of R&D investment, partnerships, knowledge management systems, open innovations, and digital technologies. An improved version of the model includes nonlinear dependencies, external factors (economic, political, environmental), and interactive effects between variables that reflect real-world enterprise functioning. The study also substantiates the use of adaptive strategies that ensure dynamic updates of model parameters, sensitivity analysis to identify investment priorities, and monitoring mechanisms through key performance indicators (KPIs). The implementation of the comprehensive optimization model enables more efficient resource allocation, accelerates



innovation processes, and strengthens enterprise competitiveness even under unstable conditions. The results of this research can be applied to strategic planning, risk management, and the development of sustainable business policies under extreme circumstances.

Keywords: innovation activity, optimization, extreme conditions, adaptive strategies, digital technologies, open innovations, strategic management.

Постановка проблеми. В умовах екстремальних ситуацій, таких як економічні кризи, природні катастрофи чи пандемії, підприємства стикаються з численними викликами, які ставлять під загрозу їхнє існування. Для забезпечення виживання та подальшого розвитку, підприємствам необхідно адаптувати свої стратегії та діяльність відповідно до нових умов. Одним із ключових аспектів цієї адаптації є розвиток інноваційної діяльності. Оптимізація інноваційної діяльності дозволяє підприємствам швидко реагувати на зміни у зовнішньому середовищі, знижувати ризики та виявляти нові можливості для зростання. Це може включати впровадження нових технологій, розробку нових продуктів або послуг, а також удосконалення існуючих бізнес-процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У працях таких науковців, як: K. Schmidt [1], Y. Lai, J. Yan, H. Dang [2], J. Zhou [3], S. Drobyazko, I. Hryhoruk, H. Pavlova, L. Volchans'ka, S. Sergiychuk [4], V. Dzhezdzhula та I. Yepifanova [5], M. Berdar, O. Yevtushevska [6], Marx S., Klotz M. [7], Babenko V., Pravotorova O., Yefremova N., Popova S., Kazanchuk I., Honcharenko V. [8] досліджується широкий спектр питань, пов'язаних з оптимізацією інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій. Вчені підкреслюють, що інноваційний розвиток є ключовим чинником забезпечення стійкості бізнесу, адаптивності до кризових умов і підвищення конкурентоспроможності. Усі автори погоджуються, що комплексний підхід, який інтегрує управлінські, технологічні та фінансові інструменти, є найефективнішим шляхом підвищення стійкості підприємств та їх здатності до відновлення в умовах невизначеності. Однак, залишається не до кінця дослідженим питання визначення моделі оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій.

Мета статті – розробити та обґрунтувати комплексну модель оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій, яка враховує вплив внутрішніх і зовнішніх факторів, забезпечує ефективний розподіл ресурсів, адаптивність до кризових змін і підвищення стійкості та конкурентоспроможності підприємств у динамічному середовищі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інновації допомагають підвищити ефективність та конкурентоспроможність підприємства, що є особливо важливим в умовах обмежених ресурсів та високої невизначеності. Крім того, інноваційна діяльність сприяє диверсифікації ризиків, що особливо важливо в екстремальних ситуаціях,

коли традиційні бізнес-моделі можуть виявитися неефективними. Завдяки інноваціям підприємства можуть знайти нові ринки, залучити нових клієнтів та партнерів, що сприяє зміцненню їхньої позиції на ринку [5]. Оптимізація інноваційної діяльності також дозволяє підвищити гнучкість підприємства, що дає змогу швидше адаптуватися до змінних умов та ефективніше використовувати наявні ресурси. У сучасному світі, де зміни відбуваються швидкими темпами, здатність до інноваційного розвитку стає вирішальним фактором успіху. Підприємства, які активно впроваджують інновації, можуть не тільки пережити екстремальні ситуації, але й вийти з них сильнішими та більш конкурентоспроможними [1]. Отже, оптимізація розвитку інноваційної діяльності є необхідною умовою для забезпечення стабільності та зростання підприємств у сучасних умовах.

Для оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій можна запропонувати наступні заходи [1–4]:

1. Створення інноваційних підрозділів або R&D центрів. Такі підрозділи можуть зосереджуватися на розробці нових продуктів, технологій та бізнес-моделей, що дозволить підприємству швидко реагувати на зміни у зовнішньому середовищі. Альтернативою може бути залучення сторонніх консалтингових компаній, однак власні підрозділи краще інтегровані у структуру підприємства та більш гнучкі у відповіді на конкретні потреби.

2. Партнерство з науково-дослідними установами та університетами. Співпраця з академічними інституціями може надати доступ до новітніх досліджень та технологій, а також допоможе залучити талановитих молодих фахівців. Альтернатива – самостійна розробка інноваційних проєктів, однак це може вимагати більше часу та ресурсів.

3. Впровадження системи управління знаннями. Це дозволить систематизувати та зберігати інформацію про інноваційні процеси, технології та досягнення, що сприятиме більш ефективному їх використанню. Альтернативою є зберігання знань у вигляді окремих документів та звітів, однак централізована система є значно зручнішою та ефективнішою.

4. Застосування методів відкритих інновацій. Це включає залучення зовнішніх фахівців, стартапів та громадських ініціатив до процесу розробки інновацій. Такий підхід може забезпечити свіжий погляд на проблеми та нові ідеї. Альтернативою є виключно внутрішня розробка, однак відкриті інновації часто виявляються більш продуктивними та менш витратними.

5. Інвестування у цифрові технології та автоматизацію. Впровадження сучасних інформаційних систем, штучного інтелекту та автоматизованих рішень допоможе підвищити ефективність процесів та швидкість реакції на зміни. Альтернативою є традиційні методи управління, але вони не забезпечують потрібної гнучкості та швидкості в умовах екстремальних ситуацій.

Зважаючи на розглянуті альтернативи, однозначний вибір падає на комплексний підхід, який включає створення інноваційних підрозділів, партнерство з науково-дослідними установами, впровадження системи управління знаннями, використання методів відкритих інновацій та інвестування у цифрові технології. Такий підхід забезпечить максимальну гнучкість, ефективність та здатність до швидкого реагування на екстремальні ситуації, що є критично важливим для забезпечення стійкості та розвитку підприємств.

Наведемо комплексну пропозицію щодо оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій [5–8]:

1. Створення інноваційних підрозділів або R&D центрів: *завдання* (виявлення нових технологій, розробка інноваційних продуктів і бізнес-моделей); *структура* (центр може складатися з дослідників, інженерів, аналітиків та менеджерів проєктів); *фінансування* (виділення окремого бюджету на інноваційну діяльність, що забезпечить незалежність та гнучкість у прийнятті рішень); *інтеграція* (тісна співпраця з іншими підрозділами підприємства для швидкої реалізації нових ідей та впровадження їх у виробництво).

2. Партнерство з науково-дослідними установами та університетами: *мета* (отримання доступу до новітніх наукових досліджень та технологій); *форми співпраці* (спільні дослідницькі проєкти, стажування студентів та аспірантів, проведення спільних конференцій та семінарів); *переваги* (залучення талановитих молодих фахівців, зменшення витрат на дослідження та розробки за рахунок використання ресурсів партнерів).

3. Впровадження системи управління знаннями: *завдання* (систематизація та зберігання інформації про інноваційні процеси, технології та досягнення); *інструменти* (використання програмного забезпечення для управління знаннями, створення внутрішньої бази даних з доступом для всіх співробітників); *результати* (підвищення ефективності використання наявних знань, полегшення доступу до інформації, швидке впровадження нових ідей).

4. Застосування методів відкритих інновацій: *завдання* (залучення зовнішніх фахівців, стартапів та громадських ініціатив до процесу розробки інновацій); *методи* (хакатони, конкурси ідей, платформи для співпраці, відкриті виклики для стартапів); *переваги* (отримання свіжих ідей, розширення кола фахівців, зменшення витрат на розробку за рахунок використання зовнішніх ресурсів).

5. Інвестування у цифрові технології та автоматизацію: *завдання* (підвищення ефективності процесів та швидкість реакції на зміни); *технології* (впровадження сучасних інформаційних систем, штучного інтелекту, автоматизованих рішень для виробництва та управління); *переваги* (зниження витрат на виробництво, підвищення якості продукції, швидка адаптація до змінних умов ринку).

На підставі опрацювання наукових праць [1–11] ми сформулюємо переваги комплексного підходу:

- гнучкість (можливість швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі);
- ефективність (підвищення продуктивності та якості за рахунок використання новітніх технологій та знань);
- конкурентоспроможність (забезпечення стійкості та розвитку підприємства навіть в умовах екстремальних ситуацій).

Отже, комплексний підхід до оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств включає створення внутрішніх інноваційних підрозділів, співпрацю з науково-дослідними установами, впровадження системи управління знаннями, застосування методів відкритих інновацій та інвестування у цифрові технології. Це забезпечить максимальну гнучкість, ефективність та здатність до швидкого реагування на екстремальні ситуації, що є критично важливим для забезпечення стабільності та зростання підприємств.

Запропонований комплексний підхід до оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств можна описати мовою математики через формалізацію цілей, ресурсів та процесів. Це допоможе більш чітко розуміти взаємозв'язки між елементами системи та оптимізувати їх для досягнення максимального результату.

Вихідні дані та змінні: $I(t)$ – інноваційна діяльність підприємства в момент часу t ; $RD(t)$ – інвестиції у R&D в момент часу t ; $P(t)$ – партнерство з науково-дослідними установами та університетами в момент часу t ; $K(t)$ – система управління знаннями в момент часу t ; $OI(t)$ – відкриті інновації в момент часу t ; $DT(t)$ – цифрові технології та автоматизація в момент часу t .

Мета – максимізувати ефективність інноваційної діяльності, що можна формалізувати через функцію корисності U :

$$\max U(I(t)), \quad (1)$$

де U – функція корисності інноваційної діяльності, яка залежить від рівня інноваційної діяльності $I(t)$.

Взаємозв'язки між змінними. Інноваційна діяльність $I(t)$ є функцією від інвестицій у R&D, партнерства, системи управління знаннями, відкритих інновацій та цифрових технологій:

$$I(t) = f(RD(t), P(t), K(t), OI(t), DT(t)), \quad (2)$$

де f – функція, яка описує вплив кожного з компонентів на інноваційну діяльність.

Оптимізація ресурсів. Для оптимального розподілу ресурсів слід врахувати обмеження:

$$RD(t) + P(t) + K(t) + OI(t) + DT(t) \leq B, \quad (3)$$

де B – загальний бюджет, виділений на інноваційну діяльність.

Вплив кожної компоненти. Можна припустити, що функція f має вигляд лінійної комбінації з ваговими коефіцієнтами α_i :

$$I(t) = \alpha_1 RD(t) + \alpha_2 P(t) + \alpha_3 K(t) + \alpha_4 OI(t) + \alpha_5 DT(t), \quad (4)$$

де α_i – коефіцієнти, які відображають вагу кожного компоненту у загальній інноваційній діяльності.

Максимізація функції корисності. Метою є максимізація функції корисності U , яка може бути, наприклад, квадратичною функцією від інноваційної діяльності:

$$U(I(t)) = a I(t)^2 + b I(t) + c, \quad (5)$$

Оптимізаційна задача. Отже, оптимізаційну задачу можна записати у вигляді:

$$\max_{R_D(t), P(t), K(t), OI(t), DT(t)} [a I(t)^2 + b I(t) + c], \quad (6)$$

за умов:

$$I(t) = \alpha_1 RD(t) + \alpha_2 P(t) + \alpha_3 K(t) + \alpha_4 OI(t) + \alpha_5 DT(t), \quad (7)$$

$$RD(t) + P(t) + K(t) + OI(t) + DT(t) \leq B. \quad (8)$$

Розв'язок цієї задачі можна знайти за допомогою методів лінійного програмування або інших числових методів оптимізації. Вагові коефіцієнти α_i визначаються на основі емпіричних даних та експертних оцінок, що дозволяє адаптувати модель до конкретних умов підприємства.

Цей підхід дозволяє формалізувати процес оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств та забезпечити ефективне використання наявних ресурсів для досягнення максимальних результатів в умовах екстремальних ситуацій.

Комплексний підхід до оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій, хоча і є багатообіцяючим, має кілька недоліків. Важливо розглянути ці недоліки та запропонувати можливі шляхи їх усунення. Наведемо недоліки вищеприписаного способу оптимізації та шляхи їх усунення:

1. Складність визначення вагових коефіцієнтів α_i . Визначення точних значень вагових коефіцієнтів для кожного компонента може бути складним через відсутність достовірних даних або експертних оцінок. Серед шляхів усунення цього недоліку можна виділити такі, як: використання методів машинного навчання для аналізу великих обсягів даних та визначення оптимальних вагових коефіцієнтів; проведення додаткових досліджень та опитувань експертів для отримання більш точних оцінок; застосування методу чутливого аналізу для виявлення найбільш впливових факторів та їх вагових коефіцієнтів.

2. Обмеженість моделі лінійною залежністю. Лінійна модель може не повністю відображати складні взаємозв'язки між компонентами інноваційної діяльності. Можливі шляхи усунення: включення нелінійних компонентів у модель для більш точного опису взаємозв'язків; використання методів регресійного аналізу або нейронних мереж для побудови більш складних моделей; регулярний перегляд та коригування моделі на основі нових даних та результатів діяльності.

3. Неврахування зовнішніх факторів. Модель може не враховувати вплив зовнішніх факторів, таких як економічна ситуація, політичні зміни або природні катастрофи. Цю проблему можна усунути такими способами: включення змінних, що відображають зовнішні фактори, до моделі; використання сценарного аналізу для оцінки можливих наслідків різних зовнішніх впливів; розробка адаптивних стратегій, що дозволять підприємству швидко реагувати на зміни у зовнішньому середовищі.

4. Високі початкові витрати на впровадження. Впровадження інноваційних підрозділів, партнерства та цифрових технологій може вимагати значних початкових інвестицій. Можливі шляхи усунення: пошук зовнішнього фінансування, таких як гранти або венчурний капітал; залучення стратегічних партнерів, які готові інвестувати в спільні проекти; поетапне впровадження заходів для зниження фінансового навантаження на підприємство.

5. Складність інтеграції різних компонентів. Інтеграція інноваційних підрозділів, партнерства, управління знаннями та цифрових технологій може бути складною та потребувати значних зусиль з координації. Цю складність можна подолати такими способами: впровадження проектного управління для забезпечення ефективної координації та реалізації інноваційних проектів; регулярні тренінги та навчання персоналу для підвищення компетентності у використанні нових технологій та методів; створення міждисциплінарних команд для забезпечення більш ефективної взаємодії між різними підрозділами.

Усунення зазначених недоліків та впровадження запропонованих шляхів дозволить зробити комплексний підхід до оптимізації розвитку інноваційної діяльності більш ефективним та адаптованим до реальних умов підприємств.

Щоб удосконалити оптимізаційну модель з урахуванням виявлених недоліків, можна включити в неї нелінійні компоненти, зовнішні фактори, а також визначити адаптивні стратегії. Опишемо це мовою математики та побудуємо кінцеву оптимізаційну модель.

Вихідні дані та змінні: $I(t)$ – інноваційна діяльність підприємства в момент часу t ; $RD(t)$ – інвестиції у R&D в момент часу t ; $P(t)$ – партнерство з науково-дослідними установами та університетами в момент часу t ; $K(t)$ – система управління знаннями

в момент часу t ; $OI(t)$ – відкриті інновації в момент часу t ; $DT(t)$ – цифрові технології та автоматизація в момент часу t ; $E(t)$ – зовнішні фактори в момент часу t (економічна ситуація, політичні зміни, природні катастрофи тощо).

Мета – максимізувати ефективність інноваційної діяльності, що можна формалізувати через функцію корисності U :

$$\max U(I(t)), \quad [9]$$

Взаємозв'язки між змінними. Інноваційна діяльність $I(t)$ є функцією від інвестицій у R&D, партнерства, системи управління знаннями, відкритих інновацій, цифрових технологій та зовнішніх факторів:

$$I(t)=f(RD(t),P(t),K(t),OI(t),DT(t)), E(t), \quad (10)$$

Врахування нелінійних компонентів. Функція f може мати вигляд нелінійної комбінації:

$$I(t)=\alpha_1 R_D(t) + \alpha_2 P(t) + \alpha_3 K(t) + \alpha_4 OI(t) + \alpha_5 DT(t) + \beta E(t) + \gamma R_D(t) P(t) K(t) OI(t) DT(t), \quad (11)$$

де α_i – вагові коефіцієнти для кожного компоненту; β – коефіцієнт для зовнішніх факторів; γ – коефіцієнт для інтерактивного впливу компонентів.

Оптимізація ресурсів. Обмеження на загальний бюджет:

$$R_D(t) + P(t) + K(t) + OI(t) + DT(t) \leq B. \quad (12)$$

Функція корисності. Припустимо, що функція корисності U має вигляд квадратичної функції від інноваційної діяльності:

$$U(I(t)) = \alpha I(t)^2 + bI(t) + c. \quad (13)$$

Оптимізаційна задача. Отже, удосконалену оптимізаційну задачу можна записати у вигляді:

$$\max_{R_D(t), P(t), K(t), OI(t), DT(t)} [aI(t)^2 + bI(t) + c], \quad (14)$$

за умов:

$$\begin{aligned} I(t) &= \alpha_1 RD(t) + \alpha_2 P(t) + \alpha_3 K(t) + \alpha_4 OI(t) + \\ &+ \alpha_5 DT(t) + \beta E(t) + \gamma RD(t)P(t)K(t)OI(t)DT(t); \\ RD(t) + P(t) + K(t) + OI(t) + DT(t) &\leq B. \end{aligned} \quad (15)$$

Для розв'язання цієї оптимізаційної задачі можна використовувати методи нелінійного програмування або алгоритми оптимізації, такі як генетичні алгоритми або градієнтні методи. Розглянемо додаткові аспекти даної задачі (рис.1).

Адаптивні стратегії передбачають регулярний перегляд та коригування вагових коефіцієнтів α_i та β , що дозволяє моделі залишатися актуальною та ефективною в умовах постійних змін зовнішнього середовища. Для цього необхідно динамічно оновлювати дані про зовнішні фактори $E(t)$ включаючи змінні, що відображають поточну економічну, політичну ситуацію, природні катастрофи тощо. Прикладом реалізації таких стратегій є створення механізму автоматичного збору та аналізу даних про зовнішні фактори, а також впровадження регулярних стратегічних сесій для перегляду та коригування вагових коефіцієнтів на основі нових даних. Адаптивні стратегії:

$$\alpha_i(t) = f_{\alpha_i}(t, \text{дані}), \quad (16)$$

$$\beta(t) = f_{\beta}(t, \text{дані}), \quad (17)$$

де f_{α_i} та f_{β} – функції, що визначають вагові коефіцієнти на основі актуальних даних.

Чутливий аналіз передбачає аналіз впливу кожного компонента на інноваційну діяльність для виявлення найбільш ефективних інвестицій, що допоможе зрозуміти, які інвестиції приносять найбільшу

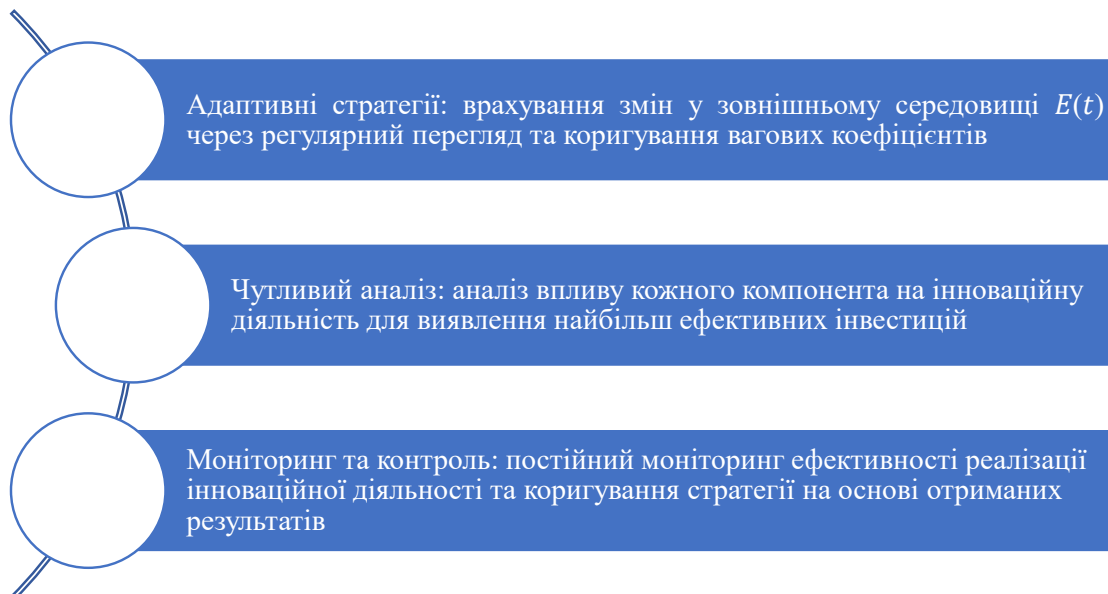


Рис. 1. Додаткові аспекти оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій

Джерело: побудовано авторами

користь і як оптимально розподілити ресурси. Методи чутливого аналізу, такі як аналіз сценаріїв та моделювання «що-якщо», дозволяють оцінити, як зміни у певних компонентах вплинуть на загальний результат. Прикладом реалізації цих методів є використання програмного забезпечення для моделювання різних сценаріїв та оцінки їх впливу на інноваційну діяльність, а також проведення регулярних аналізів та звітів для прийняття обґрунтованих рішень. Під час виконання чутливого аналізу необхідне виконання аналізу кожної компоненти:

$$\frac{\partial I(t)}{\partial R_d(t)}, \frac{\partial I(t)}{\partial P(t)}, \frac{\partial I(t)}{\partial K(t)}, \frac{\partial I(t)}{\partial OI(t)}, \frac{\partial I(t)}{\partial DT(t)}. \quad (18)$$

Моніторинг та контроль передбачають постійний моніторинг ефективності реалізації інноваційної діяльності, включаючи відстеження ключових показників ефективності (KPI), таких як швидкість розробки нових продуктів, рівень впровадження інновацій та фінансові результати. На основі отриманих результатів проводиться коригування стратегії: якщо показники відстають від очікуваних, необхідно внести відповідні корективи. Прикладом реалізації цього підходу є впровадження системи бізнес-аналізу (BI) для збору, аналізу та візуалізації даних про інноваційну діяльність, а також організація регулярних зустрічей команди для обговорення досягнень і проблем та прийняття рішень про необхідні коригування. Використання системи моніторингу KPI та BI для коригування:

$$\Delta I(t) = \text{KPI} - \text{факт} \quad (19)$$

Коригування стратегії = $g(\Delta I(t))$.

Цей підхід забезпечує адаптивність, точність та ефективність у процесі оптимізації розвитку інноваційної діяльності підприємства в умовах екстремальних ситуацій.

Висновки. Оптимізація розвитку інноваційної діяльності підприємств в умовах екстремальних ситуацій потребує системного, комплексного та адаптивного підходу. Інновації виступають ключовим чинником забезпечення гнучкості, стійкості та конкурентоспроможності підприємств, дозволяючи їм не лише долати наслідки кризових явищ, а й використовувати їх як стимул до розвитку. Запропонована оптимізаційна модель дає можливість формалізувати процес прийняття управлінських рішень шляхом врахування взаємозв'язків між основними складовими інноваційної діяльності – інвестиціями у R&D, партнерством з науковими установами, системами управління знаннями, відкритими інноваціями та цифровими технологіями.

Використання математичної формалізації дозволяє не лише оптимізувати розподіл ресурсів, але й підвищити ефективність прийняття рішень через урахування зовнішніх факторів та інтерактивних впливів між компонентами. Включення нелінійних залежностей і зовнішніх змінних у модель забезпечує її більшу реалістичність та здатність адаптуватися до динамічних умов сучасного ринку.

Водночас удосконалена модель передбачає впровадження адаптивних стратегій, чутливого аналізу та систем моніторингу, що дозволяє своєчасно коригувати управлінські рішення на основі поточних даних і результатів. Це створює передумови для сталого розвитку підприємств, зниження ризиків і підвищення інноваційної результативності.

Отже, комплексний адаптивний підхід до оптимізації інноваційної діяльності є ефективним інструментом підвищення стійкості підприємств у нестабільному середовищі. Його реалізація забезпечує стратегічну перевагу, сприяє формуванню інноваційної культури та створює основу для довгострокового зростання в умовах цифрової економіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Schmidt K. The Innovative Attitude of Small and Medium-Sized Enterprises. *Journal of Small Business Management*. 1990. № 28. P. 68–69.
2. Lai Y., Yan J., Dang H. Research on the Innovative Strategies of Business Economic Management under the New Situation. *Applied Mechanics and Material*. 2014. №. 687–691. P. 4470–4473. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.687-691.4470>
3. Zhou J. Enterprise Economic Management Innovation Strategy Research under the New Situation. *Proceedings of the 3rd International Conference on Science and Social Research*. 2014. DOI: <https://doi.org/10.2991/icssr-14.2014.95>
4. Drobyazko S., Hryhoruk I., Pavlova H., Volchans'ka L., Sergiychuk S. Entrepreneurship Innovation Model for Telecommunications Enterprises. *Journal of Entrepreneurship Education*. 2019, vol. 22 (2). URL: https://www.researchgate.net/publication/333161473_ENTREPRENEURSHIP_INNOVATION_MODEL_FOR_TELECOMMUNICATIONS_ENTERPRISES/citation/download
5. Dzhezdzhula V., Yepifanova I. Methodological Bases of Concept Formation and Choice of Innovative Business Strategies. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018. № 4 (3). P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-3-51-59>
6. Berdar M., Yevtushevska O. Innovation Activity Management of Enterprises Under Self-Development. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2020. № 6 (2). P. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2020-6-2-25-31>
7. Marx S., Klotz M. Entrepreneurship during crisis: Innovation practices of micro and small tour operators. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*. 2021. № 24 (3). DOI: <https://doi.org/10.1177/14657503211061025>
8. Babenko V., Pravotorova O., Yefremova N., Popova S., Kazanchuk I., Honcharenko V. The Innovation Development in China in the Context of Globalization. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2020. № 17. P. 523–531. DOI: <https://doi.org/10.37394/23207.2020.17.51>

REFERENCES

1. Schmidt, K. (1990). The Innovative Attitude of Small and Medium-Sized Enterprises. *Journal of Small Business Management*, no. 28, pp. 68–69.
2. Lai, Y., Yan, J., & Dang, H. (2014). Research on the Innovative Strategies of Business Economic Management under the New Situation. *Applied Mechanics and Material*, no. 687–691, pp. 4470–4473. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.687-691.4470>
3. Zhou, J. (2014). Enterprise Economic Management Innovation Strategy Research under the New Situation. *Proceedings of the 3rd International Conference on Science and Social Research*. DOI: <https://doi.org/10.2991/icssr-14.2014.95>
4. Drobyazko, S., Hryhoruk, I., Pavlova, H., Volchans'ka, L., & Sergiychuk, S. (2019). Entrepreneurship Innovation Model for Telecommunications Enterprises. *Journal of Entrepreneurship Education*, no. 22 (2). Available at: https://www.researchgate.net/publication/333161473_ENTREPRENEURSHIP_INNOVATION_MODEL_FOR_TELECOMMUNICATIONS_ENTERPRISES/citation/download
5. Dzhedzhula, V., & Yepifanova, I. (2018). Methodological Bases of Concept Formation and Choice of Innovative Business Strategies. *Baltic Journal of Economic Studies*, no. 4 (3), pp. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-3-51-59>
6. Berdar, M., & Yevtushevskaya, O. (2020). Innovation Activity Management of Enterprises Under Self-Development. *Baltic Journal of Economic Studies*, no. 6 (2), pp. 25–31. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2020-6-2-25-31>
7. Marx, S., & Klotz, M. (2021). Entrepreneurship during crisis: Innovation practices of micro and small tour operators. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, no. 24 (3). DOI: <https://doi.org/10.1177/14657503211061025>
8. Babenko, V., Pravotorova, O., Yefremova, N., Popova, S., Kazanchuk, I., Honcharenko, V. (2020). The Innovation Development in China in the Context of Globalization. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, no. 17, pp. 523–531. DOI: <https://doi.org/10.37394/23207.2020.17.51>

Стаття надійшла: 15.10.2025

Стаття прийнята: 03.11.2025

Стаття опублікована: 28.11.2025