МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний морський університет

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БОНДАР АЛЛА ВІТАЛІЇВНА

УДК 519.722:004.415.26

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕНТРОПІЙНА МЕТОДОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ В ТУРБУЛЕНТНОМУ ОТОЧЕННІ

05.13.22 – управління проектами та програмами

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

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

Науковий консультант:
доктор технічних наук, професор А.В.Шахов

Перший примірник дисертації є ідентичним
за змістом зі всіма іншими примірниками
Вчений секретар _____ О.Л. Дрожжин

Одеса – 2021

АНОТАЦІЯ

Бондар А.В. Ентропійна методологія управління проектно-орієнтованими організаціями в турбулентному оточенні. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.22 «Управління проектами та програмами». – Одеський національний морський університет Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-технічної проблеми, підвищенню стійкості проектно-орієнтованих організацій в турбулентному оточенні, завдяки ентропійній методології управління - нової методології, яка включає концепцію і сукупність відповідних методів і моделей, що дозволяють вирішувати комплекс завдань, пов'язаних з функціонуванням і розвитком проектно-орієнтованих організацій.

Метою дисертаційної роботи є підвищення стійкості проектно-орієнтованих організацій у процесі забезпечення стратегічного успіху їх функціонування і розвитку на базі ентропійної методології управління. Об'єктом дослідження є процеси управління проектами, портфелями та бізнес-процесами проектно-орієнтованих організацій. Предметом дослідження є моделі і методи управління функціонуванням і розвитком проектно-орієнтованих організацій, що складають ентропійну методологію управління проектами та програмами.

Ентропійна методологія управління розвиває ідеї ціннісного підходу та ґрунтується на розгляді організації як системи певної структури з потоками енергії та інформації, що обумовлює існування різного виду взаємопов'язаних ентропій, які впливають на стійкість і успіх проектно-орієнтованих організацій.

Вперше розроблено концептуальну модель ентропійного управління проектно-орієнтованими організаціями, яка базується на баченні організації

як системи певної структури, з потоками енергії, речовини та інформації. Такий підхід дозволяє врахувати вплив ентропій на результати функціонування і розвитку організацій, що забезпечує найбільш повне урахування специфіки впливу зовнішнього і внутрішнього середовища на організацію. Встановлено основні фактори, що впливають на зростання кожного виду ентропії, а також взаємозв'язок ентропій. Сформована концептуальна модель дисипації енергії в проектно-орієнтованої організації. Доведено, що «структура» організації включає частину підконтрольного середовища її безпосереднього оточення. Встановлено характер і специфіку обміну інформацією і енергією організації із зовнішнім середовищем.

Формалізовано вираз для температури організації з використанням інформаційної ентропії, як міри упорядкування структури організації та «контролю» організації над частиною зовнішнього середовища.

На базі закону збереження енергії і формалізації категорії «температура» для організацій отримані базові закономірності, що зв'язують енергоентропію з інформаційною ентропією. Формалізація ентропії отримана не механічним перенесенням основних категорій термодинаміки, а шляхом обґрунтування їх суті з урахуванням специфіки організацій як особливого класу систем.

Виконано дослідження структури і динаміки енергоентропії для проектно-орієнтованої організації. Отримана формалізація енергоентропії для окремого проекту в організації, як основа для аналізу доцільності включення в портфель нового проекту і оцінки наслідків його реалізації для організації в цілому.

Ідентифікована модель зміни в часі основних «енергопараметрів» організації (сумарної енергії, вільної енергії, вхідної енергії). Представлені два основні варіанти динаміки приросту енергії, як підсумку комбінації вихідної і вхідної енергії (основних параметрів, що визначають енергоентропію) - рівномірне зростання і зростання з прискоренням (уповільненням). Зазначене в сукупності з виразом вихідної енергії у вигляді

частки від вільної енергії дозволило вперше формалізувати модель динаміки енергоентропії. Таким чином, отримана сукупність інструментів для оцінки стану організації в динаміці як в цілому, так і по кожній складовій її структури у вигляді проектів. На базі розробленої моделі динаміки енергоентропії проведені експериментальні дослідження, які полягали в розгляді формалізацій найбільш можливих варіантів динаміки впливових параметрів (за винятком приросту енергії, який вже закладений в модель): інформаційної ентропії і вільної енергії. Проаналізовано вплив різних комбінацій їх динамік (одночасне зростання / зниження, зростання / зниження з різною швидкістю) на динаміку енергоентропії. Зроблено висновки про необхідність комплексності заходів щодо зниження енергоентропії.

Запропоновано метод визначення інформаційної ентропії проектів, відповідних поточній діяльності проектно-орієнтованих організацій. В основі процедури - розгляд результатів проекту як випадкової величини з нормальним законом розподілу, а множина подій для оцінки ентропії формується шляхом «дроблення» на інтервали проміжку можливих значень результатів проекту.

Встановлено взаємозв'язок між середньоквадратичним відхиленням результату проекту і інформаційною ентропією, що проілюстровано відповідними експериментальними розрахунками. Динаміка ентропії розглянута в сукупності з динамікою середнього відхилення результату як функції від часу. Визначено умови, при яких динаміка ентропії буде свідчити про позитивну якість процесів управління проектами. Обґрунтовано, що боротьба з ентропією - це боротьба за зменшення дисперсії результатів діяльності організацій, що може бути забезпечено завдяки проектно-орієнтованому управлінню. Встановлено, що перевагою проектно-орієнтованого управління є те, що воно дозволяє знизити зазначені дисперсії, за рахунок: гнучкої системи розподілу людських ресурсів за проектами з урахуванням їх цінності; зосередження проектної команди виключно на

конкретному проекті і забезпечення нею формування таких умов у зовнішньому середовищі, які більш чітко прогнозовані, а, отже, мають мінімальну дисперсією.

Логічний ланцюг - стан середовища, інформаційна ентропія, енергоентропія, - дозволяє досліджувати і будувати прогнози стану організації на базі прогнозів зміни інформаційної ентропії під впливом множини факторів зовнішнього середовища.

Ідентифіковано вплив проектів розвитку на динаміку ентропії як на рівні окремого проекту, так і на рівні організації в цілому. Введено поняття «ентропійний бар'єр» і визначено специфіку динаміки стану організації по відношенню до даного бар'єру. Виконано класифікацію проектів з точки зору їх впливу на ентропію організації. Формалізовано внесок проектів в цінність організації, як ступінь забезпечення досягнення поставлених цілей, що враховує динаміку як цільових показників, так і результатів реалізації проектів.

Вперше розроблено модель формування портфеля проектів проектно-орієнтованої організації, яка дозволяє визначати склад портфеля проектів двох категорій - проектів поточної діяльності і проектів розвитку. Вона дозволяє розподіляти проекти в рамках виділеного проміжку часу портфеля з метою балансування показників стану і результатів діяльності, забезпечуючи стійкість організації в ентропійному контексті при досягненні необхідного рівня цінності в прагненні її максимізувати. Модель враховує поточний склад портфеля організації та результати реалізації проектів, які будуть продовжені і в рамках розглянутого періоду планування портфеля. Модель розроблена для двох варіантів проектів - для проектів практично однакової тривалості (вирішується тільки проблема формування складу портфеля з множини альтернативних проектів) і для проектів різної тривалості, що призводить до необхідності визначати початок реалізації проектів в процесі їх вибору (таким чином, проекти розподіляються в рамках періоду планування портфеля).

Розроблено модель формування дорожньої карти розвитку організації, послідовність проектів якої відповідає умові стійкості в ентропійному контексті. Дана модель є розвитком існуючої моделі управління, що дозволяє, у порівнянні з існуючими підходами, враховувати ентропію проектів та організації у цілому відповідно до ентропійної концепції.

Введено поняття «цінність одиниці трудових ресурсів» і розроблений метод її оцінки, що враховує склад компетентностей, пов'язаних з опором і подоланням ентропії. Введено поняття і розроблено відповідний метод оцінки «ступеня унікальності одиниці трудових ресурсів» як інструмент гнучкого управління трудовими ресурсами організації в цілому. Таким чином, набула подальшого розвитку термінологічна база управління проектно-орієнтованими організаціями завдяки встановленню нових понять: «ентропійний бар'єр», «ступінь унікальності співробітника», «цінність трудових ресурсів»; а також класифікація проектів з точки зору їх впливу на ентропію, що в сукупності розширює інструментарій управління.

Основні результати дослідження пройшли експериментальну перевірку і апробацію на практиці. На прикладі компанії «Intresco Ltd» виконано комплекс експериментальних розрахунків і досліджень по апробації отриманих закономірностей і встановлення їх достовірності.

Отримані результати створюють нову методологію, яка розвиває сучасну теорію управління проектно-орієнтованими організаціями шляхом поширення універсального закону збереження енергії на закономірності їх взаємодії з зовнішнім середовищем.

Ключові слова: проектно-орієнтована організація, енергія, ентропійна модель, динаміка ентропії, оптимізація портфелю, ентропійний бар’єр, стійкість, цінність людських ресурсів проекту, профіль фахівця.

ANNOTATION

Bondar A.V. Entropy management methodology of project-oriented organizations in a turbulent environment. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation for graduation as a doctor of technical sciences on a specialty 05.13.22 "Management of projects and programs". - Odessa National Maritime University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2020.

The dissertation is devoted to solving an important scientific and technical problem, increasing the stability of project-oriented organizations in a turbulent environment, thanks to entropy management methodology - a new methodology that includes the concept and set of appropriate methods and models to solve problems related to functioning and development of project-oriented organizations.

The goal of the dissertation is to increase the sustainability of project-oriented organizations in the process of ensuring the strategic success of their operation and development on the basis of entropy management methodology. The object of the research are the processes of project management, portfolios and business processes of project-oriented organizations. The subject of the study are models and methods of managing the functioning and development of project-oriented organizations that make up the entropy methodology of project and program management.

Entropy management methodology develops the ideas of the value approach and is based on the organization as a system of a certain structure with energy and information flows, which leads to the existence of different types of interrelated entropies that affect the sustainability and success of project-oriented organizations.

For the first time, was developed a conceptual model of entropy management of project-oriented organizations, which is based on the vision of the organization as a system of a certain structure, with flows of energy, matter and

information. This approach allows to take into account the influence of entropies on the results of functioning and development of organizations, which provides the most complete consideration of the specifics of external and internal environmental impact on the organization. The main factors influencing the growth of each type of entropy, as well as the relationship of entropies are identified. A conceptual model of energy dissipation in a project-oriented organization is formed. It is proved that the "structure" of the organization includes part of the controlled section of its immediate environment. The nature and specifics of information exchange and energy of the organization with the external environment are established.

Using information entropy as a measure of streamlining the structure of the organization and "control" of the organization over part of the external environment, the expression for the temperature of the organization is formalized.

On the basis of the energy conservation law and formalization of the category "temperature" for organizations, the basic laws linking energy entropy with information entropy are obtained. Formalization of entropy is obtained not by mechanical transfer of the main categories of thermodynamics, but by substantiating their essence taking into account the specifics of organizations as a special class of systems.

A study of the structure and dynamics of energy entropy for a project-oriented organization is provided. Is obtained the formalization of energy entropy for an individual project in the organization as a basis for analyzing the feasibility of including a new project in the portfolio and assessing the consequences of its implementation for the organization as a whole.

The scheme of change in time of the basic "energy parameters" of the organization (total energy, free energy, input energy) is identified. There are two main variants of the energy growth dynamics, as a result of a combination of output and input energy (the main parameters that determine the energy entropy) - uniform growth and growth with acceleration (deceleration). This, together with the expression of the source energy as a fraction of the free energy, made it

possible to formalize the model of the energy entropy dynamics for the first time. Thus, a set of tools for assessing the state of the organization in the dynamics as a whole and for each component of its structure in the form of projects. Based on the developed model of energy entropy dynamics, were conducted experimental studies, which consisted in considering formalizations of the most possible variants of the influential parameters dynamics (except for energy growth, which is already embedded in the model): information entropy and free energy. The influence of different combinations of their dynamics (simultaneous increase / decrease, increase / decrease with different speed) on the energy entropy dynamics is analyzed. There are conclusions about the need for comprehensive measures to reduce energy entropy.

A method for determining the information entropy of projects corresponding to the current activities of project-oriented organizations is proposed. The procedure is based on the consideration of project results as a random variable with a normal distribution law, and the set of events for entropy estimation is formed by "splitting" into intervals between possible values of project results.

The relationship between the standard deviation of the project result and information entropy is established, which is illustrated by the corresponding experimental calculations. The dynamics of entropy is considered in conjunction with the dynamics of the mean deviation of the result as a function of time. The conditions under which the dynamics of entropy will indicate the positive quality of project management processes are determined. It is substantiated that the fight against entropy is a fight to reduce the variance of the results of organizations, which can be ensured through project-oriented management. It is established that the advantage of project-oriented management is that it allows to reduce these variances, due to: flexible system of distribution of human resources by projects, taking into account their value; focusing the project team exclusively on a specific project and ensuring its formation of such conditions in the external environment, which are more clearly predicted, and, therefore, have minimal variance.

Logical chain: state of the environment, information entropy, energy entropy - allows to investigate and forecast of the organization's state on the basis of forecasts of changes in information entropy under the influence of many environmental factors.

The influence of development projects on the entropy dynamics both at the level of an individual project and at the level of the organization as a whole is identified. The concept of "entropy barrier" is introduced and the specifics of the dynamics of the organization's state in relation to this barrier are determined. The classification of projects in terms of their impact on the entropy of the organization is made. The contribution of projects to the value of the organization is formalized, as the degree of ensuring the achievement of goals, taking into account the dynamics of both targets and project results.

For the first time has been developed a model of project portfolio formation of a project-oriented organization, which allows to determine the composition of the project portfolio of two categories - current activity projects and development projects. It allows to allocate projects within the allotted time of the portfolio in order to balance the status and performance, ensuring the stability of the organization in an entropic context while achieving the required level of value in an effort to maximize it. The model takes into account the current composition of the organization's portfolio and the results of projects that will be continued within the considered period of portfolio planning. The model is designed for two project options - for projects of almost the same duration (solves only the problem of forming a portfolio of many alternative projects) and for projects of different duration, which leads to the need to determine the start of projects in the selection process portfolio planning period).

The model of the road map of the organization's development formation which sequence of projects corresponds to a condition of stability in an entropic context is developed. This model is a development of the existing management model, which allows, in comparison with existing approaches, to take into account

the entropy of projects and the organization as a whole according to the entropy concept.

The concept of "unit value of labor resources" is introduced and a method of its evaluation is developed, which takes into account the composition of competencies related to resistance and overcoming entropy. The concept is introduced and the corresponding method of an estimation of "degree of unit's uniqueness of labor resources" as the tool of flexible management of the organization's labor resources as a whole is developed. Thus, the terminological basis of management of project-oriented organizations was further developed due to the establishment of new concepts: "entropy barrier", "degree of employee uniqueness", "value of labor resources"; as well as the classification of projects in terms of their impact on entropy, which together expands the management tools.

The main results of the study were experimentally tested. On the example of the company "Intresco Ltd" was performed a set of experimental calculations and studies to test the obtained patterns and establish their reliability.

The obtained results create a new methodology that develops the modern theory of project-oriented organizations' management by extending the universal law of energy conservation to the laws of their interaction with the external environment.

Keywords: project-oriented organization, energy, entropy model, entropy dynamics, portfolio optimization, entropy barrier, sustainability, value of project human resources, specialist profile.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Колективні монографії:

1. Соціальні трансформації: сім'я, шлюб, молодь, середній клас та інноваційний менеджмент у країнах нового шовкового шляху. Монографія / [авт.кол. : С.В. Руденко, Чен Гуангжин та ін]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2016 р. - 231с.

Автором виконано: розділ 4.8.

2. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 1: монографія / [авт.кол.: С.В. Руденко, І.О. Лапкіна, Т.А. Ковтун, А.В. Бондар, В.Ю. Смрковська та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2018 – 188 с.

Автором виконані: розділи 2.2, 3.2.

3. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 2: монографія / [авт.кол.: І.О. Лапкіна, В.О. Андрієвська, В.Ю. Смрковська та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2019 – 242 с.

Автором виконаний: розділ 2.1.

4. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 3: монографія / [авт.кол.: С.В. Руденко, І.О. Лапкіна, Т.А. Ковтун, А.В. Бондар, В.Ю. Смрковська та ін.]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2020 – 235 с.

Автором виконаний: розділ 3.2.

Статті у спеціалізованих виданнях:

5. Onyshchenko S. Constructing and exploring the model to form the road map of enterprise development [Text] / S. Onyshchenko, A., Bondar V. Andrievska, N. Sudnyk, O. Lohinov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies

[Фахове видання України, Міжнародне наукове видання]. – Vol. 5 No 3 (101). – Kharkiv: Technology Center, 2019. – P. 33 – 42.

Автором розроблено концептуальний підхід до формування дорожньої карти розвитку організації.

6. Bondar A. Constructing and investigating a model of the energy entropy dynamics of organizations [Text] / S. Onyshchenko, D. Vishnevskyi, O.Vishnevska, S. Glovatska, A. Zelenskyi // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies [Фахове видання України, Міжнародне наукове видання]. – Vol 3, No. 3 (105). – Kharkiv: Technology Center, 2020. – P. 50 – 56.

Автором розроблено модель формалізації енергоентропії організацій.

7. Бондар А.В. Концепція цінності людських ресурсів проектно-орієнтованої організації [Текст] / А.В. Бондар // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова [Фахове видання України]. – Вип. № 1 (474). – Миколаїв: НУК, 2019 р. – С. 135 – 141.

8. Бондарь А.В. Оптимизация временных параметров проекта [Текст] / А.В. Бондарь, Онищенко С.П. // Управління розвитком складних систем [Фахове видання України]. – Вип. 39. – Київ: КНУБА, 2019 р. – С. 11 – 19.

Автором розроблено підхід до визначення оптимальних часових параметрів проекту, що характеризують початок і тривалість основних етапів його життєвого циклу.

9. Bondar A. Management of human resources of the project-oriented organization based on the profile of the specialist and the degree of its uniqueness [Text] / A. Bondar // Innovative technologies and scientific solutions for industries [Фахове видання України]. – No. 1 (11). – Kharkiv, KNURE, 2020 р. – С. 28 – 34.

10. Бондарь А.В. Концептуальная модель ценности трудовых ресурсов проектно-ориентированной организации [Текст] / А.В. Бондарь // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями,

програмами та проектами [Фахове видання України]. – № 2. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – С. 15 – 22.

11. Бондар А.В. Базові положення енергоентропійної теорії організації [Текст] / А.В. Бондар // Управління розвитком складних систем [Фахове видання України]. – Вип. 41. – Київ: КНУБА, 2020 р. – С. 6 – 14.

12. Бондар А.В. Обґрунтування основних категорій енергоентропійної теорії організацій [Текст] / А.В. Бондар // Суднобудування та морська інфраструктура [Фахове видання України]. – Вип.1. – НУК, Миколаїв, 2020 р. – С. 31 – 37.

13. Бондарь А.В. Исследование влияния информационной энтропии на энергоэнтропию организации [Текст] / А.В. Бондарь // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Математичне моделювання в техніці та технологіях» [Фахове видання України]. – №2 (1355). – Харків: НТУ «ХПІ», 2020 р. – С. 3 – 8.

14. Bondar A. Energy-entropic value of organization’s resources [Text] / A. Bondar // Innovative technologies and scientific solutions for industries [Фахове видання України]. – No. 2 (12) – Kharkiv, KNURE, 2020 p. – C. 5 – 12.

15. Бондар А.В. Динаміка інформаційної ентропії проектів та практичні аспекти її оцінки [Текст] / А.В. Бондар // Вістник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях [Фахове видання України]. – № 2 (4). – Харьків: НТУ «ХПІ», 2020. – С. 45 – 52.

16. Bondar A. Monitoring the dynamics of a project-oriented organization energy entropy [Text] / A. Bondar // Innovative technologies and scientific solutions for industries [Фахове видання України]. – Vol. 3 (13). – Kharkiv, KNURE, 2020. – P. 6 – 13.

17. Бондар А.В. Вплив енергоентропії проекту на стан проектно-орієнтованої організації [Текст] / А.В. Бондар // Управління розвитком складних систем [Фахове видання України]. – Вип. 43. – Київ: КНУБА, 2020 р. – С. 14 – 18.

18. Бондар А.В. Вплив різних категорій проектів на ентропію проектно-орієнтованої організації [Текст] / А.В. Бондар // Суднобудування та морська інфраструктура [Фахове видання України]. – Вип. 2. – НУК, Миколаїв, 2020 р. – С. 58 – 64.

19. Bondar A. Modeling the portfolio structure of a project-oriented organization based on an entropic concept [Text] / A. Bondar // Technology audit and production reserves [Фахове видання України]. – Vol. 5 No. 5 (55). – PC Technology Center, 2020. – P. 23 – 28.

20. Bondar A. Experimental studies of a model for optimizing the portfolio of a project-oriented organization based on the entropy concept [Text] / S. Onyshchenko, A. Bondar // Innovative technologies and scientific solutions for industries [Фахове видання України]. – Vol. 4 (14). – Kharkiv, KNURE, 2020. – P. 21 – 30.

Автором розроблено модель формування структури портфеля проєктів, яка дозволяє мінімізувати розбіжності бажаної і фактично досяжної цінності організації.

21. Бондарь А.В. Управление проектами в борьбе с энтропией организации [Текст] / А.В. Бондарь, С.Д. Бушуев, С.П. Онищенко // Scientific Journal of Astana IT University [Міжнародне фахове наукове видання]. – Vol. 2. – Nur-Sultan, Astana IT University, Jun 2020. – P. 60 – 70.

Автором розроблено концептуальну модель формування інформаційної ентропії проектно-орієнтованих організацій та визначення її впливу на енергоентропію.

22. Бондарь А.В. Ценность и устойчивость организации в контексте энтропийной методологии управления [Текст] / А.В. Бондарь // Österreichisches Multiscience Journal [Міжнародне наукове видання]. – Vol. 1, No. 33. – Innsbruck, Austria, 2020. – P. 57 – 61.

23. Bondar A. The value-entropic paradigm of management of project-oriented organizations [Text] / A. Bondar // Danish Scientific Journal (DSJ)

[Міжнародне наукове видання]. – № 41(1) . – København V Denmark, 2020. – P. 43 – 46.

24. Biloshchytska S. Structure of the project-oriented organization energy entropy [Text] / S. Biloshchytska, A. Bondar, S. Bushuyev, N. Malaksiano // Scientific Journal of Astana IT University [Міжнародне фахове наукове видання]. – Vol. 3. – Nur-Sultan, Astana IT University, Sept 2020. – C. 28 – 34.

Автором розроблено метод «розкладання» загальної енергетичної ентропії проектно-орієнтованих організацій у вигляді суми локальних енергетичних ентропій проектів.

25. Bondar A. Action-entropy approach to modelling of 'Infodemic Pandemic' system on the COVID - 19 case [Text] / A. Bondar, S. Bushuyev, N. Bushuyeva, Onyshchenko S. // Advances in Intelligent Systems and Computing V. Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies [Міжнародне фахове наукове видання]. – Volume 1293. – Springer Nature Switzerland AG, 2020. – P. 890 – 903.

Автором розроблено універсальну формалізацію ентропії для різних "інфодемічно-пандемічних" систем та її вираз для проектно-орієнтованих організацій.

26. Andrievska V.O. Identification of creation and development projects of logistic systems [Text] / V.O. Andrievska, A.V. Bondar, S.P. Onyshchenko // Development of management and entrepreneurship methods on Transport [Фахове видання України]. – Vol. 4(69). – Odessa, ONMU, 2019. – P. 26-37.

Автором проведено класифікацію проектів розвитку логістичних систем за ознакою «сутність розвитку».

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та додатково відображують отримані у ході дослідження результати:

27. Лапкіна І.О. Підходи до планування ресурсів проекту / І.О. Лапкіна, А.В. Бондар // XII Міжнародна конференція «Управління проектами у розвитку суспільства». – К: КНУБА, 2015 р. – С.152 – 153.

Автором запропоновано підходи до ресурсного планування в залежності від специфіки проекту.

28. Бондар А.В. Психологічні феномени процесу прийняття рішень командою проекту / А.В. Бондар // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи ефективних управлінських рішень у бізнесі та проектах». – Одеса: МГУ, 2015. – С. 64 – 67.

29. Бондар А.В. Класифікація проектів туристичної галузі за моделями управління / А.В. Бондар, Коробко Т.О. // Друга Міжнародна науково- практична конференція «Program, Portfolio Management, P3M»: Тези доповідей: [у 2 т] – Том 2. – Одеса, 2017. – С. 22 – 23.

Автором виконано систематизацію видів проектів туристичної галузі.

30. Бондар А.В. Перспективи реалізації сумісних проектів між Україною та Китаєм / А.В. Бондар // III Міжнародна наукова конференції "Соціальний розвиток країн "Одного поясу та одного шляху": розвиток Нового шовкового шляху в Україні. – Одеса, 2017. – С. 32 – 33.

31. Бондар А.В. Команда проекту як ресурс «потужність» проектно-орієнтованих компаній / А.В. Бондар // XVI Міжнародна конференція «Управління проектами у розвитку суспільства». Тема: «Управління проектами в умовах очікування глобальних змін». – К: КНУБА, 2019 р. – С. 77 – 78.

32. Бондар А.В. Цінність як інструмент управління проектно-орієнтованою організацією / А.В. Бондар // Міжнародна науково-практична конференція «Перспективні напрямки розвитку економіки, обліку, фінансів та права: теорія і практика». Збірник тез доповідей. Частина 2. Секція: Менеджмент. – Полтава, 2019. – С. 14 – 15.

33. Бондар А.В. Моделювання процесів планування цінності проекту / А.В. Бондар, С.П. Онищенко // Праці іжнародної науково-практичної

конференції «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП-2019)». – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 21– 23.

Автором розроблено математичну модель, що дозволяє встановити оптимальні часові параметри проекту з урахуванням обмеженості ресурсів.

34. Бондар А.В. AGILE-Підхід до підвищення цінності проектно-орієнтованої організації / А.В. Бондар // XV Міжнародна науково-практична конференція «Управління проектами: стан та перспективи». Матеріали конференції. – Миколаїв: НУК, 2019 р. – С. 10.

35. Бондарь А.В. Качество и ценность трудовых ресурсов в проектах / А.В. Бондарь, А.Н. Обронова // Міжнародна науково-практична конференція «Економіка, облік, фінанси та право в умовах глобалізації: тенденції та перспективи». Секція 20: Менеджмент. – Полтава, 2019. – С.11.

Автором запропоновано підхід до визначення якості одиниці трудових ресурсів в проектах в контексті ціннісного підходу.

36. Бондар А.В. Вектори цінності проектно-орієнтованої організації / А.В. Бондар // Перспективи ефективних управлінських рішень у бізнесі та проектах: матер. V Міжнар. наук.-практич. конф. Секція 4: «Актуальні проблеми розвитку управління проектами, програмами та портфелями». – Одеса: МГУ, Фенікс, 2019. – С. 50.

37. Бондар А.В. Компоненти корпоративної цінності проектно-орієнтованої компанії / А.В. Бондар // Перспективи ефективних управлінських рішень у бізнесі та проектах: матер. V Міжнар. наук.-практич. конф. Секція 4: «Актуальні проблеми розвитку управління проектами, програмами та портфелями». –Одеса, МГУ, Фенікс, 2019. – С. 51.

38. Бондар А.В. Ентропійний аналіз в сучасній теорії управління організацією / А.В. Бондар // Світові тенденції сучасних наукових досліджень, XXXV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. Ч.5 «Технічні науки». – Вінниця, 2019. – С. 13 – 14.

39. Бондар А. В. Дворівневий підхід до визначення цінності людських ресурсів проектно-орієнтованої організації / А. В. Бондар //

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Національні особливості та світові тенденції управління та адміністрування на макро-, мезо- і мікрорівнях економіки». – Дніпро, 2019. – С. 228.

40. Bondar Alla. Prerequisites of the value-entropy approach to project organization management / Alla Bondar // Problèmes et perspectives d'introduction de la recherche scientifique innovante:collection de papiers scientifiques «ΛΌΓΟΣ» avec des matériaux de la conférence scientifique et pratique internationale (Vol. 2). – Bruxelles, Belgique: Plateforme scientifique européenne, 2019. – P. 91– 92.

41. Bondar Alla. «Value-energy» concept of human resources of a design-oriented organization / Alla Bondar // Die wichtigsten Vektoren für die Entwicklung der Wissenschaft im Jahr 2020: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΌΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz (B. 1). Luxembourg, Grand Duchy of Luxembourg: Europäische Wissenschaftsplattform, 2020. – P. 55 – 56.

42. Bondar Alla. Differentiation of human resource values of a project-oriented organization / Alla Bondar // The 11-th international conference «Itegrated strategic management, portfolio, program and project management». Program, February 18-20, 2020. Slavsko, Lviv region, Ukrain.

43. Bondar A., Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management / A. Bondar, S. Bushuyev, S. Onyshchenko, T. Hiroshi // Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020) Volume 1. Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), 2020. – P. 233 – 243 ***(SCOPUS)***

Автором розроблено ентропійну модель проектно-орієнтованої організації, як системи, яка сполучається з зовнішнім середовищем шляхом обміну енергією, інформацією та речовиною.

44. Bondar A. Action-entropy approach to modelling of ‘Infodemic Pandemic’ system on the COVID – 19 Cases / A. Bondar, S. Bushuyev, V. Bushuieva, N. Bushuieva, S. Onyshchenko // IWIMDKE 2020 (IEEE 2020 3rd

International Workshop on Information Modeling. Data and Knowledge Engineering) XV International Scientific and Technical Conference Computer Science and Information Technologies (CSIT). – Zbarazh Castle, UKRAINE, 23-26 September, 2020. – С. 215 – 221.

Автору належить розробка універсальної формалізації ентропії для різних "інфодемічно-пандемічних" систем та її вираз для проектно-орієнтованих організацій.

45. Бондарь А.В. Энтропийная ценность ресурсов проектно-ориентированной организации / А. В. Бондарь // XVII Міжнародна конференція «Управління проектами у розвитку суспільства». Тези доповідей. – Київ: КНУБА, 2020. – С.101–104.

46. Бондар А.В. Формалізація енергоентропії проектно-орієнтованої організації / А. В. Бондар // «Управління проектами: стан та перспективи»: Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: НУК. – 2020. – С. 9 – 11.

47. Бондар А.В. Моделювання динаміки енергоентропії проектно-орієнтованої організації / А. В. Бондар // Праці Міжнародної науково-практичної конференції «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами» (ММП-2020). – Коблево, Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 20 – 22.

48. Bondar A. Modelling of creation organizations energy-entropy / A. Bondar, S. Bushuyev, V. Bushuieva, N. Bushuieva, S. Onyshchenko // IWIMDKE 2020 (IEEE 2020 3rd International Workshop on Information Modeling. Data and Knowledge Engineering) XV International Scientific and Technical Conference Computer Science and Information Technologies (CSIT). – Zbarazh Castle, UKRAINE, 23-26 September, 2020. – С. 141 – 145. ***(SCOPUS)***

Автором розроблено математичний апарат для визначення та аналізу енергоентропії організації, формалізовано вираз темератури організації, як міри впорядкованості її структури та контролю частини її зовнішнього середовища.

ЗМІСТ

ВСТУП……23
РОЗДІЛ 1. ЕВОЛЮЦІЯ І СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ……29
1.1 Еволюційні зміни теорії управління організаціями на базі ентропійного підходу……..……..29
1.2 Сучасна теорія управління проектно-орієнтованими організаціями.....56
Висновки до першого розділу……64
РОЗДІЛ 2. ЕНТРОПІЙНА КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ……66
2.1 Ентропійна парадигма управління проектно-орієнтованими організаціями…….....66
2.2 Інтегральна сутність ентропійної парадигми……75
2.3 Базові положення енергоентропійної теорії організації……81
2.4 Модель енергоентропії організацій……92
Висновки до другого розділу……...108
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ І ЕНЕРГОЕНТРОПІЇ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ……...111
3.1 Структура енергоентропії проектно-орієнтованої організації……111
3.2 Дослідження динаміки енергоентропії організацій…….117
3.3 Дослідження впливу інформаційної ентропії на енергоентропію організації……124
3.4 Динаміка інформаційної ентропії проектів та практичні аспекти її оцінки……130
3.5 Модель взаємозв'язку інформаційної та енергоентропії проектно-орієнтованих організацій……138
3.6 Модель динаміки інформаційної ентропії організації…….144
3.7 Застосування ентропійної теорії для соціосистем на прикладі ситуації формування інфопаніки……...147
Висновки до третього розділу……..160

РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ НА БАЗІ ЕНТРОПІЙНОЇ КОНЦЕПЦІЇ…….163

4.1 Моніторинг та коригування динаміки енергоентопії проектно-орієнтованої організації……..163

4.2 Ентропійні бар'єри і стійкість проектно-орієнтованої організації.172

4.3 Моделювання структури портфелю проектно-орієнтованої організації на базі ентропійної концепції……..183

4.4 Модель формування дорожньої карти розвитку організації……...195

Висновки до четвертого розділу……..211

РОЗДІЛ 5. УПРАВЛІННЯ ЦІННІСТЮ ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ В РАМКАХ БОРОТЬБИ З ЕНТРОПІЄЮ ОРГАНІЗАЦІЇ…….214

5.1 Концептуальна модель управління цінністю трудових ресурсів проектно-орієнтованої організації…….214

5.2 Фактори, що впливають на цінність трудових ресурсів на різних рівнях їх розгляду……223

5.3. Метод формування «профілю фахівця» в рамках оцінки цінності трудових ресурсів проектно-орієнтованої організації…….230

Висновки до п’ятого розділу……238

РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНТРОПІЇ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ…….240

6.1Експериментальні дослідження моделі енергоентропії організації..240

6.2 Експериментальні дослідження моделі оптимізації складу портфеля проектно-орієнтованої організації на базі ентропійної концепції……..250

6.3 Експериментальні дослідження формування дорожньої карти розвитку організації……264

Висновки до шостого розділу……..270

ВИСНОВКИ…….273

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...277

ДОДАТКИ……310

Додаток А. Список публікацій здобувача за темою дисертації……310

Додаток Б. Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження……..319

ВСТУП

Сьогодні управління проектами є провідною методологією, яка значно впливає як на сучасну теорію управління організаціями, так і на практичну діяльність різних бізнес-структур і некомерційних підприємств. Вона надає чітко структуровану концепцію і відповідний інструментарій організаціям різних сфер діяльності та сприяє їх трансформації в проектно-орієнтовані.

Теоретичні засади управління проектами та програмами, питання проектно-орієнтованого управління висвітлено в роботах таких відомих вчених як С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва, В.Д. Гогунський, С.К. Чернов, І.В. Чумаченко, І.В. Кононенко, І.А. Бабаев, В.М. Бурков, А.І. Рибак, Х. Танака, Д.О'Коннел та ін.

При цьому проектна методологія інтенсивно збагачується новими концепціями і категоріями, які відповідають викликам сучасного турбулентного зовнішнього оточення будь-яких організацій.

Однією з глобальних тенденцій в сучасній науці є «руйнування» кордонів між різними областями знань, що призводить до формування єдності концептуально-методологічних підходів до вивчення різних об'єктів, процесів або явищ. Таким чином, універсалізація концепцій і категорій є глобальною тенденцією в сучасній науці. Яскравим прикладом подібного трансферу категорій є «ентропія» і її використання в управлінні організаціями.

Першим кроком універсалізації ентропії стало застосування інформаційної ентропії (ентропії Шеннона) в якості запобіжного порядку і невизначеності в організації в цілому, і для конкретного проекту, зокрема. Подальший розвиток ідеї застосування ентропії до організацій було пов'язано з обґрунтуванням універсалізації другого закону термодинаміки - закону збереження енергії, і зокрема, справедливості його для систем будь-якої природи, в тому числі, і організацій.

Проте, не дивлячись на окремі спроби використання ентропії як міри дисипації енергії для організацій, можна констатувати практичну відсутність обґрунтованої концепції, теорії та відповідних методів застосування ентропії в управлінні організаціями. Крім того, різні види ентропій організацій знаходяться в певному взаємозв'язку, що вимагає інтегрального розгляду їх зміни і динаміки, що в принципі відсутнє в сучасних дослідженнях.

Необхідність використання ентропійної концепції в управлінні організаціями обумовлюється тим, що формат існуючої теоретичної бази, яка спирається на такі категорії як «ефективність», «цінність», «успіх», «стійкість» не дозволяє, з одного боку, у багатьох ситуаціях пояснити успіх або ефективність, з іншого боку, обґрунтувати необхідні заходи для забезпечення успіху і стійкості в сучасному турбулентному середовищі, де аномалії превалюють над загальноприйнятими в теорії управління організаціями закономірностями.

Дане дослідження спрямоване на формування нової методології, що розвиває ідеї ціннісного підходу в управлінні проектно-орієнтованими організаціями, яка ґрунтується на системі певної міри впорядкованості з потоками енергії та інформації, що обумовлює існування різного виду взаємопов'язаних ентропій, які впливають на стійкість і успіх проектно-орієнтованих організацій. Таким чином, «ентропія» характеризує стан організації, «стійкість» визначає її життєздатність, «цінність» виступає в якості мети і результату, а проектна методологія формує основу для управління діяльністю компаній, підприємств, організацій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами. Матеріали дисертаційної роботи використані у рамках наукових досліджень, що виконувались та продовжують виконуватися в Одеському національному морському університеті за темами: «Проектно-орієнтоване управління підприємствами морського транспорту» (державний реєстраційний номер 0112U004304), «Ресурсне забезпечення проектів на морському транспорті» (державний реєстраційний номер

0115U001589), «Управління проектами створення та функціонування логістичних систем» (державний реєстраційний номер 0119U002262).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення стійкості проектно-орієнтованих організацій в процесі забезпечення стратегічного успіху їх функціонування і розвитку на базі ентропійної методології управління.

Досягнення поставленої мети зумовило постановку та вирішення наступної сукупності задач:

- аналіз сучасного стану теорії управління проектно-орієнтованими організаціями та встановлення суперечності існуючих підходів специфіці вимог різних груп стейхолдерів турбулентного оточення;

- розробка концепції ентропійного управління проектно-орієнтованими організаціями та формалізація основних закономірностей взаємозв'язку енергопараметрів і ентропії на рівні окремих проектів і організації в цілому;

- розробка моделі динаміки енергоентропії організацій для різних умов їх функціонування та розвитку;

- розробка методу оцінки інформаційної ентропії проектів і дослідження на його основі поведінки інформаційної ентропії організації;

- ідентифікація впливу проектів розвитку на ентропію організації та розробка моделі управління розвитком організації за допомогою портфеля і дорожньої карти;

- розробка концепції і відповідних теоретичних положень з управління трудовими ресурсами проектно-орієнтованої організації в рамках її «опору» ентропії;

- проведення експериментальних досліджень розроблених моделей, методів і закономірностей.

Об'єктом дослідження є процеси управління проектами, портфелями та бизнес-процессами проектно-орієнтованих організацій.

Предметом дослідження є моделі і методи управління функціонуванням і розвитком проектно-орієнтованих організацій, що складають ентропійну методологію управління проектами та програмами.

Методи дослідження. Вирішення поставлених завдань задля забезпечення досягнення поставленої мети ґрунтується на основних положеннях загальної теорії систем и системного аналізу, теорії організацій, базових положень міжнародних стандартів з управління проектами (P2M, PMBoK). У процесі дослідження використовувалися методи теорії ймовірностей і математичної статистики; положення теорії оптимального управління, теорії інформації; методи дослідження операцій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

вперше розроблені:

- концептуальна модель ентропійного управління проектно-орієнтованими організаціями, яка базується на баченні організації як системи певної структури, з потоками енергії, речовини та інформації. Такий підхід дозволяє врахувати вплив ентропій на результати функціонування і розвитку організацій, що забезпечує найбільш повне урахування специфіки впливу зовнішнього і внутрішнього середовища на організацію;

- метод визначення енергоентропії організації в цілому і окремого проекту як інструмент оцінки стану проектно-орієнтованої організації;

- модель динаміки енергоентропії організації для різних умов зміни енергопараметрів як основа для прогнозування її стану;

- метод оцінки інформаційної ентропії проекту на базі нормального закону розподілу його результатів, який дозволяє досліджувати і контролювати динаміку ентропії проекту;

- модель формування портфеля проектів, що забезпечує стійкість організації на базі балансу проектів різної спрямованості з точки зору ентропії організації;

набули подальшого розвитку:

- термінологічна база управління проектно-орієнтованими організаціями завдяки встановленню нових понять: «ентропійний бар'єр», «ступінь унікальності співробітника», «цінність трудових ресурсів»; а також класифікація проектів з точки зору їх впливу на ентропію, що в сукупності розширює інструментарій управління;

- модель формування дорожньої карти розвитку організації шляхом адаптації існуючої моделі до ентропійній концепції управління, що дозволяє, у порівнянні з існуючими підходами, враховувати ентропію проектів та організації у цілому, імовірнісну природу грошових потоків організації після реалізації проектів розвитку та варіювати часовими параметрами проектів;

- метод оцінки ступеня унікальності одиниці трудових ресурсів в частині смислового змісту порівнюваних характеристик на базі «профілю фахівця»;

удосконалено:

- метод формування команди проекту в проектно-орієнтованій організації, який враховує ступінь унікальності і компетентності, пов'язаних з опором і подоланням ентропії, що забезпечує врахування чинників, які визначають успіх і стійкість організації.

Практичне значення результатів дослідження. Отримані результати - концепція, моделі і методи - формують нову методологію ентропійного управління проектно-орієнтованими організаціями, основні положення якої пройшли експериментальну перевірку і апробацію на практиці. Зокрема, окремі результати дослідження успішно використовувалися при обґрунтуванні проектів розвитку компанії «Intresco Ltd», та інш. (про що свідчать відповідні акти). Також результати дослідження впроваджено у навчальний процес Одеського національного морського університету. результати представляють практичну цінність для навчальних закладів Міністерства освіти і науки Україні в якості теоретичної бази для викладання дисциплін магістерського рівня навчання та в рамках підготовки PhD за спеціальностями 122 – Комп’ютерні науки, 073 - Менеджмент.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною науковою працею. Всі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать розробки, що характеризують новизну отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на 22 міжнародних науково-практичних конференціях. В їх числі: Міжнародна науково-практична конференція «Управління проектами у розвитку суспільства»; Міжнародна науково-практична конференція «Інтегроване стратегічне управління, управління портфелями, програмами, проектами»; 1st International Workshop IT Project Management; IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT); IEEE 3rd International Workshop on Information Modeling. Data and Knowledge Engineering.

Публікації. Результати дисертації викладені в 48 публікаціях, з них 4 колективні монографії, 22 наукові статті (3 індексуються в базі SCOPUS), 22 тезах наукових конференцій (3 індексуються в базі SCOPUS).

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, переліку використаних джерел з 306 найменувань та 2 додатків. Основна частина дисертацій викладена на 272 сторінках тексту, містить 86 рисунків та 18 таблиць.

РОЗДІЛ 1
ЕВОЛЮЦІЯ І СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ

1.1 Еволюційні зміни теорії управління організаціями на базі ентропійного підходу

Сучасній науці притаманні дві глобальні тенденції (мейнстріми) - *трансфер концепцій і методологій* з різних областей знань і поширення окремих категорій на різні рівні і об'єкти в рамках однієї галузі знань, розширення їх сфери та використання. Таким чином, сучасна наука стирає межі між областями знань і їх рівнями, формуючи єдність *концептуально-методологічних підходів* до вивчення різних об'єктів, процесів або явищ. Таким чином, універсалізація концепцій і категорій є глобальною тенденцією в сучасній науці, що може визначатися як *трансдисциплінарність*, яка проявляється в трансфері категорій, принципів і закономірностей з одних галузей знань в інші.

Згідно [47], *трансдисциплінарність* - це дослідницька стратегія, яка перетинає дисциплінарні кордони і в широкому сенсі означає єдність знання за межами окремих дисциплін. В [243] міститься теза про те, що «... найцікавіші і продуктивні розробки з'являються переважно на стику різних наук і носять міждисциплінарний характер, нерідко стаючи точкою відліку для абсолютно нових наукових напрямів». І сьогодні, зокрема, спостерігається застосування категорій і закономірностей фізики до дослідження «нетрадиційних» для фізики систем. Така ситуація обумовлюється неможливістю традиційних і загальноприйнятих теорій пояснити багато явищ і процесів в економічних, соціально-економічних і соціо-технічних системах. Таким чином, фізика дає можливість нового погляду на закономірності функціонування і розвитку згаданих систем, що відповідає креативному підходу до пошуку нових ідей і рішень. Можна

стверджувати, що універсалізація концепцій і категорій є глобальною тенденцією сьогоднішніх наукових досліджень. Прикладом зазначеного трансферу може служити «*ентропія*», яка почала своє існування, як суто технічна категорія в рамках термодинаміки, описуючи властивості макроскопічних систем. Пізніше ентропія стала мірою певного порядку, який відбивається на інформаційному рівні, і ентропія почала використовуватися в якості міри невизначеності в теорії інформації. Сьогодні ж мають місце спроби застосування ентропії як термодинамічної категорії в якості характеристики стану підприємств і організацій. Основу такого підходу становить зіставлення «енергії» з ресурсами підприємств, організацій, вірніше з можливостями ресурсів, які грають своєрідну роль палива, що дає енергію в процесі використання.

Таким чином, сьогодні в літературі зустрічається щонайменше чотири форми ентропії [249]:

- по-перше, ентропія як міра невизначеності стану будь-якої цілком впорядкованої фізичної системи, або поведінки будь-якої системи, включаючи живі і неживі об'єкти і їх функції, при цьому ентропія не має своєї розмірності;
- по-друге, термодинамічна ентропія мікрочастинок, або молекулярної (мікроскопічної) множини;
- по-третє, інформаційна ентропія, або невизначеність інформації, тобто відомостей про деякої інформаційної системи, при цьому різниця масштабів ентропії та інформації пов'язана з їх принциповою відмінністю, а саме: ентропія - це міра безлічі тих станів системи, про перебування в яких система повинна забути, а інформація - це міра безлічі тих станів, про перебування в яких система повинна пам'ятати;
- по-четверте, ентропія, або невизначеність поведінки, будь-який не цілком впорядкованої системи аж до макроскопічних множин.

Імпульсом зародження і розвитку енергоентропійної теорії організацій послужила ідея загальності закону збереження енергії (першого початку термодинаміки) [90], в тому числі, для підприємств і організацій як особливого класу систем. Відповідно до даного джерела, в ізольованих системах енергія зберігається, а ентропія зростає, в відкритих системах з підведенням енергії загальний баланс енергії теж зберігається (з урахуванням її надходжень і втрат), ентропія ж зменшується на певну величину, що залежить від співвідношення кількостей підводиться і втрачається енергія. Ось ця-то особливість енергії і ентропії зробила метод досліджень за допомогою складання і вивчення енергоентропійних балансів - енергоентропіку - досить універсальним.

Автором [90] сформульовано основні закони енергоентропіки:

1-й закон енергоентропікі - закон збереження енергії: жодна матеріальна система не може розвиватися або функціонувати, не споживаючи енергії, яка витрачається на здійснення роботи, на зміну внутрішньої енергії системи і на розсіювання тепла в навколишнє середовище;

2-й закон енергоентропікі - закон зростання ентропії: реальні ізольовані макроскопічні системи прагнуть мимовільно перейти з менш ймовірного стану в більш ймовірне або з більш упорядкованого в менш впорядковане;

3-й закон енергоентропікі - закон зменшення ентропії відкритих систем при прогресивному розвитку: ентропія відкритих систем в процесі їх прогресивного розвитку завжди зменшується за рахунок споживання енергії від зовнішніх джерел;

4-й закон енергоентропікі - закон граничного розвитку матеріальних систем: матеріальні системи (природні, технічні та ін.) при прогресивному розвитку, т. е. при вдосконаленні, досягають характерного для кожної сукупності зовнішніх і внутрішніх умов межі, який можна висловити максимальним значенням відповідного виду негентропії;

5-й закон енергоентропікі - закон переважного розвитку, або закон конкуренції: в кожному класі матеріальних систем переважний розвиток отримують ті, які при даній сукупності внутрішніх і зовнішніх умов досягають максимального значення негентропії або максимальної енергетичної ефективності (ККД, питомої продуктивності, довговічності, надійності і т. п.).

Це визначило досить широкий і перспективний напрямок для відповідних досліджень. Проте, не дивлячись на активізацію сучасної наукової думки в застосуванні ентропії, як термодинамічної категорії, до підприємств і організацій, слід констатувати відсутність на сьогоднішній день чіткої і логічно впорядкованої теорії.

Отже, для розуміння і обґрунтування необхідності використання ідей і категорій з інших наук, зокрема, ентропії, в сфері управління підприємствами і організаціями, проаналізуємо ключові етапи в розвитку теорії організацій і управління ними в прив'язці до тих викликів зовнішнього середовища, які виникали протягом останніх десятиліть (рис. 1.1).

Отже, в період бурхливого розвитку технологій виробництва і збільшення можливостей виробників задовольнити зростаючий попит на всі категорії товарів, основним чинником успіху підприємств було зниження собівартості продукції за рахунок впровадження нових технологій.

Це дало імпульс до розвитку економічної теорії і зародженню ідей теорії конкуренції. Далі, в період поступового насичення практично всіх галузевих ринків зниження ціни вже не забезпечує конкурентні переваги підприємств. У цій ситуації необхідно боротися за споживача і організовувати ефективну систему збуту, що призводить до зародження і поступового розвитку теорії маркетингу і логістики, а також формуванню теорії конкуренції, ідеї і основні положення якої були закладені в рамках економічної теорії.

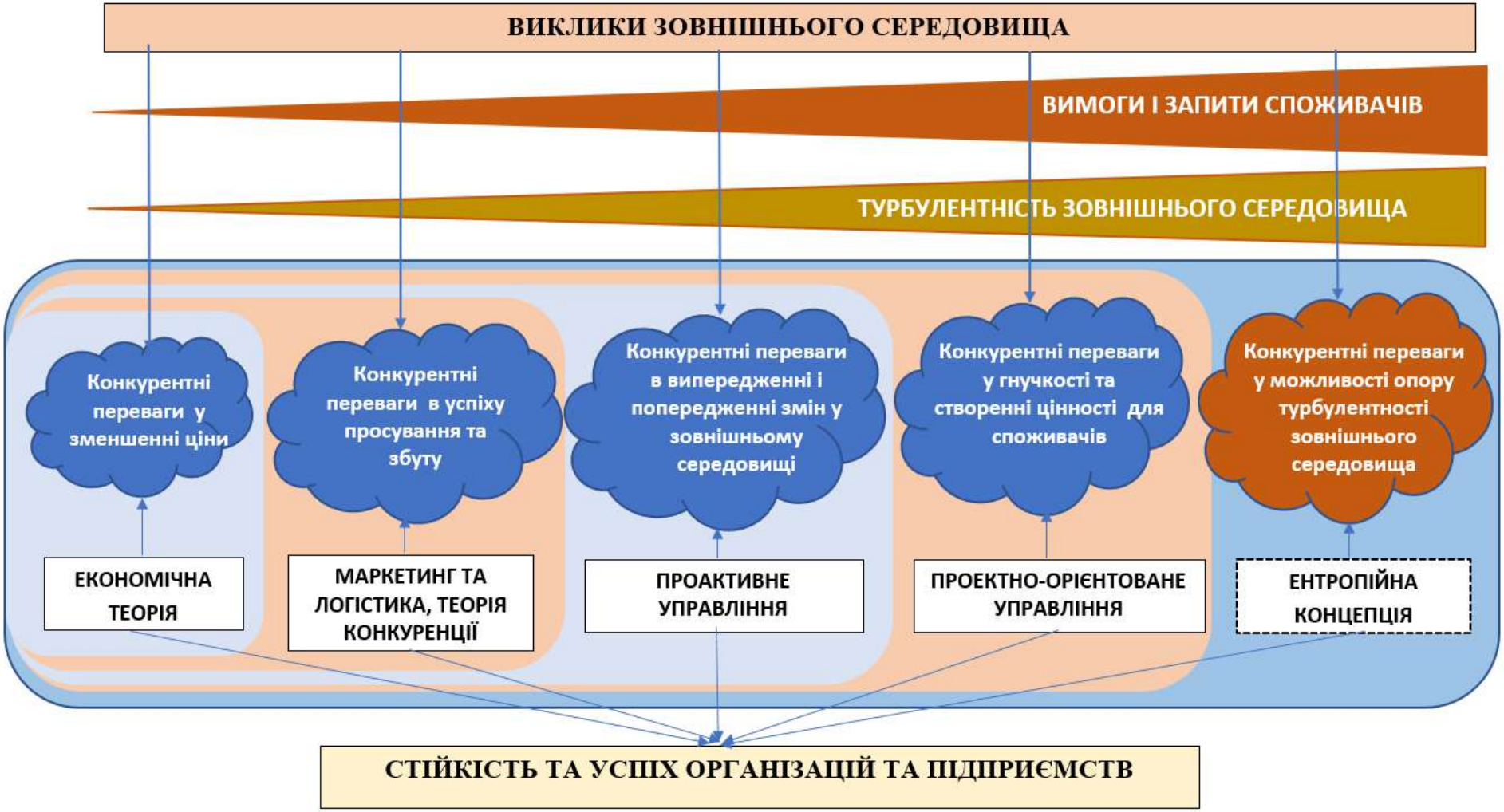


Рисунок 1.1 - Розвиток методологій, які спрямовані на забезпечення успішності та стійкості організацій та підприємств

Далі відбувається ще більш значне насичення ринків, і сила споживачів зростає ще швидше - їх запити вже не обмежуються тільки ціною і якістю, при цьому зовнішнє середовище починає характеризуватися високим рівнем турбулентності, що призвело до необхідності відповіді на ці виклики - так сформувалася концепція проактивного управління. Стрімкий розвиток методології управління проектами вплинув на «непроектні» сфери. Так, переваги проектного підходу були оцінені і прийняті до використання багатьма компаніями, що призвело спочатку до практичного застосування, а потім і до формування відповідної теорії проектно-орієнтованого управління. Проектно-орієнтований підхід забезпечує гнучкість в отриманні продуктів, що максимально відповідають вимогам споживачів, дає можливість гнучкого використання трудових ресурсів в рамках матричної організаційної структури.

Тут слід зазначити, що поняття «організація» є узагальненим поняттям, що включає в себе як комерційні підприємства і компанії, так і некомерційні. Тому, якщо в економічній теорії та ранній теорії маркетингу використовується саме «підприємство / компанія», так як в основі їх діяльності є отримання прибутку, то далі вже ідеї маркетингу і теорії конкуренції поширилися на різного роду організації (політичні, соціальні, громадські). Одні і ті ж принципи і інструменти стають запорукою успіху для організацій в широкому сенсі цього слова. Так, теорія організації [74, 77, 99, 209, 221, 223, 224, 244, 277] вивчає сучасні організації (підприємства, установи, громадські об'єднання), відносини, що виникають всередині цих організацій, поведінку організацій і їх зв'язок із зовнішнім середовищем. Саме зближення за програмними цілями і інструментами їх досягнення комерційних і некомерційних підприємств призвело до використання узагальненого терміну «організація». Тому проектно-орієнтоване управління вже формувалося для даного узагальненого об'єкта.

Відзначимо, що поява нових теорій, як відповідей на нові виклики зовнішнього середовища, не скасовувало дію і дієвість теорій, які були

створені раніше. На кожному етапі послідовно відбувається органічна інтеграція нових та існуючих теорій, доповнюючи і посилюючи дію останніх. Необхідність в нових теоріях виникає тому, що існуючі не можуть пояснити і забезпечити успіх і стійкість організацій.

Сьогоднішній світ характеризується високим рівнем турбулентності, і в цих умовах стає неможливим забезпечити успіх організації тільки завдяки маркетингу, логістиці, проактивному і проектно-орієнтованому управлінню. Більш того, успіх деяких організацій неможливо пояснити зазначеними теоріями. Саме тому деякі дослідники соціальних і економічних систем, організацій звернулися до «класики» - непорушним законам фізики і, зокрема, ентропії.

З іншого боку дослідники, сферою інтересів яких є оточуючий нас світ і загальні закономірності, притаманні системам будь-якої природи, прийшли до розуміння єдності закону збереження енергії і другого закону термодинаміки. Воно поширилося на біологічні та соціальні системи, а також на системи будь-якої природи, що далі буде проаналізовано більш деталізовано.

Таким чином, передумовами використання категорії «ентропія» в термодинамічному аспекті і формування ентропійної теорії є наступні (рис.1.2).

Отже, з одного боку, має місце наявність процесів і їх результатів як у внутрішньому середовищі організацій, так і в її взаємозв'язку з зовнішнім середовищем, які не можуть пояснити сучасні теорії та категорії. Наприклад, чому де-яка організація стає успішною попри відсутність нових технологій, мінімізації витрат на маркетинг і т. п. і залишається стійкою, не дивлячись на турбулентність зовнішнього середовища; а де-яка, що використовує сучасні технології, щорічне навчання і підвищення кваліфікації персоналу - ні. З іншого боку, ідея загальності законів для систем будь-якої природи [90, 249, 250] привела до численних досліджень, пов'язаних з законом збереження енергії, другим законом термодинаміки, ентропією. Особливо активно ідея

ентропії використовується для соціальних систем, прикладами можуть служити роботи [4, 51, 52, 54, 62, 78, 79, 82]. Крім того, багато авторів шляхом логічних міркувань і формування схем причинно-наслідкових зв'язків обґрунтовують факт наявності дисипації енергії і ентропії для різних систем [50, 53, 60, 62, 85, 87, 130-132, 185-187, 212-213, 215, 219, 243]. І, природно, факт наявності у різних систем енергії, як відправної точки для використання другого закону термодинаміки, пояснювався в роботах [90, 213, 219, 305].

Рисунок 1.2 – Передумови ентропійної теорії управління організаціями

Таким чином, зустрічний рух потреб в розвитку теорії управління і наявності цілого ряду робіт, присвячених обґрунтуванню ідеї загальності другого закону термодинаміки, формує передумови формування нової теорії - ентропійної теорії управління організаціями.

Обґрунтувавши наявність необхідних передумов у ентропійній теорії управління, проаналізуємо більш детально дослідження з даної тематики, в тому числі і ті, які згадувалися вище.

Отже, в кінці минулого століття набула поширення «econофізіка» [22, 47, 216] - науковий напрям, який базується на фізичних методах аналізу економічних даних, але не дотримується «фізики» економічних процесів. Згідно [216] «... econофізіка не спирається на експериментально доведені закони природи, такі, наприклад, як закон збереження енергії» (в контексті «закону збереження грошей»). Сьогодні econофізіка стала частиною сучасної науки про фінансові ринки, і в якості окремої дисципліни вона присутня в навчальних програмах фінансових спеціальностей багатьох провідних університетів.

Незважаючи на те, що ідея універсальності ентропії в термодинамічному контексті [90, 249, 250] була висловлена досить давно, можна констатувати практичну відсутність предметних досліджень за даним напрямком, пов'язаних з організаціями, за винятком лише окремих робіт. Так, слід зазначити ряд публікацій, які сформували певні передумови ентропійної концепції організації, основні положення якої у вигляді їх узагальнення та подальшого розвитку були викладені в [213, 221, 243]. По суті, категорія «ентропія» пропонується як «вища форма» універсального показника стану організацій. Таким чином, на зміну класичній економічній ефективності і більш широкому поняттю «цінності» приходить «ентропія», як критерій успішності і життєздатності [90] організації.

Проте, подальший розвиток сучасної наукової думки призводить до того, що фізичні категорії і закономірності знаходять своє застосування в розумінні функціонування і розвитку бізнесу, в управлінні організаціями. В

окремих дослідженнях (наприклад, [78, 79, 87, 243]) обґрунтовано, що організаціям притаманні категорії фізичних систем. Зокрема, в [87] вказується, що сьогодні «... не вважається спірною правомірність застосування законів фізики для економіки». Тому теза про те, що «закон збереження енергії в грошовому контексті не працює» є дещо не обґрунтованою. Одним з фундаментальних понять фізики і важливою категорією термодинаміки є «ентропія», і сьогодні здійснюються перші спроби обґрунтувати її наявність і встановити закономірності її формування та зміни в контексті управління підприємствами (організаціями). Першою фундаментальною роботою, в якій узагальнені всі існуючі на той момент знання по ентропії, і сформульовані основні закони «енергоентропіки» - універсальної методології дослідження різних явищ і процесів за допомогою енергоентропійних балансів - є [90].

Дана робота послужила імпульсом для «універсалізації» енергоентропії і проникнення законів термодинаміки в дослідження систем різної природи.

Основна складність виникає в адаптації фізичних величин і відповідних закономірностей до специфіки нефізичних систем, прикладами найбільш складних з яких є організації та підприємства. Складність полягає, перш за все, в наявності «людського фактору» як всередині самої системи, так і в її оточенні, що ускладнює формалізацію відповідних закономірностей. Відзначимо, що відповідно до сьогоднішніх уявлень, енергоентропія організацій і підприємств є продуктом своєрідного чорного ящика: багатьом зрозуміло, що «ось воно є на виході», але «як це працює» поки не зовсім ясно.

Наведемо цитату [87, С.91]: «Останнім часом з'явилося багато робіт, де термодинамічні ідеї формально переносяться в область соціології, економіки, екології і т. д. Обґрунтування цих підходів зустрічає серйозні ідейні та логічні труднощі. У багатьох нефізичних науках обсяг експериментальних даних не дає можливості провести узагальнення на феноменологічному рівні, а побудова математичних теорій «буксує» ще на етапі вироблення загальних

понять, висновків і закономірностей. Однак процес конвергенції наук вже йде, і ... термодинамічний метод є одним з основних універсальних методів побудови теорій».

Найбільш доступним для розуміння суті, якщо так доречно висловитися, є поняття *«інформаційної ентропії»* - міри невизначеності, яка в силу досить ясного трактування знайшла своє застосування в окремих дослідженнях, пов'язаних з процесами функціонування та розвитку підприємств, в тому числі, і проектно-орієнтованих (наприклад, в роботах [21, 23-26, 30, 38-40, 48, 245, 299, 300, 302]).

В [145] наведено ідею про те, що хаос має суттєвий вплив на компанію, тому будь-яка система, бізнес-система прагне до збільшення ентропії. Ентропія є в цьому випадку показником, формулює безліч потенційних станів, в які організація може потрапити, так само як і потенційні результати проектів організації які формують її успіх. За думкою автору ентропія в кожному окремому проекті або бізнес-процесі вказує кількість необхідної інформації для управління невизначеністю. Іншими словами, ентропія вказує необхідний потенціал прийняття рішення через життєвий цикл проекту. Поняття інформації та кількості інформації в певному проекті сильно залежить від його змісту, репрезентативності (методу вимірювання) і точності [145].

В [250, С.49] наведено тезу про то, що за допомогою параметра ентропії оцінюється кількість управлінських зусиль менеджера або керівника, необхідних для вибору оптимального рішення і подолання невизначеності в конкретному бізнесі або в конкретному проекті. Очевидно, що чим менше ентропія, або невизначеність, в бізнесі або в проекті, тим менше зусиль потрібно затратити менеджеру на вибір рішення. З можливих альтернативних рішень для менеджера вибір правильного рішення тим складніше, чим більше ентропія і, отже, невизначеність процесу. Ентропія конкретного проекту або бізнесу показує величину необхідної інформації для прийняття рішення. Що стосується сумарної ентропії, вона визначає

сукупність можливих станів, в які може потрапити компанія. Якщо керівництво компанії або менеджер не приймає вчасно управлінське рішення по важливих проектів, то ентропія і, отже, безлад в компанії зростає.

Застосування *«ентропії структурної»* [211] в контексті порядку і хаосу соціально-економічних систем почалося з публікації [215] і стало, по суті, центральною категорією для цілого наукового напряму «синергетика» (науки про самоорганізацію).

Таким чином, структурна і інформаційна ентропія отримали широке застосування в дослідженнях щодо функціонування та розвитку підприємств. Так як дані види ентропії «вписалися» в контекст соціотехнічних систем і проектно-орієнтованих організацій, то наступним логічним кроком стали спроби застосування *термодинамічної / енергетичної* ентропії для управління підприємствами взагалі і проектами зокрема. Така ідея, в тому числі, обумовлювалася поширенням категорії «підприємницька енергія» [306], про що було сказано вище. Тобто, з одного боку, додавання одних видів ентропій до організацій логічно привело до ідеї застосування і *енергетичної / термодинамічної ентропії*; з іншого боку, використання категорії «*енергія*» в контексті специфічного ресурсу організацій також призвело до ідеї наявності у організацій енергетичної ентропії.

У роботах [213, 219] «енергетична» ентропія використовується як характеристика стану підприємства і, зокрема в [213] вибудовується система формування зовнішньої і внутрішньої ентропії підприємства і пропонується математичний опис можливих варіантів їх динаміки, встановлено зв'язок ентропії і «економічного відторгнення» підприємства.

Так, у відповідно до [213, С.46] «на підприємстві формування та зростання ентропії пов’язано з фізичним зносом матеріальних активів, зниженням ефективності використання інформаційних факторів (старіння), порушенням внутрісистемних та зовнішнє системних зв’язків. Для здійснення своєї діяльності (закупівлю сировини, виробництво та реалізація товарів та послуг) підприємство щоденно витрачає власні ресурси (енергію).

Навіть підприємство, що тимчасово не випускає продукцію, змушене нести певні витрати: підтримується працездатність виробничих потужностей, сплачуються орендні платежі, певні податкові платежі тощо… Втрачена енергія – перший крок до неминучого зниження упорядкованості та поширення відторгнення».

Згідно цього же джерела [213] дисипативна складова ентропійного балансу підприємства являє собою податкові платежі, збори, певні види збитків, неустойки, різниці між максимально можливим та фактично досягнутим обсягом доходу (втрачена вигода). Також дисипативну складову збільшують і низька ефективність основних технологічних та виробничих процесів. Оскільки перевищення витратних виробничих матеріалів (матеріаломісткість, енергомісткість) може бути віднесено до пасиву ентропійного балансу або в актив його дисипативної складової.

В [219, С.18] встановлено зв'язок між впорядкуванням системи та балансу ентропії: «впорядкування системи відбувається в рамках балансу припливу-відтоку ентропії: стійкий стан системи забезпечується, якщо за даний період часу виробництво ентропії в системі відповідає відтоку її в зовнішнє середовище; підвищення впорядкованості системи досягається в тому випадку, якщо відтік ентропії в зовнішнє середовище за період перевищує її виробництво системою; зниження впорядкованості відбувається в тому випадку, якщо виробництво ентропії системою за період перевищує її відтік в зовнішнє середовище».

Автор [219] також формулює закон оптимуму системоутворюючих чинників, згідно до якого для будь-якої відкритої стаціонарної системи існує такий набір і поєднання в просторі і часу системоутворюючих чинників (матеріальних, інформаційних), при якому буде досягатися максимально можливе зниження ентропії в системі; при такому стані системи параметри системоутворюючих чинників максимально відповідають цілям і задачам функціонування системи і найкращим чином пов'язуються між собою. Розвиток отриманих результатів Мельнік Л.Г. [219] бачить у розробці

економетричних інструментів, що діагностують ступінь відхилення параметрів функціонування систем від найбільш ефективних значень, що дає можливість формувати механізми наближення параметрів системи до найефективнішого стану. Тобто обґрунтовані закони можуть служити також як інструментальної основи для формування системи обмежень параметрів (режимів) функціонування систем за допомогою механізмів зворотного зв'язку.

Інтуїтивне розуміння і визнання факту існування у організації ентропії в енергетичному контексті притаманне багатьом сучасним фахівцям. І, зокрема, в роботі [243] дається логічне обґрунтування фактів наявності ентропії і ілюстрації її динаміки. За думкою автора навколо кожного підприємства є зони більш "гарячого" (де більше хаосу, плутанини і "броунівського руху") і більш "охолодженого" (систематизованого, упорядкованого і насиченого інформацією) простору. Для того, щоб підприємство було успішним, його внутрішнє простір має бути, з одного боку, наповненим енергією, але з іншого боку, в ньому має бути якомога менше розсіяного тепла. При цьому автор наводить досить переконливі і зрозумілі приклади «роботи» законів енергоентропіки для підприємств, сформульованих в [90], але без будь-якої їх формалізації. На базі законів енергоентропіки [90] Петренко А.В. [243] робить наступні висновки:

• Прогресивний розвиток доступний тільки відкритим системам;

• Будь-який розвиток системи починається там, де встановлюється круговорот її елементів, що завжди потребує притоку енергії;

• Найістотнішим чинником успіху такої цілісної макросистеми, як організація, є циркуляція в ній інформації;

• Інформаційна цінність системи залежить не від кількості укладеної в ній інформації (воно в принципі нескінченно), а від того, хто і як цю інформацію використовує;

• Перемагають ті організації, в яких має місце більш активну використання ресурсів зовнішнього середовища.

Згідно даного джерела [243, С.10], «..концепція енерго-ентропійного аналізу кардинально розширює горизонти бачення чинників ефективної діяльності, …. стрижнем всієї управлінської філософії, логічно інтегруючим і менеджмент, і маркетинг в єдине ціле, по праву може бути принцип побудови ефективних антіентропійних робочих циклів діяльності організації, що обслуговуються адекватним менеджментом».

Як раніше вказувалось, у багатьох існуючих публікаціях автори не дають чітко обґрунтовану теорію, і досить часто оперують такими поняттями як «енергія» і «температура», не даючи цим категоріям чіткого трактування в контексті розглянутих систем.

У [213] параметр «Т» у формулі ентропії характеризує досягнутий рівень усунення відторгнення на підприємстві та впорядкованості його діяльності, що за своєю сутністю є інформаційним параметром. «Т» описує такий стан підприємства, підтримання якого забезпечує більш високий рівень організації підприємства, але при цьому стає для нього більш витратним функціонуванням. Тобто автор не використовує термін «температура», але ж параметр «Т» у її закономірностях є аналогом температури.

Тобто можна констатувати досить різноманітне застосування ентропії в дослідженнях, присвячених управлінню економічними, соціально-економічними та соціотехнічними системами. На відміну від інформаційної ентропії, за своєю суттю пов'язаної з невизначеністю, яка досить добре представлена в наукових дослідженнях (заснованих на теорії ймовірностей, математичній статистиці, теорії нечітких множин) ентропія, як фізична категорія, тільки «приміряється» на системи нефізичної природи.

На рис.1.3 представлено схематично розвиток категорії «ентропія» в контексті області її використання. До проблеми енергоентропії систем, що не відносяться до термодинамічних / фізичних систем, звертаються окремі автори протягом останнього десятиліття. Більшість робіт обґрунтовують змістовно (наприклад, [78, 79, 213, 219]) баланс енергій і наявність ентропії у

підприємств і організацій. В [78, 79] на змістовному рівні встановлено сутність температури і ентропії для соціальних систем.

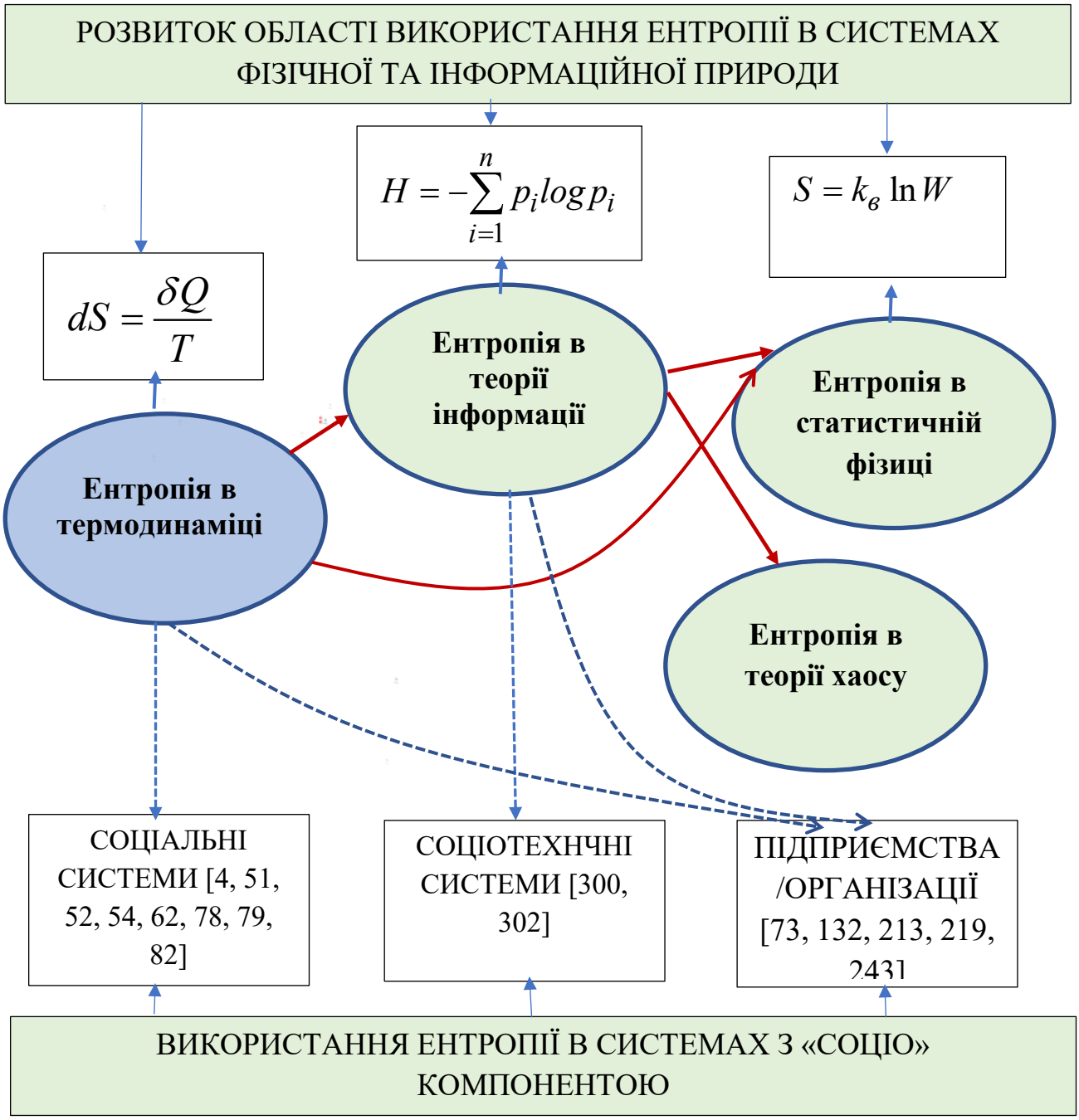


Рисунок 1.3 – Розвиток області використання ентропії

Основна складність виникає в адаптації фізичних величин і відповідних закономірностей до специфіки нефізичних систем, прикладами найбільш складних з яких є організації та підприємства. Складність полягає, перш за

все, в наявність «людського фактору» як всередині самої системи, так і в її оточенні, що ускладнює формалізацію відповідних закономірностей.

Відзначимо, що відповідно до сьогоднішніх уявлень, енергоентропія організацій і підприємств є продуктом своєрідного чорного ящика: багатьом зрозуміло, що «ось воно є на виході», але «як це працює» поки не зовсім ясно.

Проте, слід зазначити, що практична більшість даних публікацій не дає чітко структурованого підходу і постулатів «ентропійного» підходу в управлінні організаціями. Це пояснюється тим, що «інтуїтивне» розуміння того, що все, що відбувається в нашому світі підпорядковується одним і тим же глобальні закономірностям, вимагає часу для чіткого усвідомлення, ідентифікації і дослідження. Ентропія в термодинамічному контексті базується на наявності енергетичного обміну. Тому окремі автори звернулися до проблеми ідентифікації енергії організацій. Зокрема, у всіх публікаціях енергія підприємства розуміється як сукупність енергій різних видів ресурсів, причому не тільки матеріальних, а й енергії (підприємницької енергії) керівництва і людських ресурсів (психічної енергії, мотивації персоналу згідно [305]). Такі спроби трансферу «ентропійного» підходу відповідають єдності і універсальності глобальних закономірностей, властивих навколишньому світу на будь-яких рівнях його розгляду в рамках трансдисциплінарності.

Логічне обґрунтування наявності перетворення енергії на підприємстві і застосовності до нього такої категорії як ентропія представлено в [243], і, зокрема, наводиться теза про те, що «... з позиції окремого підприємства поле зовнішніх сил є ... статистичною макросистемою, елементи якої знаходяться в постійному ... хаотичному русі, що підкоряється статистичним, імовірнісним законам». Автор вважає, що «... енергія ... має дуже широке тлумачення: це і гроші (сама універсальна форма енергії в економіці), і мотивація персоналу (психічна енергія), і різні доступні для корисного

використання ресурси». Окремі види «енергій» підприємств розглянуті в [213, 243, 305, 306].

Робота [219] аналізує два сценарії динаміки вільної енергії і ентропії системи (підприємства) в контексті її стійкості. Зменшення ентропії в системі автор розглядає як результат адекватної реакції на зміну зовнішнього середовища, але пропонована їм закономірність носить концептуальний характер і вимагає подальшого дослідження.

Баланс енергій і динаміка ентропії на підприємстві в процесі його прогресивного розвитку ідентифікована в [213], під енергією підприємства автор розуміє його капітал, а товаро-грошові відносини виступають в якості «квазіенергії». Слід зазначити, що це одна з небагатьох робіт, в якій автор обґрунтовує в рамках системної методології динаміку ентропії. Зокрема, в даному дослідженні ідентифіковані дві основні складові приросту ентропії підприємства: приріст, що формується всередині підприємства, і приріст, пов'язаний з енерго-інформаційним обміном між підприємством і зовнішнім середовищем; а також наведена умова формування негаентропії за рахунок відтоку ентропії в рамках ієрархічного простору підприємства. Дані результати задають орієнтири для подальшого розвитку енергоентропійного підходу стосовно підприємств і організацій.

Говорячи про ентропію, автор в [250] стверджує, що «... еволюція життя на Землі йде від простого до складного, а другий закон термодинаміки пророкує зворотний шлях еволюції - від складного до простого. Зазначене протиріччя пояснюється в рамках термодинаміки незворотних процесів. Живий організм як відкрита термодинамічна система споживає ентропії менше, ніж викидає її в навколишнє середовище. Величина ентропії в харчових продуктах менше, ніж в продуктах виділення. Іншими словами, живий організм існує за рахунок того, що має можливість викинути ентропію, що виробляється в ньому внаслідок незворотних процесів, в навколишнє середовище. Саме ця обставина дала право Е. Шредінгеру сказати, що "організм харчується негативною ентропією"».

Основна складність у проведенні досліджень, пов'язаних з енергоентропією організацій, полягає у відсутності можливості проведення експериментів, збору емпіричних даних. Тому термодинамічні категорії, які вводяться зазначеними авторами в розгляд процесів життєдіяльності організацій, як правило, не підкріплювалися відповідними моделями.

В [73] автори аналітичним шляхом на базі формулювання аксіоматичних положень доводять, що при виконанні певних умов у будь-якої системи існує ентропія, а також обґрунтовують емпіричним шляхом зв'язок ентропії (енергоентропії) з ентропією, що розглядається в рамках статистичної фізики.

Проте, можна стверджувати, що для такого специфічного класу систем, якими є організації, енергоентропія вимагає адекватного моделювання і відповідної експериментальної перевірки моделі.

Для будь-якої системи має місце інформаційно-енергетичний обмін із зовнішнім середовищем, що призводить до якоїсь інтеграції «енергетичної ентропії» і «інформаційної ентропії», і деякі автори (наприклад, [249]), вважають, що загальна ентропія будь-якої системи (і, в зокрема, підприємства) є сумою зазначених ентропій. Можливо, це і так, але на сьогоднішній день немає чіткого обґрунтування цієї тези.

В [243] представлена наступна теза: «внутрішній менеджмент, і маркетингова політика - це ланки реалізації цілісної схеми роботи підприємства, або, якщо говорити мовою термодинаміки, його "робочого циклу". І це пояснює, в чому головна цінність погляду на підприємство з позицій енерго-ентропійних перетворень. З'являється реальна можливість по справжньому системно охопити одночасно і різні аспекти його внутрішнього менеджменту, і його маркетингової політики в їх реальній єдності». Таким чином, дослідники ентропії (енергоентропії) стосовно підприємств і організацій бачать основну цінність ентропійного підходу в єдності всіх підсистем, що беруть участь в перетвореннях «енергії».

Ентропія є категорією, яка постійно розширює межі свого використання і знаходить застосування в дослідженнях поведінки різного роду систем і вирішення різноманітних завдань в якості нового інструменту, що дає великі можливості в порівнянні з традиційними підходами. Отже, категорія «ентропія» бере свій початок в термодинаміці, і подальший розвиток науки призвів до появи інформаційної (структурної) ентропії, як міри хаосу і порядку, невизначеності, а в рамках статистичної фізики ці два види ентропії отримали взаємозв'язок на теоретичному рівні.

Для організацій і підприємств ситуація протилежна - спочатку інформаційна ентропія стала використовуватися в контексті управління організаціями (наприклад, [23-26, 30, 38-40, 48, 245, 299, 300, 302]). У даних роботах інформаційна ентропія виступає в якості універсального інструменту оцінки зовнішнього середовища організацій з точки зору невизначеності, як додаток (або протиставлення) традиційно використовуються методам теорії ймовірностей. Причому об'єктом в даних дослідженнях виступають як організації в цілому, так і проекти, як виділена частина бізнес-процесів організації.

Відзначимо, що систематизація знань про ентропії була представлена в роботах [90, 249, 250], але ці роботи мають переважно, світоглядний характер і не дають конкретної методології та відповідних методів використання ентропії в контексті управлінні організаціями.

Отже, з усього різноманіття сучасних публікацій з проблеми управління організаціями з використанням ентропії, лише незначна частина пов'язана з «енергоентропією», причому останні більшою мірою задають загальні орієнтири досліджень в даному напрямку, ніж вирішують конкретні теоретичні завдання. Дані публікації констатують:

а) факт наявності енергоентропії у організацій [78, 79, 90, 213, 219, 29, 250, 286];

б) справедливість енергетичного балансу для організацій [213, 219];

в) наявність дисипації енергії, яка, власне, і зумовлює наявність ентропії [78, 79, 187, 213, 219, 243].

«Відчути на дотик» енергоентропію організацій практично неможливо, власне, як і ентропію в класичному її розумінні в термодинаміці. Тому, приводячи окремі закономірності динаміки ентропії шляхом перенесення відомих закономірностей з термодинаміки (і, зокрема, рівняння Клаузіуса [191]) на організації, автори більшою мірою подають ідею існування подібних закономірностей, ніж надають конкретний інструмент, який може бути застосований для оцінки динаміки ентропії. Базовими поняттями енергоентропійної парадигми є: *енергія, теплота, температура*. Оперуючи даними категоріями в рамках «перенесення» термодинамічних закономірностей на соціальні і соціо-економічні системи, в практичній більшості автори не обґрунтовують наявність і специфіку змісту даних категорій для зазначеного класу систем.

Математичне обґрунтування умов при яких у системи існує ентропія представлено в [73].

Таким чином, факт існування енергоентропії організацій можна вважати незаперечним, якщо виходити з погляду на організацію як на систему, яка обмінюється з зовнішнім середовищем *енергією, інформацією і речовиною*. Основна ідея енергоентропійної концепції організації відповідно до даного підходу викладена в [17].

В [73] на базі певної аксіоматики теоретично доводиться існування ентропії, як характеристичної функції простору станів системи: «... Якщо існує досвідчений факт того, що для деякої системи можна висунути гіпотезу існування емпіричної міри як деякої величини, що комплексно характеризує стан системи, то можливе обґрунтування принципу існування певного виду ентропії і встановлення закономірностей, які характеризують зміну станів цієї системи »[С.110]. В роботі [74] ці ж автори роблять висновок про те, що даний підхід може бути «... розповсюджений не системи нефізичної природи, наприклад, природні, соціальні та економічні».

Крім того, для будь-якої системи має місце інформаційно-енергетичний обмін із зовнішнім середовищем, що призводить до якоїсь інтеграції «енергетичної ентропії» і «інформаційної ентропії», і окремі автори (наприклад, [249]), вважають, що загальна ентропія будь-якої системи (і, зокрема, підприємства) є сумою зазначених ентропій. Можливо, це і так, але на сьогоднішній день немає чіткого обґрунтування цієї тези.

Узагальнення результатів досліджень, які розглядають ентропію в термодинамічному аспекті стосовно підприємств і організацій, дозволяє зробити наступний висновок, який представлений у вигляді схеми на рис. 1.4.

Рисунок 1.4 – Сучасний погляд на ентропію підприємства/організації та її складові

Базовими поняттями енергоентропійної парадигми є: *енергія, теплота, температура.* Як вище вказувалося, оперуючи даними категоріями в рамках «перенесення» термодинамічних закономірностей на соціальні і соціо-економічні системи, в практичній більшості автори не обґрунтовують наявність і специфіку змісту даних категорій для зазначеного класу систем. Як виняток можна навести приклад роботи [215], де автор задає параметр Т - аналог температури, який характеризує досягнутий рівень відторгнення і

впорядкованості підприємства. Проте, незрозумілим залишається те, як же виміряти цей рівень. Тобто, вводиться досить абстрактне поняття без конкретизації його суті і відповідної шкали оцінювання, що як раз і є необхідним для такої категорії як «температура» в класичному її розумінні.

В [219] автор енергію підприємства бачить за наступною структурою:

$$W = W_m + W_г + W_T \tag{1.1}$$

де Wm - затрати енергії (для економічної системи - квазіенергії), необхідні безпосередньо для здійснення функцій метаболізму в системі та виробництво ею вільної енергії (квазіенергії); Wг - затрати енергії (квазиэнергии) на підтримку рівня гомеостазу (реалізація механізмів відмовної зворотної зв'язку); для економічних системних даних затрат сопряжені з функціями управління, забезпечення безпеки, створення необхідних умовних робіт; Wт - затрати енергії (квазіенергії) на здійснення трансформації рівня гомеостазу (реалізація механізмів позитивного зворотного зв'язку); для економічних систем даний вид витрат пов'язаний з реструктуризацією, модернізацією, переозброєнням підприємств.

Досить цікавими є роботи [78, 79], присвячені ентропії соціальних систем. Автори розуміють під ентропією де-яку функцію від числа можливостей для структури системи для заданої величини внутрішньої енергії, або іншими словами - це кількість варіантів існування системи при заданій кількості ресурсів. В якості температури автори використовують міру того, як ефективно соціальна система використовує свої реалізації. Коментуючи даний підхід, слід зазначити, що все викладене логічно і чітко вкладається в існуюче розуміння певних закономірностей, властивих, в даному випадку, соціальним системам. Зокрема, в [78] внутрішня енергія соціальної системи $\tilde{U}$ представлена у вигляді термодинамічної закономірності:

$$\tilde{U} = \tilde{F} + \tilde{T} \cdot \tilde{S}, \tag{1.2}$$

де $\tilde{F}$ - це частина енергії, яка безпосередньо пов'язана з виконанням соціальною системою відповідних дій (фактично, корисна робота, якщо в міркувати в термінах термодинаміки), $\tilde{T}$ - це температура соціальної системи, $\tilde{S}$ - ентропія соціальної системи. При цьому автори розуміють під ентропією якусь функцію від числа можливостей для структури системи для заданої величини внутрішньої енергії $\tilde{U}$, або іншими словами - це кількість варіантів існування системи при заданій кількості ресурсів. В якості температури автори використовують міру того, як ефективно соціальна система використовує свої реалізації. При високій температурі соціальна система використовує більшість зі своїх реалізацій, при низькій - навпаки.

За думкою авторів [78,79] чим більші ресурси, тим менше ймовірність великих коливань, які можуть призвести до зменшення кількості можливостей. Наприклад, знання можуть впливати на ентропію соціальної системи. У більших системах навряд чи якась частина знань буде втрачена, тоді як у менших про деякі знання можна просто забути. Введена таким чином ентропія соціальної системи нагадує традиційну термодинамічну ентропію у кількох важливих аспектах. В обох випадках ентропія монотонно зростає з часом, і ймовірність коливань зменшується із збільшенням розміру системи. Можна стверджувати, що кількість реалізацій системної структури залежить від кількості суб'єктів, технологічного рівня та соціальних норм, які можуть бути законодавчими чи неформальними тощо. Деякі з цих факторів збільшують ентропію, тоді як інші її зменшують [78]. У даному ж джерелі вказується, що, для того, щоб розробити концепцію температури соціальної системи, треба виходити з різниці між доступністю та реалізацією певних можливостей структури системи. Величина, яка вимірює, наскільки ефективно одна соціальна система використовує свої реалізації, є *температурою соціальної системи*. У системах із відносно високою

температурою реалізується більшість варіантів, тоді як у системах із відносно низькою температурою маємо протилежну ситуацію.

Коментуючи даний підхід, слід зазначити, що все викладене логічно і чітко вкладається в існуюче розуміння певних закономірностей, властивих, в даному випадку, соціальним системам. Але, як і в інших роботах (наприклад, [215, 219]) дані закономірності в представленому вигляді не можуть бути реалізовані на рівні кількісних показників. Тобто відсутні, наприклад, інструменти того, а як же оцінити або: має місце подача ідеї без необхідної формалізації.

При цьому енергоентропія визначена як «плата за структуру» або, інакше, це може бути сформульовано як витрати енергії на формування певного порядку в системі.

Таким чином, більшість робіт дають *концептуальні моделі з використанням енергоентропії*, які не можуть в існуючому вигляді бути використані для кількісної оцінки ентропії конкретних організацій. Таке застосування ентропії в дослідженнях, присвячених управлінню соціальними, економічними, соціально-економічними та соціо-технічними системами пояснюється становленням енергоентропійної теорії організацій як нового напрямку і відповідає сценарію розвитку будь-якої нової наукової думки.

В [300] було обґрунтовано, що енергоентропія проявляється в сукупності з інформаційною ентропією на рівні організацій в цілому і проектів зокрема. Так як для організацій неможливо встановити множину можливих варіантів структур (в силу нескінченності варіантів), то в [73] було обґрунтовано, що, структурна ентропія організацій трансформується в інформаційну, яка відображатиме множину можливих варіантів стану. Таким чином, ефективність структури проявляється в результатах. Таким чином, енергоефективність та порядок взаємопов'язані, що теоретично доведено в [73]. Крім того, в [73] міститься математичний доказ того, що якщо система (незалежно від її сутності і природи) має певні властивості, то їй властива

ентропія в термодинамічному контексті, і, зокрема, автори висловлюють думку про те, що підприємства належать до зазначеної категорії систем.

В [302] представлено тезу про те, що «зв'язок між речовиною, енергією та інформацією неможливо пояснити без допущення існування, крім речовини (маси) і енергії, ще додаткової форми (поля) стану об'єктивної реальності - негентропії. Таке негентропійне поле поки не вдається виміряти фізичними одиницями і приладами, воно тільки обчислюється. Узагальнення негентропії служить проміжною ланкою між інформацією та матеріально-енергетичним фізичним світом: з одного боку, вона пов'язана з масою і енергією, а з іншого боку, легше взаємодіє з інформацією, що надходить. Аналогічно тому, як робота передає енергію, інформація передає узагальнену негентропію з однієї системи в іншу». Ця теза конкретизує вираз Шредінгера про негентропію.

Про необхідність організації такого обміну з зовнішнім середовищем, при якому виникає негентропія йдеться також і в роботі [215]: «ентропійного збалансування підприємство здатне досягнути тоді, коли в кожний з моментів певного проміжку часу формування внутрішньої ентропії буде супроводжуватися зниженням ентропії за рахунок обмінних процесів з зовнішнім середовищем».

Не стільки саме значення енергоентропії має цінність для аналізу ситуації, скільки її динаміка. Але, так як енергоентропійна теорія організацій тільки формується, то питання, пов'язані з динамікою енергоентропії не розглянуті навіть на концептуальному рівні, і тим більше з точки зору визначення механізмів впливу на цю динаміку. Тільки в [249] міститься бездоказове твердження про те, що при зростанні енергії системи енергоентропія зменшується (дане твердження стосувалося, зокрема, соціальних систем). Хоча це твердження є спірним і вимагає окремого дослідження.

Відповідно до класичної термодинаміки, енергоентопія з плином часу тільки збільшується, якщо тільки не відбувається відтік ентропії в зовнішнє

середовище, іншими словами, має місце негентропія, якою, згідно Шредингеру, «харчуються всі живі організми» [62]. В [219] на концептуальному рівні обґрунтовано, що відтік ентропії з відкритої системи може відбуватися тільки за умови прогресивного розвитку даної системи, до чого, власне, і повинні прагнути організації. Таким чином, життєздатність організацій забезпечується негентропією, і досягнення цього можливе при прогресивному розвитку.

Отже, універсальність енергоентропії з точки зору сфери діяльності організацій і її «інтегральність» в контексті обліку інформаційної (структурної) ентропії визначає необхідність відповідних досліджень її динаміки в рамках формування енергоентропійної теорії організацій на базі відповідної концепції.

Таким чином, в результаті аналізу публікацій можуть бути зроблені наступні висновки:

1) необхідність пошуку нових підходів до дослідження закономірностей функціонування і розвитку організацій / підприємств в умовах неефективності усталених методів зумовила застосування енергоентропії для зазначеної мети;

2) різні види ентропій використовуються в застосуванні до управління організаціями, в тому числі, і проектно-орієнтованими. При цьому залишається неясним наявність взаємозв'язку різних видів ентропій. В [90] міститься теза про те, що сьогодні існують два погляди на ентропії системи: згідно з першим, різні види ентропій є однією і тією ж ентропією, але з різних точок зору; згідно з другим, загальна ентропія системи - це сума різних видів ентропій, з урахуванням їх нормування. При цьому обидві думки є більшою мірою неаргументованими суб'єктивними точками зору різних авторів, ніж науково обґрунтованими положеннями;

3) практична більшість публікацій з використання енергетичної ентропії в контексті управління підприємствами та організаціями не дає чітко структурованого підходу і постулатів «ентропійного» підходу в управлінні

організаціями або проектами. Цінністю зазначених публікацій є те, що вони, по суті, поставили орієнтир для подальших досліджень, які повинні сформувати методологічну основу для застосування енергетичної ентропії в рамках поширення ідеї трансдисциплінарності.

4) основу ентропійного підходу становить енергетичний баланс і динаміка ентропії, що вимагає чіткої ідентифікації, деталізації і формалізації на базі системної моделі підприємства (організації).

Таким чином, питання застосування ентропійного підходу до управління організаціями залишаються відкритими і потребують фундаментального обґрунтування основних положень, які повинні сформувати основу ентропійної парадигми управління організаціями.

1.2 Сучасна теорія управління проектно-орієнтованими організаціями

Сьогодні управління проектами є провідною методологією, яка значно впливає як на сучасну теорію управління організаціями, так і на практичну діяльність різних бізнес-структур і некомерційних підприємств. Вона надає чітко структуровану концепцію і відповідний інструментарій організаціям різних сфер діяльності та сприяє їх трансформації в проектно-орієнтовані.

Слід зазначити, що проектна методологія, спочатку властива суто проектним організаціям, успішно зарекомендувала себе на практиці в управлінні різноплановими за своєю суттю і масштабом, організаціями. Це дало потужний імпульс розвитку теорії проектно-орієнтованих організацій ([147, 148, 155, 158, 160-162, 268, 278, 301, 303]). Таким чином, методологія і інструменти проектного менеджменту поширилися і поширюються далі, розвиваючись і переходячи на більш високий рівень, охоплюючи всі види підприємств, компаній і організацій. І сьогодні проектна методологія стає провідною управлінською концепцією, надаючи чітко структуровану методологію і відповідний інструментарій організаціям різних сфер

діяльності, як комерційним, так і некомерційним, трансформуючи їх в проектно-орієнтовані організації.

В даному дослідженні «організація» використовується як збірне поняття, яке включає в себе підприємства, компанії, і, власне, організації будь-якої сфери діяльності. Такий розгляд обумовлюється універсальними закономірностями проектно-орієнтованого управління.

Проектно-орієнтоване управління, з одного боку, має власну «гілку розвитку», яка передбачає як створення і розвиток універсальних положень, моделей і методів, так і максимально адаптованих до конкретної сфери діяльності. З іншого боку, базова - «материнська» - методологія управління проектами також стрімко розвивається, що збагачує і дає нові імпульси теорії проектно-орієнтованого управління організаціями. Тому аналіз сучасного стану теоретичної бази слід проводити в обох напрямках.

Фундаментом для методології управління проектами є системна методологія і теорія організацій, сучасне розуміння яких представлено в роботах [74, 98, 133-135, 166, 192, 202, 224, 237, 238, 274, 277, 284, 287, 304].

Сучасна теоретична база управління проектами спирається на різноманітні міжнародні стандарти [1,2, 34-37, 44-46, 61, 63-66, 69, 70, 72, 80, 81, 260, 261, 270, 271], мета яких уніфікувати накопичений практичний досвід і бачення міжнародних експертів. Таким чином, вводиться єдина термінологія і погляд на процеси управління проектами, програмами, портфелями. Все розмаїття стандартів може бути розподілено як на стандарти загального характеру, тобто охоплюють в цілому процеси управління, наприклад [260], так і присвячені конкретним аспектам управління проектами, наприклад, [65, 66].

Розвиток методологічних підходів в управління проектами та їх сучасна структура наведені на рис.1.5.

Рисунок 1.5 - Розвиток методологічних підходів в управління проектами

До основних фундаментальних теоретичних робіт, які формують основу сучасної методології управління проектами, слід віднести роботи С.Д. Бушуєва [138-149,153, 156], В.Д. Гогунського [171-175], Чернова С.К. [295, 296], І.В. Кононенко [199-201], І.В. Чумаченко [298], Ю.М. Теслі [280], К.В. Колесникової [75, 76, 196-198, 272], Н.С. Бушуєвої [150-152, 159], Д.А. Бушуєва [137, 154], В.А. Рача [256, 257]. Роботи [33, 41- 43, 49, 55, 58, 59, 84, 91, 100, 176, 189, 204, 208, 214, 222, 262, 281, 291-293] також розкривають окремі загальнометодологічні питання управління проектами.

Методологія проектно-орієнтованого управління як адаптація основних положень методології управління проектами до «непроектної» діяльності підприємств і організацій, а також збагачення її власними специфічними категоріями, представлено в роботах В.О. Вайсмана [160-162], С.Д. Бушуєва [155, 157, 158], окремі аспекти організації проектно-орієнтованого управління досліджені в роботах [247, 251-255, 301]. Згідно [160] поняття проектно-орієнтованого підприємства може вміщувати цілий ряд особливостей, серед яких можна виділити такі: це підприємство, яке включає

поряд з широким використанням методів проектного управління, організацію ведення бізнесу на основі інноваційних розробок, наукоємні підприємства, такі, що навчаються, креативні тощо. Відмінною ознакою таких підприємств є більш інтенсивне використання знань як джерела конкурентних переваг. Проектно-орієнтована система управління це система, в якій цілі досягаються переважно через реалізацію проектів.

Однією з центральних категорій сучасної теорії управління проектами та проектно-орієнтованими організаціями є «цінність» [3, 5, 71, 73, 89, 92, 97, 129, 147-149, 169, 170, 177-182, 184, 218, 220, 267, 279, 282, 288, 294, 298], яка є універсальною оцінкою результатів і може трансформуватися в своєму змісті від традиційної економічної ефективності до будь-якого блага і ефекту, одержуваного в результаті реалізації проектів і програм.

Таким чином, категорія «цінність» є одним з мейнстрімів в управлінні проектами. Дана категорія знайшла широке застосування в теорії і практиці управління проектами за рахунок, перш за все, універсальності, так як дозволяє оцінювати проекти незалежно від їх сутності та предметної області. Таким чином, «цінність проекту» є універсальною категорією, яка може трансформуватися в класичну економічну ефективність (якщо проект є суто комерційним), давати грошову або будь-яку іншу оцінку ефекту від реалізації, наприклад, соціальних або екологічних проектів.

Тут слід зазначити, що не тільки проекти в силу їх різноманітності вимагають універсальної оцінки у вигляді цінності. Підприємства, компанії, організації також можуть бути оцінені і охарактеризовані за допомогою такого ж універсального підходу. За логікою системного підходу і далі, складові будь-якої організації (в тому числі, і людські ресурси) також можуть бути охарактеризовані за допомогою цінності, причому як ресурси в сукупності, так і кожна окрема їх одиниця. Таким чином, категорія «цінність» може і повинна бути поширена на підприємство / організацію в цілому і його складові, зокрема. Це може бути визначено як один із

пріоритетних напрямків у розвитку проектно-орієнтованого управління організаціями.

Цілий напрям в сучасній теорії сформували моделі і методи формування портфелів проектів, і ідеї ціннісного підходу, природно, знайшли своє відображення в сучасних дослідженнях, присвячених цій проблемі.

Так, питань формування портфеля проектів присвячені як стандарти з управління проектами [56, 72, 261, 271], так і численні наукові дослідження [27-29, 31, 32, 86, 88, 93, 95, 96, 101, 163-165 , 167, 168, 188, 190, 194, 195, 205, 206, 210, 217, 225, 227-236, 242, 246, 258, 259, 262-266, 275-276, 285, 297]. В [72] стандарт пропонує методи управління портфелем і включає три області знань: стратегічне управління портфелем, управління ефективністю портфеля і управління комунікаціями портфеля. У роботах більшості зазначених робіт представлені класичні та інноваційні підходи до формування та управління портфелями проектів. Автори при класичній оцінці ефективності портфеля проектів визначають систему критеріїв оцінки і формулюють функцію цілей організації в просторі заданих критеріїв. Очевидно, що в портфель проектів повинні потрапити лише ті проекти, які приносять найбільшу користь, задовольняють ресурсним обмеженням і відповідають стратегічним цілям організації. При цьому, багато дослідників відзначають [199-201], що важливо при формуванні портфеля відбирати проекти не за одним критерієм ефективності, а по досить великому набору параметрів: фінансова ефективність, суспільна значущість і т. п. Моделі і методи управління портфелями проектів в різних умовах (при невизначеності і при нечіткості інформації) представлені в роботах В.К. Кошкіна [206], І.В. Кононенка [199-201], Ю.М. Теслі [280], В.М. Молоканової [227-236]. Програми розвитку і методи їх формування досліджені в [83, 203, 240, 283].

Питання проактивного управління проектами та портфелями досліджені в роботах Н.С. Бушуєвої [151, 152], а також в [67, 68, 226, 239, 241].

Ключовим фактором забезпечення успіху [142, 152, 156] проектів і проектно-орієнтованих організацій є трудові ресурси і команда проекту. Відзначимо, що розгляд проблеми управління трудовими ресурсами проектно-орієнтованих організацій є природним розповсюдженням і розвитком результатів дослідження проблеми управління командою проекту на більш високому рівні - рівні організації в цілому. Таким чином, дослідження даної проблеми має розглядатися в контексті синтезу управління трудовими ресурсами (класичного HRM) і управління трудовими ресурсами і командою проекту.

Дана проблема позначилася в сучасній науці протягом останніх 15 років. Зокрема, в [102] автор акцентує увагу на тому, що розвиток і поширення ідей проектно-орієнтованого управління на компанії і підприємства різних сфер діяльностей породжує рекурентну проблему управління трудовими ресурсами таких організацій. І хоча автор не дає конкретну методологію вирішення даної проблеми, він позначив її важливість для сучасної теорії і практики.

В [278] зроблено акцент на необхідності кар'єрного росту співробітників, причому з точки зору благополуччя проектно-орієнтованої організації. Не дивлячись на те, що в даній роботі не використовується термін «професійний потенціал», проте, саме в даному контексті йдеться про кар'єрний ріст фахівців організації.

Робота [183] узагальнює різні підходи до управління трудовими ресурсами, розглядаючи їх розвиток в історичному контексті, і робить акцент на корисності проникнення класичних підходів до управління трудовими ресурсами в проектний менеджмент і в управління проектно-орієнтованими організаціями. В якості одного з висновків в даній роботі виступає необхідність зосередження сучасними дослідниками на управлінні трудовими ресурсами в проектах проектно-орієнтованих організацій.

В [85] представлені результати статистичного аналізу факторів успіху в контексті управління трудовими ресурсами типових представників проектно-

орієнтованих організацій - компаній з розробки програмного забезпечення. Зокрема, встановлено такі основні механізми успішного управління трудовими ресурсами: оцінка ефективності виконання робіт, навчання і розвиток, участь в прийнятті рішень.

Серед робіт вітчизняної школи слід відзначити [58, 129, 257, які присвячені компетентнісному підходу в управлінні проектами. Відзначимо, що, не дивлячись на значну увагу вітчизняних дослідників до проектно-орієнтованих організацій, проблеми, пов'язані з трудовими ресурсами на даному рівні практично не розглядаються, як виняток, можна привести роботу [276], в якій, проте, акцент в здебільшого робиться саме на проекті, а не на всій організації.

І, природно, слід зазначити звернення сучасних досліджень до категорії «ентропія» в рамках управління проектами і проектно-орієнтованого управління. Дана категорія точково використовується, але виключно в контексті оцінки невизначеності і підходу Шеннона. Так, в роботах [21, 245, 302] інформаційна ентропія виступає як ключова категорія в оцінці ризиків проектів, при цьому залишаються за рамками досліджень питання її динаміки і впливу на неї. Таким чином, в сучасних роботах знаходить відображення практично тільки оцінка інформаційної ентропії проекту як міра його ризику. Проте, звернення до даної категорії лише підтверджує висновки, зроблені в п.п.1.1, про те, що сучасна наука про управління організаціями (в тому числі, і проектно-орієнтованими) вимагає використання нових категорій. При цьому їх введення не повинне «заперечувати» вже сформовані концепції та апробовані категорії (наприклад, «цінність»), а доповнювати і розвивати. На рис. 1.6 представлено структурно-логічне обґрунтування необхідності використання категорії «ентропія» в управлінні проектами та проектно-орієнтованому управлінні.

Рисунок 1.6 - Невирішена проблема в методологіях управління проектами

Висновок, який може бути зроблений в результаті аналізу сучасної методології управління проектами: на сьогоднішній день існує необхідність подальшого розвитку ідей ціннісного і ентропійного підходу. Так як категорії ентропія і цінність є системно взаємопов'язаними (як мінімум, тому що відображають властивості і характеристики одного об'єкта - проекту або проектно-орієнтованої організації), то логічно обґрунтованим є їх інтегральний розгляд стосовно проектно-орієнтованих організацій (рис. 1.7).

Категорія *«ентропія»* характеризує *стан організації*, «цінність» виступає в якості її мети і результату, а проектна методологія формує основу для організації діяльності компанії, підприємства, організації та управління нею. Таким чином, джерелами ентропійної парадигми є *ентропія* у всіх її проявах і *цінність*.

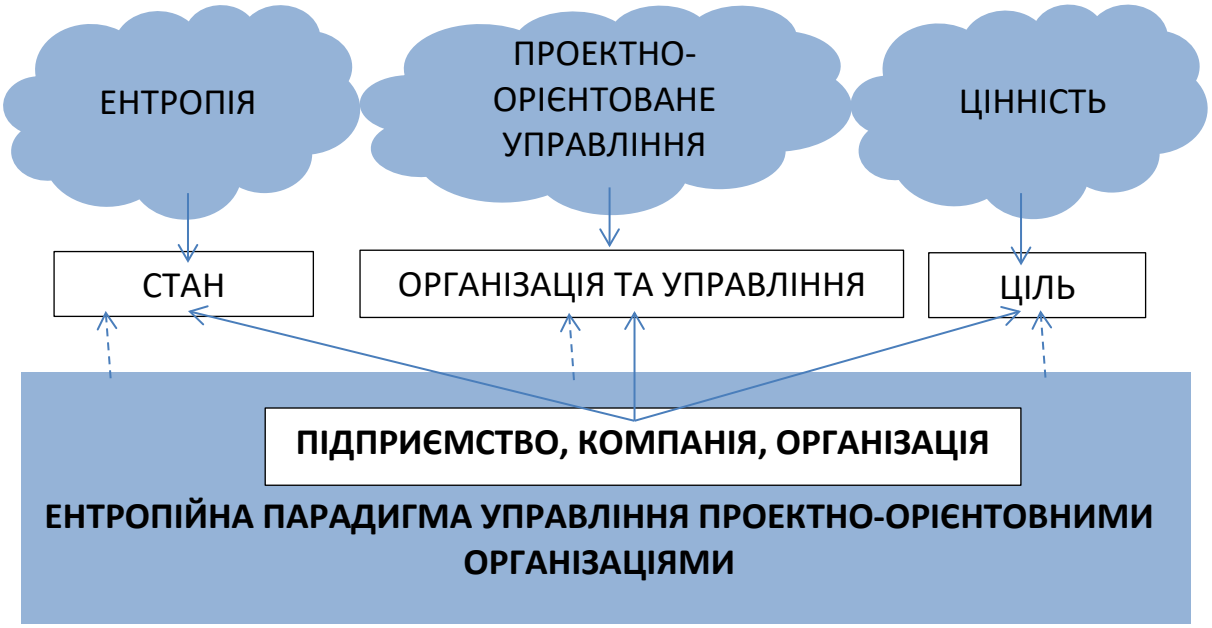


Рисунок 1.7 – Основні категорії ентропійної парадигми управління проектно-орієнтованими організаціями

Синтез ідей проектно-орієнтованого підходу, ціннісної концепції і ентропійного підходу забезпечить більшу ступінь адекватності теоретичної бази реальним процесам, які пов'язані із взаємодією організацій / проектів з зовнішнім середовищем. Такий підхід і покладений в основу даного дослідження.

Висновки до першого розділу

Універсалізація концепцій і категорій є глобальною тенденцією сьогоднішніх наукових досліджень. Прикладом зазначеного трансферу може служити «ентропія», яка почала своє існування, як суто фізична категорія, пізніше ентропія стає мірою порядку, який відбивається на інформаційному рівні, і далі ентропія почала використовуватися в якості міри невизначеності в теорії інформації. Сьогодні мають місце спроби застосування ентропії як термодинамічної категорії в якості характеристики стану підприємств і організацій.

Сучасний світ характеризується високим рівнем турбулентності, і в цих умовах стає неможливим, тільки завдяки маркетингу, логістиці, проактивного і проектно-орієнтованого управління, забезпечити успіх організації. Більш того, успіх деяких організацій не можна пояснити зазначеними теоріями. Саме тому окремі дослідники соціальних і економічних систем, організацій звернулися до «класики» - непорушним законам фізики і, зокрема, ентропії.

У теоретичних роботах обґрунтовано існування енергії у підприємств і організацій та наявність її дисипації. Проте відсутнє обґрунтування такої важливої термодинамічної категорії як «температура» для даних систем і її формалізація, що, в свою чергу, обумовлює відсутність на сьогоднішній день формалізації ентропії в термодинамічній контексті для підприємств і організацій.

Категорія «ентропія» в рамках управління проектами і проектно-орієнтованого управління використовується, але виключно в контексті оцінки невизначеності і підходу Шеннона, тому універсальність підходів до організацій і підприємств (як проектно-орієнтованих, так і ні) обумовлює необхідність поширення ідеї ентропійного підходу до управління на проекти і проектно-орієнтовані організації. Так як категорії ентропія і цінність є системно взаємопов'язаними приналежністю до одного об'єкту (проекту), то логічно обґрунтованим є їх інтегральний розгляд стосовно проектно-орієнтованих організацій. Таким чином, на сьогоднішній день існує необхідність подальшого розвитку ідей ціннісного і ентропійного підходів для проектно-орієнтованих організацій.

Основні положення даного розділу опубліковані в роботах [18, 20, 105, 110, 111, 118].

РОЗДІЛ 2
ЕНТРОПІЙНА КОНЦЕПЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИМИ ОРГАНІЗАЦІЯМИ

2.1 Ентропійна парадигма управління проектно-орієнтованими організаціями

У широкому сенсі слова, проектно-орієнтована організація - це підприємство, компанія або організація, керівництво якої побудовано на принципах проектної методології. Тому формульована *ентропійна парадигма*, в загальному і цілому, природно, властива будь-якому типу організацій, але для проектно-орієнтованих має свої специфічні особливості. Тому основні положення зазначеної парадигми представлені нижче в загальному вигляді для всіх типів організацій, і для проектно-орієнтованих, зокрема, з урахуванням їх специфіки.

Для чіткої ідентифікації місця, ролі і взаємозв'язку різних видів ентропій організації, слід сформувати відповідну системну модель проектно-орієнтованої організації. Формування ентропійної парадигми передбачає, перш за все, системне уявлення організації з урахуванням інформаційно-матеріально-енергетичного підходу до системи, як універсальної системної моделі.

Так, згідно з системним підходом (наприклад, [17]), підприємство, компанія, організація - це *цілісна система*, що знаходиться в нерозривній взаємодії із зовнішнім середовищем, з / в яку надходять *енергія, інформація, речовина* (рис.2.1).

Під *«речовиною»* будемо розуміти матеріальний продукт або послугу, створювану організацією, власне *предмет діяльності* організації. Крім того, організація має *певну структуру*, що включає в себе розподіл ресурсів, технологію (структуру виробництва) і організацію бізнес-процесів. Таким

чином, *інформація, енергія і структура* - три невід'ємні атрибути будь-якої організації, в тому числі, і проектно-орієнтованої.

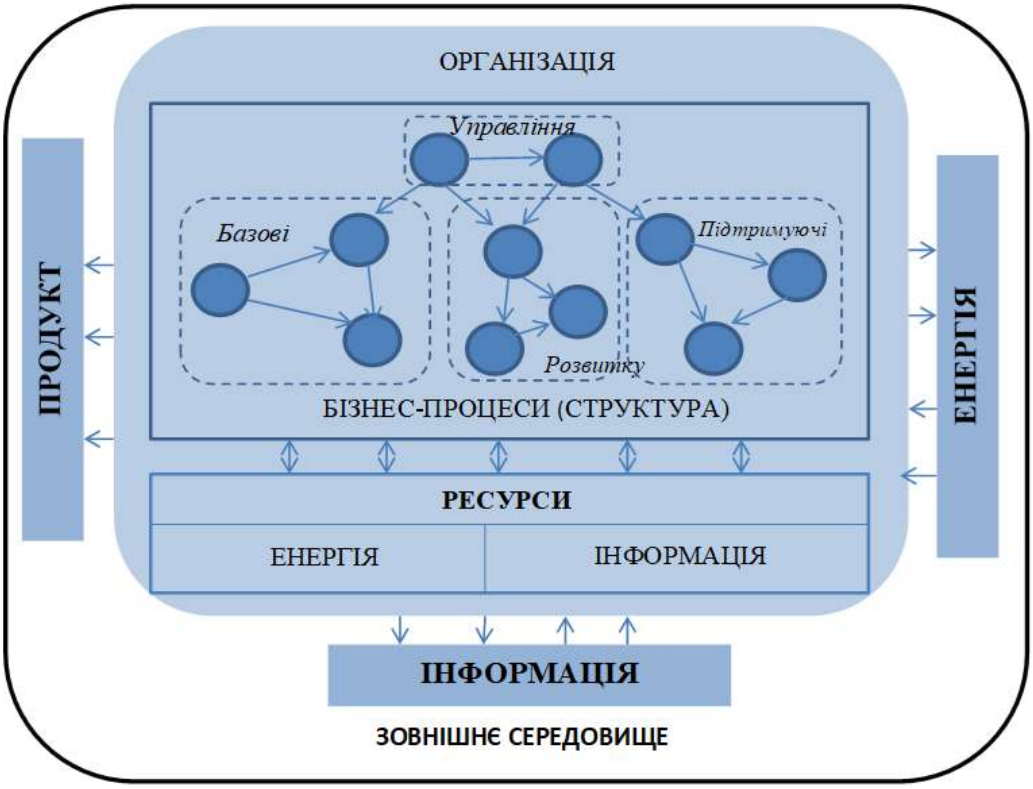


Рисунок 2.1 - Організація, як єдність структури, енергії та інформації

Під *енергією* будемо розуміти всі види ресурсів організації, за винятком інформації - специфічного виду ресурсів. Відзначимо, що в деяких джерелах в зазначеному контексті використовують термін «квазіенергія» (наприклад, [15,16]), підкреслюючи таким чином, що ресурси організації - це не енергія в чистому вигляді, як це прийнято розглядати в рамках фізики, а, по суті, якась можливість ресурсів - специфічна енергія, притаманна виключно системам, пов'язаним із соціальною складовою (соціотехнічні системи, наприклад). Без обмеження спільності, в подальшому, будемо використовувати термін «*енергія*» в контексті властивостей різних видів ресурсів організації.

Дійсно, енергія - це те, що, власне, дозволяє виконувати роботу, в контексті класичного підходу до визначення енергії. *Роботою* проектно-

орієнтованої організації (втім, як і будь-який інший) є *здійснення бізнес-процесів* (основних, управлінських і допоміжних), пов'язаних з основною діяльністю та процесами розвитку.

«*Речовина*», яку генерує організація - це її «продукт» (результат її діяльності, товар (товари), послуга (послуги)), який утворюється в результаті «роботи системи» і «пропонується» зовнішньому середовищу в обмін на «енергію» в вигляді, частіше за все, фінансових ресурсів. Крім того, із зовнішнього середовища організація отримує необхідні їй ресурси різних видів, наприклад, людські ресурси, сировину і т. п., а також інформацію. *Інформація*, на відміну від енергії, не витрачається, а може бути корисною або некорисною для організації, при цьому інформація про організацію та її продукті також поширюється в зовнішнє середовище, що формує інформаційний кругообіг.

Таким чином, обмін організації із зовнішнім середовищем енергією, інформацією і речовиною дозволяє їй здійснювати свою діяльність відповідно до структури, тобто певною сукупністю бізнес-процесів, які можуть бути класифіковані як бізнес-процеси управління, основної діяльності, допоміжні і розвитку.

Виконання роботи передбачає *використання ресурсів* (людських, матеріальних і т. п.), кількість, властивості і характеристики яких визначають кількісні та якісні характеристики кожного бізнес-процесу окремо і діяльності організації в цілому. Таким чином, енергія - це *інтегральна властивість ресурсу* (інтегральність полягає в тому, що енергія визначається сукупністю кількісних і якісних характеристик ресурсу), яке проявляється і витрачається при здійсненні бізнес-процесів.

В проектно-орієнтованих організаціях робота (бізнес-процеси) структурована по проектам, які пов'язані як з основною діяльністю, так і з розвитком організації (рис.2.2).

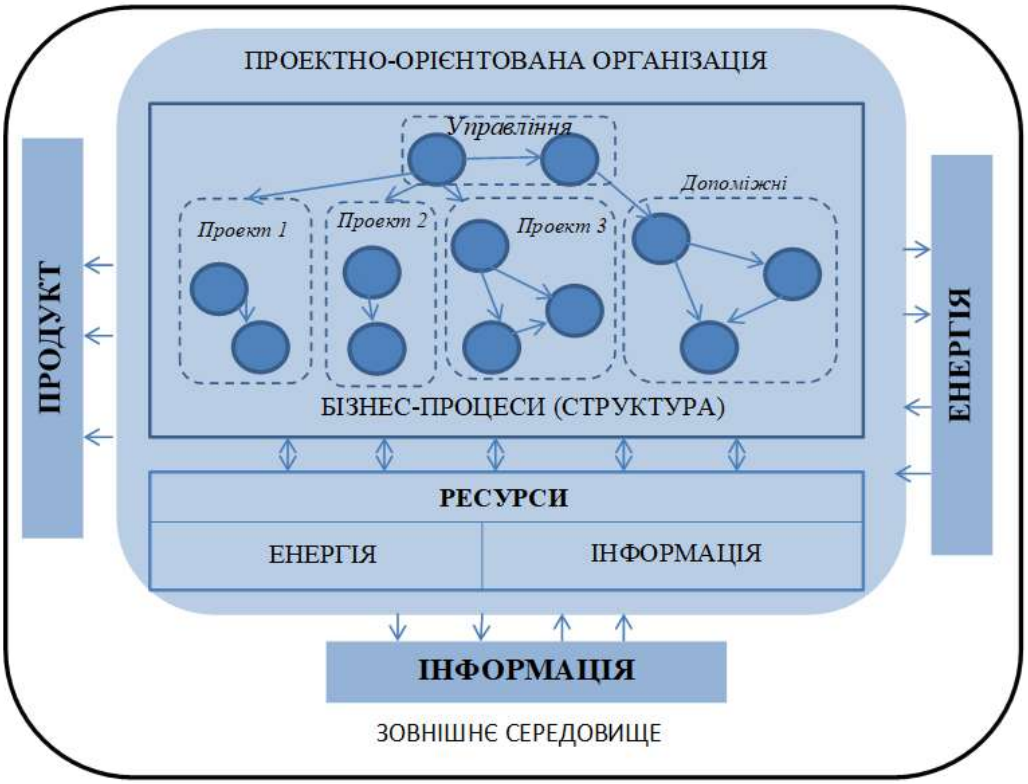


Рисунок 2.2 Проектно-орієнтована організація, як єдність структури, енергії та інформації

Все інше аналогічно тому, що було встановлено вище для всіх видів організацій.

Для будь-якої організації характерна наявність цілей, досягнення яких може бути визначено як *успіх* організації. Дані цілі пов'язані як з поточною діяльністю організації, так і з її розвитком. При цьому успіх в зазначеному контексті не завжди супроводжує організаціям, що може обумовлюватися цілою безліччю причин - непрофесійний менеджмент, несприятливі зміни на ринку, відсутність необхідних ресурсів, некомпетентність трудових ресурсів та ін.

Практично все, що заважає організаціям бути успішними і досягати поставлених цілей, може бути об'єднано в рамках однієї категорії - «*ентропія*». При цьому властивість ентропії така, що чим вона вище, тим це

гірше для організації, а при досягненні певного максимуму ентропія стає руйнівною для організації.

Наявність *енергії, інформації і структури* у організації обумовлює наявність ентропії відповідного типу. Сукупність «ентропій» організації відповідає основним видам ентропії, які виділяє сучасна наука: *інформаційна, структурна, енергетична*, які логічно пов'язані з основними компонентами системного уявлення організації. Таким чином, діяльність будь-якої організації пов'язана з існуванням і динамікою різних видів ентропій. І кожна з них при досягненні певного рівня може бути руйнівною для організації.

Так як в проектно-орієнтованої організації бізнес-процеси - основні і розвитку - структуровані за проектами, то кожен проект впливає на динаміку кожного виду ентропії організації. Може бути зроблений висновок про те, що «ентропійний внесок» проекту в загальну ентропію організації (для кожного її виду) є важливою характеристикою проекту.

Інформаційна ентропія служить мірою невизначеності, в якій приймаються рішення і здійснюються бізнес-процеси організації. І, власне, виникаючі ризики, які пов'язані саме з невизначеністю, є результатом впливу *інформаційної ентропії*. Незнання майбутньої ситуації на ринку - це також прояв інформаційної ентропії. Чим вище інформаційна ентропія - тим більше невизначеність, а, отже, тим нижча ймовірність досягнення цілей і забезпечення успіху організації.

Структурна ентропія характеризує впорядкованість організації як системи, тому *«узгодженість» бізнес-процесів* організації і управлінських процедур, адекватний розподіл ресурсів і т. п. визначають ту чи іншу ступінь впорядкованості організації, що характеризується за допомогою *структурної ентропії*. Таким чином «ідеальний порядок» - «повний хаос», два крайніх стани організації з точки зору структури визначають відповідний мінімум - максимум для структурної ентропії. Збільшення останньої відповідає зростаючому «хаосу» в організації і свідчить про необхідність структурних

змін в організації. Оскільки дане дослідження орієнтоване на проектно-орієнтовані організації, то їх структура відповідає проектному підходу. Тому в подальшому вважаємо, що структурна ентропія відповідає певному рівню «порядку» в організації та її подальше вивчення пов'язано з зіставленням із структурною ентропією інших форм «устрою» організацій, що виходь за рамки даного дослідження.

Для чіткої ідентифікації *сутності енергетичної ентропії* для організації слід прийняти як факт те, що:

1) не можна організацію розглядати буквально як систему в термодинаміці з механічним перенесенням термодинамічних категорій, так як це абсолютно різні за своєю природою системи;

2) немає поняття оборотний / незворотний процес для організації - *всі її процеси незворотні*, не можна повернути організацію в будь-який попередній стан, ні, тим більше, разом із зовнішнім середовищем;

3) властивістю, яка притаманна і організації, і термодинамічній системи, є *втрати енергії*. Причини цього явища принципово різні, але факт його наявності дозволяє використовувати термін «*енергетична ентропія*» для організацій.

Енергетична ентропія в її класичному розумінні є своєрідною «тінню» життєдіяльності організації (якщо перефразувати думку, висловлену в [90] стосовно організацій) і пов'язана з природною дисипацією енергії. Як раніше було визначено, для організації енергією є ресурси як матеріальні, так і нематеріальні.

У процесі здійснення бізнес-процесів всіх видів відбувається *дисипація енергії*, тобто її втрата. І саме це породжує *енергетичну ентропію* (рис.2.3).

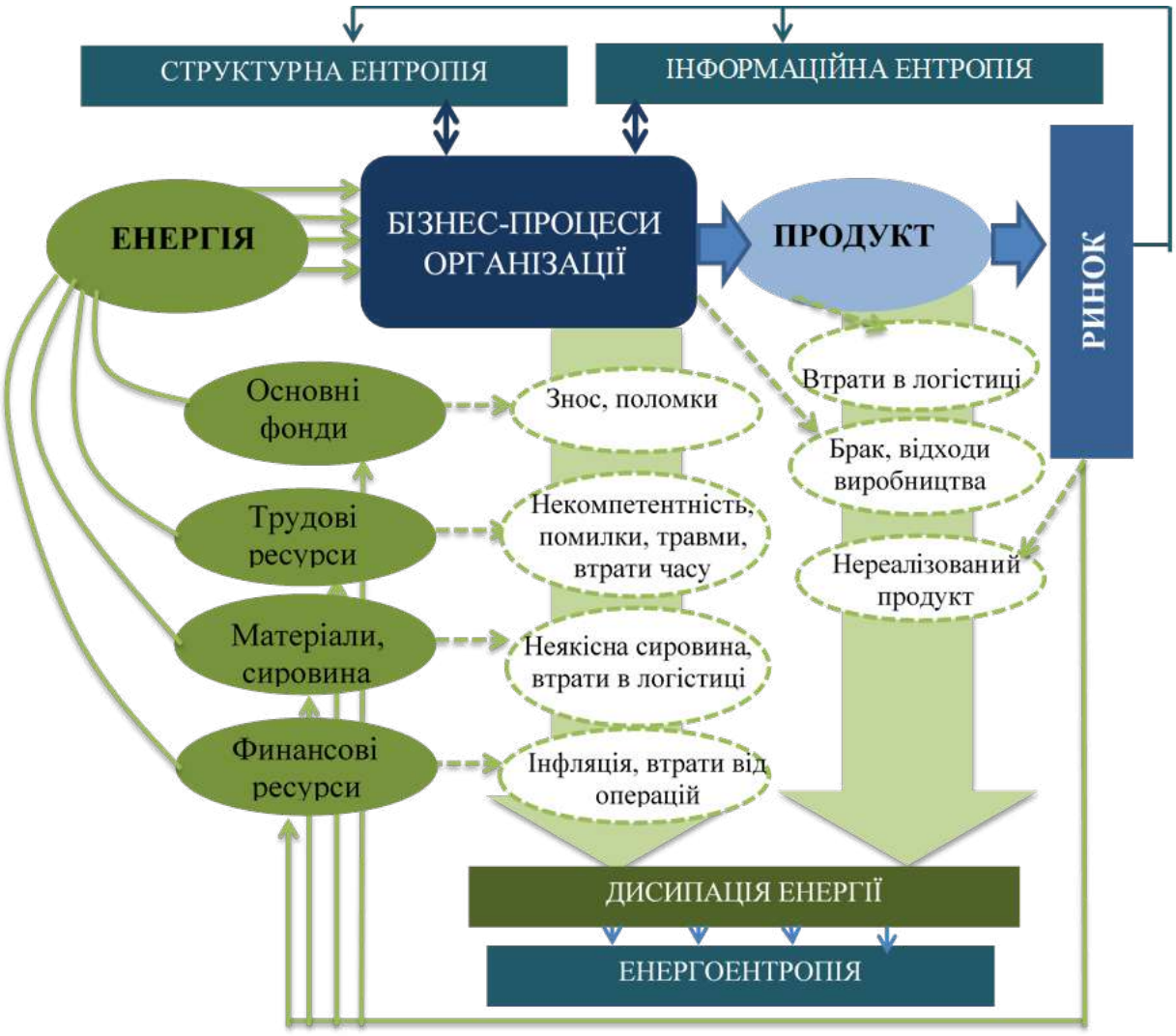


Рисунок 2.3 - Дисипація енергії в організації

В якості *втрат енергії* виступає природне старіння або знос устаткування та інших матеріальних об'єктів, «старіння» трудових ресурсів, під яким розуміється відсутність їх розвитку відповідно до вимог зовнішнього середовища, що динамічно розвиваються, втрати часу трудовими ресурсами, брак в процесі виробництва, відходи виробництва тощо. Таким чином, енергетична ентропія організацій пов'язана з втратами енергії (тобто енергії ресурсів) різних видів і, з урахуванням властивості адитивності, загальні втрати енергії в проектно-орієнтованої організації складають (рис.2.4):

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} Q_{ik} + Q_i^c + Q_i^a$$

де Q_{ik} - втрати енергії i-го ресурсу по k-ому проекту, Q_i^c - втрати енергії i-го ресурсу по бізнес-процесам управління, Q_i^a - по допоміжним бізнес-процесам.

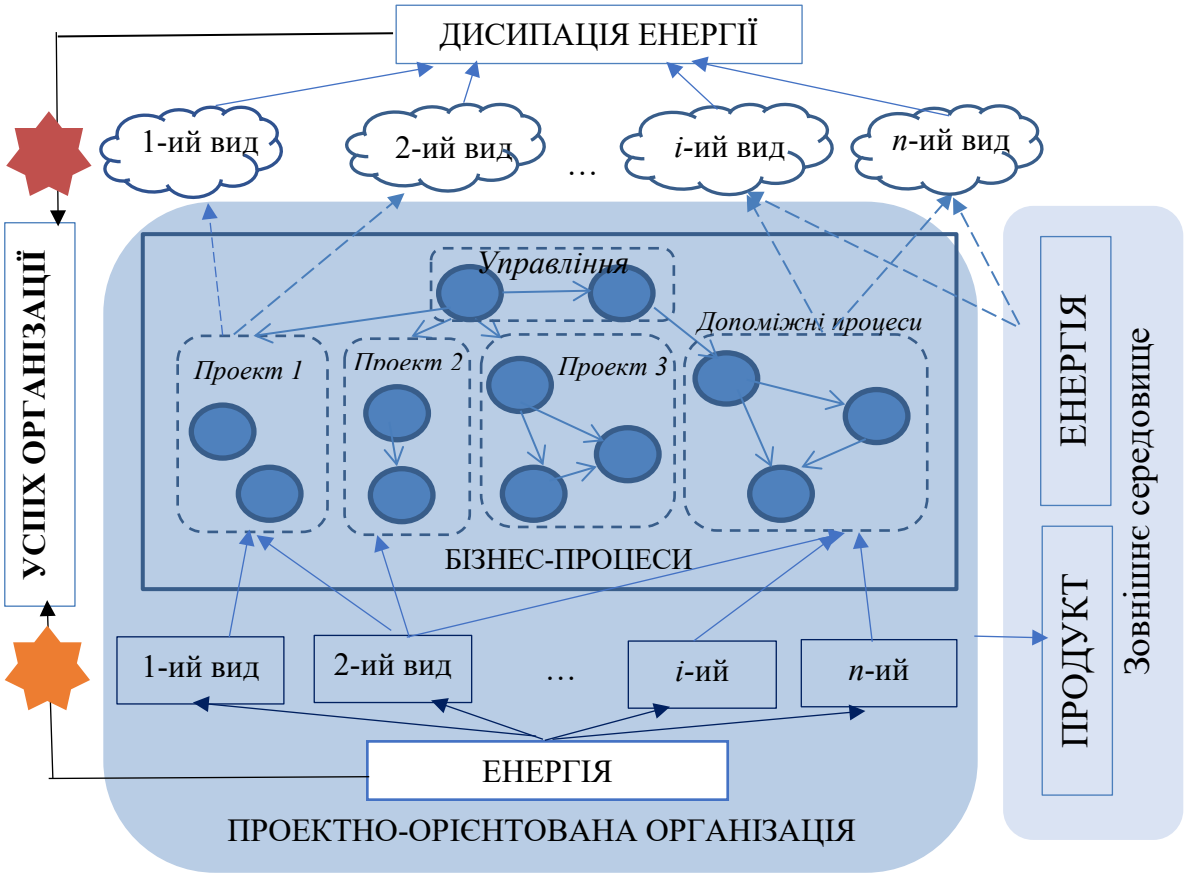


Рисунок 2.4 - Модель формування дисипації енергії в проектно-орієнтованій організації

Як зазначалося вище, зростання ентропії призводить до несприятливого стану організації. На рис.2.5 представлена система основних факторів, що впливають на зростання сукупності ентропій проектно-орієнтованої організації.

Слід ще раз відзначити, що, на нашу думку, буде *неправомірним* використовувати суму ентропій як якусь «інтегральну ентропію» організації, так як ці ентропії, по-перше, мають *різну природу*; по-друге, є взаємопов'язаними (див. рис. 2.3).

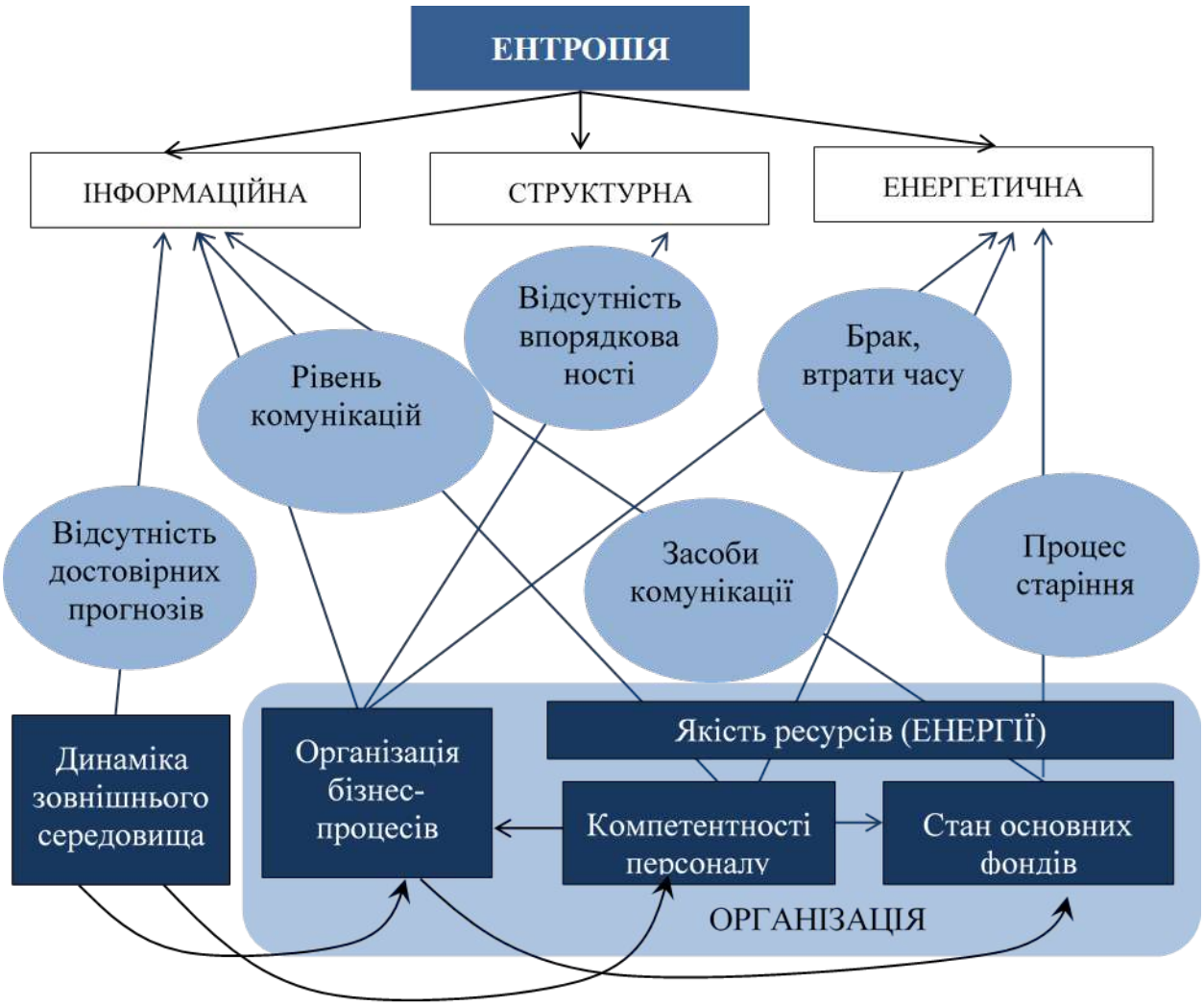


Рисунок 2.5 - Система факторів росту ентропій організації

Так, зростання *інформаційної ентропії* може бути пов'язане не тільки з характером зовнішнього середовища, а й з *неправильною реалізацією бізнес-процесів*. Наприклад, у організації є достовірна інформація, яка необхідна для прийняття рішень з конкретної проблеми. Однак, в силу відсутності певного «порядку» при її функціонуванні, ця необхідна інформація може бути просто недоступною для тих, хто її потребує. В основі даної проблеми - «якість»

людських ресурсів організації, які відповідають за реалізацію бізнес-процесів.

Втрати енергії в організації залежать, природно, від якості бізнес-процесів, що визначається структурою в зазначеному контексті, що відбивається на структурній ентропії.

При *зростанні структурної ентропії*, тобто при зменшенні впорядкованості в бізнес-процесах і зростанні хаосу, *втрати енергії* збільшуються, що призводить до зростання *енергетичної ентропії*.

Таким чином, бізнес-процеси є основою для формування та зміни всіх трьох видів ентропій організації, що ще раз підтверджує висновок, зроблений в результаті аналізу факторів росту ентропій.

Причиною незадовільної впорядкованості організації, тобто бізнес-процесів, є, перш за все, неправильні рішення верхнього рівня управління (системи менеджменту організації) і нездатність організувати і адекватно керувати організацією.

Верхній рівень управління в організації - це *специфічний вид людських ресурсів*, а, отже, і специфічний вид енергії організації. І в ситуації, що розглядається, дана енергія здатна організувати бізнес-процеси так, щоб «робота» зі створення продукту і розвитку організації виконувалася успішно. Таким чином, специфічний вид енергії «запускає» організацію і проекти в ній, а також виконує роботу з управління даною системою, і якщо дана енергія не відповідає певним вимогам, то неможливим буде виконати успішно зазначену роботу і, як наслідок, в подальшому забезпечити успіх організації .

2.2 Інтегральна сутність ентропійної парадигми

Отже, вище було визначено, що відповідно до системного підходу, підприємство, компанія, організація - це *цілісна система*, що знаходиться в нерозривній взаємодії із зовнішнім середовищем, з / в яку надходять *енергія,*

інформація, речовина. Під енергією будемо розуміти всі види ресурсів. Під «*речовиною*» будемо розуміти матеріальний продукт або послугу, створювану організацією, власне *предмет діяльності* організації. Крім того, організація має *певну структуру*, що включає в себе розподіл ресурсів, технологію (структуру виробництва) і організацію бізнес-процесів. З урахуванням того, що в центрі уваги даного дослідження *проектно-орієнтована організація*, то категорія «структура» має на увазі і набір реалізованих проектів в даній організації, а також розподіл ресурсів по ним. Таким чином, *інформація, енергія і структура* - три невід'ємні атрибути будь-якої організації, в тому числі, і проектно-орієнтованої.

Управління з точки зору системного підходу має на увазі цілеспрямоване переведення системи в новий стан, що, перш за все, має на увазі наявність мети. Універсальною характеристикою мети є «цінність», таким чином, *цінність проектно-орієнтованої організації* є сутністю цілей її управління.

За аналогією з цінністю проекту, яка є відображенням «корисності» проекту для зацікавлених сторін, під цінністю проектно-орієнтованої організації будемо розуміти інтегральну величину, яка відображатиме корисність організації для стейкхолдерів. Таким чином, наприклад, для власників компанії, її цінність виражається в її ринкової вартості; для клієнтів (споживачів) цінність компанії - це корисність її продукції (послуги) і т. д.

На рис.2.6 представлена вертикаль цінності, яка відображає поширення ціннісної категорії на всі рівні проектно-орієнтованої організації.

Відзначимо, що цінність організації, будучи універсальною характеристикою цілей і результатів, являє собою логічне продовження трансформації цілей будь-якої організації від суто економічних до тих, які реально відображають інтереси всіх стейкхолдерів. На рис. 2.7 схематично представлена характеристика управління в рамках ціннісно-ентропійної парадигми.

Отже, цінність - інтегральний показник мети і результату діяльності, ентропія - відображення стану організації. Мета організації - формування певного рівня цінності. Життєдіяльності організації супроводжує ентропія, яка є своєрідною «тінню» даної життєдіяльності.

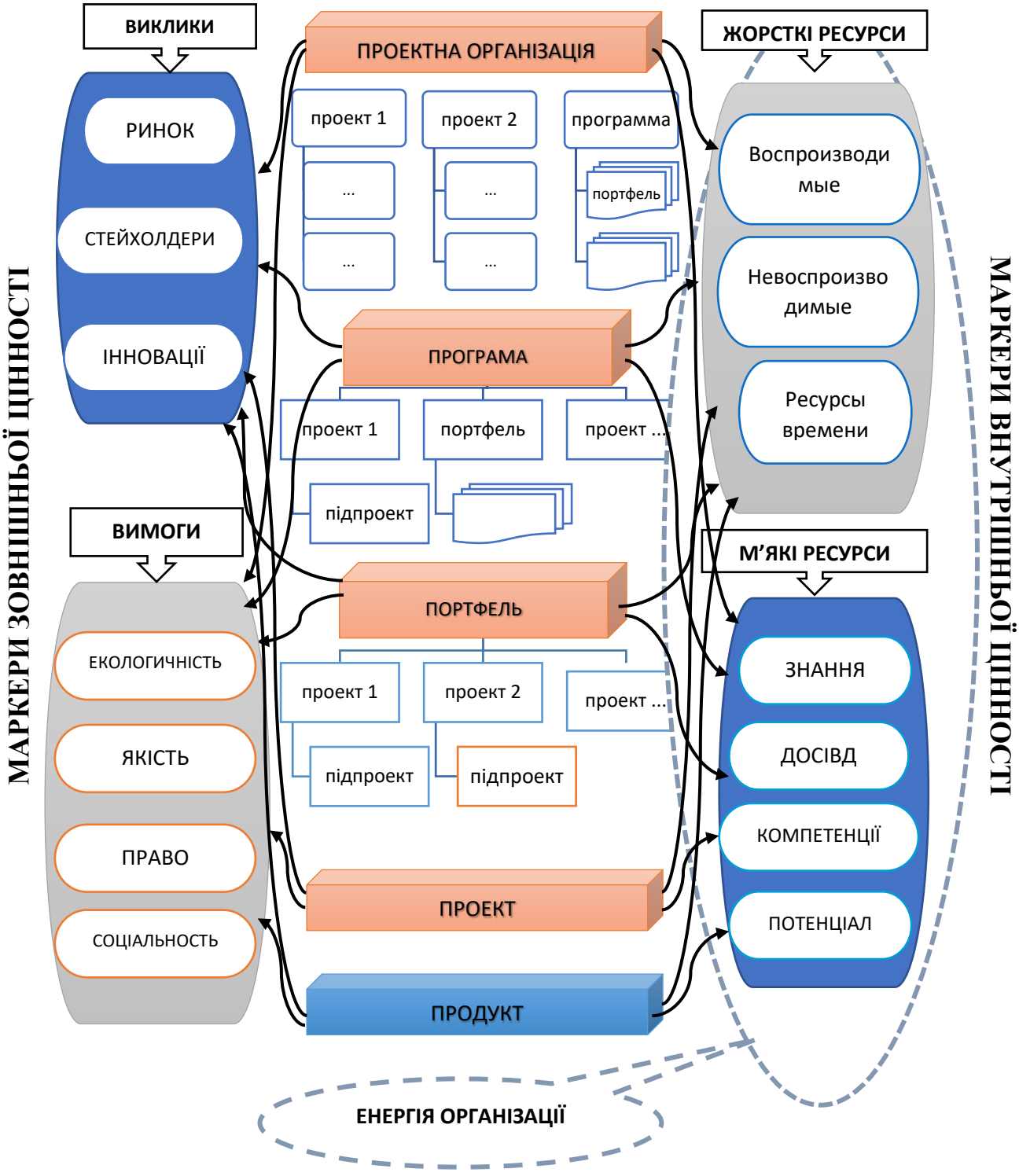


Рисунок 2.6 - Вертикаль цінності проектно-орієнтованої організації

Рисунок 2.7- Управління проектно-орієнтованої організацією відповідно ентропійній парадигмі

При цьому кожен проект проектно-орієнтованої організації вносить вклад в формування цінності і впливає на зміну ентропії організації. Таким чином, динаміка цінності-ентропії може бути представлена схематично у вигляді рис.2.8. Як вище згадувалося, енергетична ентропія в її класичному розумінні пов'язана з природною дисипацією енергії в термодинамічних системах (макроскопічних системах).

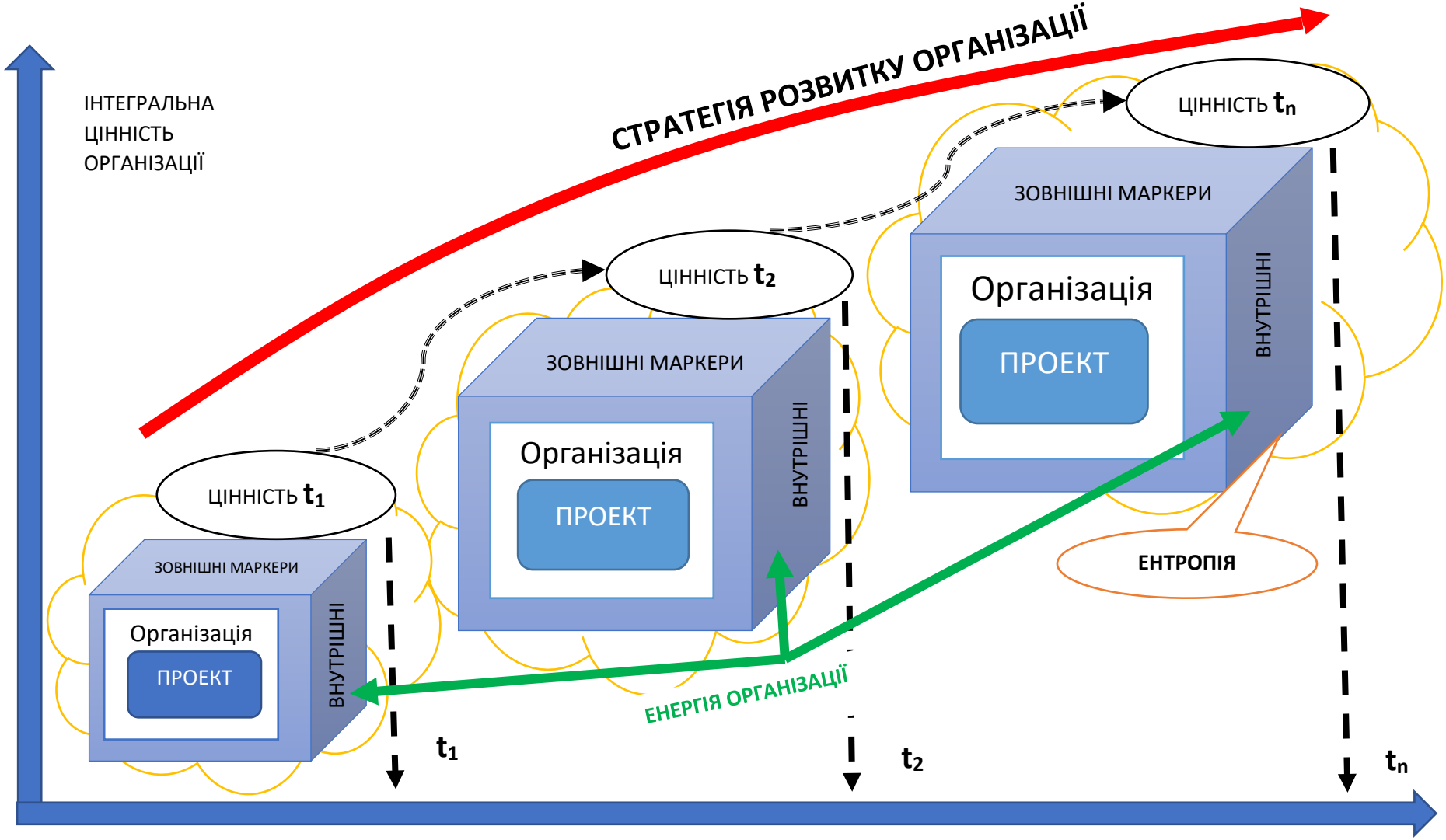


Рисунок 2.8-Динаміка розвитку цінності-ентропії

Для організації *енергією* є ресурси як матеріальні, так і нематеріальні.

Таким чином, всі види ентропії гармонійно «співіснують» в рамках проектно-орієнтованої організації як «відбивачі» її стану. Узагальнюючи вищесказане: всі існуючі категорії в сучасній науці управління організаціями є, свого роду, окремими проявами ентропії як стану або цінності як цілі і результату. Саме інтеграція цих двох концепцій дозволяє охопити всю різноманітність станів і цілей для організацій будь-якої сфери діяльності (рис.2.9).

Рисунок 2.9 - Універсальність і інтегральність цінності і ентропії - основних категорій ентропійної парадигми управління

Це доводить інтегральну і універсальну сутність пропонованої ентропійної парадигми.

2.3 Базові положення енергоентропійної теорії організації

Одним з видів ентропій, властивих діяльності організацій, є енергоентропія, тобто ентропія, що виникає в процесі «перетворення» енергії в «роботу», і породжена втратами енергії.

«Фізична» сутність *енергоентропії* пов'язана з такими поняттями як «енергія» і «робота». Відзначимо, що в багатьох дослідженнях, які присвячені питанням енергоентропії організацій, «пропущена» власне, «енерго» -складова і акцентується увага на, безпосередньо, ентропії. Але без чіткого розуміння балансу енергії організації, неможливо в повній мірі обґрунтовано досліджувати питання динаміки ентропії. Тому основу енергоентропійної теорії організації повинна складати ідентифікація енергопотоків і енергетичного балансу організації.

Отже, енергія - це те, що перетворюється в роботу. Під енергією будемо розуміти ресурси організації і, з урахуванням диференціації ресурсів (наприклад, людські, фінансові і т. п.) у організації можуть бути виділені різні види *енергії*.

Так як кожен тип ресурсів (енергії) може бути деталізований (наприклад, людські ресурси розподілені за типами - управлінські, трудові (безпосередньо, які беруть участь у виробничому процесі) і т. п.), то можна виділити *n* типів *енергії* організації і, відповідно, їх кількість в організації за типами:

$$E = (E_1, E_2, ..., E_n) \ . \qquad (2.1)$$

У фіксований момент часу сумарна енергія організації становить:

$$E = U^{орг} + E_{+}^{орг} - E_{-}^{орг}, \tag{2.2}$$

де $E_{+}^{орг}$ и $E_{-}^{орг}$, відповідно, притоки і відтоки енергії, дані величини мають ту ж розмірність, що і E;

$U^{орг} = \left\{ U_1^{орг}, U_2^{орг}, ..., U_n^{орг} \right\}$ – внутрішня енергія організації.

Величина $E_{-}^{орг}$ – витрачання всієї сукупної енергії організації E відбувається за наступними напрямками (рис.1):

1) Виконання основних $E^{осн}$ в допоміжних $E^{доп}$ бізнес-процесів, пов'язаних з реалізацією основної функції організації (виробництвом продукту), енергія, спрямована на отримання продукту - результату діяльності організації;
2) маркетингові програми $E^{м}$;
3) виконання бізнес-процесів, пов'язаних з розвитком організації $E^{р}$;
4) накопичення енергії $E^{нак}$;
5) ΔE - дисипація (втрати) енергії організації,

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta E + \Delta E^{м} + \Delta E^{р} + \Delta E^{нак} = \\ &= \Delta E^{осн} + \Delta E^{доп} + \Delta E^{м} + \Delta E^{р} + \Delta E^{нак}, \end{aligned} \tag{2.3}$$

де $\Delta E, \Delta E^{осн}, \Delta E^{доп}, \Delta E^{м}, \Delta E^{р}, \Delta E^{нак}$ - відповідно, втрати енергії при реалізації основної функції, основних і допоміжних бізнес-процесів, маркетингу, розвитку та накопичення. Відзначимо, що дисипація енергії можлива і при накопиченні / акумулюванні (наприклад, під впливом інфляції).

Таким чином, сумарні відтоки енергії організації $E_{-}^{орг}$:

$$E_{-}^{орг} = E + E^{м} + E^{р} + E^{нак} + \Delta E^{орг} = \\ = E^{осн} + E^{доп} + E^{м} + E^{р} + E^{нак} + \Delta E. \quad (2.4)$$

При цьому в організацію поступає енергія $E_{+}^{орг}$ в вигляді:

• грошових коштів від реалізації продукту $E^{спож}$ (енергія споживачів);

• енергії від постачальників $E^{пост}$ у вигляді сировини, матеріалів, комплектуючих і т. д .;

• грошових коштів при накопиченні енергії $E^{прир}$ (наприклад, відсотки за банківський депозит, тобто приріст нагромаджень);

• грошових коштів - кредитів фінансових установ або приватних осіб $E^{кр}$;

• енергії персоналу $E^{л}$ (людських ресурсів).

Таким чином, сумарні притоки енергії організації:

$$E_{+}^{орг} = E^{спож} + E^{пост} + E^{прир} + E^{кр} + E^{л}. \quad (2.5)$$

Відзначимо, що всі зазначені категорії надходження енергії здійснюються в результаті обмінних процесів організації з зовнішнім середовищем (речовина, енергія, інформація), наприклад:

• в обмін на продукт (речовина або інформацію) - енергія споживачів $E^{спож}$;

• енергія персоналу $E^{л}$ (нові співробітники) в обмін на оплату агентств з працевлаштування;

• енергія кредитних коштів $E^{кр}$ - в обмін на грошові кошти;

• енергія або інформація постачальників $E^{пост}$ - в обмін на грошові кошти;

• приріст капіталу $E^{прир}$ в поточний відрізок часу в обмін на грошові кошти в попередньому часовому періоді.

Таким чином, рис.2.10 відображає концептуальну модель енергопотоків організації.

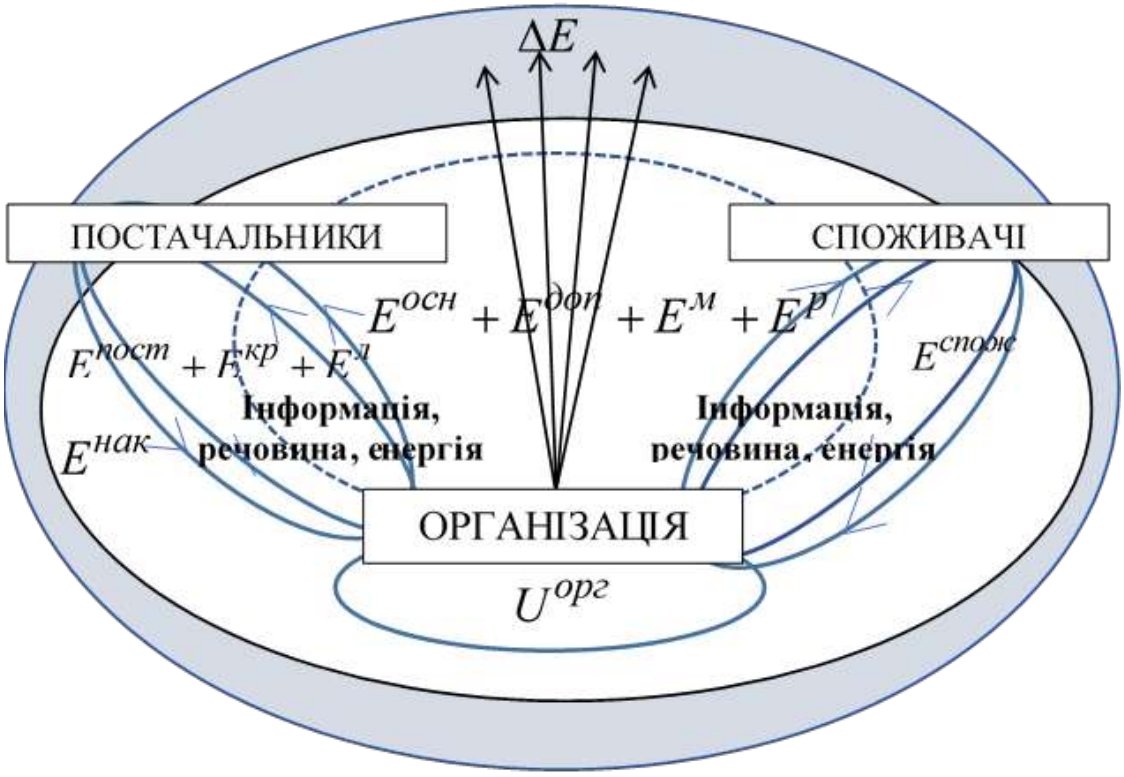


Рисунок 2.10 - Енергопотоки організації

Під «постачальниками» в даному випадку будемо розуміти всіх суб'єктів, що надають той чи інший вид енергії, тобто і постачальники сировини і матеріалів, фінансові установи, посередники на ринку праці тощо. Слід зазначити, що відтоки енергії одночасно спрямовані і на постачальників, і на споживачів. Витрачена енергія на сировину і матеріали від постачальників «закладена» в продукті, який виробляє організація для

споживачів, тому від постачальників в еквіваленті витраченої на це енергії організація отримує «речовина або інформацію», і це все направлено в кінцевому продукті («речовина або інформація») на споживача.

Відповідно до першого закону енергоентропіки ([90]) - закону збереження енергії, жодна матеріальна система не може розвиватися або функціонувати, чи не споживаючи енергію E, яка витрачається на здійснення роботи W, зміна внутрішнього запасу енергії ΔU і дисипації (розсіювання) енергії Q_d:

$$E = W + \Delta U + Q_d, \tag{2.6}$$

що, з урахуванням (2.2), трансформується в:

$$U^{орг} + E_{+}^{орг} - E_{-}^{орг} = W + \Delta U + Q_d. \tag{2.7}$$

Витрачання енергії на здійснення роботи W передбачає «енергетичне» забезпечення *процесів функціонування та розвитку організації*, в результаті чого від споживачів в обмін на «продукт» організації надходить енергія $E^{спож}$, від постачальників - приріст капіталу $E^{прир}$, збільшення енергії персоналу $E^{л}$. Це в підсумку забезпечує і зміна ΔU. Рис.2.11 ілюструє інтегральне розгляд енергетичного балансу (2.7) і моделі енергопотоків ((2.2), рис.2.10).

Слід зазначити, що дисипація енергії Q_d відбувається у *всіх обмінних процесах організації* та *всередині неї* в процесі перетворення енергії в роботу, що раніше було позначено в (2.3). При цьому предметом обміну виступають речовина, інформація та енергія.

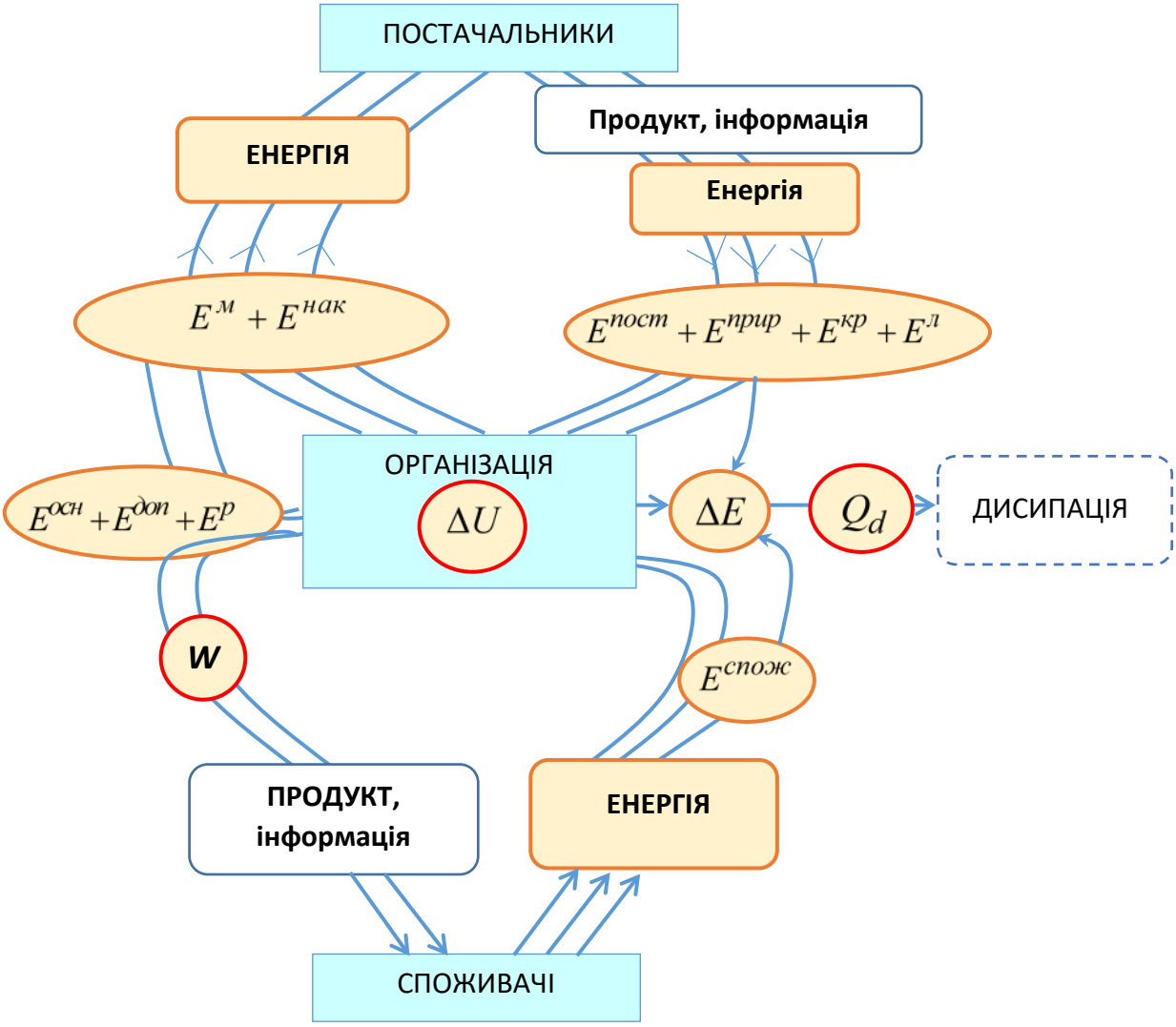


Рисунок 2.11 - Енергетичний баланс організації в рамках моделі енергопотоків

Таким чином, енергія організація спрямована на вчинення роботи W, яка перетворюється в *кінцевий продукт* організації, який є результатом її діяльності або роботи, якщо дотримуватися фізичної термінології:

$$W = f(E_1, E_2, ..., E_n) \ . \qquad (2.8)$$

При цьому W є *корисною* роботою. Якщо під кінцевим продуктом розуміти результат виконання основної функції організації (наприклад, виробництво конкретного виду продукту), то W може бути виміряна в одиницях даного продукту або в грошовому еквіваленті.

У процесі роботи частина енергії будь-якої системи витрачається не на корисну роботу, тобто в організації частина енергії не перетворюється в кінцевий продукт і не робить корисну роботу. Дисипація енергії організації визначається як: $Q_d = \Delta E = (\Delta E_1, \Delta E_2, ..., \Delta E_n)$.

Величина коефіцієнту корисної дії

$$\eta^* = \frac{W}{E + Q_d} = \frac{f(E_1, E_2, ..., E_n)}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot E_i + \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \Delta E_i} = \frac{f(E_1, E_2, ..., E_n)}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot (E_i + \Delta E_i)} \qquad (2.9)$$

це відношення отриманого продукту (корисної роботи) до сумарної витраченої енергії с урахуванням її дисипації $\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot E_i + \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \Delta E_i$ характеризує ефективність діяльності організації. Величини $k_i, i = \overline{1,n}$ коефіцієнти приведення різних видів енергії до єдиного оціночного показника (наприклад, грошових одиниць).

Таким чином, $\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot E_i$ - це грошовий еквівалент витраченої енергії на корисну роботу, $\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \Delta E_i$ - грошовий еквівалент дисипації енергії.

Величину

$$\eta = \frac{W}{W + Q_d} = \frac{f(E_1, E_2, ..., E_n)}{f(E_1, E_2, ..., E_n) + \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \Delta E_i} \quad (2.10)$$

можна вважати своєрідним коефіцієнтом корисної дії, який характеризує відношення енергії, витраченої на корисну роботу, до загальної величини витраченої енергії. Зокрема, таке розуміння ККД соціально-економічних систем як $\frac{W}{W + Q_d}$ представлено в [219].

Відзначимо, що (2.9, 2.10) передбачає оперування енергією в грошовому вираженні, що дозволяє врахувати нерівнозначності ресурсів організації з точки зору їх вартості. При такому підході навіть невелика за величиною дисипація «цінних» ресурсів призводить до значного зниження ефективності і коефіцієнта корисної дії.

Факторний аналіз може служити інструментом визначення ступеня впливу кожного виду енергії на ефективність (2.9) і ККД (2.10).

Відзначимо, що певна частка втрат енергії (дисипації) є «невідворотною», як наприклад, природне старіння засобів виробництва.

Тому існують певні мінімально допустимі межі дисипації енергії, які не можуть бути зменшені при існуючій технологічній основі виробництва.

Таким чином, для конкретного значення W (з точки зору конкретного продукту) можуть бути визначені «ідеальні» значення енергії, що перетворюється в роботу $E_1^*, E_2^*, ..., E_n^*$, а також мінімально допустимі межі $\Delta E_1^{\min}, \Delta E_2^{\min}, ..., \Delta E_n^{\min}$ її дисипації:

$$E_1^* = \phi_1(W), E_2^* = \phi_2(W), ..., E_n^* = \phi_n(W), \quad (2.11)$$

$$\Delta E_1^{\min} = \varphi_1(W), \Delta E_2^{\min} = \varphi_2(W), ..., \Delta E_n^{\min} = \varphi_n(W). \quad (2.12)$$

Відповідно, дані значення визначають для кожного конкретного значення корисної роботи W максимально допустимі в заданих технологічних умовах *ефективність* $\eta_{\max}^*$ і *коефіцієнт корисної дії* $\eta_{\max}$:

$$\eta_{\max}^* = \frac{W}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot E_i^* + \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \Delta E_i^{\min}} = \frac{W}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot (\phi_i(W) + \varphi_i(W))}; \quad (2.13)$$

$$\eta_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i E_i^*}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot (E_i^* + \Delta E_i^{\min})} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot \phi_i(W)}{\sum_{i=1}^{n} k_i \cdot (\phi_i(W) + \varphi_i(W))} \cdot \quad (2.14)$$

Дані значення вказаних показників задають орієнтир для оцінки ефективності бізнес-процесів організацій.

Як вище зазначалося, певний рівень дисипації невідворотний. Більш того, в динаміці «природний» рівень дисипації енергії поступово зростає (за рахунок, наприклад, зносу засобів виробництва), тому «локальний» показник ефективності конкретного виду енергії, пов'язаного з подібного роду ресурсами, який заданий у вигляді функції часу, є монотонно спадною функцією:

$$\eta_i^*(t) = \frac{k_i \cdot E_i(t)}{k_i \cdot E_i(t) + k_i \cdot \Delta E_i(t)}. \quad (2.15)$$

На рис.2.12 представлена схематично динаміка функцій «ідеальної» ефективності / ККД (тобто відповідно до (2.13, 2.14)) і фактичної (2.9, 2.10).

До певного моменту часу (на рисунку $t = t_1$) розбіжність між двома кривими є допустимою (з точки зору заданої умови допустимості). На проміжку часу $(t_1; t_2)$ ця розбіжність наближається до *критичного значення* (повинен бути заданий), що вимагає радикальних заходів в організації (наприклад, реорганізації бізнес-процесів і підвищення ефективності менеджменту). Аналогічна ситуація спостерігається і для кожного виду енергії.

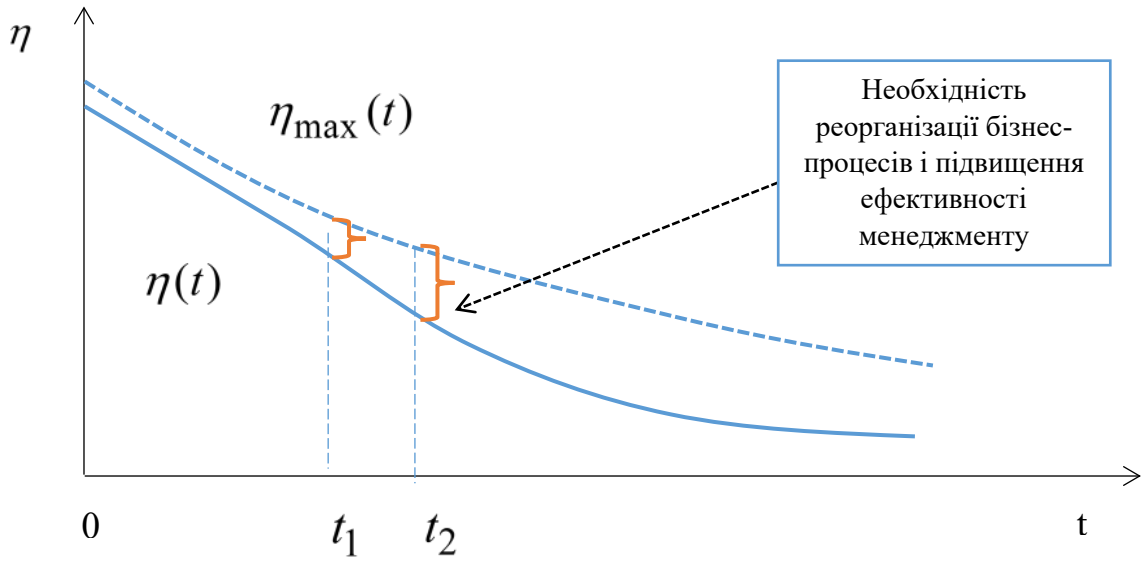


Рисунок 2.12 – Концептуальна модель динаміки «ідеальної» і фактичної ефективності енергії організації

Якщо дисипація енергії значно перевищує певний рівень, то цей факт сигналізує про «*неякісну*» енергію або *неякісне її перетворення в корисну роботу*.

Дисипація енергії є причиною існування ентропії, або, в даному випадку, *енергоентропії*.

Енергоентропія виступає в якості «невидимої» сили опору, породженої як внутрішніми, так і зовнішніми чинниками, а сутність даного опору

аналогічна нагріванню навколишнього середовища від працюючої системи в класичній термодинаміці: енергія втрачається, і без підведення її ззовні система не буде працювати в необхідному режимі.

Відзначимо, що необоротна дисипація енергії в організації відбувається під впливом двох основних причин: *властивостей самої енергії та ефективності бізнес-процесів*. Наприклад, в якості властивостей енергії може виступати кваліфікація персоналу (як певного виду енергії організації) і його цінність ([148]).

Згідно [213, 219] зміна ентропії ΔS складається з двох узагальнених складових: зміна під впливом внутрішніх факторів $\Delta S_{орг}$ і зміна під впливом зовнішніх факторів $\Delta S_{зовн}$ (відповідно до [213] з енергетично-інформаційним обміном, але, урахуванням викладеного вище, це слід доповнити такою категорією як «*речовина*»):

$$\Delta S = \Delta S_{орг} + \Delta S_{зовн}. \tag{2.16}$$

Згідно 3-го закону енергоентропіки [90], ентропія відкритих систем в процесі їх прогресивного розвитку зменшується за рахунок споживання енергії від зовнішніх джерел. Згідно представленої вище моделі енергопотоків організації, в якості таких притоків енергії може виступати збільшення $E^{спож}$ за рахунок, наприклад, успішності маркетингових заходів і виробництва продукту високої якості (високої цінності), що відповідає вимогам споживачів. У такій ситуації витрачена енергія на маркетинг $E^{м}$ менше, ніж «віддача» у вигляді збільшення $E^{спож}$:

$$dE^{спож} > dE^{м}, \tag{2.17}$$

за умови, що енергопотоки організації є функціями часу. І це дійсно так: організації є динамічними системами, тому всі характеристики їх стану можуть бути представлені у вигляді функцій від часу (що вище було застосовано для опису динаміки $\eta_{\max}(t), \eta(t)$.

В [215] відмічається, що зниження ентропії ΔS також може здійснюватися за рахунок підвищення кваліфікації персоналу. В такій ситуації приріст $E^{л}$ також перевищує приріст енергії, що витрачається на розвиток персоналу $E_{л}^{p}$ як частини E^{p} :

$$dE^{ч} > dE_{л}^{p}. \tag{2.18}$$

Таким чином, зниження ентропії організації можливе за умови, що приплив енергії перевищує її відтік:

$$\sum_{k=1}^{K} dE_k > \sum_{l=1}^{L} dE_l, \tag{2.19}$$

де $dE_k (k = \overline{1, K}), dE_l (l = \overline{1, L})$ є, відповідно, вхідними та вихідними енергопотоками організації. Дана умова є необхідною для підвищення внутрішнього запасу енергії організації.

2.4 Модель енергоентропії організацій

Енергоентропійна концепція розглядає організацію як відкриту систему з енергообігом, обумовленим інформаційно-матеріально-енергетичним обміном із зовнішнім середовищем. Енергоентропія є характеристичною функцією стану організації, що відбиває ефективність її бізнес-процесів і взаємодії із зовнішнім середовищем.

На відміну від дослідної науки, в рамках якої надається можливість постановки експериментів і спостереження якогось явища або процесу, а також кількісного виміру відповідних параметрів, управління організаціями є областю знань, де *неможливим* є багаторазове відтворення будь-якого експерименту, а, отже, встановлення чисельних параметрів або функціональних закономірностей за аналогією з дослідною наукою. Як практично оцінити число варіантів існування для конкретної організації в рамках заданих ресурсів як це відповідало б оцінці ентропії згідно [78], або як побудувати пробит-модель на базі статистики для оцінки ентропії відповідно до [23]?

Енергоентропійна концепція розглядає організацію як відкриту систему з енергообігом, обумовленим інформаційно-матеріально-енергетичним обміном із зовнішнім середовищем. Інформаційно-матеріально-енергетичний обмін пов'язаний з виконанням основної функції даної системи - або роботи організації. Ентропія, в свою чергу, є характеристичною функцією стану організації, що відбиває ефективність її бізнес-процесів і взаємодії із зовнішнім середовищем з точки зору енергообігу.

Моделювання формування енергоентропії базується на визначенні змісту та формалізації таких категорій як «енергія» і «робота», «теплота» і «температура».

Для організацій виконання роботи здійснюється за допомогою ресурсів. Таким чином, ресурси виступають в якості аналога енергії. Такий підхід використовується в усіх сучасних роботах даного напрямку. В окремих публікаціях (наприклад, [215, 219]) автори використовують термін «квазіенергія», в контексті того, що ресурси - це не «енергія» в теперішньому її розумінні, а (відповідно до значення «квазі») несправжня енергія, майже енергія, псевдоенергія. Даний підхід є, безумовно, правильним, з урахуванням сутності енергії як того, що перетворюється в роботу. В [215] автор вважає, що відповідним показником вимірювання квазіенергії є вартість трансформації одного виду капіталу в інший.

Дійсно, якщо організація використовує людські ресурси в процесі виробництва, то це не означає, що дані ресурси безпосередньо перетворюються в роботу. Це означає, що в роботу перетворюються знання, вміння, досвід і компетентність даного персоналу. Тому людський ресурс є «протоенергією» (proto-; від protos перший, первинний). А ось для організації грошовий еквівалент використання знань, умінь, досвіду і компетентності даного персоналу і являє собою витрачену «енергію».

Таким чином, з точки зору організації, енергія - це грошові кошти - універсальна міра різноманітності ресурсів організації (протоенергії) і її інформаційно-матеріально-енергетичного обміну з зовнішнім середовищем.

Ресурси організації спрямовані на здійснення роботи. У найпростішому варіанті розгляду сутності «роботи» для організації як виконання її основної функції (наприклад, з виробництва якогось продукту), результатом роботи є «продукт», за який організація отримує грошову виручку. Дотримуючись вищенаведених міркувань, продукт організації також є протоенергією, а грошові надходження за реалізований товар формують енергію. Таким чином, протонергія як ресурсів, так і продукту «генерує» енергію. З урахуванням того, що енергоентропійна теорія організації формується на базі універсальних законів енергоентропіки, в рамках якої «енергія» розглядається як широке поняття, то в подальшому будемо використовувати терміни «енергія» і «протоенергія».

Отже, у організації можуть бути виділені різні види ресурсів, з яких можна сформувати дві категорії. Перша - це «активи» організації у вигляді будівель, споруд, обладнання тощо, так звані матеріально-речові ресурси. Друга категорія - це трудові (людські) ресурси. В даному дослідженні не акцентується увага на класифікації ресурсів, з точки зору мети дослідження важливим є наявність ресурсів (протоенергії), які формують капітал організації, і ресурсів (протоенергії), які витрачаються в процесі функціонування організації.

Не вся енергія організації використовується в процесі матеріально-інформаційно-енергійного обміну з зовнішнім середовищем. Таким чином, можна виділити - вихідну енергію, яку організація витрачає на використання протоенергії (ресурсів), виконання роботи і отримання продукту (протоенергії).

Після випуску продукту (протоенергії) в кількості:

$$W^p = W^p(E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p), \tag{2.20}$$

організація отримує відповідний вхідний потік енергії E^{in}, який є деякою функцією від кількості продукту W^p з одного боку, і ресурсів організації $E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p$, з іншого. При цьому вхідний потік енергії організації E^{in} формується з вхідного потоку енергії від реалізації продукту $E_{pr}^{in}(W^p)$ і вхідного потоку від інших видів діяльності E_o^{in} (наприклад, здачі приміщень / обладнання в оренду і т. п.):

$$\begin{aligned} E^{in} &= E_o^{in} + E_{pr}^{in}(W^p) = E_o^{in} + E_{pr}^{in}(W^p(E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p)) = \\ &= E_o^{in} + E'^{in}_{pr}(E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p) = E^{in}(E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p). \end{aligned} \tag{2.21}$$

З огляду на універсальність грошової форми подання ресурсів (2.20) і (2.21) трансформуються в:

$$W^p = W^p(U) = W'^p(E^{ex}), \tag{2.22}$$

$$E^{in} = E_o^{in} + E_{pr}^{in}(W^p) = E_o^{in} + E_{pr}^{in}(W^p(U)) =$$
$$= E_o^{in} + E_{pr}^{in}(W'^p(E^{ex})) = E_o^{in} + E'^{in}_{pr}(U) = E'^{in}_{s}(E^{ex}) = E_s^{in}(U). \quad (2.23)$$

Дані міркування демонструють те, що в залежності від мети, вхідна енергія може бути представлена як у вигляді функції від продукту W^p, так і у вигляді функції від капіталу U або ресурсів, які витрачаються.

Слід зазначити, що функції в (2.22), (2.23) не є лінійними функціями відповідно загальним закономірностям, властивим економіці [57, 136, 207].

Отже, в результаті функціонування (роботи) організації виходить продукт в кількості W^p, який генерує відповідний потік вхідної енергії $E_{pr}^{in}(W^p)$, що в сукупності з іншою активністю організації (фінансовою діяльністю, наприклад) в еквіваленті вхідної енергії E_o^{in} формує загальний вхідний потік енергії організації $E_s^{in}(U)$. На базі (2.22) може бути виконаний аналіз, результати якого дозволять зробити висновки про частку (і, відповідно, ролі) інших видів діяльності в структурі діяльностей організації. Крім того, якщо організація виробляє кілька видів продуктів, то це може бути відповідним чином відображено в (2.22) і також піддається аналізу.

Робота в термодинаміці підлягає певному виміру, яке засноване на *зміні параметрів системи* (наприклад, зміна обсягу газу, або переміщення об'єкта просторі і т.д.). Робота організації і кожного її підрозділу також може бути виміряна, і варіантів вимірювання того, що організації зробила, можна навести досить багато. Але, з точки зору енергоентропійної концепції, робота, яку організація «робила», і фактично корисна робота, яку вона «зробила», - можуть істотно відрізнятися. Пояснимо це твердження і почнемо з прикладу. Нехай організація в процесі виробництва продукту продемонструвала досить високі показники, наприклад, була досягнута певна

економія ресурсів, собівартість продукції вийшла значно нижче, ніж це було раніше і т. п. Тобто можна з одного боку стверджувати, що організація працювала ефективно. Але, «щось пішло не так», і вироблений продукт не був реалізований в запланованій кількості, тобто організація практично не отримала необхідної виручки (припливу енергії) за свою виконану роботу.

Питання: чи можна той продукт, що виробила організація, вважати «роботою»? З точки зору енергоентропійної концепції - НІ. «Робота», як категорія з термодинаміки, повинна бути корисною, все інше - це *дисипація*.

Отже, *енергія* - це те, що перетворюється в роботу. Для організацій виконання роботи здійснюється за допомогою ресурсів. Вважаємо, що можна виділити *n* типів *ресурсів* організації і, відповідно, їх кількість за типами:

$$E^p = (E_1^p, E_2^p, ..., E_n^p) \ . \tag{2.24}$$

Загальна енергія (капітал) організації:

$$U = \sum_{i=1}^{n} l_i \cdot E_i^p, \tag{2.25}$$

де $l_i, i = \overline{1,n}$ - коефіцієнти приведення різних видів ресурсів до єдиного оціночного показника - в даному випадку, до грошових одиниць.

Не вся енергія організації U використовується в процесі матеріально-інформаційно-енергійного обміну з зовнішнім середовищем. Таким чином, можна виділити - вихідну енергію E^{ex}, яку організація витрачає на виконання роботи і отримання продукту. В [78,79] таку енергію автори визначають як «вільна енергія», тобто, яка задіяна в процесі інформаційно-матеріально-енергетичного обміну.

Отже, в результаті функціонування (роботи) організації виходить продукт в кількості W^p, який генерує відповідний потік вхідної енергії

$E_{pr}^{in}(W^p)$, що в сукупності з іншою активністю організації (фінансовою діяльністю, наприклад) в еквіваленті вхідної енергії E_O^{in} формує загальний вхідний потік енергії організації E^{in}.

Робота в термодинаміці підлягає певному виміру, яке засноване на *зміні параметрів системи* (наприклад, зміна обсягу газу, або переміщення об'єкта просторі і т. д.). Робота організації і кожного її підрозділу також може бути виміряна, і варіантів вимірювання того, що організація зробила, можна навести досить багато. Раніше було визначено, що універсальною мірою інформаційно-матеріально-енергетичного обміну з зовнішнім середовищем є енергія, що обчислюється в грошових одиницях в рамках енергоентропійної теорії організації. Тому для організації корисною буде тільки та робота, за яку організацію отримує додаткову енергію. Крім того, в процесі роботи організація збільшує свій запас енергії, тобто поповнює U на величину ΔU. Згідно з формулюванням закону першого закону енергоентропіки [90]:

$$U = A + \Delta U + Q, \tag{2.26}$$

де Q - теплота (пов'язана з дисипацією енергії). На цьому етапі дослідження не будемо розмежовувати роботу і приріст внутрішньої енергії, розглядаючи їх в сукупності як єдину величину $W = A + \Delta U$, яка формується в результаті життєдіяльності організації. Таким чином, робота організації (корисна робота) A в сукупності з приростом енергії дорівнює різниці між вхідною та вихідною енергіями:

$$W = A + \Delta U = E^{in} - E^{ex}. \tag{2.27}$$

Попередні міркування носили статичний характер з метою зосередження на взаємозв'язку розглянутих категорій, а не на їх динаміці. Таким чином, малося на увазі, що всі процеси протікають в рамках заданого відрізка часу. Але для більш чіткої ідентифікації роботи в контексті енергоентропійної теорії організації, розглянемо динаміку потоків енергії. Якщо надходження енергії від реалізованого товару та інших видів активності задати у вигляді інтенсивності надходжень енергії $w(t)$, то за проміжок часу $[t_1, t_2]$:

$$E^{in}(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} w(t)dt. \tag{2.28}$$

І нехай інтенсивність витрачання енергії $e(t)$, тоді витрати енергії за проміжок часу $[t_1, t_2]$:

$$E^{ex}(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} e(t)dt. \tag{2.29}$$

Тому

$$W(t_1, t_2) = E^{in}(t_1, t_2) - E^{ex}(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} (w(t) - e(t))dt. \tag{2.30}$$

де $W(t_1, t_2)$ - це корисна робота і приріст енергії за проміжок часу $[t_1, t_2]$

Відповідно до термодинаміки, робота не є функцією стану і залежить від самого процесу, тобто є функцією шляху, який проходить система при переході з одного стану в інший. Пропонований підхід не суперечить цьому, так як відповідно до (2.30), $W(t_1, t_2)$ по геометричним властивостям певного інтеграла (як площа між кривими) залежить від «шляхів» $w(t)$ і $e(t)$.

У термодинаміці вчинення роботи не відбувається без певних втрат енергії (дисипації) у вигляді теплоти, переданої зовнішньому середовищу. Що ж є «теплотою» для організації? Детально структура дисипації енергії організації проаналізована в [215], тому в даному дослідженні зупинимося на агрегованому розгляді дисипації, необхідному для формування подальших закономірностей для ентропії.

Перш за все, організація має певну структуру, яка є *основою для бізнес-процесів*. Дана структура включає в себе не тільки підрозділи, що *безпосередньо виробляють продукт*, а й відділи, які відіграють *підтримуючу* і *допоміжну* роль (адміністрація, бухгалтерія, фінансовий відділ і т. п.). Така «структура» вимагає енергії. В [78] помноження ентропії і температури соціальної системи визначили як «*плату за структуру системи*»

Проте, для організацій структура - це не тільки сама організація (рис.2.13). Фактично межі цієї структури виходять за межі організації і пов'язані зі свого роду підконтрольним середовищем безпосереднього оточення. Продукт, який виробляє організація, призначений для реалізації на відповідному ринку, що породжує необхідність маркетингу та збутової логістики. І те, і інше пов'язане з відповідними структурами, які вимагають витрат енергії, причому на постійній основі, що є підґрунтям конкурентоспроможності та життєздатності організації.

Таким чином, організація витрачає певну частину своєї енергії U не тільки на підтримку внутрішньої структури (позначимо цю частину енергії Q_{in}), а й структури, яка відповідає певній системі в рамках зовнішнього середовища, тісно пов'язаної з організацією (позначимо цю енергію як Q_{ex}). Витрати енергії на структуру двох типів - внутрішню і зовнішню - формують своєрідну «теплоту» Q організації:

$$Q = Q_{in} + Q_{ex} . \qquad (2.31)$$

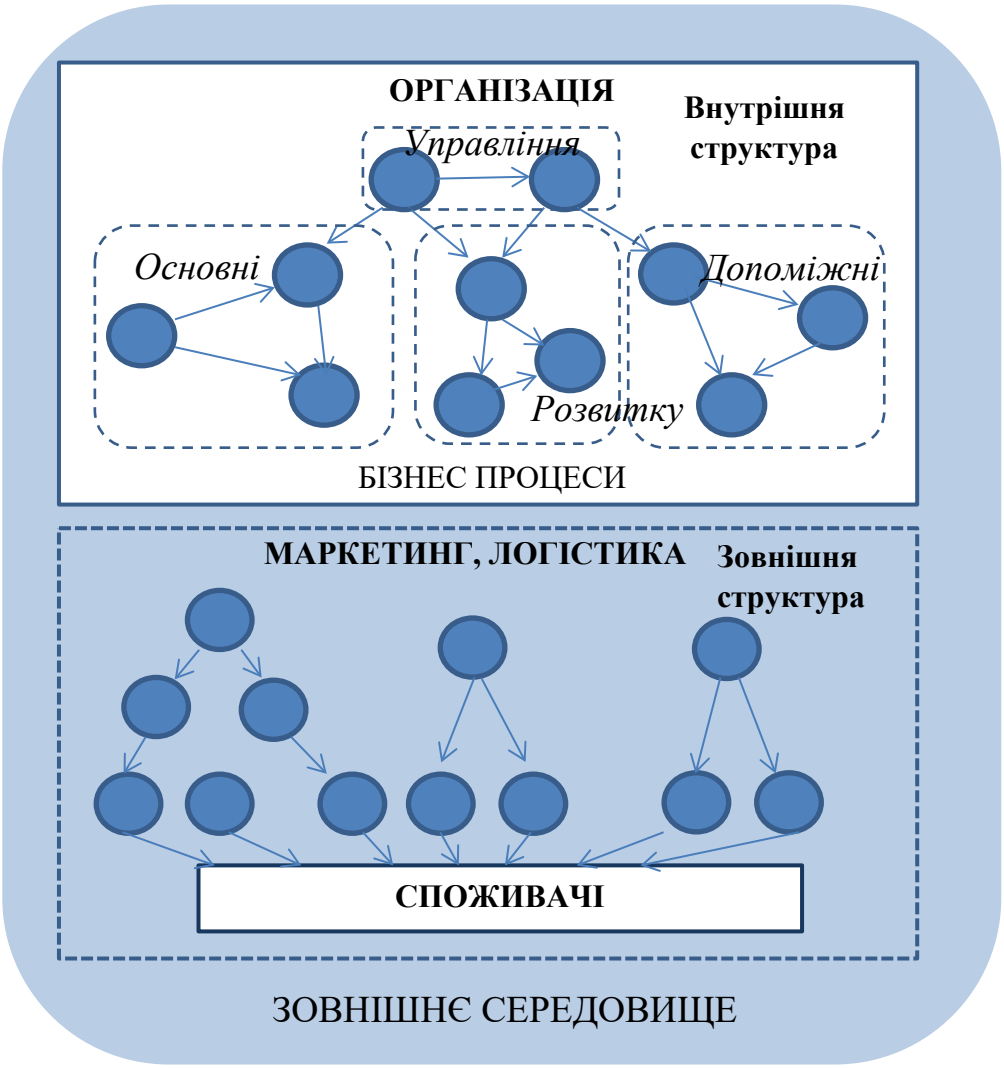


Рисунок 2.13 - Структури організації, що формують ентропію

Відповідно існуючим підходам $Q = T \cdot S$, де T– температура, S – ентропія, тому:

$$Q = T \cdot S = T \cdot (S_{in} + S_{ex}), \tag{2.32}$$

де S_{in}, S_{ex} - відповідно, два види ентропій, пов'язаних із внутрішніми та зовнішніми структурами організації. Так як «теплота» - це затрачена енергія, яка не забезпечує безпосередньо корисну роботу та приріст внутрішньої енергії, то Q може бути виражене як:

$$Q = U - (E^{in} - E^{ex}). \tag{2.33}$$

У існуючих дослідженнях (див.розд.1), автори по різному інтерпретують поняття «температура», але єдиним є те, що температура - це величина, яка вказує на стан систем по відношенню до якогось «ідеального» стану.

З однієї сторони, ідеальний стан сучасної організації - це, перш за все, забезпечення певного рівня її ефективності. У якості показника ефективності може бути прийнятий показник:

$$\eta = \frac{U - E^{ex} + E^{in}}{U}, \tag{2.34}$$

який відображає «віддачу» від суммарної енергії організації. Відмітимо, що саме інтегральний розгляд енергії необхідний, так як вся *енергія організації повинна «працювати»*. Значення η повинно бути прийнято з відповідним показником ефективності для «ідеального» стану організації η^*:

$$\mu = \frac{\eta}{\eta^*}. \tag{2.35}$$

Приймемо показник еталонної ефективності η^*, який залежить від величини енергії організації U для конкретної сфери діяльності:

$$\eta^*(U) = \begin{cases} \eta_1^*, U_1 \le U < U_2, \\ \eta_2^*, U_2 \le U < U_3, \\ \cdots \\ \eta_k^*, U_{k-1} \le U < U_k. \end{cases} \tag{2.36}$$

Величина (2.35) відображає відносну енергетичну ефективність організації за порівнянням з еталонною для організацій конкретної діяльності та розміру. Але ефективний обмін енергії - це лише енергетичний аналог економічної ефективності, що може бути лише однією стороною стану організації. Так як енергоентропія нерозривно пов'язана з «порядком» в організації, то для оцінки стану слід вивчати *рівень даного порядку*. «Порядок» в організації - це стабільність та упорядкованість у функціонуванні окремих структур організації - внутрішньої та зовнішньої. І це природнім чином відображається на можливих варіантах стану організації. Найкращим способом оцінки ступенів упорядкування в організації є формула Шеннона, яка оцінює *інформаційну ентропію організації*.

$$H = -\sum_{k=1}^{K} p(A_k) \cdot \ln(p(A_k)), \tag{2.37}$$

де A_k - варіанти стану організації, $p(A_k)$ - ймовірності цих станів. При цьому основним показником стану організації є E^{in}, що обумовлює її енергетичну ефективність у відповідності з (2.20), (2.21). Як правило E^{ex}, - досить передбачувана величина, тому саме E^{in} є основним показником стану при заданому рівні E^{ex}.

Проілюструємо прикладом. Нехай у організації структура зв'язків із зовнішнім середовищем досить впорядкована і вибудувана таким чином, що дана організація може розраховувати з великою ймовірністю на певний рівень припливу енергії E^{in} при заданому E^{ex}. І, навпаки, якщо в структурах організації панує хаос, то варіантів прогнозних значень E^{in} може бути значна кількість. Причому виділення варіантів з достатньою високою

ймовірністю практично неможливо. У першій ситуації, організація має, наприклад, наступний розподіл E^{in} :

$$\begin{matrix} E_1^{in} & E_2^{in} & E_3^{in} & E_4^{in} & E_5^{in} \\ 0,05 & 0,05 & 0,8 & 0,05 & 0,05 \end{matrix}. \quad (2.38)$$

У другій ситуації:

$$\begin{matrix} E_1^{in} & E_2^{in} & E_3^{in} & E_4^{in} & E_5^{in} & E_6^{in} & E_7^{in} & E_8^{in} \\ 0,2 & 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0,2 & 0,1 & 0,1 \end{matrix}. \quad (2.39)$$

Інформаційна ентропія в першому випадку становить $H = 0,777$, в другому - $H = 2,025$.

Комбінація ефективності та порядку може виступати в якості температури, тому в якості *температури організації* пропонується прийняти величину:

$$T = \frac{\mu}{H}. \quad (2.40)$$

Пропонований підхід до температури заснований на оцінці *здатності організації «розігріти» зовнішнє середовище так* (рис. 2.13), щоб забезпечувався відтік енергії звідти і приплив в організацію у вигляді E^{in} при певному рівні впорядкування H . По суті, температура (2.40) - це *температура середовища*, що *забезпечується організацією*. Таким чином, на відміну від температури в термодинаміці, температура організації - це температура «підконтрольної» частини зовнішнього середовища, звідки надходять потоки енергії і негентропії (або відтік ентропії).

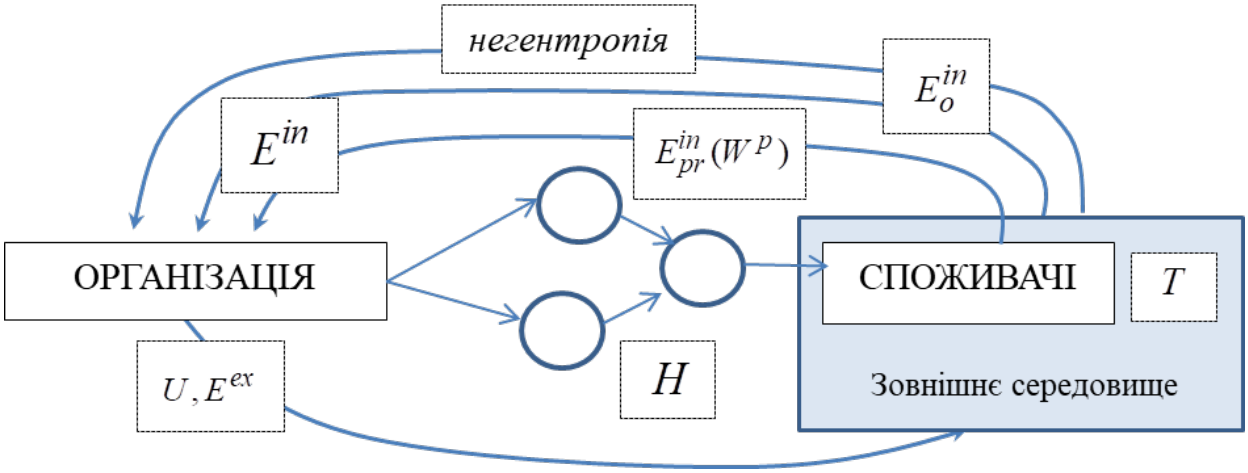


Рисунок 2.13 - Формування температури організації

Відповідно до пропонованого виразу для визначення температури (2.40) при заданому рівні H, T мінімальна, коли $\mu \to 0$, тобто $\eta \to 0$. T збільшується, коли $\eta \to \eta^*$. При заданому рівні відносної ефективності μ, T мінімально при значному рівні H і максимально при $H \to 0$.

Рисунок 2.14 ілюструє для розрахункового прикладу залежність температури від ефективності та інформаційної ентропії.

Для формалізації енергоентропії організації беремо за основу вислів енергетичного балансу (2.27). З огляду на представлений вище зміст і формалізацію для теплоти Q, температури T, роботи A і приросту енергії ΔU, можемо сформулювати енергетичний баланс організації наступним чином:

$$\begin{aligned} U &= A + \Delta U + T \cdot S = E^{in} - E^{ex} + T \cdot (S_{in} + S_{ex}) = \\ &= E^{in} - E^{ex} + \frac{\mu}{H} \cdot (S_{in} + S_{ex}) = E^{in} - E^{ex} + \frac{\eta}{\eta^* \cdot H} \cdot (S_{in} + S_{ex}) = \\ &= E^{in} - E^{ex} + \frac{U - E^{ex} + E^{in}}{U \cdot \eta^* \cdot H} \cdot (S_{in} + S_{ex}), \end{aligned} \tag{2.41}$$

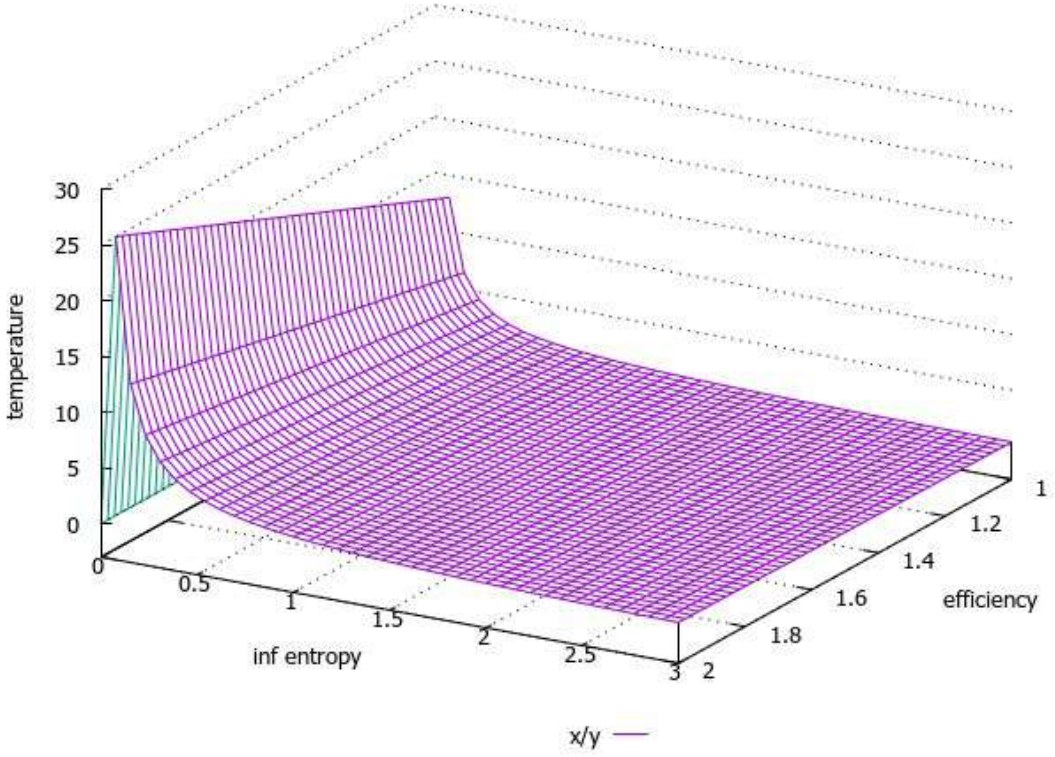


Рисунок 2.14 - Залежність температури від інформаційної ентропії і ефективності

З (2.41) отримуємо вираз для ентропії:

$$S = (S_{in} + S_{ex}) = \frac{U - (E^{in} - E^{ex})}{T} = \frac{(U - (E^{in} - E^{ex}) \cdot U \cdot \eta^* \cdot H}{U - E^{ex} + E^{in}}. \quad (2.42)$$

Поведінка енергоентропії відповідно до (2.42) для розрахункового прикладу представлено на рис. 2.15.

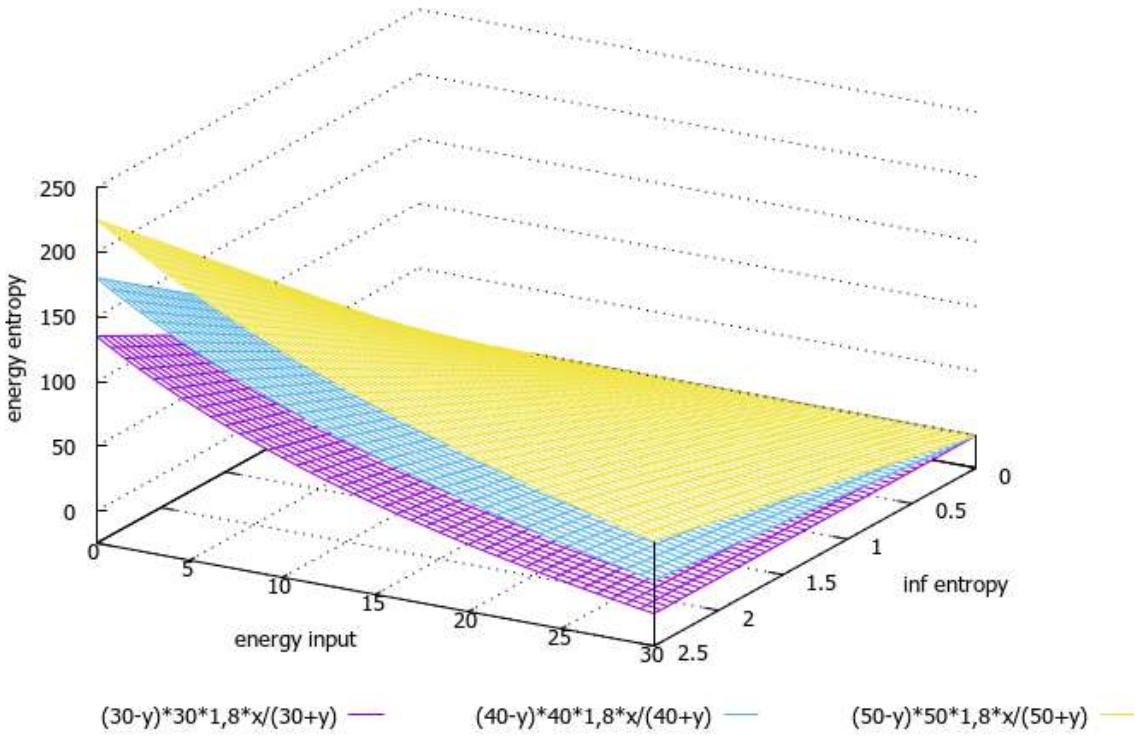


Рисунок 2.15 - Залежність енергоентропії організації від інформаційної ентропії і вхідної енергії

Відповідні графіки побудовані для трьох варіантів U і заданого рівня E^{ex}. Чим вище інформаційна ентропія (тобто нижче ступінь порядку для структур організації) і нижче вхідний потік енергії, тим вище енергоентропія. При $H = 0$, тобто при повній впорядкованості ентропія $S = 0$. При $H = 0$ температура $T \to \infty$, тобто організація «розігріла» середовище так, що фактично має тільки один достовірний варіант результату роботи і ефективності.

Відмітимо, що для заданих значень U, E^{in}, E^{ex} вираз (2.42) може бути представленим в вигляді:

$$S = \lambda \cdot H = -\lambda \cdot \sum_{k=1}^{K} p(A_k) \cdot \ln(p(A_k)). \qquad (2.43)$$

Таке уявлення ідентично виразу ентропії в статистичній фізиці (М. Планка) [40, 87, 289, 290], що підтверджує правильність зроблених вище обґрунтувань і формалізації в процесі отримання виразу для визначення енергоентропії організації (2.40). Тобто універсальність категорії «ентропія» проявляється і в її формалізації. Таким чином, фізична «логіка» дотримана в рамках викладеної енергоентропійної теорії організацій.

Слід зазначити, що у відкритих системах ентропія може зменшуватися за рахунок компоненти S_{ex}. Згідно [90] «... *всі живі організми живляться негативною ентропією*» (негентропією). Таким чином, якщо структура, вибудувана організацією і, перш за все, її зовнішня частина, забезпечує певний рівень вхідної енергії, то ентропія організації буде зменшуватися. В іншому випадку, структура організації буде «спалювати» її енергію, а не використовувати для отримання необхідного результату. Компонента S_{in} ентропії організації є досить передбачуваною величиною, так як пов'язана з внутрішньою структурою організації. Для заданої сфери діяльності організації і U існує якась мінімально допустима межа $S_{in}^{\min}(U)$, нижче якої значення S_{in} не може опускатися при існуючих технологіях. S_{ex} на відміну від S_{in}, може зменшуватися за рахунок «відтоку» ентропії в зовнішнє шкоди і підвищення упорядкування структури організації, тобто при зниженні рівня інформаційної ентропії H.

Висновки по другого розділу

Енергоентропійний підхід до організацій є адаптацією енергоентропіки з урахуванням специфіки організацій як соціо-технічних і соціально-економічних систем.

Життєдіяльність організації супроводжує *ентропія трьох видів*: інформаційна, структурна, енергетична. При цьому кожен проект проектно-

орієнтованої організації вносить вклад у зміну ентропії організації. Для ідентифікації системного взаємозв'язку трьох видів ентропій проектно-орієнтована організація представлена у вигляді системи, яка обмінюється з зовнішнім середовищем енергією, речовиною та інформацією в рамках структури, відповідної бізнес-процесам. Такий системний підхід дозволив пов'язати воєдино три види ентропій організації, які «співіснують» в рамках проектно-орієнтованої організації як «відбивачі» її стану. Встановлено основні фактори, що впливають на зростання кожного виду ентропії, а також взаємозв'язок ентропій. Сформована концептуальна модель дисипації енергії в проектно-орієнтованій організації.

Сформульовано базові положення енергоентропійної теорії організацій, які включають в себе: ідентифікацію енергопотоків організації, модель енергопотоків організації і баланс енергій; а також сформульована на концептуальному рівні необхідна умова для зниження енергоентропії організації. Формалізована ефективність енергії та питомий коефіцієнт корисної дії для організації, на базі чого розроблено підхід до контролю ефективності діяльності організації.

Управління організаціями є областю знань, де неможливим є встановлення чисельних параметрів або функціональних закономірностей за аналогією з дослідною наукою, тому формалізація енергоентропії здійснювалася аналітично: вираз для енергоентропії отримано на базі енергетичного балансу організації при послідовному обґрунтуванні як ідейно, так і математично кожної його компоненти. Визначено сутність і розрахункові формули для загальної енергії, вільної енергії, роботи, приросту енергії, теплоти, температури і, власне, ентропії.

Формалізовано вираз для температури організації з використанням інформаційної ентропії, як міри упорядкування структури організації та «контролю» організації над частиною зовнішнього середовища. Таким чином, в рамках запропонованого методу інформаційна ентропія обумовлює енергоентропію. Отриманий вираз для енергоентропії відповідає уявленням

ентропії в статистичній фізиці. При цьому формалізація ентропії отримана не механічним перенесенням основних категорій термодинаміки, а шляхом обґрунтування їх суті з урахуванням специфіки організацій як особливого класу систем.

В рамках запропонованого підходу інформаційна ентропія обумовлює енергоентропію. Отриманий математичний вираз для енергоентропії відповідає уявленням ентропії в статистичній фізиці. Дана формалізація може використовуватися як для оцінки енергоентропії, так і для її дослідження.

Представлені результати формують основу для подальшого дослідження ентропії організації в рамках енергоентропійної теорії, яка формує новий погляд на процеси функціонування і розвитку організацій і надає нові можливості по виявленню джерел підвищення ефективності даних процесів.

Основні результати розділу розкрити у публікаціях [6, 8, 13, 14, 110, 117, 120].

РОЗДІЛ 3
МОДЕЛІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ І ЕНЕРГОЕНТРОПІЇ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

3.1 Структура енергоентропії проектно-орієнтованої організації

Специфікою проектно-орієнтованих організацій з точки зору енергоентропійної концепції [14] є те, що кожен проект формує певний внесок у формування і динаміку енергоентропії. При цьому кожен проект як специфічна «організація» є системою, яка обмінюється з зовнішнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Тому кожному проекту характерні власні процеси, які обумовлюють формування і динаміку енергоентропії. Таким чином, інтегральна спільність проектів проектно-орієнтованої організації обумовлює динамічно мінливу енергоентропію, як результат інтеграції енергоентропій кожного проекту.

Відповідно [13, 14] енергоентропія організацій S визначається інформаційною ентропією H, загальною енергією U, співвідношенням досягнутого рівня енергоефективності $\eta = \frac{U + E^{in} - E^{ex}}{U}$ (E^{in} - вхідна енергія, E^{ex} - вихідна (вільна) енергія) з «ідеальним» коефіцієнтом корисної дії η^{id} :

$$S = \frac{(U - E^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H}{U + E^{in} - E^{ex}}, \tag{3.1}$$

що для конкретних значень U , E^{in} , E^{ex} може бути представлено як:

$$S = \lambda \cdot H = -\lambda \cdot \sum_{k=1}^{K} p(A_k) \cdot \ln(p(A_k)), \tag{3.2}$$

$\lambda = \frac{(U - E^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id}}{U + E^{in} - E^{ex}}$ - коефіцієнт, який пов'язує два види ентропії організації; A_k - варіанти стану організації – рівень E^{in} і E^{ex}, $p(A_k)$ - вірогідності цих станів.

Відзначимо, що представлений в [13] підхід і вирази (3.1), (3.2), не враховують структуру проектно-орієнтованих організацій, у яких операційна діяльність утворює сукупність проектів. Тому перетворимо (3.1) і (3.2) з урахуванням зазначеної специфіки.

Для кожного проекту $j = \overline{1,n}$ введемо в розгляд: E_j^{in} - вхідна енергія; E_j^{ex} - енергія, яку направляють на створення продукту проекту; H_j - інформаційна ентропія проекту, яка характеризує можливі результати реалізації проекту.

$$H_j = -\sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \tag{3.3}$$

де події A_{k_j} полягають у тому, що $(E_{k_j}^{in}, E_{k_j}^{ex})$ прийняли конкретні значення, и кожному проекту характерні K_i таких можливих подій. С урахуванням даних позначень (3.1) для проектно-орієнтованої організації набуде вигляду:

$$S^p = \frac{(U - \sum_{j=1}^{n} E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^{n} H_j}{U + \sum_{j=1}^{n} (E_j^{in} - E_j^{ex})}. \tag{3.4}$$

Відзначимо, що інформаційна ентропія організації може бути виражена як:

$$H = \sum_{j=1}^{n} H_j = -\sum_{j=1}^{n} \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})) \tag{3.5}$$

тільки в разі незалежності подій A_{k_j} проектів організації, тобто в ситуації, коли результати проектів організації не залежать від результатів інших проектів. Таке припущення є цілком справедливим і відповідає практиці проектно-орієнтованого управління. Коефіцієнт η^{id} приймається єдиним для всієї організації, з урахуванням того, що, по суті, характеризує приріст капіталу з енергетичної точки зору.

Аналіз (3.4) дозволяє зробити наступні висновки:

1) кожен новий проект організації збільшує інформаційну ентропію H (3.5) і, відповідно, енергоентропію, що може нівелюватися тільки високою ефективністю проекту;

2) не дивлячись на те, що кожен проект збільшує H , при цьому збільшується і вільна енергія організації

$$E^{ex} = \sum_{j=1}^{n} E_j^{ex}, \tag{3.6}$$

що позитивно впливає на її енергоентропію.

Таким чином, додаючи до поточної сукупності новий проект, організація повинна забезпечувати баланс між зростанням невизначеності (інформаційної ентропії) і підвищенням енергоефективності.

Тобто додавання нового проекту має забезпечувати приріст енергоентропії ΔS^p : в ідеальному варіанті- $\Delta S^p < 0$, в допустимому варіанті - $\Delta S^p = 0$. Варіант $\Delta S^p > 0$ допускається в ситуаціях стратегічного характеру (наприклад, робота за заниженими тарифами для збільшення частки ринку і т .п.).

$$\Delta S^p = S^{p+1} - S^p =$$

$$= \frac{(U - \sum_{j=1}^{n} E_j^{in} - E_{n+1}^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} H_j}{U + \sum_{j=1}^{n} (E_j^{in} - E_j^{ex}) + (E_{n+1}^{in} - E_{n+1}^{ex})} - \frac{(U - \sum_{j=1}^{n} E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^{n} H_j}{U + \sum_{j=1}^{n} (E_j^{in} - E_j^{ex})}, \quad (3.7)$$

S^{p+1} - енергоентропія організації після додавання нового проекту до сукупності реалізованих проектів.

Нехай в проектно-орієнтованої організації реалізуються два проекти, і організація планує запустити ще один проект. Характеристики проектів представлені в табл.3.1.

Таблиця 3.1 - Характеристики проектів

Характеристика	E_j^{in}	E_j^{ex}	H_j
Проект 1	20	17	0,5004
Проект 2	30	26	1,0297
Проект 3	18	15	0,639

Результати розрахунків представлені в табл. 3.2.

Як видно, енергоентропія зменшилася майже в два рази за рахунок збільшення вільної енергії і припливу енергії.

Відзначимо, що загальна енергія організації включає в себе пов'язану енергію, яка відноситься до всієї структурі організації. Тому в (3.4), (3.7) дана енергія використовується в цілісному вигляді. Проте, для вирішення різного роду завдань управління організацією, необхідним є встановлення енергоентропії для кожного проекту.

Таблиця 3.2 Енерго-характеристики проектно-орієнтованої організації для різних сукупності проектів

Характеристики проектно-орієнтованої організації	Проект 1+ Проект 2	Проект 1+ Проект 2 + Проект 3
U	80	
E^{in}	50	68
E^{ex}	43	58
H	1,5301	2,1691
S	84,417	46,274

У цій ситуації умовно можна прийняти розподіл загальної енергії організації U між проектами пропорційно вільній енергії даних проектів E_j^{ex} :

$$U_j = \frac{E_j^{ex}}{\sum_{j=1}^{n} E_j^{ex}} \cdot U, j = \overline{1,n.} \tag{3.8}$$

Ти не менш, так як функція (3.4) є нелінійною відносно E^{in}, E^{ex}, U, то в формулу ентропії проекту S_j^p слід ввести відповідну поправку:

$$d = \frac{S^p}{\sum_{j=1}^{n} S'^p_j}. \tag{3.9}$$

Даний коефіцієнт відповідає відношенню енергоентропії організації в цілому (3.4) до суми локальних енергоентропій проектів S'^p_j (3.11) без поправки на нелінійність енергоентропії.

Таким чином, енергоентропія проекту:

$$S_j^p = d \cdot \frac{(U_j - E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H_j}{U_j + E_j^{in} - E_j^{ex}}, j = \overline{1,n}, \tag{3.10}$$

$$S'^p_j = \frac{(U_j - E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H_j}{U_j + E_j^{in} - E_j^{ex}}, j = \overline{1,n}. \tag{3.11}$$

Для розглянутих вище проектів розрахуємо енергоентропію. Результати розрахунків в табл.3.3. Поправочний коефіцієнт склав:

$$d = \frac{46,274}{16,922} = 2,73.$$

Таблиця 3.3 - Енерго-характеристики проектів організації

Характеристики проектів	U_j	S'^p_j	S_j^p
Проект 1	23,448	3,0596	8,37
Проект 2	35,862	10,86	29,70
Проект 3	20,69	3,0022	8,21
Разом	80	16,922	**46,27**

Розрахунки довели, що з урахуванням поправочного коефіцієнта (3.9) сума енергоентропій проектів відповідає енергоентропії проектно-орієнтованої організації. Таким чином, (3.2) для проектно-орієнтованих організацій може бути трансформовано в:

$$S^p = -\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \cdot \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})) = -\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \cdot H_j, \tag{3.12}$$

де λ_j - коефіцієнти, які відображають вплив інформаційної ентропії кожного проекту на енергоентропію організації.

3.2 Дослідження динаміки енергоентропії організацій

Для організацій важливе значення має динаміка енергоентропії, тому досліджуємо її, дотримуючись прийнятих раніше закономірностей і умовних позначень. Введемо індекс часу $t = \overline{0,T}$. Загальна енергія організації є результатом її діяльності і пов'язана з попереднім станом (рис.3.1).

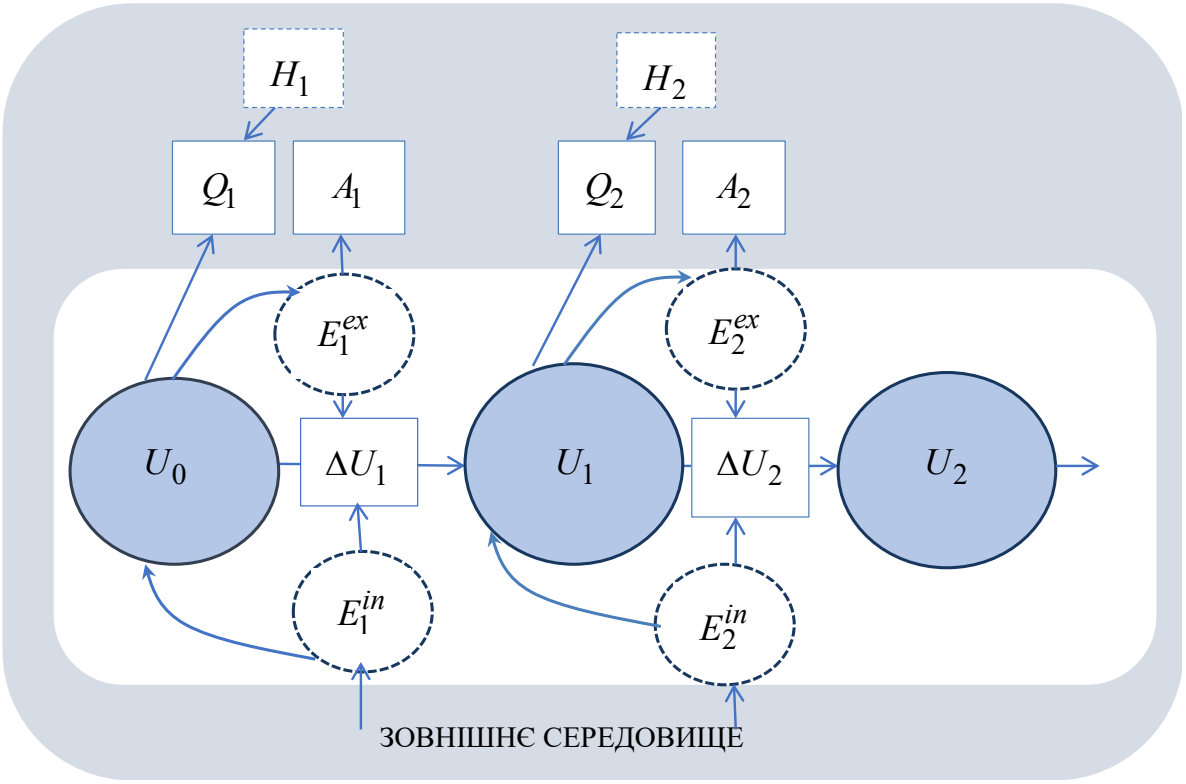


Рисунок 3.1 - Динаміка загальної енергії організації

Нехай в початковий момент часу $t = 0$ енергія організації складає U_0 (початковий стан), з якої E_1^{ex} організація спрямовує на здійснення роботи A_1, Q_1 - зв'язана енергія. Таким чином,

$$U_0 = A_1 + Q_1 = E_1^{ex} + Q_1. \tag{3.13}$$

У відповідь на виконану роботу організація отримує приплив енергії E_1^{in}, що формує приріст енергії ΔU_1, таким чином, в момент часу $t = 1$ енергетичний баланс складає:

$$\begin{aligned} &U_1 = A_1 + Q_1 + \Delta U_1 = U_0 + \Delta U_1 = \\ &== E_1^{ex} + (E_1^{in} - E_1^{ex}) + Q_1 = U_0 + (E_1^{in} - E_1^{ex}) \end{aligned} \tag{3.14}$$

Узагальнюючи дані міркування отримуємо:

$$U_t = U_{t-1} + E_t^{in} - E_t^{ex}, (t = \overline{1,T}). \tag{3.15}$$

Поведінка U_t визначається динамікою $\Delta U_t = E_t^{in} - E_t^{ex}$. Як правило, основними варіантами динаміки результатів діяльності організацій є наступні [19,20]: рівномірний приріст і зростання з прискоренням (уповільненням). Дані варіанти приросту енергії визначають відповідні варіанти динаміки загальної енергії організації:

$$U_t = w_1 \cdot t + U_0, \tag{3.16}$$

$$U_t = U_0 + w_2 \cdot t^2 + w_1 \cdot t \tag{3.17}$$

для $t = \overline{0,T}.$ Вирази (3.16) і (3.17) є основою для аналізу динаміки енергоентропії. У першому випадку приріст енергії постійний і дорівнює:

$$\Delta U_t = E_t^{in} - E_t^{ex} = w_1 \tag{3.18}$$

В другій ситуації

$$\Delta U_t = E_t^{in} - E_t^{ex} = U_t - U_{t-1} = 2w_2 \cdot t + w_1 - w_2. \qquad (3.19)$$

Але не тільки зміна загальної енергії організації за рахунок її приросту впливає на динаміку енергоентропії. Тому при розгляді конкретного варіанту динаміки загальної енергії необхідно враховувати динаміку E_t^{in}, E_t^{ex}, H_t.

Проведемо подальші міркування для ситуації рівномірного приросту енергії, вважаючи, що при її прискореній зміні міркування аналогічні.

Отже, при рівномірному прирості загальної енергії організації:

$$S_t^{UG} = \frac{(U_t - E_t^{in}) \cdot U_t \cdot \eta^* \cdot H_t}{U_t + E_t^{in} - E_t^{ex}} =$$

$$= \frac{(U_0 + w_1 \cdot t - E_t^{in}) \cdot (U_0 + w_1 \cdot t) \cdot \eta^* \cdot H_t}{U_0 + w_1 \cdot t + w_1}. \qquad (3.20)$$

В виразі (3.20) E_t^{in} можна представити в вигляді певної частки U_t, вважаючи, наприклад, що вільна енергія E_t^{ex} складає долю $0 \le g \le 1$ від загальної енергії (тобто організація витрачає на роботу встановлену частину від сумарної енергії):

$$E_t^{in} = E_t^{ex} + w_1 = g \cdot U_t + w_1 = g \cdot (U_0 + w_1 \cdot t) + w_1. \qquad (3.21)$$

З урахуванням цього вираз (3.20) прийме вигляд:

$$S_t^{UG} = \frac{(U_t - E_t^{in}) \cdot U_t \cdot \eta^* \cdot H_t}{U_t + E_t^{in} - E_t^{ex}} =$$
$$= \frac{(U_0 + w_1 \cdot t - g \cdot (U_0 + w_1 \cdot t) - w_1) \cdot (U_0 + w_1 \cdot t) \cdot \eta^* \cdot H_t}{U_0 + w_1 \cdot t + w_1} =$$
$$= \frac{(U_0(1-g) + w_1(t - g \cdot t - 1)) \cdot (U_0 + w_1 \cdot t) \cdot \eta^* \cdot H_t}{U_0 + w_1(t+1)}, t = \overline{1,T}. \quad (3.22)$$

Вираз (3.22) описує динаміку енергоентропії організації при рівномірному збільшенні її сумарної енергії.

Представлена вище формалізація динаміки енергоентропії виступає в якості моделі для проведення експериментальних досліджень, які базуються на врахуванні найбільш можливих варіантів динаміки основних впливаючих параметрів: інформаційної ентропії і вільної енергії. Різна комбінація їх динамік (одночасне зростання / зниження, зростання / зниження з різною швидкістю) може призводити до різних варіантів динаміки енергоентропії. Крім того, варіанти динаміки можуть комбінуватися з різним рівнем, наприклад, частки вільної енергії.

Таким чином, основне завдання експериментальних досліджень - встановити які зміни параметрів, які формують енергоентропію, для організації на благо, а які ні.

На рис.3.2 представлені результати розрахунків на базі виразу (3.22) варіантів динаміки енергоентропії організації при постійному і спадному рівні інформаційної ентропії *H* для різних значень *g*. Як показує рис.3.2, при рівномірному прирості загальної енергії і постійному рівні інформаційної ентропії *H* енергоентропія зростає, при рівномірному зниженні вона знижується. Більш високе значення *g*, природно, сприяє зниженню енергоентропії.

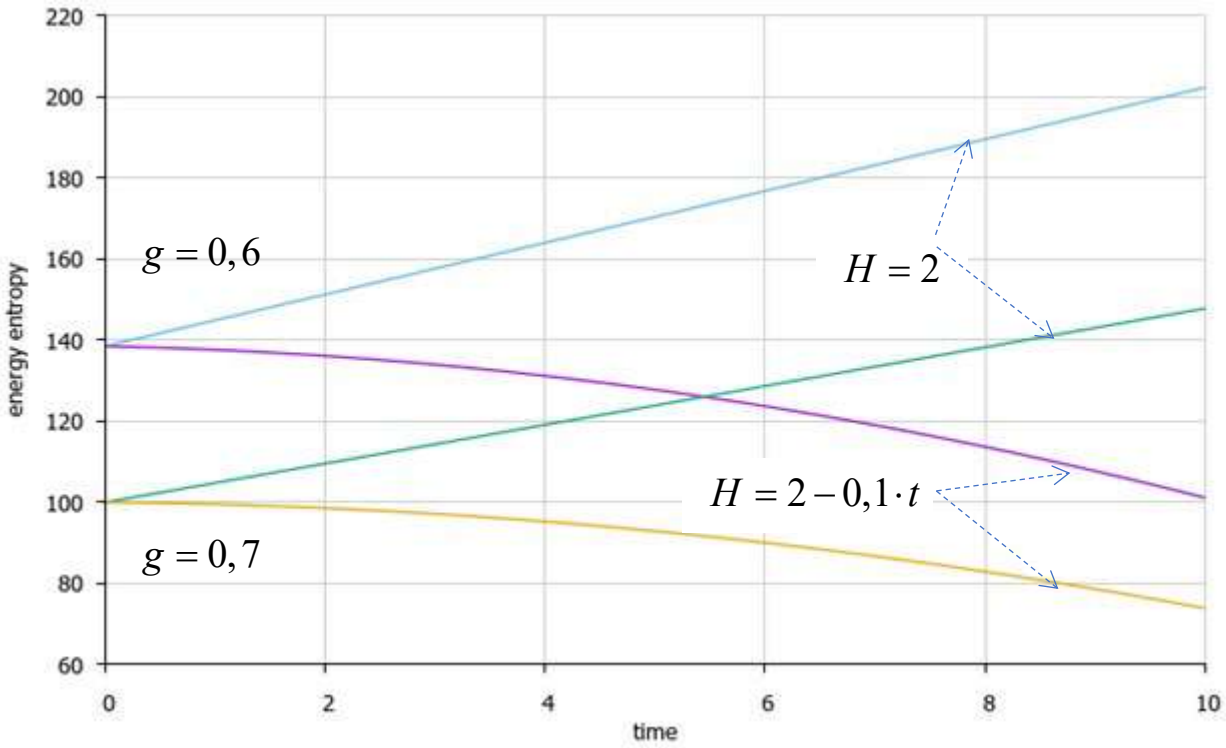


Рисунок 3.2 - Приклади динаміки енергоентропії при рівномірному збільшенні загальної енергії при постійному і спадному H для

$$g = \{0,6; 0,7\}$$

На рис.3.3 представлена графічна ілюстрація результатів розрахунку динаміки енергоентропії при фіксованому значенні, але при чотирьох варіантах динаміки інформаційної ентропії H. Дана ілюстрація - наочний приклад того, як «впорядкування» організації і зниження невизначеності результатів її діяльності дозволяє «боротися» з енергоентропією, яка тяжіє до природного росту при поступовому збільшенні загальної енергії організації.

На рис.3.4 представлені результати розрахунків динаміки енергоентропії при одночасному врахуванні динаміки H і g. Приріст g свідчить про підвищення ефективності енергообігу.

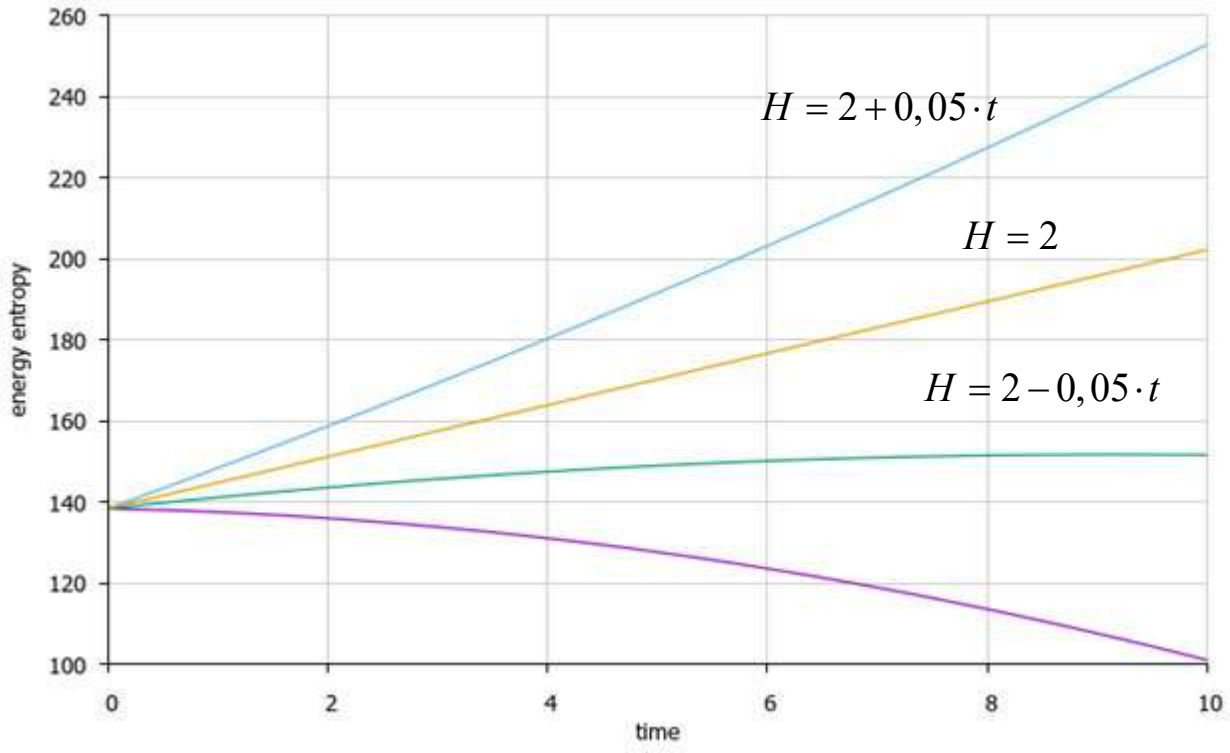


Рисунок 3.3 - Приклади динаміки енергоентропії при рівномірному збільшенні загальної енергії при різних динаміках *H*.

Тобто організація поступово збільшує (в даному прикладі $g = 0,65 + 0,02 \cdot t$) частку вільної енергії, що природним чином знижує частку зв'язаної енергії. Динаміка інформаційної ентропії для даного прикладу двох видів - рівномірне зростання і рівномірне зниження. Як видно, навіть збільшення ефективності в контексті обміну енергією з зовнішнім середовищем (збільшення частки вільної енергії) без підвищення ступеня впорядкованості не призводить до зниження енергоентропії.

Енергоентропія є категорією, яка не підлягає дослідному вивченню, а встановлюється розрахунковим шляхом як специфічний інтегральний показник ефективності енергообігу організацій як особливого класу систем. Інтегральність полягає в обліку рівня порядку в організації (інформаційної ентропії) разом із здатністю ефективно «вивільняти» енергію для корисної роботи. Тому визначення і дослідження динаміки енергоентропії можливо

тільки на базі абстрактних моделей, якими є, наприклад, вирази (3.13), (3.20), (3.22).

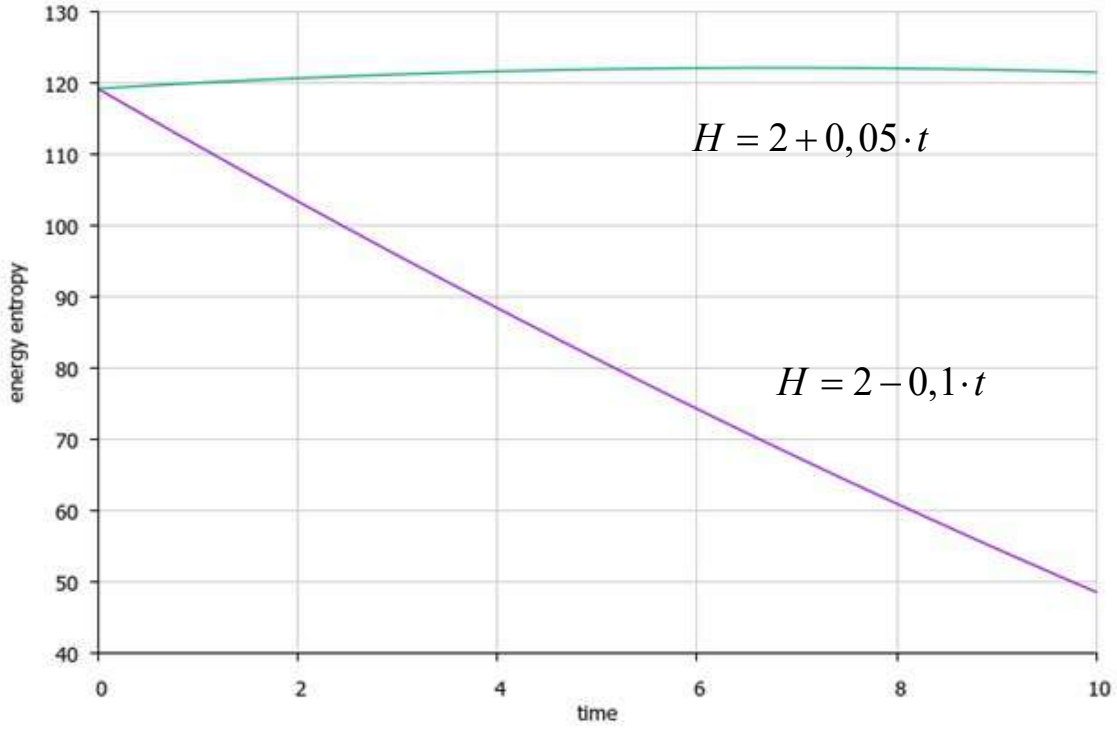


Рисунок 3.4 - Приклади динаміки енергоентропії при рівномірному збільшенні частки вільної енергії $g = 0,65 + 0,02 \cdot t$ при різних динаміках H

На відміну від існуючих досліджень, в яких відсутня формалізація енергоентропії у вигляді, який може бути використаний для її оцінки і дослідження динаміки, пропонована формалізація дозволяє не тільки оцінити, а й дослідити поведінку енергоентропії з різних точок зору. В даному випадку - дослідження зосереджено на динаміці енергоентопії під впливом комплексу чинників, що виражаються в певному рівні і динаміці системи параметрів.

Відповідно до пропонованої формалізації, енергоентропія організації залежить від наступних величин: «енергопараметрів» - загальної енергії, її приросту, рівня вільної енергії і «ступеня впорядкованості» - інформаційної

ентропії. Функціональний аналіз (3.22) дозволяє комбінувати різні варіанти динаміки зазначених величин і моделювати поведінку енергоентропії і, відповідно, стан організації.

Представлені результати дослідження динаміки енергоентропії на базі моделі (3.22), тобто за умови рівномірного приросту загальної енергії організації, продемонстрували:

• адекватність запропонованих моделей поведінки енергоентропії (3.20) і (3.22) реальним процесам життєдіяльності організацій (викладеним в різних публікаціях з даної тематики);

• комплексність впливу системи факторів і динаміки відповідних параметрів, що відображають їх рівень, на енергоентропію, в тому, числі, нівелювання позитивних змін в організації негативною динамікою інших процесів;

• методичний підхід до практичного дослідження енергоентропії організацій.

Пропонована формалізація енергоентропії виступає не стільки в якості методу оцінки енергоентропії, скільки в якості моделі для дослідження її поведінки і динаміки. Отримані результати не суперечать і підтверджують основні припущення та судження різних авторів про потенційну поведінку енергоентропії на концептуальному рівні (тобто, без відповідної формалізації).

Пропоновані результати можуть використовуватися для подальших теоретичних досліджень енергоентропії і практичного вивчення її динаміки для конкретних організацій.

3.3 Дослідження впливу інформаційної ентропії на енергоентропію організації

Як відомо, дисипація енергії тим вище, чим нижче впорядкованість організації, тому енергоентропія - це характеристика стану організації з

точки зору ефективності її енергії і впорядкованості. На базі концептуальної моделі енергоентропії організації, викладеної в [1], де був обґрунтований зв'язок між енергоентропією і інформаційною ентропією організації, пропонуємо наступну формалізацію енергоентропії:

$$S = \lambda \cdot H, \tag{3.23}$$

де S - енергоентропія, H - інформаційна ентропія, а λ визначається комбінацією усіх енергетичних параметрів організації:

$$\lambda = \frac{(U - \Delta U) \cdot U \cdot \eta^{et}}{U + \Delta U}, \tag{3.24}$$

де U - сумарна енергія (капітал) організації;

ΔU - приріст капіталу в результаті роботи організації,

η^{et} - показник еталонної енергоефективності організації.

Приріст сумарної енергії організації:

$$\Delta U = E^{in} - E^{ex} \tag{3.25}$$

де E^{in} - приплив енергії, E^{ex} - відтік енергії (вільна енергія, що направляється на виконання роботи).

$$\eta = \frac{U + \Delta U}{U} \tag{3.26}$$

η - показник енергоефективності організації, співвідношення якого з формує ступінь досягнення організацією еталонного стану (еталонної енергоефективності):

η^{et} формує ступень досягнення організацією еталонного стану (еталонної енергоефективності):

$$\mu = \frac{\eta}{\eta^{et}} = \frac{(U + \Delta U)}{U \cdot \eta^{et}}. \tag{3.27}$$

На рис.3.5 представлена залежність енергоентропії від інформаційної ентропії при заданому рівні $U = 50, \eta^{et} = 2$ для різних значень $\Delta U = \{15; 25; 35; 45\}$. Найбільшого впливу інформаційна ентропія досягає при мінімальному значенні приросту сумарної енергії.

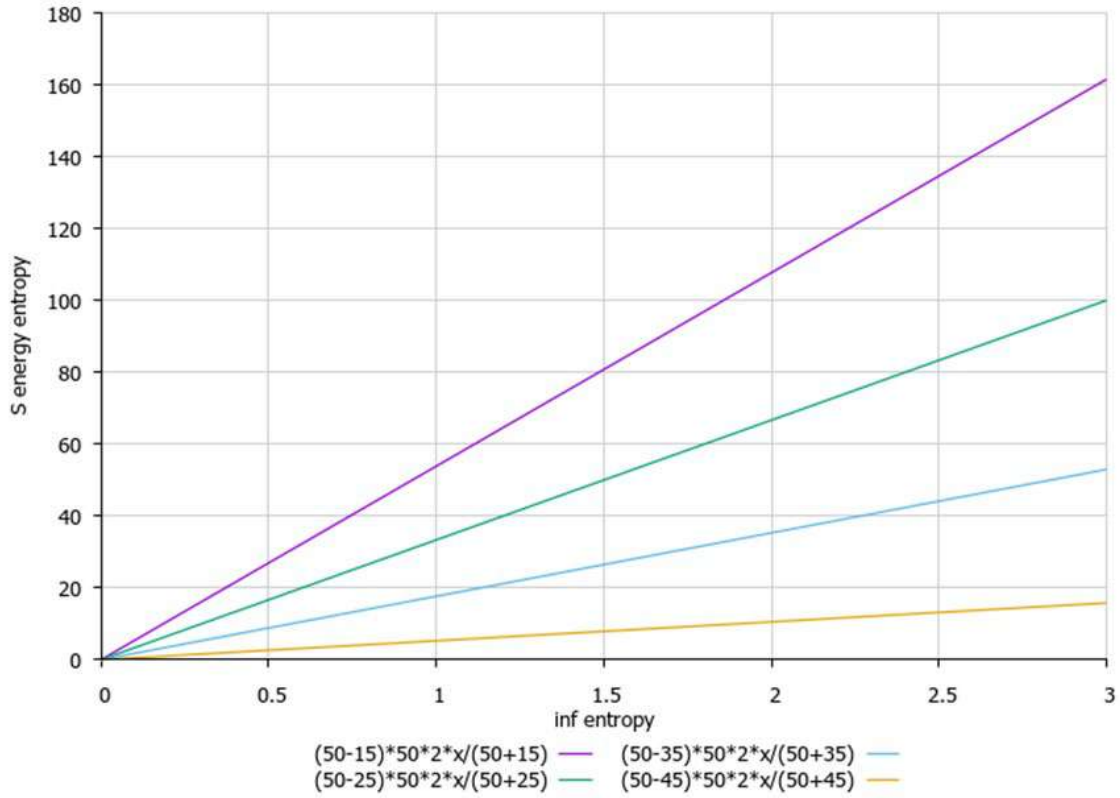


Рисунок 3.5 – Графіки залежності енергоентропії від інформаційної ентропії при, $U = 50, \eta^{et} = 2, \Delta U = \{15; 25; 35; 45\}$.

Ентропія H відображає рівень впорядкованості організації, яка проявляється, в даному випадку, в кількості можливих варіантів стану організації $(E_k^{in}, E_k^{ex}), k = \overline{1, K}$ та їх ймовірності $p_k, k = \overline{1, K}$:

$$H = -\sum_{k=1}^{K} p_k \cdot \ln p_k . \tag{3.28}$$

Показники $\{S, H, \mu, \eta\}$ формують систему показників стану організації в рамках енергоентропійної теорії організації. Саме цей набір показників може однозначно свідчити про стан організації та її динаміку. Але основними параметрами, які обумовлюють як ентропію інформаційну, так і енергоентропію, а також показники енергоефективності, є E^{in}, E^{ex}. Дійсно ΔU, визначає і ефективність і приріст капіталу, а ймовірності E^{in}, E^{ex} формують інформаційну ентропію організації *H*.

Рівень інформаційної ентропії (3.28) визначається, перш за все, числом варіантів можливого стану організації: при збільшенні *K* (тобто числа прогнозованих варіантів стану організації) і зрівняння їх ймовірностей, інформаційна ентропія *H* (3.28) зростає. І, навпаки, при зниженні *K* і явному виділенню найбільш ймовірних станів *H* (3.28) буде зменшуватися.

E^{ex} - це та кількість енергії, яку організація витрачає на роботу і на підтримку власної структури, а також структур, пов'язаних із споживачами і постачальниками (маркетингом і логістикою). E^{in} - вхідна енергія, яка визначається багатьма факторами: ефективністю маркетингу і логістики, станом зовнішнього середовища, якістю продукту організації і т. д. Очевидно, що E^{in} допускає значне варіювання у організацій однієї і тієї ж сфери діяльності і масштабу, в залежності від цінності організації і її продукту з точки зору споживачів. Якщо організації вдалося сформувати стійкий зв'язок зі споживачами на базі ціннісного підходу, то діапазон E^{in} звужується. І, навпаки, якщо організація діє досить хаотично, то з однаковими можливостями вона може забезпечити як високий рівень E^{in}, так і низький.

Таким чином, величини E^{ex} і E^{in} є залежними випадковими

величинами: витрати на маркетинг, які є частиною E^{ex} зумовлюють певну віддачу у вигляді частини E^{in}. Чим ефективніше маркетингові заходи, тим вище значення E^{in}. Таким чином, попередні дослідження поведінки E^{ex} і E^{in} дозволять визначити для кожної з них набір значень $E^{in} = \left\{ E_1^{in}, E_2^{in}, ..., E_n^{in} \right\}$ і $E^{ex} = \left\{ E_1^{ex}, E_2^{ex}, ..., E_m^{ex} \right\}$, і відповідні ймовірності $p(E_j^{in} / E_i^{ex}), i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$, $p(E_i^{ex}, E_j^{in}), i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$ які дозволять визначити значення інформаційної ентропії в певній ситуації (шляхом коригування (3.28) наступним чином):

$$H = -\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} p(E_i^{ex}, E_j^{in}) \cdot \ln(p(E_j^{in} / E_i^{ex})). \tag{3.29}$$

Таким чином, з урахуванням виразів (3.23) - (3.26), (3.29) енергоентропія конкретної організації з заданим рівнем U і відповідної еталонної ефективності η^{et} визначається поведінкою залежних випадкових величин E^{ex} і E^{in} (рис. 3.6). Відзначимо, що в кожній конкретній сфері діяльності окремим напрямком досліджень є вивчення поведінки E^{ex} і E^{in}.

Рисунки 3.7, 3.8 демонструють динаміку λ як сполучного параметра між порядком в організації і енергоентропією в залежності від основних впливають параметрів. Графіки демонструють максимізацію λ при зростанні сумарної енергії U і еталонної енергоефективності η^{et}, а також при зменшенні приросту енергії ΔU. Таким чином, в такій ситуації, «невпорядкованість» надає максимальний вплив на енергоентропію.

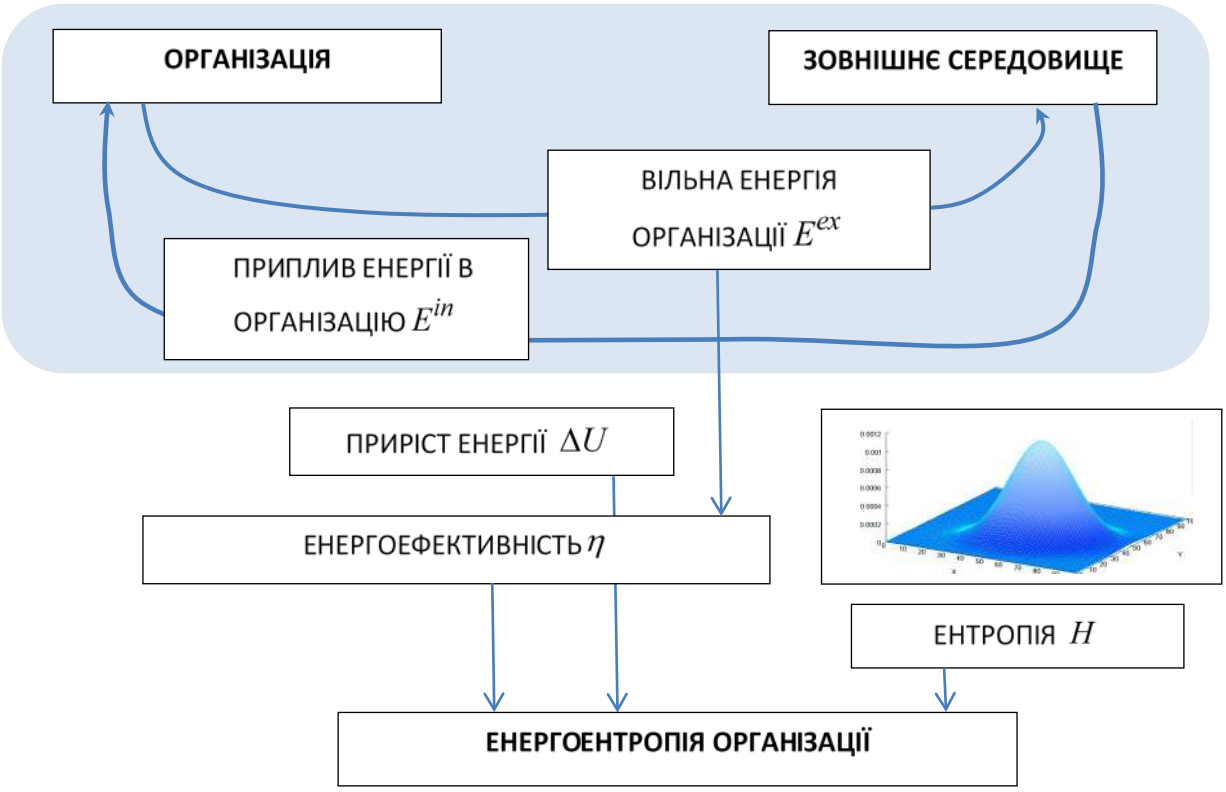


Рисунок 3.6- Фактори, що впливають на енергоентропію конкретної організації з заданим рівнем U і η^{et} .

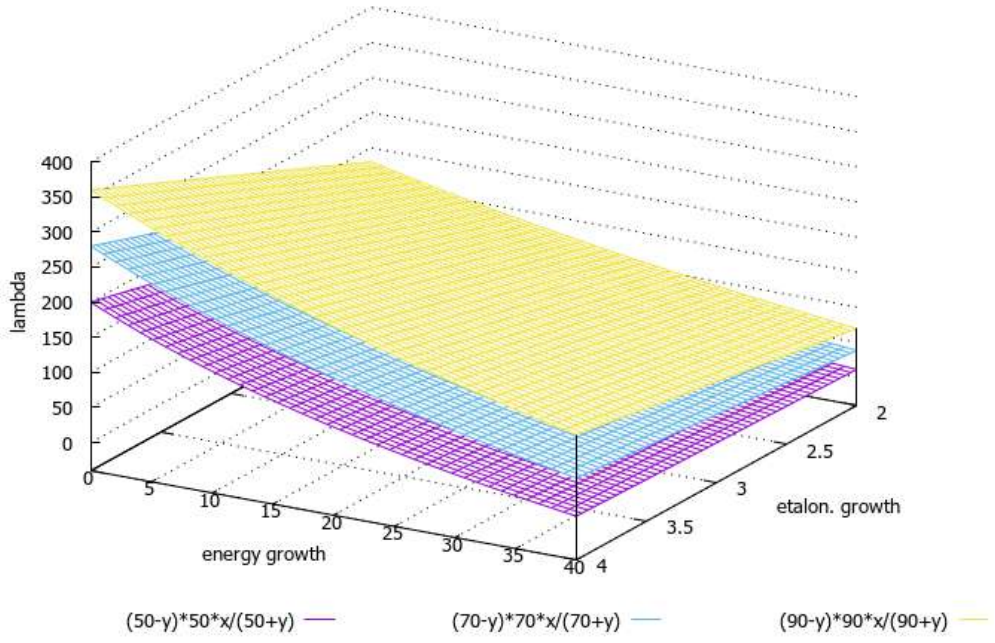


Рисунок 3.7 - Графіки залежності λ від приросту енергії ΔU і еталонної ефективності η^{et} для $U = \{50;70;90\}$.

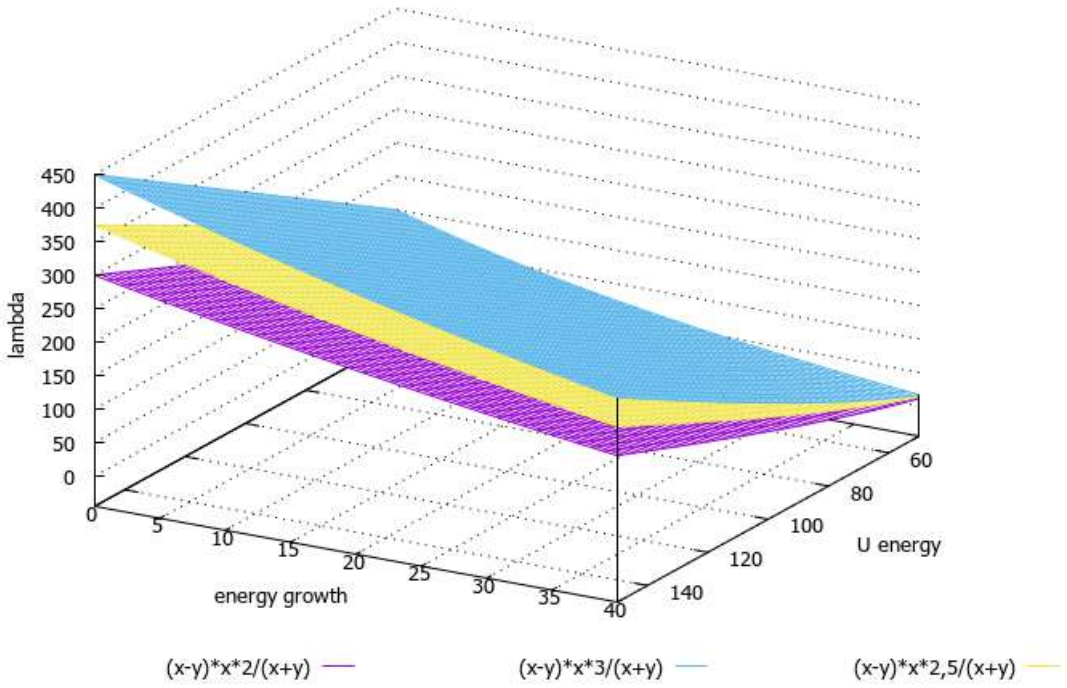


Рисунок 3.8 - Графіки залежності λ від приросту енергії ΔU та енергії U для $\eta^{et} = \{2; 2,5; 3\}$

Подальшим розвитком представлених результатів є дослідження поведінки інформаційної ентропії і енергоентропії для конкретних сфер діяльності з урахуванням динаміки сумарної енергії організації, яка є аналогом їх масштабу.

3.4 Динаміка інформаційної ентропії проектів та практичні аспекти її оцінки

В проектно-орієнтованих організаціях реалізуються проекти двох категорій - проекти, пов'язані з поточною (операційною) діяльністю, і проекти розвитку, які пов'язані з досягненням стратегічних цілей організації. Проекти розвитку притаманні різним організаціям, але при розгляді проектно-орієнтованих організацій, перш за все, мається на увазі, що їх поточна діяльність представлена у вигляді сукупності проектів. Тому в

рамках даного дослідження увага зосереджена саме на зазначеній категорії проектів.

Інформаційна ентропія проекту формується, виходячи з множини можливих варіантів результатів проекту та їх ймовірностей. Нехай в організації в рамках поточної діяльності здійснюється *n* проектів. Організація очікує від кожного проекту результату $R_j, j = \overline{1,n}$, який, може бути прийнятий як випадкова величина з заданим законом розподілу. В іншому випадку має місце повна невизначеність, що нехарактерно для проектів, відповідних поточній діяльності, а в більшій мірі властива, наприклад, інноваційним проектам, для яких результати не можуть бути спрогнозовані на базі попередньої статистики. Таким чином, специфікою проектів поточної діяльності є те, що їх результати можуть бути змодельовані за допомогою методів математичної статистики і теорії ймовірностей.

Для кожного проекту $j = \overline{1,n}$ введемо в розгляд H_j - інформаційну ентропію:

$$H_j = -\sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \tag{3.30}$$

де події A_{k_j} полягають у тому, що результат проекту склав R_{k_j}, і кожному проекту характерні K_i таких можливих подій. При цьому:

$$p(A_{k_j}) = p(R_j = R_{k_j}) \tag{3.31}$$

в разі дискретності випадкової величини $R_j, j = \overline{1,n}$, або

$$p(A_{k_j}) = p(R_j \in \left(R_{k_j-1}, R_{k_j} \right]) \tag{3.32}$$

в випадку її безперервності, де R_{k_0} - умовна мінімальна межа результатів проекту та початок першого інтервалу можливих значень.

Як правило, нормальний закон розподілу найбільше підходить для опису поведінки R_j, тому в якості $\left(R_{k_j-1}, R_{k_j}\right], k_j = \overline{1, K_j}, j = \overline{1, n}$ може бути прийняте «дроблення» області ймовірно значущих можливих значень R_j на інтервали. Під ймовірно значущими розуміються ті значення, ймовірність яких більше якоїсь заданої величини, а іншими значеннями можна знехтувати як малоймовірними.

Ширина зазначених інтервалів *d* визначається підходом до розгляду результату проекту і розмахом його можливих значень. Останній для нормального закону розподілу визначається дисперсією або середньоквадратичним відхиленням (правило «трьох сигм»).

Відзначимо, що ширина і кількість інтервалів $\left(R_{k_j-1}, R_{k_j}\right]$, які приймаються, є проявом «обізнаності» про результати проекту: якщо менеджмент не в змозі виділити кілька інтервалів і може розглядати тільки їх значну кількість, то це означає, що менеджмент не обізнаний про фактори (їх поведінки), які можуть приводити до того чи іншого діапазону значень результату проекту.

Таким чином, «дроблення» на інтервали для результатів проекту здійснюється не механічно, а з урахуванням знання менеджментом реальних умов (ситуацій), що призводять до того чи іншого інтервалу результатів, кожен з яких є подією, пов'язаною з певними умовами. Це, в свою чергу, природним чином відбивається на інформаційній ентропії проекту. Оптимальним для проекту буде варіант мінімальної кількості інтервалів мінімальної ширини, що призведе до мінімізації інформаційної ентропії.

Вплив процедури формування подій-інтервалів $\left(R_{k_j-1}, R_{k_j}\right]$ на інформаційну ентропію H_j представлено в табл. 3.4. Результати розрахунків наочно демонструють зменшення інформаційної ентропії від H = 2,12 (при «нарізці» інтервалів шириною d = 1) до H = 0,86 (при ширині інтервалів d = 4).

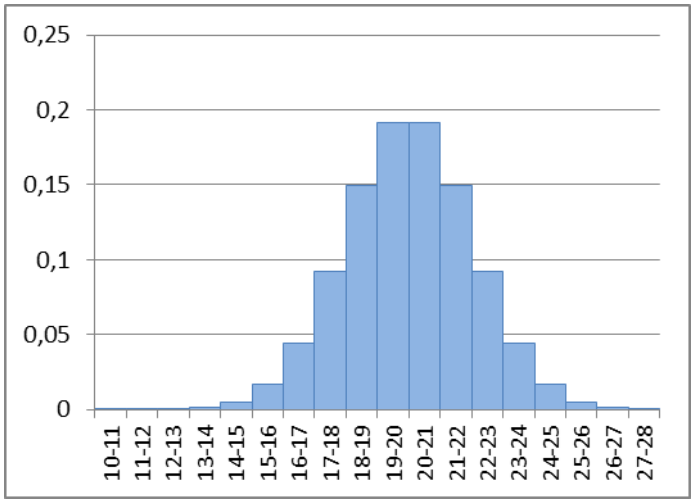
Відзначимо, що більш широка «нарізка» інтервалів, з одного боку - може штучно зменшувати ентропію, з іншого боку - свідчити про прийнятність значної варіації результату з точки зору проекту, що визначає його відносну стійкість по відношенню до впливу негативних факторів. Таким чином, визначення ширини інтервалів d є результатом комбінації особами, що приймають рішення, множини факторів, пов'язаних як з внутрішнім, так і з зовнішнім середовищем проекту.

Пропонована процедура визначення інформаційної ентропії проектів, відповідних поточній діяльності проектно-орієнтованих організацій, з обчислювальної точки зору є комбінуванням Шенновского підходу до обчислення ентропії і методів математичної статистики і теорії ймовірностей. Не дивлячись на те, що відповідно до класичного розуміння, випадкова величина (в даному варіанті R_j) приймає свої можливі значення в результаті впливу множини факторів, тим не менш, ця множина факторів умовно може бути розподіленою на групи множин, які можуть бути певним чином інтерпретовані. В результаті можуть бути виділені найбільш ймовірні діапазони значень результатів.

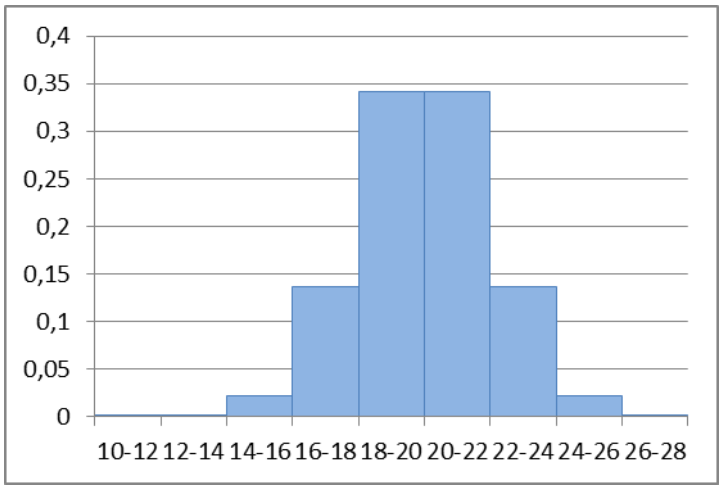
Відзначимо, що ентропія є динамічною характеристикою проекту і змінюється протягом усього життєвого циклу, тривалість якого позначимо T_j

Для проектів, відповідних поточній діяльності, тривалість життєвого циклу, як правило, невелика. Крім того, дані проекти не відносяться до категорії інвестиційних.

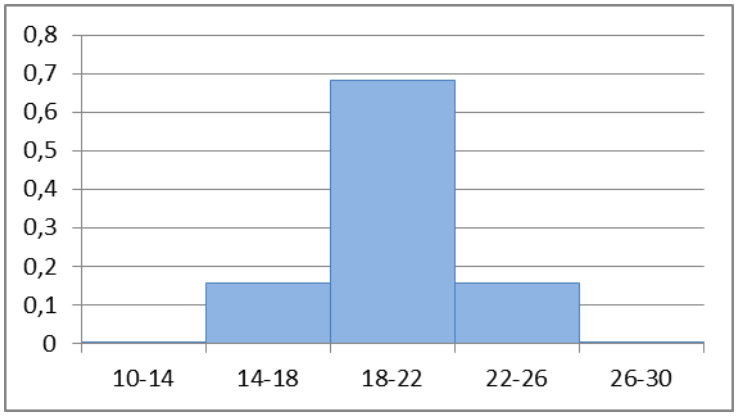
Таблиця 3.4 - Вплив процедури формування подій -інтервалів на інформаційну ентропію

«Дроблення» подій-інтервалів	Інформаційна ентропія
	

A	p(A)	p(A)ln(p(A))
10-11	0,000003	0,0000
11-12	0,000028	-0,0003
12-13	0,000201	-0,0017
13-14	0,001117	-0,0076
14-15	0,004860	-0,0259
15-16	0,016540	-0,0678
...	...	...
25-26	0,004860	-0,0259
26-27	0,001117	-0,0076
27-28	0,000201	-0,0017
H		2,1221



A	p(A)	p(A)ln(p(A))
10-12	3,13846E-05	-0,000325433
12-14	0,001318227	-0,008741778
14-16	0,021400234	-0,082270063
16-18	0,135905122	-0,271239207
18-20	0,341344746	-0,366898608
20-22	0,341344746	-0,366898608
22-24	0,135905122	-0,271239207
24-26	0,021400234	-0,082270063
26-28	0,001318227	-0,008741778
H		1,458624746



A	p(A)	p(A)ln(p(A))
10-14	0,001350	-0,008918
14-18	0,157305	-0,290947
18-22	0,682689	-0,260593
22-26	0,157305	-0,290947
26-30	0,001318	-0,008742
H		0,860146

Відзначимо, що виділення етапів життєвого циклу проекту може здійснюватися з різною деталізацією, тому подальші міркування не ґрунтуються на якійсь певній структурі життєвого циклу проекту, а розглядають виключно його тривалість.

На початковому етапі життєвого циклу проекту інформаційна ентропія H_j, як правило, максимальна, що пояснюється максимальним в рамках життєвого циклу періодом прогнозування результатів. Нормальною і необхідною для забезпечення ефективного управління є ситуація, при якій інформаційна ентропія поступово зменшується $H_j \to 0$ і при $t \to T_j$ насамперед, за рахунок наближення періоду отримання продукту проекту і його результату, а, отже, більш достовірної інформованості менеджменту та зниження рівня невизначеності.

На рис.3.9 представлені варіанти можливої динаміки інформаційної ентропії проекту.

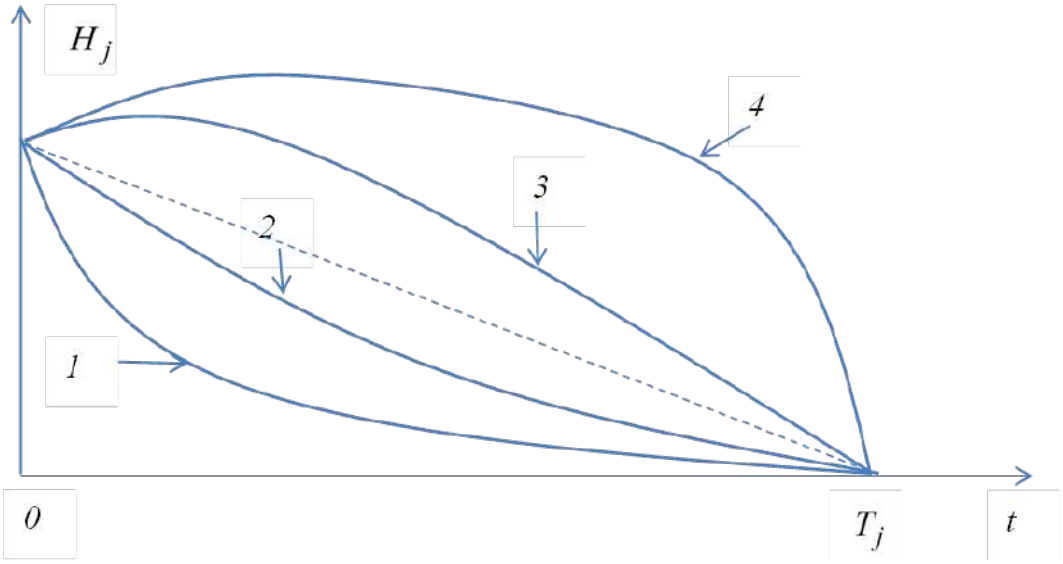


Рисунок 3.9 - Приклади можливої динаміки інформаційної ентропії проекту.

Варіанти *1* і *2* відповідають позитивному розвитку проекту і зниження ентропії різними темпами (природно, що варіант *1* є найкращим, тому що темп зниження вище). Варіанти *3* та *4* характеризують неприйнятні ситуації по проекту, при яких ентропія зростає протягом практично всього життєвого циклу (для варіанту *4* швидкість росту значно вище). Це свідчить про нездатність менеджменту контролювати і впливати на ситуацію, що робить досить імовірним провал проекту з точки зору його результатів.

З урахуванням прийнятого вище підходу до визначення ентропії, рівень ентропії пов'язаний з розмахом діапазону значень результатів, який визначається середньоквадратичним відхиленням:

$$H_j = H_j(\sigma_{R_j}(t)), 0 \le t \le T_j. \tag{3.33}$$

Таким чином, можна стверджувати, що на початку життєвого циклу проекту:

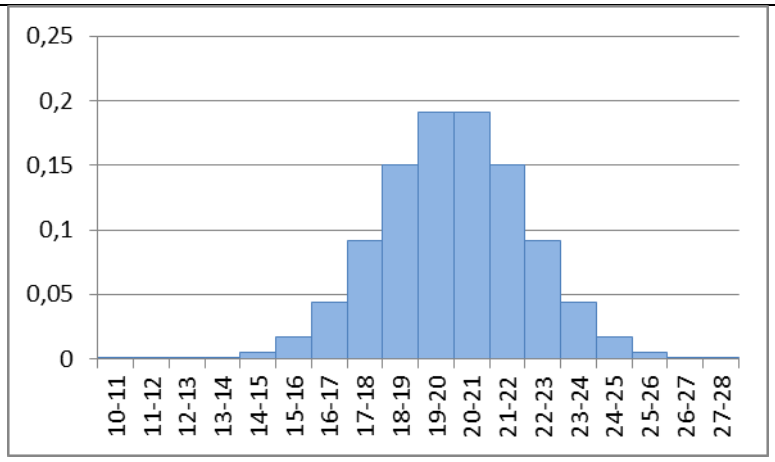
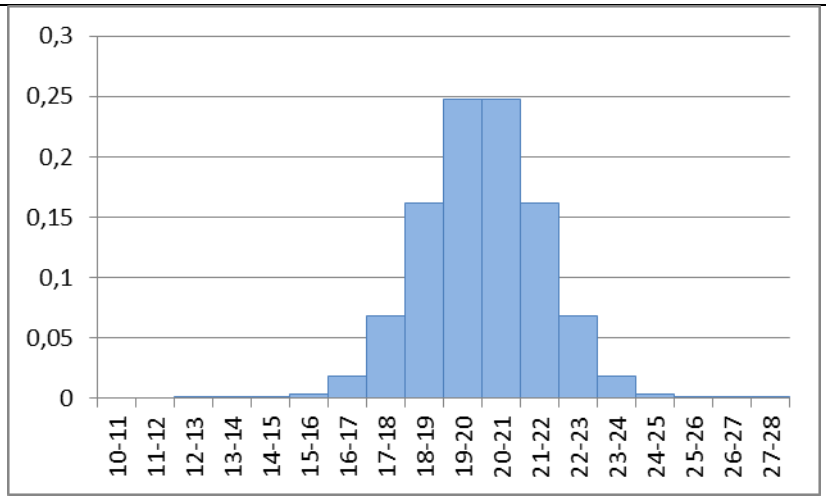
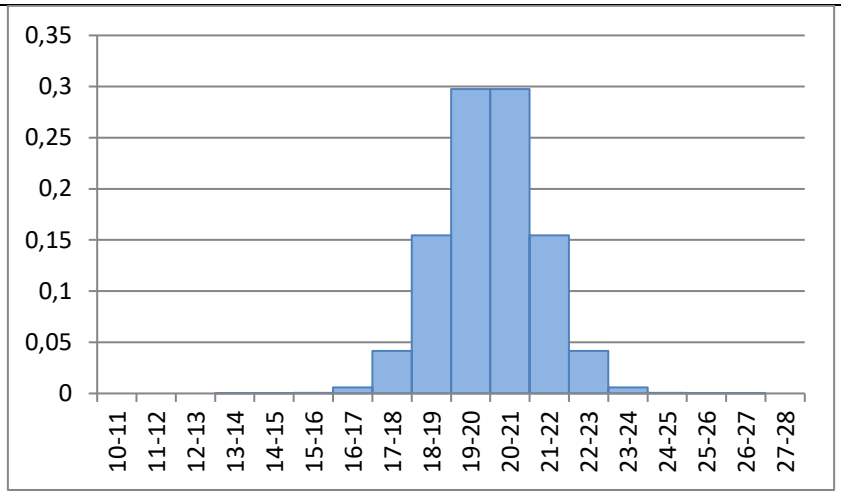
$$\sigma_{R_j}(t=0) = \max_{t \in [0;T_j]} \left\{ \sigma_{R_j}(t) \right\}, \tag{3.34}$$

якщо прийняти середньоквадратичне відхилення результату проекту $\sigma_{R_j}(t)$ як функцію від часу [13,14,26,27].

Зменшення середньоквадратичного відхилення призводить до зменшення діапазону ймовірнісно значущих значень, і, отже, до зменшення інформаційної ентропії (табл.3.5). Результати розрахунків демонструють зниження ентропії з H = 2,12 до H = 1,63 при зменшенні з 2 до 1,2 при постійній ширині інтервалів *d*.

Таким чином, ефективне управління проектом передбачає забезпечення монотонно спадної функції $\sigma_{R_j}(t)$, що відповідає зменшенню ризику недоотримання очікуваного результату з точки зору класичного його оцінювання за допомогою дисперсії ([14,27]).

Таблиця 3.5 - Зміна інформаційної ентропії проекту при зменшенні середньоквадратичного відхилення його результату σ_{R_j}

Графічне представлення подій-інтервалів, що розглядаються	Характеристики результату і ентропії
	$\overline{R} = 20$ $\sigma_R = 2$ $H = 2{,}12$
	$\overline{R} = 20$ $\sigma_R = 1{,}5$ $H = 1{,}84$
	$\overline{R} = 20$ $\sigma_R = 1{,}2$ $H = 1{,}63$

На рис.3.10 схематично зображено динаміку зміни ймовірнісної оцінки результатів проекту у взаємозв'язку з інформаційною ентропією.

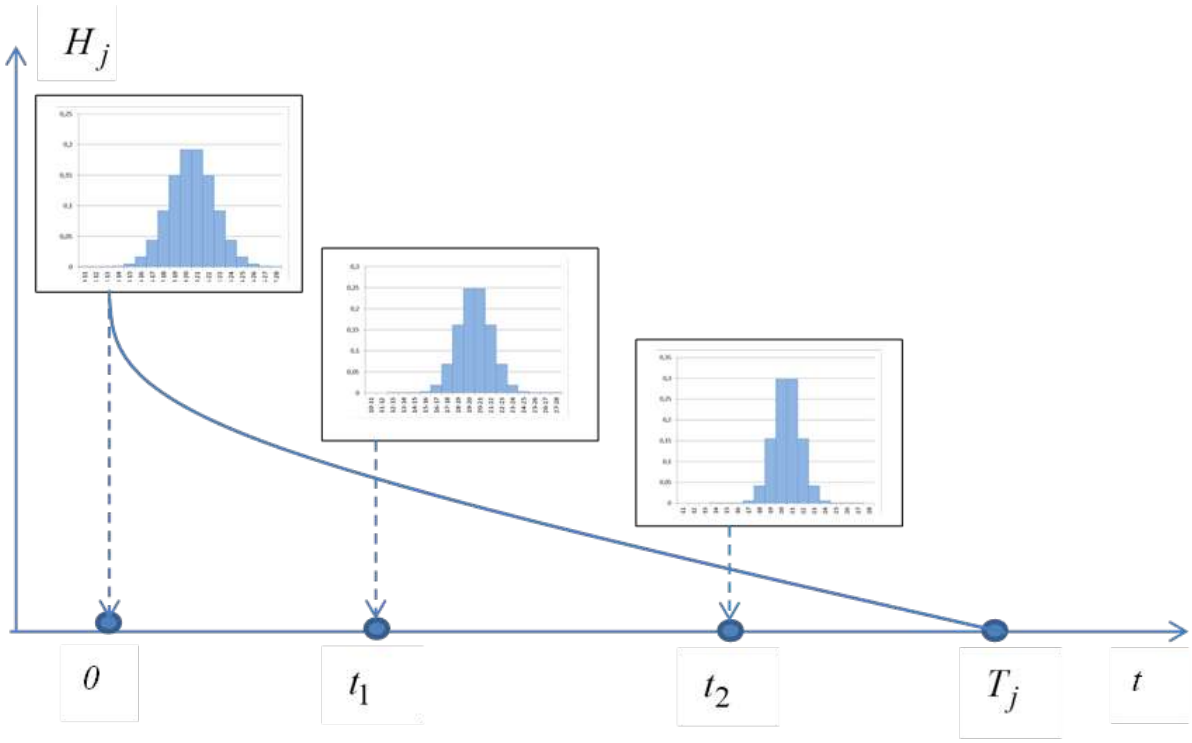


Рисунок 3.10 - Динаміка зміни ймовірнісної оцінки результатів проекту у взаємозв'язку з інформаційною ентропією

Для представленого прикладу:

$$\sigma_{R_j}(0) > \sigma_{R_j}(t_1) > \sigma_{R_j}(t_2). \tag{3.35}$$

Таким чином, контроль за $\sigma_{R_j}(t)$ забезпечує контроль за інформаційною ентропією проекту, що є необхідним для його успішної реалізації.

3.5 Модель взаємозв'язку інформаційної та енергоентропії проектно-орієнтованих організацій

Згідно енергоентропійній концепції енергоентропія організацій обумовлюється, перш за все, інформаційною ентропією (ентропією Шеннона), яка інтегровано відображає і ступінь порядку в організації, і, як

наслідок, ступінь інформаційної невизначеності. Таким чином, дисипація енергії організацій (або її марне витрачання) визначається саме рівнем порядку організації і обізнаності про майбутні результати її діяльності. Вище було визначено, що специфікою проектно-орієнтованих організацій є те, що кожен проект формує певний внесок у формування і динаміку енергоентропії.

При цьому кожен проект як специфічна «організація» є системою, яка обмінюється з зовнішнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Тому кожному проекту характерні власні процеси, які обумовлюють формування і динаміку енергоентропії також власна інформаційна ентропія. Таким чином, інтегральна спільність проектів проектно-орієнтованої організації обумовлює динамічно мінливу енергоентропію, як результат інтеграції енергоентропій кожного проекту. Однією з головних причин зазначених процесів є наявність інформаційної ентропії.

Отже, концептуальна модель формування інформаційної ентропії проектно-орієнтованої організації і її впливу на енергоентропію представлено на рис.3.11.

Згідно енергоентропійній концепції, всі ресурси (капітал) організації формують загальну енергію, частина якої спрямовується безпосередньо на здійснення «роботи», для проектно-орієнтованих організацій - на роботу по проектам. Сукупність такої енергії є «вільною» енергією, інша частина загальної енергії є «пов'язаною» енергією і обумовлює енергоентропію.

В результаті виконаної за проектами роботи формуються притоки вхідної енергії.

Нехай в проектно-орієнтованій організації реалізується n проектів.

Для кожного проекту $j = \overline{1,n}$ введемо в розгляд: E_j^{in} - вхідна енергія; E_j^{ex} - енергія, яку направляють на роботу за проектом (створення продукту проекту); H_j - інформаційна ентропія проекту, яка характеризує можливі

результати реалізації проекту. Інформаційна ентропія проекту визначається як:

$$H_j = -\sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \tag{3.36}$$

де події A_{k_j}, які полягають в тому, що (E_j^{in}, E_j^{ex}) прийняли конкретні значення, і кожному проекту характерні K_j таких можливих подій.

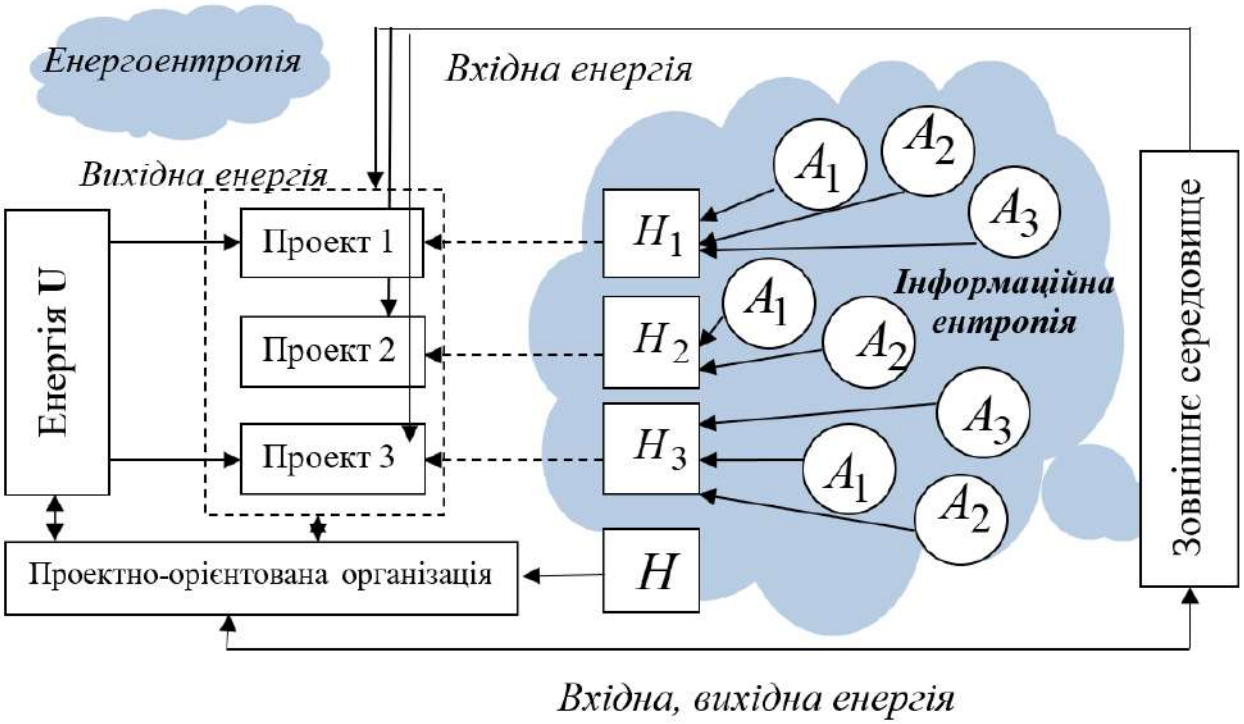


Рисунок 3.11 - Концептуальна модель формування інформаційної ентропії проектно-орієнтованої організації і її впливу на енергоентропію

Значення (E_j^{in}, E_j^{ex}) по суті, є основними характеристиками проекту з точки зору організації.

Рівень інформаційної ентропії проекту H_j (3.36) визначається, перш за все, числом варіантів можливого результату: при збільшенні (тобто числа прогнозованих варіантів результатів проекту) і зрівняння їх ймовірностей,

інформаційна ентропія H_j (3.36) зростає. І, навпаки, при зниженні K_j і явному виділенні найбільш ймовірних станів H_j (3.36) буде зменшуватися.

З урахуванням властивості адитивності інформаційної ентропії, інформаційну ентропію організації визначимо як:

$$H = \sum_{j=1}^{n} H_j = -\sum_{j=1}^{n} \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})). \quad (3.37)$$

Відмітимо, що H (3.37) справедливо тільки в разі незалежності подій A_{k_j}, тобто в ситуації, коли результати проектів організації не залежать один від одного.

Таким чином, енергоентропія (3.38) для проектно-орієнтованих організацій може бути трансформовано в:

$$S = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j \cdot H_j = -\sum_{j=1}^{n} \lambda_j \cdot \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \quad (3.38)$$

де λ_j - коефіцієнти, які відображають вплив інформаційної ентропії кожного проекту на енергоентропію організації (відповідно до підходом [1,9]).

Аналіз (3.38) дозволяє зробити наступні висновки:

1) кожен новий проект організації збільшує інформаційну ентропію (3.37) і, відповідно, енергоентропію, що може нівелюватися тільки високою ефективністю проекту;

2) не дивлячись на те, що кожен проект збільшує інформаційну ентропію організації *H,* при цьому збільшується і вільна енергія організації:

$$E^{ex} = \sum_{j=1}^{n} E_j^{ex}, \quad (3.39)$$

зменшується частина зв'язаної енергії,

$$Q = U - E^{ex} = U - \sum_{j=1}^{n} E_j^{ex}, \tag{3.40}$$

що позитивно впливає на енергоентропію організації.

Таким чином, додаючи до поточної сукупності новий проект, організація повинна забезпечувати баланс між зростанням невизначеності (інформаційної ентропії) і підвищенням енергоефективності.

Як раніше вже зазначалося, інформаційна ентропія має властивість адитивності, тому на перший погляд, з цієї точки зору, не має значення - яка організація розглядається - звичайна (традиційна) або проектно-орієнтована. Проте, структурування основної діяльності організацій у вигляді сукупності проектів забезпечує зниження інформаційної ентропії. Обґрунтуємо дане твердження.

Події A_{k_j} полягають у тому, що основні результати проекту (E_j^{in}, E_j^{ex}) - вхідна та вихідна енергія - прийняли певні значення, які забезпечують певну енергоефективність проекту і, як наслідок, енергоефективність організації. Як правило, точковий розгляд результатів не є раціональним і практично виправданим, так як (E_j^{in}, E_j^{ex}) в більшості випадків є випадковими величинами, поведінка яких описується нормальним законом розподілу [14]. Тому фактично події A_{k_j} полягають у тому, що E_j^{in}, E_j^{ex} прийняли значення конкретного інтервалу свого розподілу, тобто:

$$P(A_{k_j}) = P(E_j^{in} \in \left(E_{k_j-1}^{in}, E_{k_j}^{in} \right] \wedge E_j^{ex} \in \left(E_{k_j-1}^{ex}, E_{k_j}^{ex} \right]), j = \overline{1,n}, k_j = \overline{1,K_j}. \tag{3.41}$$

По суті, формування множини A_{k_j} - це розбиття розподілу E_j^{in}, E_j^{ex} на інтервали, причому принцип розбивки (ширина інтервалу) залежить від специфіки проекту та управління ним. Причому даний підхід може бути застосований незалежно від того - чи є E_j^{in}, E_j^{ex} залежними або незалежними

випадковими величинами. Тому ілюструємо даний підхід на прикладі одновимірного розподілу E_j^{in}. (рис.3.12).

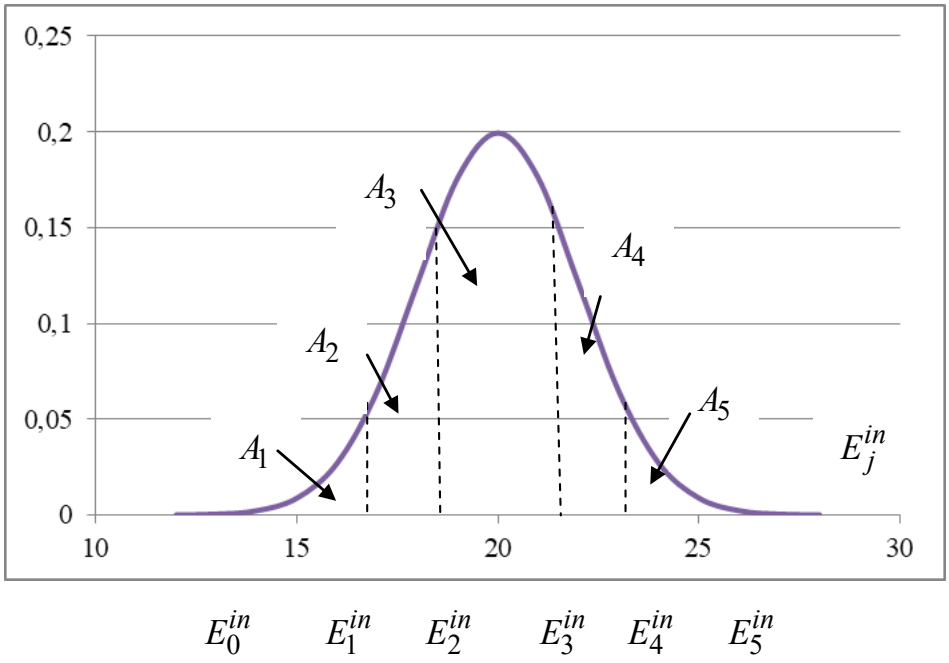


Рисунок 3.12 - Формування сутності подій A_{k_j} .

Діапазон розглянутих значень E_j^{in}, E_j^{ex} визначається дисперсією $(\sigma_j^{in})^2, (\sigma_j^{ex})^2$ відповідних розподілів, бо саме дисперсії (точніше, середньоквадратичні відхилення $\sigma_j^{in}, \sigma_j^{ex}$) визначають «розмах» значущих з точки зору ймовірності значень E_j^{in}, E_j^{ex}. Таким чином, чим менше $\sigma_j^{in}, \sigma_j^{ex}$, тим менше кількість подій A_{k_j} і тим більш високі значення їх ймовірностей, що призводить до зменшення (3.41), і, як наслідок, до зменшення (3.42) і (3.43).

Таким чином, боротьба з ентропією організації - це боротьба за зменшення дисперсії розподілів результатів реалізації її проектів. Слід зазначити, що класичний підхід до оцінки ризиків також базується на

дисперсії, і, менш ризиковою є діяльність / проект / бізнес з мінімальним значенням дисперсії.

Перевагою проектно-орієнтованого управління в зазначеному контексті є те, що воно дозволяє знизити зазначені дисперсії, за рахунок:

1) гнучкої системи розподілу людських ресурсів за проектами з урахуванням їх цінності;

2) зосередження проектної команди виключно на конкретному проекті і забезпечення ще на етапі підготовки проекту до реалізації формування таких умов у зовнішньому середовищі (тобто надати такий вплив на нього), які більш чітко прогнозовані, а, отже, мають мінімальну дисперсією.

Таким чином, структуризація діяльності організації за проектами забезпечує нерівність:

$$\sigma^{in} > \sum_{j=1}^{n} \sigma_j^{in}, \sigma^{ex} > \sum_{j=1}^{n} \sigma_j^{ex}, \tag{3.42}$$

де σ^{in}, σ^{ex} , відповідно, среднекьоквадратичне відхилення для E^{in}, E^{ex} - вхідної, вихідної енергії організації без проектного подходу до управління.

Таким чином, успішним засобом боротьби організації з ентропією є проектно-орієнтоване управління, що дозволяє знизити інформаційну ентропію за рахунок зменшення дисперсії розподілів можливих результатів діяльності. Зменшення інформаційної ентропії призводить до зменшення енергоентропії організації, а, отже, якісно покращує її життєдіяльність.

3.6 Модель динаміки інформаційної ентропії організації

Як раніше зазначалося, інформаційна ентропія організації відображає здатність «організовувати» і «контролювати» (певною мірою) зовнішнє середовище. Для оцінки інформаційної ентропії організації з позиції ентропійної концепції використовуються випадкові події $A_i, i=\overline{1,n}$, сутність яких полягає в тому, що основні параметри енергообміну організації із

зовнішнім середовищем [1] E^{ex}, E^{in} прийняли ті, чи інші значення, тому:

$$P(A_i)=P(E^{ex}=E_i^{ex} \wedge E^{in}=E_i^{in}),i=\overline{1,n}. \quad (3.43)$$

Інформаційна ентропія організації, з одного боку, змінюється під дією цілеспрямованого впливу організації. З іншого боку, значна кількість факторів зовнішнього середовища надають практично непередбачений вплив на умови, в яких функціонує організація. Особливо це характерно для сьогоднішньої ситуації.

Отже, можливі результати діяльності організації (енергообміну із зовнішнім середовищем) можуть бути представлені у вигляді процесу зміни станів (ланцюга станів) з точки зору інформаційної ентропії, принциповий вид даного процесу у вигляді графа представлений на рис.3.13.

Кожне стан $S_k, k = \overline{1, K}$ - це певний рівень інформаційної ентропії організації. Таким чином, кожне стан описується набором:

$$S_k : \left\langle H_k ; A_i, P(A_i), i = \overline{1, n} \right\rangle, \quad (3.44)$$

де H_k визначається по (3.44). Перелік можливих станів організації з позиції інформаційної ентропії може бути складений в результаті аналізу і узагальнення минулого досвіду, а також сценаріїв розвитку зовнішнього середовища і самої організації. При цьому враховуються ті дії, які організація вже зробила або робить для впливу на зовнішнє середовище.

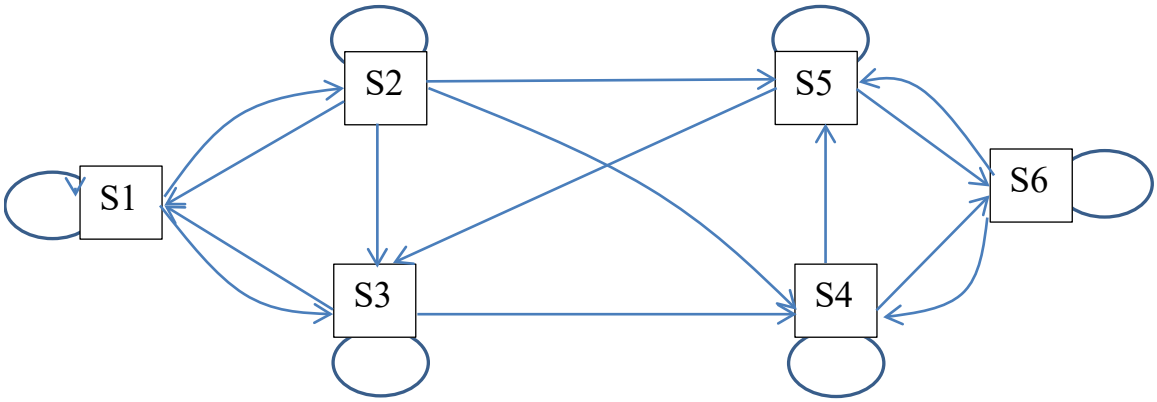


Рисунок 3.13 - Приклад процесу зміни інформаційної ентропії організації

Таким чином, ми маємо ланцюг можливих станів організації, які формуються під впливом турбулентного оточення. Перехід з одного стану в інший в кожен момент часу принципово не залежить від передісторії подій, а залежить виключно від поточного стану організації та впливу середовища.

Якісь стани можуть бути зворотними, якісь ні. Це визначається специфікою даної ситуації і самих станів.

При цьому, опинившись в будь-якому стані, організація, безумовно, буде робити які-небудь дії, кожна з яких впливає на даний процес. Таким чином, ми можемо стверджувати, що даний процес зміни стану організації з позиції інформаційної ентропії (по суті, зовнішнього середовища організації) є марковським процесом прийняття рішень, для якого має певний вплив, що застосовується організацією в кожному стані, яке змінює ймовірності переходу інформаційної ентропії з одного стану в інший. По суті, мова йде про зміни розподілу ймовірностей результатів енергообміну організації з певними можливостями.

Таким чином, можуть бути встановлені ймовірності розглянутих станів в момент часу $t = 0$: $P_k(0), k = \overline{1, K}$. Крім того, можуть бути встановлені перехідні ймовірності: $0 \le q_{kj} \le 1, k, j = \overline{1, K}$, які характеризують ймовірності переходу з одного стану в інший і формують перехідну матрицю

$\left[q_{kj} \right]$. Відповідно до теорії марковських процесів

$$\sum_{j=1}^{K} q_{kj} = 1, k = \overline{1, K}. \tag{3.45}$$

Нехай час є дискретним, таким чином, в кожен момент часу $t = 1, 2, 3...$ інформаційна ентропія з певною ймовірністю або залишається незмінною, або переходить в інший стан.

На базі рівняння Колмогорова-Чепмена можуть бути визначені ймовірності розглянутих станів на кожен момент часу.

$$P_j(t) = \sum_{k=1}^{K} P_k(t-1) \cdot q_{kj}, j = \overline{1, K} \tag{3.46}$$

Нехай для кожного стану інформаційної ентропії організації встановлено множину керуючих впливів $M(S_k), k = \overline{1, K}.$ Тоді реалізація того чи іншого керуючого впливу призводить до зміни перехідних ймовірностей, таким чином, фактично, матриця перехідних ймовірностей має вигляд $\left[q_{kj}(M_z) \right], M_z \in M(S_k).$

Отже, процес зміни інформаційної ентропії організації може бути ідентифікований як марковський процесс прийняття рішень. Зміна інформаційної ентропії впливає на енергоентропію організації. Таким чином, дослідження моделі процесу зміни інформаційної ентропії дозволить спрогнозувати не тільки стан інформаційної ентропії, а й енергоентропії як інтегрального показника стану організації.

3.7 Застосування ентропійної теорії для соціосистем на прикладі ситуації формування інфопаніки

Сучасний світ - це світ, в якому засоби масової інформації і соціальні мережі відіграють домінуючу роль у формуванні моделі світу в свідомості індивідуумів. Природно, що свідомість кожної людини має певний «інформаційний фільтр», функціональна здатність якого різниться в залежності від специфіки людини. На «силу» і пропускну здатність даного «фільтра» впливає безліч факторів, які є предметом окремого дослідження для психологів. Таким чином, приймемо той факт, що даний «фільтр» існує, і саме він відповідає за те, що людина всю інформацію, що надходить до неї певним чином відфільтровує. І це стосується будь-якої інформації, що надходить людині, в тому числі, і негативної. Природно, що більшість людей, отримавши порцію негативної інформації - про політику, економіку, природні катаклізми, пандемії, певним чином реагують, перш за все, на емоційному рівні. Для одних перша емоційна реакція поступово гаситься, і дія інформаційного негативу закінчується, не викликаючи наслідків. Для інших слабкий інформаційний фільтр допускає реакцію у вигляді страхів, які можуть існувати до певного моменту, і далі - або страх зникає, або, отримуючи нову інформаційну «підживлення», тобто нову порцію негативу, посилюється. Існуючий «інформаційний фільтр» для деяких людей може не «вистояти» при певних дозах негативної інформації і певній їх частоті. Але при посиленні інтенсивності інформаційного негативу навіть у «стійких» в даному аспекті людей фільтр може не справлятися.

При цьому слід зазначити, що для деяких людей інформаційний негатив викликає бажання його ретранслювати далі - знайомим, рідним в живому спілкуванні і кому завгодно в соціальних мережах. Частина оточення реагує на цей інформаційний посил, що грає роль каталізатора в поширенні негативної інформації. Очевидно, що позитивна інформація викликає досить часто меншу реакцію, ніж негативна. Таким чином, запускається процес подальшого руху і посилення негативної інформації.

Так, для деяких людей під час весняного локдауна 2020 року інформацію в новинах і соціальних мережах про рівень смертності від

COVID-19 в Італії, відео і репортажі про страшні наслідки цього вірусу на півночі цієї країни (де спостерігалася найвища і незрозуміла за своїм масштабом смертність в той період) викликала серйозні психологічні і психічні наслідки у вигляді паніки і бажання «заразити» нею своє оточення.

Таким чином, негативна інформація в соціумі грає руйнівну роль. З урахуванням сучасної ситуації проблема дослідження впливу зростання негативної інформації в суспільстві на його стан є актуальною.

Введемо поняття «*інфопаніка*», під яким будемо розуміти паніку в соціумі, породжену джерелами інформації (ЗМІ, соціальними мережами та іншими видами людських комунікацій), яка приводить до негативних наслідків для всього соціуму. Природа інфопаніки - це страх пролонгованої дії, породжений і посилений ЗМІ і людськими комунікаціями в масштабах всього соціуму. В основі паніки - страх, пов'язаний з певними подіями (наприклад, пандемія), але саме інформаційний вплив перетворює страхи окремих індивідуумів в інфопаніку на рівні всього соціуму.

Відзначимо, що не слід плутати інфопаніку з панікою, яка, наприклад, виникає в якомусь регіоні при природних катаклізмах або під час надзвичайних ситуацій в певному місці в певний час. У цій ситуації ЗМІ і соцмережі, безумовно, поширюють інформаційний негатив, але він «виправданий», якщо можна так висловитися, реальною загрозою людським життям в даний момент часу в конкретному регіоні або місці. Таким чином, в подібних випадках, як правило, паніка виникає тільки у тих, хто залучений в зазначену ситуацію. Відзначимо, що для окремих індивідуумів зі слабким інформаційним фільтром негативна інформація про таку подію може також викликати страхи і призвести до паніки, але це психоспецифіка даних індивідуумів і не відноситься до соціуму в цілому.

Таким чином, поява інфопаніки в суспільстві - це наслідок складного інформаційного впливу на індивідуумів, в процесі якого їх страхи трансформуються в громадський психоз - інфопаніку. Схема збільшення обсягів негативної інформації в процесі комунікацій і впливу ЗМІ

представлена на рис.3.14. Коли сумарна кількість негативної інформації, яка пов'язана з певною ситуацією (наприклад, пандемією) в соціумі перевищує де-яке критичне значення V_{crit} , можна констатувати, що суспільство знаходиться в стані інфопаніки.

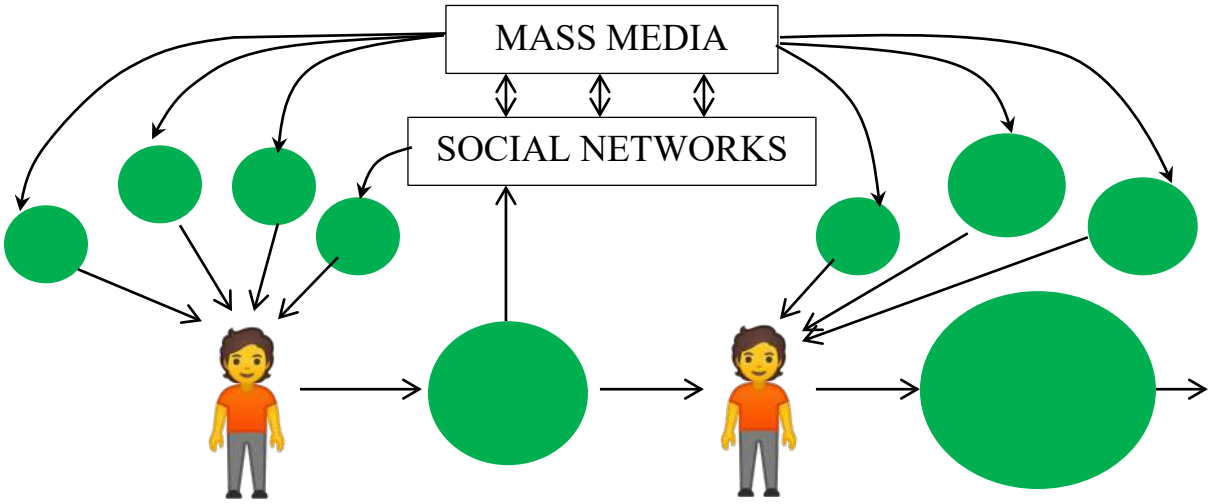


Рисунок 3.14 - Вплив ЗМІ і людських комунікацій на формування інфопаніки

Таке збільшення негативної інформації, формування загального страху і, як наслідок, інфопаніка може здійснюватися за різними сценаріями (рис.3.15).

На рисунку в умовному обсязі заданий критичний рівень. Нульовою точкою вважаємо ту кількість негативної інформації, яка спостерігається при нормальному стані суспільства.

Сценарій 1 - негативна інформація в суспільстві поступово підвищилася і таким же темпом повернулася до початкового значення.

Сценарій 2 - спостерігається повільне зростання негативної інформації, яке може в подальшому вийти за межу критичного значення V_{crit} .

Сценарій 3 - стрімко зростає кількість негативної інформації, досягаючи критичного рівня, і в цій піковій точці також стрімко знижується.

Сценарій 4 - негативна енергія зростає з прискоренням, переходячи стрімко за критичний рівень, *в суспільстві виникла інфопаніка*.

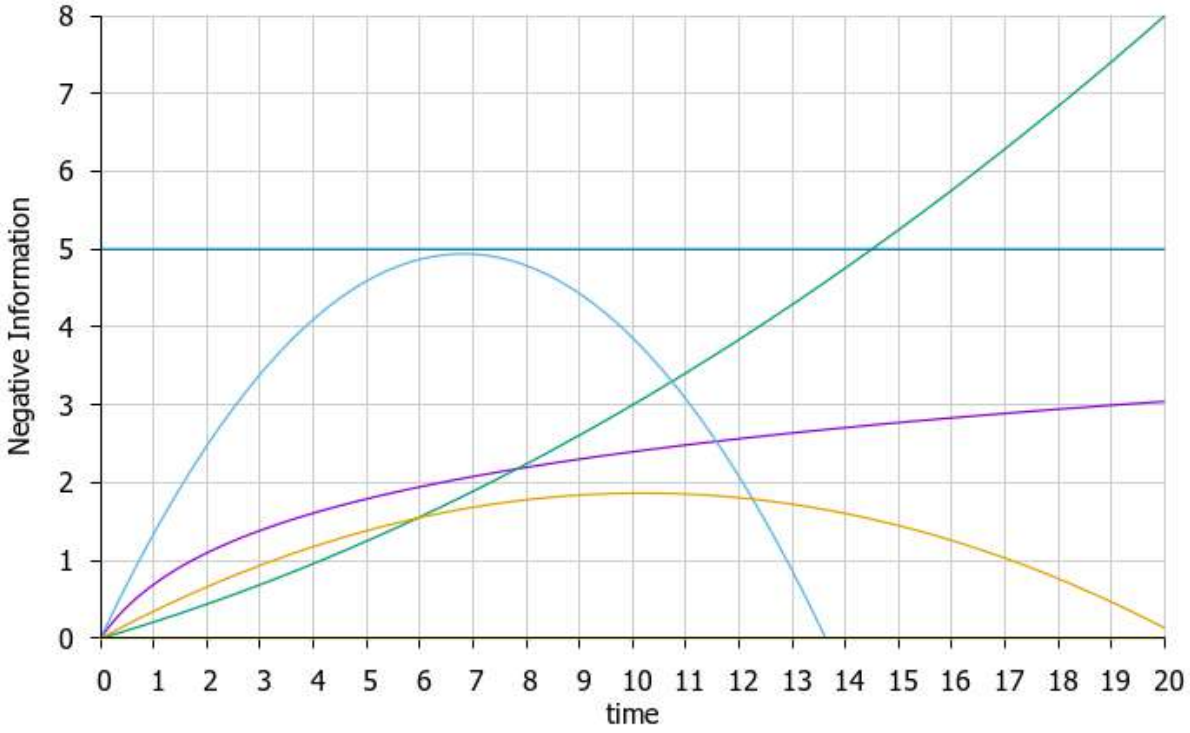


Рисунок 3.15 - Сценарії розвитку інфопаніки (негативна інформація представлена в умовному обсязі)

Важливо дослідити наслідки інфопаніки, та оцінити силу її впливу на соціум. Так як інфопаніка - це стан суспільства або соціуму в цілому, то необхідний показник, який би оцінював зміну стану соціуму під впливом інформаційного негативу. При цьому сутність інфопаніки повинна грати роль чорного ящика - в даному дослідженні не розглядаються процеси її формування, а досліджується результат впливу, який дозволяє зробити висновок про її наявність і силу впливу.

Найбільш підходящим для цієї мети є використання ентропії, яка, отримавши спочатку своє місце в термодинаміці в рамках другого початку, поступово стала використовуватися в інших аспектах і для систем різної природи. Ентропія в термодинаміки характеризує марність енергії, і саме зміна ентропії дає уявлення про стан розглянутої системи.

Так як організація є міні-соціумом, то деякі результати енергоентропійної теорії можуть бути розвинені і поширені на соціум в широкому сенсі цього слова для вирішення даної задачі.

Отже, під ентропією соціуму будемо розуміти міру марності його енергії. Основа ентропіійної концепції полягає в універсальності енергетичного балансу, який може бути представлений у вигляді:

$$U = A + \Delta U + Q = A + \Delta U + T \cdot S, \tag{3.47}$$

де U - загальна енергія соціуму; ΔU - приріст енергії; A - робота; Q - теплота, яка формується під впливом T температури і S ентропії (енергоентропії).

Визначимо наступні категорії для соціуму в рамках його розгляду з позиції ентропійної концепції:

• «енергія» U - це сукупні ресурси соціуму (блага, оцінені в грошовому еквіваленті);

• «робота» A - виконання основної функції соціуму по відтворенню благ;

• «приріст енергії» ΔU - збільшення благ в результаті виконання основної функції соціуму;

• «теплота» Q - витрати енергії на підтримку системних зв'язків в соціумі;

• «температура» T - відносний показник стану соціуму в порівнянні з якимось ідеальним станом;

• «ентропія» S - *показник стану соціуму* в контексті його енерговитрат (дисипації) в процесі енергообігу.

Отже, *основна функція соціуму* - забезпечення відтворення і приросту благ - енергії соціуму.

Температура соціуму відображає його стан в порівнянні з якимось ідеальним станом, в якості якого приймемо наступне:

• *повна визначеність* (соціум достовірно знає значення майбутніх благ, які формуються в результаті виконання ним основної функції);

• максимально можлива *енергоефективність* - приріст благ в результаті виконання основної функції соціумом.

Тому в якості температури соціуму приймемо міру її енергоефективності $\eta = \frac{U + \Delta U}{U}$ по відношенню до інформаційної ентропії, що характеризує порядок і визначеність:

$$T = \frac{\mu}{H} = \frac{U + \Delta U}{U \cdot \eta^{id} \cdot H}, \tag{3.48}$$

$$\mu = \frac{\eta}{\eta^{id}}, \quad H = -\sum_{k=1}^{K} p(A_k) \cdot \ln(p(A_k)), \tag{3.49}$$

де A_k - варіанти стану соціуму з точки зору отримання благ, $p(A_k)$ - ймовірності цих станів; μ відображає відносний рівень ефективності в порівнянні з «ідеальним» рівнем η^{id} (наприклад, рівень приросту благ в економічних успішних і розвинених країнах). A_k відображають відтворення і приріст благ, тобто варіанти $A + \Delta U$.

Вираз ентропії з урахуванням позначень відповідно:

$$S = \frac{(U - E^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H}{U + E^{in} - E^{ex}}, \tag{3.50}$$

де $A+\Delta U=E^{in}-E^{ex}$ - різниця між благами, які витрачуються E^{ex} і які отримуються E^{in}.

Що ж відбувається з складовими ентропії в процесі наростання інфопаніки? Аналізуючи ситуацію в соціумі світового масштабу, починаючи з локдауну весни 2020 року, пов'язаного з COVID-19, можна зробити наступні висновки:

1) *інформаційна ентропія H* стрімко зростає, так як в її структурі перестають переважати варіанти с досить високою ймовірністю. При цьому кількість варіантів A_k стає більше, а їх ймовірності прагнуть до зрівнювання;

2) E^{ex} починає зменшуватися: бізнес частково вже зазнав втрат за період пандемії, тому скорочує операційні витрати, також обережно вкладає кошти в розвиток, багато проектів заморожуються або переглядається їх масштаб. Споживачі також притримують свої заощадження і зменшують розміри витрат на традиційний набір товарів, особливо в умовах, коли значна частина населення працює дистанційно;

3) E^{in} також зменшується: скорочуються доходи бізнесу, тому, відповідно, скорочуються доходи окремих індивідуумів, пов'язаних з цим бізнесом.

Підводячи підсумок, можна резюмувати наступне: при *наростанні інфопаніки* зростає невизначеність майбутніх благ соціуму, зменшуються його витрати і доходи, тобто енергія перестає циркулювати, забезпечуючи певний рівень ефективності, і набуває властивості *«марності»*.

Отже, при зниженні E^{ex}, E^{in} відбувається зменшення ΔU, а, отже, зменшується ефективність благ суспільства μ. Таким чином, в вираженні температури суспільства (3.48) чисельник зменшується, а знаменник, з урахуванням зростання інформаційної ентропії *H* зростає. Це призводить до зростання температури суспільства *T*. При цьому ентропія (3.50) також зростає. Таким чином, для оцінки інфопаніки в соціумі пропонується

використовувати *зміну ентропії* ΔS, а саме, темп її приросту в порівнянні з базовим рівнем, що становить суть *індикатора інфопаніки*:

$$I_{panic}=\frac{\Delta S}{S(t_0)}=\frac{S(t_i)-S(t_0)}{S(t_0)}, i=1,2,3... \quad (3.51)$$

де t_i це часові точки заміру ентропії, t_0 – початковий (базовий) момент часу. При $\Delta S>0$ ентропія зростає, $I_{panic}>0$. Відповідно, при $\Delta S<0$ ентропія зменшується, і $I_{panic}<0$. *Індикатор інфопаніки* I_{panic} демонструє те, на скільки змінилася ентропія соціуму під впливом негативного інформаційного впливу, що приводить до інфопаніки.

У нормальному стані соціуму ентропія *S* повинна поступово зменшуватися за рахунок зменшення інформаційної ентропії *H* і підвищення ефективності благ цього суспільства. В крайньому випадку, ентропія *S* може залишатися на попередньому рівні, та допустимі незначні її коливання. Відповідно, в нормальному стані соціуму $I_{panic} \le 0$, а позитивне значення $I_{panic}>0$ свідчить про наявність інфопаніки в суспільстві.

Виникає питання - який рівень I_{panic} є критичним, і що відбувається при переході даного індикатора за це критичне значення? Як відомо, зростання ентропії супроводжується появою і зростанням хаосу в системі, тому, очевидно, що і в соціумі зростання ентропії свідчить про хаос, який наближається (рис.3.16). Тому I_{panic} є свого роду і індикатором хаосу в суспільстві під впливом інфопаніки. Відзначимо, що для визначення критичного рівня I_{panic}^{crit} потрібні окремі дослідження, що базуються на обробці значного обсягу статистичних даних, що може бути зроблено в

подальшому. У будь-якому випадку, якщо $I_{panic} \to I_{panic}^{crit}$, то в суспільстві назріває *хаос*.

Ланцюг подій на рис.3.16 може бути інтерпретована як марковська ланцюг. Відзначимо, що стани «Зростання негативної інформації» і «Зменшення негативної інформації» можуть бути представлені більш деталізовано у вигляді декількох подій з різним рівнем негативної інформації і I_{panic}. Даний ланцюг може служити основою для Марківського процесу, на базі якого здійснюється моделювання прийняття рішень у ситуаціях, коли результати частково випадківі, а частково знаходяться під контролем осіб, що приймають рішення. Роль останнього, в даному випадку, відіграють ЗМІ, соціальні мережі і ті, хто може впливати на них під. Маючи імовірнісні оцінки переходів зі стану в стан і їх зміни в результаті впливу особи, яка приймає рішення, можна оцінювати стан соціуму через певний часовий період.

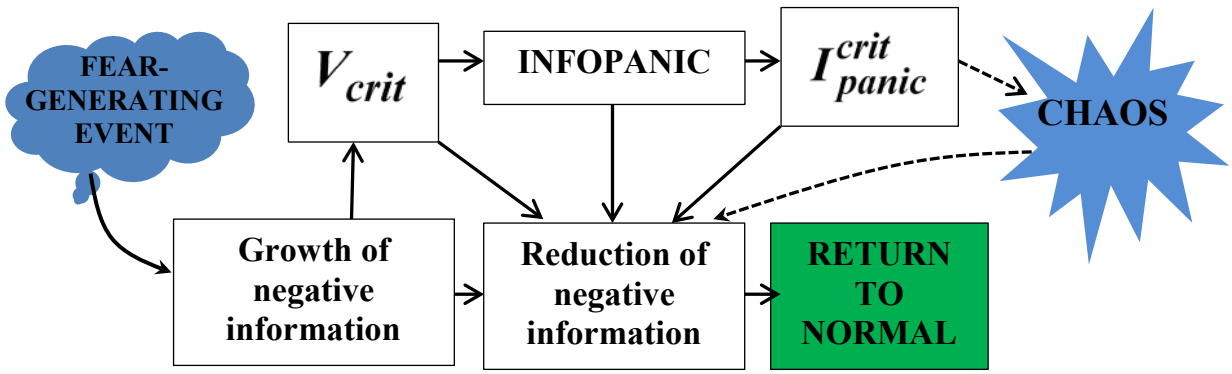


Рисунок 3.16- Логічний взаємозв'язок різних станів соціуму з позиції інфопаніки

Розглянемо на розрахунковому прикладі, як впливає збільшення інформаційної ентропії H і зниження E^{ex}, E^{in} на рівень I_{panic}.

Збільшення інформаційної ентропії H під впливом інфопаніки може відбуватися як лінійно, так і по поліноміальній закономірності або навіть експоненті, тому розглянемо наступні варіанти зростання H:

$$H=a+b\cdot t, \tag{6}$$

$$H=a\cdot t^2+b\cdot t+c, \tag{7}$$

$$H=d\cdot e^{f\cdot t} \tag{8}$$

де a,b,c,d,f числові коефіцієнти, $0<d,f<1$. Зменшення E^{ex}, E^{in} також може відбуватися різними темпами з аналогічними H залежностями, тільки при цьому $d>0,f<0$. На рис.3.17 представлені варіанти динаміки ентропії соціуму при різних динаміках інформаційної ентропії H при інших фіксованих умовах. На рис.3.18 представлена динаміка ентропії S при одночасній зміні інформаційної ентропії H і енергопотоків E^{ex} , E^{in}.

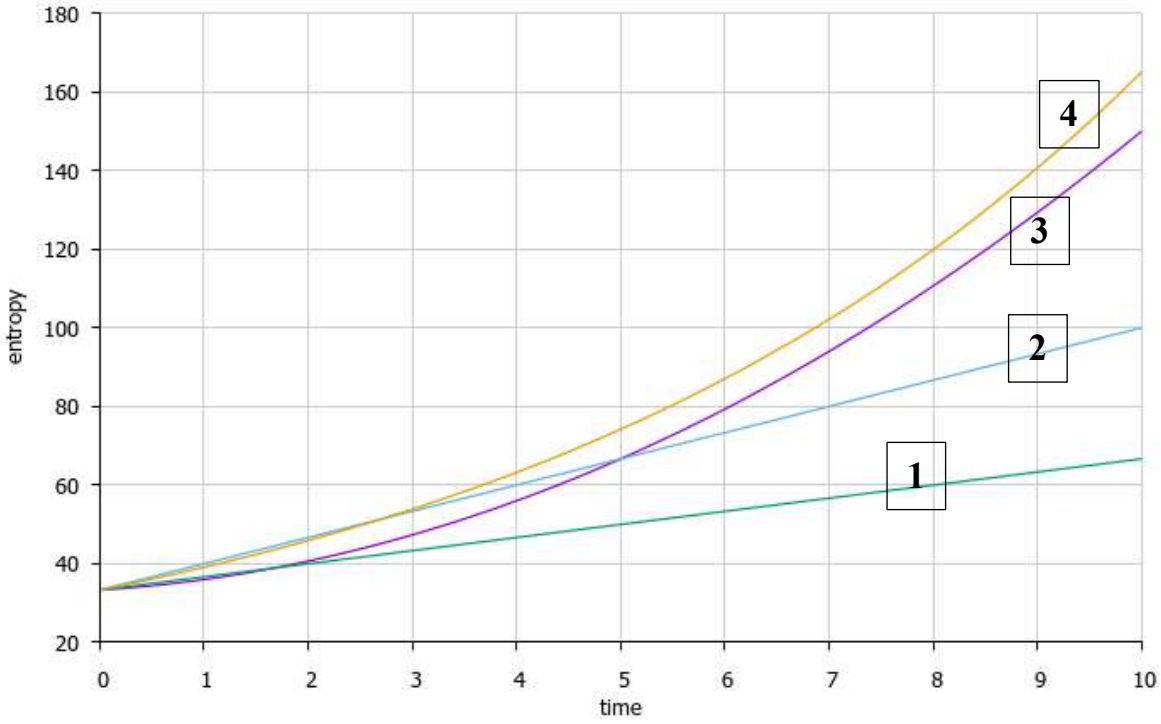


Рисунок 3.17 – Динаміка ентропії **S** при різних динаміках інформаційної ентропії **H:** 1варіант $H=1+0,1\cdot t$; 2 варіант $H=1+0,2\cdot t$; 3 варіант $H=1+0,05\cdot t+0,03\cdot t^2$; 4 варіант $H=e^{0,16t}$

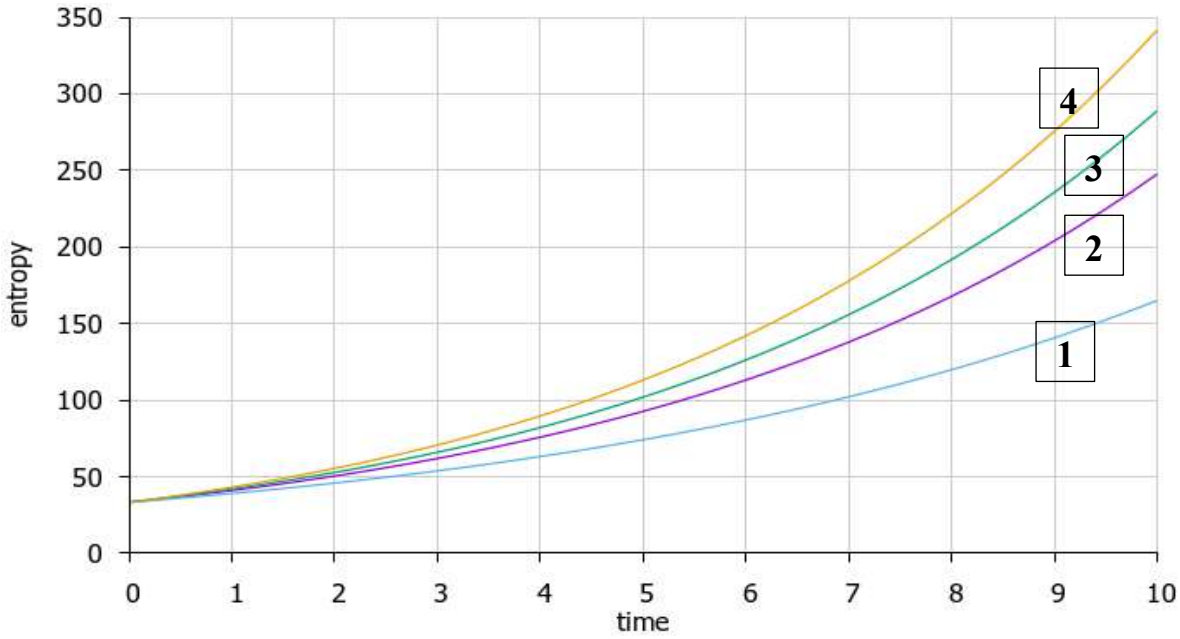


Рисунок 3.18 – Динаміка ентропії S при різних динаміках E^{ex}, E^{in} и інформаційної ентропії $H=e^{0,16t}$: 1 варіант $E^{ex} = const; E^{in} = const$, 2 варіант $E^{ex} = 20-t; E^{in}=30-t$; 3 варіант $E^{ex} = 20-1,5t; E^{in}=30-1,5t$; 4 варіант $E^{ex} = 20-1,8t; E^{in}=30-2t$

Як видно, тільки під впливом зростання інформаційної ентропії відбувається значне збільшення ентропії соціуму (рис.3.17), але в кілька разів її зростання стає швидше і значніше при зменшенні вхідної та вихідної енергії соціуму (рис.3.18).

Розрахунок індексу інфопаніки I_{panic} проводився для 1 і 4 сценаріїв динаміки ентропії, представлених на рис.3.18. Результати розрахунків представлені на рис.3.19.

Як видно, індекс інфопаніки для 4-го сценарію збільшується в рази. Навіть якщо вважати, що критичне значення $I_{panic}^{crit} = 1,5$ (тобто трохи більше, ніж в три рази збільшення в порівнянні з початковим рівнем), то при четвертому сценарії однозначно настає інфопаніка.

Отже, пропонується використовувати ентропійну концепцію для виявлення і аналізу інфопаніки в соціумі. Під інфопанікою запропоновано розуміти паніку в соціумі, породжену джерелами інформації (ЗМІ,

соціальними мережами та іншими видами людських комунікацій), яка приводить до негативних наслідків для всього соціуму.

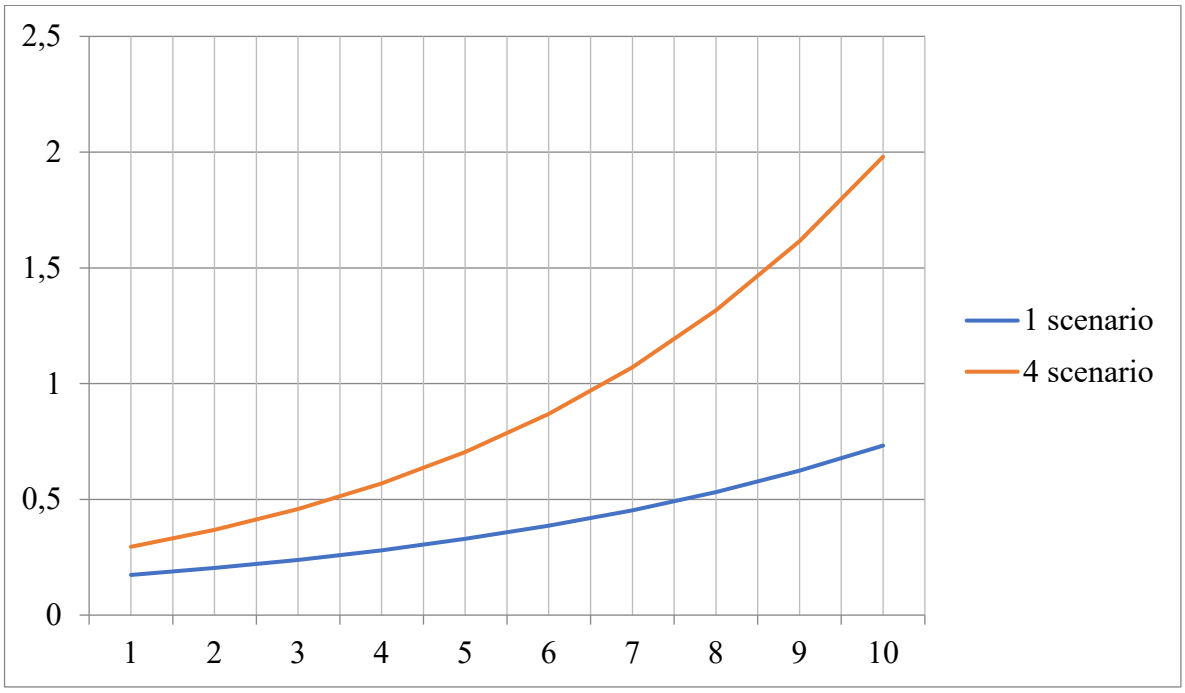


Рисунок 3.19 – Динаміка I_{panic} при різних динаміках ентропії

Ентропія як міра марності енергії адаптована для оцінки стану суспільства в процесах збільшення негативного інформаційного впливу. Введено в розгляд показник - індикатор інфопаніки, що базується на зміні ентропії.

Проаналізовано на розрахунковому прикладі в умовних цифрах вплив різних динамік інформаційної ентропії і енергопотоків суспільства (руху і приросту благ) на ентропію і індикатор інфопаніки.

Ідентифіковано основні стани суспільства в процесі росту ентропії, їх взаємозв'язок представлений у вигляді марківського ланцюга, початковою подією якого є подія, що породжує страх в соціумі; кінцевою подією при нескінченному зростанні інфопаніки є хаос.

Висновки до третього розділу:

1. Встановлено, що специфікою проектно-орієнтованих організацій з точки зору енергоентропійної концепції є те, що кожен проект робить певний внесок у формування і динаміку енергоентропії.

Проект як самостійна структура має ентропію, інтеграція яких формує відповідні ентропії організації. Таким чином, як і більшість категорій, пов'язаних з проектно-орієнтованими організаціями, інформаційна ентропія і енергоентропія є дворівневими, тобто розглядаються і на рівні проекту, і на рівні організації в цілому. Така декомпозиція дозволяє розробляти механізми впливу на ентропії організаційного рівня шляхом впливу на ентропію на рівні проектів. Динаміка зовнішнього середовища і зміни внутрішнього середовища організації (на рівні окремого проекту і організації в цілому) зумовлюють динаміку ентропій.

2. Встановлено взаємозв'язок між енергоентропією та інформаційною ентропією проектно-орієнтованих організацій. Визначено, що при додаванні до поточної сукупності нового проекту, організація повинна забезпечувати баланс між зростанням невизначеності (інформаційної ентропії) і підвищенням енергоефективності.

Представлений метод «розкладання» загальної енергоентропії проектно-орієнтованих організацій у вигляді суми локальних енергоентропій по проектам. Досліджено вплив додавання нового проекту в структуру проектно-орієнтованої організації на її інтегральну енергоентропію.

3. Ідентифікована схема зміни в часі основних «енергопараметрів» організації (сумарної енергії, вільної енергії, вхідної енергії). Представлені два основні варіанти динаміки приросту енергії, як підсумку комбінації вихідної і вхідної енергії (основних параметрів, що визначають енергоентропію), - рівномірне зростання і зростання з прискоренням (уповільненням). Зазначене в сукупності з виразом вихідної енергії у вигляді частки від вільної енергії дозволило формалізувати модель динаміки

енергоентропії. На базі розробленої моделі динаміки енергоентропії проведені експериментальні дослідження, які полягали в розгляді формалізацій найбільш можливих варіантів динаміки впливових параметрів (за винятком приросту енергії, який вже закладений в модель): інформаційної ентропії і вільної енергії. Проаналізовано вплив різних комбінацій їх динамік (одночасне зростання / зниження, зростання / зниження з різною швидкістю) на динаміку енергоентропії. Зроблено висновки про необхідність комплексності заходів щодо зниження енергоентропії. Зокрема, збільшення частки вільної енергії не забезпечує відтік енергоентропії без зменшення ступеня невизначеності результатів, що виражається в зниженні інформаційної ентропії. Таким чином, приріст енергії організації, повинен супроводжуватися збільшенням частки вільної енергії і зменшенням інформаційної ентропії. Це дозволить забезпечити життєдіяльність організації в розглянутій перспективі згідно енергоентропійній концепції організацій.

4. Розглянуто питання практичної оцінки і вивчення динаміки інформаційної ентропії проектів. Інформаційна ентропія проекту формується, виходячи з множини можливих варіантів результатів проекту та їх ймовірностей. Пропонована процедура визначення інформаційної ентропії проектів, відповідних поточній діяльності проектно-орієнтованих організацій, є комбінуванням Шенновского підходу до обчислення ентропії і методів математичної статистики і теорії ймовірностей. В основі процедури - розгляд результатів проекту як випадкової величини з нормальним законом розподілу, а множина подій для оцінки ентропії формується шляхом «дроблення» інтервалів на множину можливих значень результату проекту.

Встановлено взаємозв'язок між середньоквадратичним відхиленням результату проекту і інформаційної ентропією, що проілюстровано відповідним розрахунковим прикладом. Зменшення ентропії обумовлюється зменшенням середньоквадратичного відхилення.

5. Обґрунтовано, що боротьба з ентропією обох видів - це боротьба за зменшення дисперсії результатів діяльності організацій, що може бути забезпечено завдяки проектно-орієнтованому управлінню. Перевагою проектно-орієнтованого управління є те, що воно дозволяє знизити зазначені дисперсії, за рахунок: гнучкої системи розподілу людських ресурсів за проектами з урахуванням їх цінності; зосередження проектної команди виключно на конкретному проекті і забезпечення нею формування таких умов у зовнішньому середовищі, які більш чітко прогнозовані, а, отже, мають мінімальну дисперсією.

Зниження інформаційної ентропії засноване на створенні таких умов, при яких середньоквадратичне відхилення є монотонно спадною функцією від часу. Відповідні експериментальні дослідження демонструють висловлені ідеї і пропонований підхід до визначення інформаційної ентропії проекту і моніторингу її динаміки. Визначено умови, при яких динаміка ентропії буде свідчити про позитивну якість процесів управління проектом.

6. Логічний ланцюжок: стан середовища, інформаційна ентропія, енергоентропія дозволяє досліджувати і будувати прогнози стану організації на базі прогнозів зміни інформаційної ентропії під впливом множини факторів зовнішнього середовища. Для цього пропонується підхід, заснований на розгляді процесу зміни інформаційної ентропії як марківського процесу прийняття рішень, перехідна матриця ймовірностей якого залежить від прийнятих керуючих впливів - тобто «відсічі» організації викликам середовища.

Основні результати даного розділу відображені у публікаціях [7, 15,16, 107-109, 115, 122, 126].