

**Бондар Алла Віталіївна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри управління логістичними системами і проектами, [orcid.org/0000-0003-2228-2726](https://orcid.org/0000-0003-2228-2726)

Одеський національний морський університет, Одеса

## ВПЛИВ ЕНЕРГОЕНТРОПІЇ ПРОЄКТУ НА СТАН ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ

***Анотація.** У пропонуваній роботі енергоентропійна концепція застосована до проектно-орієнтованих організацій. Специфікою проектно-орієнтованих організацій з точки зору енергоентропійної концепції є те, що кожен проєкт формує певний внесок у формування і динаміку енергоентропії. Відповідно до цієї концепції організація розглядається як система, яка здійснює обмін речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем, що обумовлює наявність інформаційної (структурної) ентропії та енергоентропії. Причому остання є результатом існуючого порядку в організації, який визначається структурою і якістю здійснення бізнес-процесів. Енергоентропійна концепція оперує такими категоріями, як «енергія», «ентропія», «вільна енергія», «дисипація» і дає змогу за допомогою енергоентропії оцінювати стан і динаміку організації незалежно від сфери їх діяльності. Представлена універсальна формалізація енергоентропії для організацій взагалі, а зокрема для проектно-орієнтованих організацій. Енергоентропія організації визначається інформаційною ентропією, загальною енергією, співвідношенням досягнутого рівня енергоефективності з її «ідеальним» рівнем. Визначено взаємозв'язок між енергоентропією та інформаційною (структурною) ентропією проектно-орієнтованих організацій. Визначено, що при додаванні до поточної сукупності нового проєкту, організація має забезпечувати баланс між зростанням невизначеності (інформаційної ентропії) і підвищенням енергоефективності. Представлений метод «розкладання» загальної енергоентропії проектно-орієнтованих організацій у вигляді суми локальних енергоентропій по проєктах. Досліджено вплив додавання нового проєкту в структуру проектно-орієнтованої організації на її інтегральну енергоентропію. Представлені результати формують новий погляд на якісну оцінку як окремого проєкту, так і всієї сукупності проєктів проектно-орієнтованої організації.*

**Ключові слова:** проєкт; ентропія; енергія; модель; ефективність

### Вступ

Розвиток ідеї універсальності енергетичного балансу для систем різного виду привело до формування енергоентропійної концепції організацій. Відповідно до цієї концепції [1] організація розглядається як система, яка здійснює обмін речовиною, енергією та інформацією із зовнішнім середовищем, що обумовлює наявність інформаційної (структурної) ентропії і енергоентропії. Причому остання є результатом існуючого порядку в організації (тобто інформаційної / структурної ентропії), який визначається структурою і якістю здійснення бізнес-процесів. Енергоентропійна концепція оперує такими категоріями, як «енергія», «ентропія», «вільна енергія», «дисипація» і дає змогу за допомогою енергоентропії оцінювати стан і динаміку організацій незалежно від сфери їх діяльності. Певна специфіка проектно-орієнтованих організацій має позначатися і на формуванні їхньої енергоентропії.

### Аналіз досліджень і публікацій

Проектно-орієнтовані організації [2] є специфічною категорією організацій, які здійснюють управління діяльністю, структурованою у вигляді сукупності проєктів. При цьому управління також переорієнтоване під принципи і методи управління проєктами. Такий підхід забезпечує високу ефективність і результативність, дозволяючи максимізувати цінність ресурсів організацій [3].

Ідея енергоентропійної концепції організацій формується протягом останніх десятиліть у вигляді точкового звернення дослідників до цієї проблеми [4 – 8]. Домінуюча концепція ціннісного підходу до управління організаціями [2; 3; 9] і управління проєктами [10 – 13], що інтенсивно розвивається, привела до необхідності універсальної міри цінності як організацій, так і проєктів. Енергоентропія, власне, і є універсальною категорією, а отже, може використовуватися як вказана міра.

Основне застосування ентропії в контексті управління проектами і проектно-орієнтованими організаціями базувалось на інформаційній ентропії [9; 14 – 16], яка виступає як міра невизначеності. Проте можливості використання категорії «ентропія» значно ширші. Тому ідея наявності енергоентропії в організаціях і взаємозв'язку різних видів ентропій є основою для нової методології – енергоентропійної концепції проектно-орієнтованих організацій.

### Мета статті

Метою дослідження є основні положення енергоентропійної концепції, що вимагають її адаптації до специфіки проектно-орієнтованих організацій. У зв'язку з цим дослідження структури енергоентропії таких організацій є актуальною науковою задачею.

### Виклад основного матеріалу

Специфікою проектно-орієнтованих організацій з точки зору енергоентропійної концепції [1] є те, що кожен проект формує певний внесок у формування і динаміку енергоентропії. При цьому кожен проект як специфічна «організація» є системою, яка обмінюється із зовнішнім середовищем речовиною, енергією та інформацією. Тому кожному проекту характерні власні процеси, які обумовлюють формування і динаміку енергоентропії. Отже, інтегральна спільність проектів проектно-орієнтованої організації обумовлює динамічно мінливу енергоентропію як результат інтеграції енергоентропій кожного проекту.

Відповідно до праці [1] енергоентропія організацій  $S$  визначається інформаційною ентропією  $H$ , загальною ентропією  $U$ , співвідношенням досягнутого рівня енергоефективності

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

де  $E^{in}$  – вхідна енергія;  $E^{ex}$  – вихідна (вільна) енергія з «ідеальним»  $\eta^{id}$ :

$$S = \frac{(U - E^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H}{U + E^{in} - E^{ex}}. \quad (1)$$

Для конкретних значень  $U$ ,  $E^{in}$ ,  $E^{ex}$  енергоентропія організації може бути представлена так:

$$s = \lambda \cdot H = -\lambda \cdot \sum_{k=1}^K p(A_k) \cdot \ln(p(A_k)), \quad (2)$$

де  $\lambda = \frac{(U - E^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id}}{U + E^{in} - E^{ex}}$  – коефіцієнт, який пов'язує обидва види ентропії організації;

$A_k$  – варіанти станів організації відповідно до рівня  $E^{in}$  і  $E^{ex}$ ;  $p(A_k)$  – вірогідності цих станів.

Відзначимо, що представлений в [1] підхід і вирази (1), (2), не враховують структуру проектно-орієнтованих організацій, у яких операційна діяльність утворює сукупність проектів. Тому перетворимо (1) і (2) з урахуванням зазначеної специфіки.

Для кожного проекту  $j = \overline{1, n}$  – введемо в розгляд:

$E_j^{in}$  – вхідна енергія;  $E_j^{ex}$  – енергія, що спрямовується на створення продукту проекту;  $H_j$  – інформаційна ентропія проекту, яка характеризує можливі результати реалізації.

$$H_j = -\sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \quad (3)$$

де події  $A_{k_j}$  полягають в тому, що  $(E_{k_j}^{in}, E_{k_j}^{ex})$  прийняли конкретні значення, і кожному проекту характерні  $K_j$  таких можливих подій. З урахуванням таких позначень вираз (1) для проектно-орієнтованої організації набуде вигляду:

$$S^p = \frac{(U - \sum_{j=1}^n E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^n H_j}{U + \sum_{j=1}^n (E_j^{in} - E_j^{ex})}. \quad (4)$$

При цьому інформаційна ентропія організації може бути виражена так:

$$H = \sum_{j=1}^n H_j = -\sum_{j=1}^n \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \quad (5)$$

тільки у випадку 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. «Ідеальна» енергоефективність  $\eta^{id}$  береться єдиною для всієї організації, з урахуванням того, що по суті характеризує приріст капіталу з енергетичної точки зору.

Аналіз (4) дає змогу зробити такі висновки:

1) кожен новий проєкт організації збільшує інформаційну ентропію (5), а отже, енергоентропію, що може нівелюватися тільки високою ефективністю проєкту;

2) незважаючи на те, що кожен проєкт збільшує інформаційну ентропію  $H$ , при цьому збільшується і вільна енергія організації:

$$E^{ex} = \sum_{j=1}^n E_j^{ex}, \quad (6)$$

а це своєю чергою, позитивно впливає на її енергоентропію.

Отже, додаючи до поточної сукупності новий проєкт, організація має забезпечувати баланс між зростанням невизначеності (інформаційної ентропії) і підвищенням енергоефективності. Тобто, додавання нового проєкту має забезпечувати приріст енергоентропії  $\Delta S^p$ : 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 щодо занижених тарифів для збільшення частини ринку і т. п.).

$$\begin{aligned} \Delta S^p &= S^{p+1} - S^p = \\ &= \frac{(U - \sum_{j=1}^n E_j^{in} - E_{n+1}^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} H_j}{U + \sum_{j=1}^n (E_j^{in} - E_j^{ex}) + (E_{n+1}^{in} - E_{n+1}^{ex})} - \\ &= \frac{(U - \sum_{j=1}^n E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot \sum_{j=1}^{n+1} H_j}{U + \sum_{j=1}^n (E_j^{in} - E_j^{ex})}, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $S^{p+1}$  – енергоентропія організації після додавання нового проєкту до сукупності проєктів, що реалізуються.

Відмітимо, що загальна енергія організації  $U$  включає в себе пов'язану енергію, яка належить до всієї структури організації. Тому в (4), (7) ця енергія використовується в цілісному вигляді. Отже, для розв'язання різного роду задач управління організацією необхідним є встановлення енергоентропії для кожного проєкту. В цій ситуації умовно можна прийняти розподіл загальної енергії організації  $U$  між проєктами пропорційно вільній енергії таких проєктів  $E_j^{ex}$ :

$$U_j = \frac{E_j^{ex}}{\sum_{j=1}^n E_j^{ex}} \cdot U, \quad j = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Оскільки функція (4) є нелінійною відносно  $E^{in}, E^{ex}, U$ , то у формулу ентропії проєкту  $S_j^p$  доцільно ввести відповідну поправку:

$$d = \frac{S^p}{\sum_{j=1}^n S_j^p}. \quad (9)$$

Цей коефіцієнт відповідає відношенню енергоентропії організації в цілому (4) до суми локальних енергоентропій проєктів  $S_j^p$  (11) без поправки на нелінійність енергоентропії.

Отже, енергоентропія проєкту:

$$S_j^p = d \cdot \frac{(U_j - E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H_j}{U_j + E_j^{in} - E_j^{ex}}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (10)$$

$$S_j^p = \frac{(U_j - E_j^{in}) \cdot U \cdot \eta^{id} \cdot H_j}{U_j + E_j^{in} - E_j^{ex}}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (11)$$

З урахуванням поправкового коефіцієнта (9) сума енергоентропій проєктів відповідає енергоентропії проєктно-орієнтованої організації. Отже, (2) для проєктно-орієнтованих організацій може бути трансформовано в такий вираз:

$$S^p = -\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})) = -\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot H_j, \quad (12)$$

де  $\lambda_j$  – коефіцієнти, які відображають вплив інформаційної ентропії кожного проєкту на енергоентропію організації.

## Висновки

У пропонуваній роботі енергоентропійна концепція застосована до проєктно-орієнтованих організацій. Представлено універсальну формалізацію енергоентропії для організацій взагалі, зокрема застосуванню для проєктно-орієнтованих організацій. Встановлено взаємозв'язок між енергоентропією та інформаційною (структурною) ентропією проєктно-орієнтованих організацій. Наведено метод «розкладання» загальної енергоентропії проєктно-орієнтованих організацій у вигляді суми локальних енергоентропій по проєктах. Досліджено вплив додавання нового проєкту в структуру проєктно-орієнтованої організації на її інтегральну енергоентропію. Представлені результати формують новий погляд на якісну оцінку як окремого проєкту, так і всієї сукупності проєктів проєктно-орієнтованої організації.

## Список літератури

1. Bondar, A., Bushuyev, S., Onyshchenko, S., Hiroshi, T. *Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management / Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020) Volume 1*, p. 233-243. Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, CEUR Workshop Proceedings. <http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper20.pdf>.
2. Бушуйев С. Д. Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-ориентированных предприятий / С. Д. Бушуйев, Н. Д. Бушуйева // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 2010, – №.1/2 – С. 4 – 9.
3. Бондар А. В. Концепція цінності людських ресурсів проектно-орієнтованої організації / А. В. Бондар // *Збірник наукових праць НУК імені адмірала Макарова. – Видавничий дім «Гельветика», 2019. – № 1. – С. 135 – 141.*
4. Bushuyev S., Sochnev S. *Entropy measurement as a project control tool / International Journal of Project Management. – 1999. – № 17 (6), pp. 343 – 350.*
5. Stefancić H., Žebec M.S., Perackovic K. *Approach to a quantitative description of social systems based on thermodynamic formalism / Eniropy. – 2000. – Vol. 2, pp. 98 – 105.*
6. Stepanić J., Sabol G., Stjepan Žebec, M. *Describing social systems using social free energy and social entropy / Kybernetes. – 2005. – Vol. 34 No. 6, pp. 857 – 868. <https://doi.org/10.1108/03684920510595535>.*
7. Ліхоносова Г. С. Ентропійне балансування: інструмент усунення соціально-економічного відторгнення на підприємстві / Г. С. Ліхоносова // *Часопис економічних реформ. – 2018. – № 2. – С. 43–51.*
8. Аверин Г. В., Звягинцева А. В. О взаимосвязи статистической и информационной энтропии при описании состояний сложных систем // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. – 2016. – Т. 44. – № 20 (241). – С. 105 – 116.*
9. Bushuev, S.D., Lisitsyn, A.B., Timinsky, A.G.: *Information model of organizational management system. Project management and development of virology: Zb.nauk.pr., Lugansk: view of the SNU im. V. Dalia, 2 (26), 20-29 (2008).*
10. Бондарь А.В., Онищенко С. П. Оптимизация временных параметров проекта // *Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 39. – С. 11 – 18. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.11340629.V1>.*
11. Onyshchenko, S., Bondar, A., Andrievska, V., Sudnyk, N., Lohinov, O.: *Constructing and exploring the model to form the road map of enterprise development. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 5, 3 (101), 33-42 (2019) <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179185>.*
12. Onyshchenko, S., Leontieva, A.: *Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program. Technology audit and production reserves 5(2) 36-41 (2018). <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146463>*
13. Онищенко С. П., Арабаджи Е.С. Структура, цель, продукт и ценность программ развития предприятий // *Вісник Одеського національного морського університету*, 2011. – № 33. – С. 175 – 186.
14. Jae-Yoon Jung, Chang-Ho Chin and Jorge Cardoso 2011. *An entropy-based uncertainty measure of process models // Information Processing Letters, 111(3): 135-141.*
15. Han, W., & Zhu, B. (2017). *Research on New Methods of Multi-project Based on Entropy and Particle Swarm Optimization for Resource Leveling Problem.*
16. Шахов А. В. Энтропийная модель портфельного управления проектно-ориентированной организацией // *Управління проектами та розвиток виробництва. – 2014. – № 2. – С. 87 – 95.*

Стаття надійшла до редколегії 06.09.2020

**Bondar Alla**

PhD, Associate Professor, Department of logistics systems and projects management, [orcid.org/0000-0003-2228-2726](https://orcid.org/0000-0003-2228-2726)  
Odesa National Maritime University, Odesa

**INFLUENCE OF ENERGY ENTROPY OF THE PROJECT  
ON THE CONDITION OF THE PROJECT-ORIENTED ORGANIZATION**

**Abstract** In this work, the energy-entropy concept is applied to project-oriented organizations. The specificity of project-oriented organizations from the point of view of the energy-entropy concept is that each project forms a certain contribution to the formation and dynamics of energy-entropy. According to this concept, an organization is considered as a system that exchanges matter, energy and information with the environment, which determines the presence of informational (structural) entropy and energy entropy. Moreover, the latter is the result of the existing order in the organization, which is determined by the structure and implementation of business processes. The energy-entropy concept operates with such categories as “energy”, “entropy”, “free energy”, “dissipation” and allows using energy-entropy to assess the state and dynamics of organizations regardless of their sphere of activity. A universal formalization of energy entropy for various organizations and its expression for project-oriented organizations is presented. The energy entropy of organizations is determined by information entropy, total energy, and the ratio of the achieved level of energy efficiency to the “ideal” level. The relationship between energy entropy and informational (structural) entropy of project-oriented organizations is established. It is determined that when adding a new project to the current

totality, the organization must ensure a balance between the growth of uncertainty (information entropy) and energy efficiency. The method of “decomposition” of the total energy entropy of project-oriented organizations in the form of the sum of local energy entropies for projects is presented. The effect of adding a new project to the structure of a project-oriented organization on its integrated energy entropy is investigated. The presented results form a new look at the qualitative assessment of both a single project and the entire set of projects of a project-oriented organization.

**Keywords:** project, entropy, energy, model, efficiency

#### References

1. Bondar, A., Bushuyev, S., Onyshchenko, S., Hiroshi, H. (2020). Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020) Volume 1, p. 233-243. Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, CEUR Workshop Proceedings. <http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper20.pdf>
2. Bushuev, S.D., Bushueva, N.S. (2010). Mechanisms of forming of value in activity of the design-managed organisations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1, 2 (43), 4–9.
3. Bondar, A.V. (2019). The concept of the human resources value of a project-oriented organization. Proceedings of Admiral Makarov NUS, Helvetik Publishing House, 1, 135–141. [https://doi.org/10.15589/znp2019.1\(475\).19](https://doi.org/10.15589/znp2019.1(475).19)
4. Bushuyev, S., Sochnev, S. (1999). Entropy measurement as a project control tool. International Journal of Project Management, 17 (6), 343-350.
5. Stefancić, H., Žebec, M.S. and Perackovic, K. (2000). Approach to a quantitative description of social systems based on thermodynamic formalism. Entropy, 2, 98-105.
6. Stepanić, J., Sabol, G., Stjepan Žebec, M. (2005). Describing social systems using social free energy and social entropy. Kybernetes, 34, 6, 857-868. <https://doi.org/10.1108/03684920510595535>
7. Likhonosova, G.S. (2018). Entropy balance: the instrument for the consolidation of social and economic vodtorgnenny. Chronicle of economic reforms 2, 43-51.
8. Averin, G.V., Zvyagintseva, A.V. (2016). On the relationship of statistical and information entropy in the description of the states of complex systems. Scientific Bulletin of the Belgorod State University. Series: Mathematics. Physic, 44, 20 (241), 105-116.
9. Bushuev, S.D., Lisitsyn, A.B., Timinsky, A.G. (2008). Information model of organizational management system. Project management and development of virology: Zb. nauk. pr., Lugansk: view of the SNU im. V. Dalia, 2 (26), 20-29.
10. Bondar, A.V., Onyshchenko, S.P. (2019). Optimization of project time parameters. Management of Development of Complex Systems, 39, 11-18. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.11340629.V1>
11. Onyshchenko, S., Bondar, A., Andrievska, V., Sudnyk, N., Lohinov, O. (2019). Constructing and exploring the model to form the road map of enterprise development. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5, 3 (101), 33-42. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179185>
12. Onyshchenko, S., Leontieva, A. (2018). Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program. Technology audit and production reserves, 5(2), 36-41. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146463>
13. Onyshchenko, S.P., Arabaji, E.S. (2011). Structure, purpose, product and value of the enterprise development programs. Bulletin of the Odessa National Marine University, 33, 175-186.
14. Jung, Jae-Yoon, Chin, Chang-Ho & Cardoso, Jorge. (2011). An entropy-based uncertainty measure of process models. Information Processing Letters, 111(3), 135-141.
15. Han, W. & Zhu, B. (2017). Research on New Methods of Multi-project Based on Entropy and Particle Swarm Optimization for Resource Leveling Problem.
16. Shakhov, A.V. (2014). Entropy model of portfolio management of project-oriented organization. Project Management and Production Development, 2, 87-95.

#### Посилання на публікацію

- APA Bondar, Alla. (2020). Influence of energy entropy of the project on the condition of the project-oriented organization. Management of Development of Complex Systems, 43, 14 – 18; <dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.14-18>.
- ДСТУ Bondar A. B. Вплив енергоентронії проєкту на стан проєктно-орієнтованої організації [Текст] / А. В. Бондар // Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 43. – С. 14 – 18; <dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.14-18>.