

ЛБ. С. ЧЕРНОВА, І. А. ЖУРАВЕЛЬ

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБ'ЄДНАННЯ ЦЕНТРІВ КОМПЕТЕНЦІЙ В УПРАВЛІННІ ІНФОРМАЦІЙНИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВІ ТЕОРЕТИКО-ІГРОВОГО ПІДХОДУ

Розглянуто впровадження інформаційних систем управління в компаніях і задачі, що вирішуються для їх супроводу. Вирішено, що для підвищення ефективності процесу супроводження є потреба у створенні центру або центрів компетенцій на стороні клієнта-замовника інформаційної системи управління. Показано, що в функціональній моделі управління системою з кількома керуючими центрами та одним керованим суб'єктом використана дворівнева ієрархія управління, що реалізує необхідні функції управління та націлена на мінімізацію витрат. На основі теоретико-ігрової моделі підтверджено синергетичну доцільність об'єднання зусиль центрів компетенцій в управлінні певним об'єктом, який є учасником ієрархічної гри. Довільну систему з двома центрами компетенції досліджено як дворівневу ієрархічну гру. Проаналізовано умови антагонізму, рівноваги гри та підтверджено ефективність стратегій злиття або співробітництва центрів по управлінню гравцем в системі з розподіленим контролем. Зроблено висновок, що в управлінні складними континуальними системами, об'єднання центрів компетенцій доводить свою ефективність в порівнянні з індивідуальним управлінням і полегшує регламентований процес впровадження інформаційних систем в компаніях.

Ключові слова: інформаційна система управління; центр компетенції; теоретико-ігровий підхід; ієрархічна гра; розподілений контроль.

L. CHERNOVA, I. ZHURAVEL

EFFICIENCY OF COMPETENCE CENTERS COMBINATION IN INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT BASED ON A GAME-THEORETIC APPROACH

The implementation of information management systems in companies and the tasks to be solved for their support were considered. It was decided that in order to increase the efficiency of the support process, there is a need to create a center or centers of competences on the side of the client-customer of the information management system. It was shown that the functional model of a system management with several control centers and one managed entity uses a two-level management hierarchy that implements the necessary management functions and is aimed at minimizing costs. On the basis of the game-theoretic model, the synergistic expediency of combining the efforts of competence centers in the management of a certain object, which is a participant in a hierarchical game, has been confirmed. An arbitrary system with two centers of competence was studied as a two-level hierarchical game. The conditions of antagonism, equilibrium of the game were analyzed, and the effectiveness of strategies of merger or cooperation of player control centers in a system with distributed control was confirmed. It was concluded that in the management of complex continuous systems, the unification of competence centers proves its effectiveness in comparison with individual management and facilitates the regulated process of implementing information systems in companies.

Keywords: management information system; center of competence; game-theoretic approach; hierarchical game; distributed control.

Вступ. У період розвитку інформаційних технологій для підвищення ефективності управління підприємством впроваджують інформаційні системи (ІС) управління. Використання ІС приводить до ефективнішої роботи організації, і при цьому, існує низка чинників, які впливають на отримання вигоди від застосування. Помилково вважати, що, успішно запустивши нову ІС, ми завершуємо етап впровадження програмного продукту. Насправді це лише перший і дуже важливий крок до ефективного управління підприємством.

Супровід ІС складається з двох великих та різнопланових задач.

Перша задача – експлуатація інформаційної системи. Вирішення цієї задачі починається з установки прикладного програмного забезпечення (ПЗ) у певному програмно-апаратному оточенні та налаштуванням ПЗ відповідно до документації розробника таким чином, щоб забезпечити максимальну надійність й продуктивність роботи програми.

Друга задача – внесення змін до інформаційної системи. Зміни можуть включати доналаштування ПЗ, що тиражується, або доопрацювання замовленого ПЗ. І доналаштування і доопрацювання, як правило, вимагають залучення консультантів з бізнес-процесів, а також програмістів, які мають необхідні

компетенції. Зазвичай, у договір із супроводу інформаційної системи входять і перша, і друга задачі. При цьому договір укладається з одним виконавцем – розробником ПЗ або компанією, яка впроваджує інформаційну систему. У такому об'єднанні задач є серйозний недолік: розробник або організація, що впроваджують, вирішуючи в обмежені терміни завдання щодо внесення змін до ПЗ, можуть поставити в експлуатацію сирі, недотестовану версію ПЗ, яка містить помилки. Замовник страждає, коли версія програми з доопрацюванням або зміненими налаштуваннями не працює належним чином і співробітники замовника не можуть виконувати свою роботу. Виконавець, зацікавлений здати доопрацьоване ПЗ, намагається виправити ситуацію і доопрацьовує по ходу робіт, але це призводить до простоя та витрат.

У зв'язку з цим для ефективного супроводу слід впроваджувати центр компетенції на стороні клієнта. Так, при встановленні партнерських відносин між двома компаніями, одна з яких є постачальником програмного забезпечення, а друга надає послуги з впровадження цього програмного забезпечення, для диференціації партнерів компанія постачальник ПЗ надає найбільш компетентним партнерам статус Центру компетенції. Що входить до функціональної моделі Центру компетенції? Вже з семантики назви

© Лб. С. Чернова, І. А. Журавель, 2024

моделі впливає, що це має бути організаційна форма, яка забезпечує компетенцію (необхідний рівень знань та можливостей) у заданій галузі.

Існує концепція матричного управління, яка дозволяє керувати не тільки проектами, а й продуктами, і була взята на озброєння як ІТ-організаціями, так і організаціями, успіх яких високо залежить від ІТ. Матричні організації складаються з крос-функціональних команд проектів (або команд потоків цінності), до яких входять фахівці різних профілів: дизайнерів, маркетологів, архітекторів, аналітиків, проєктувальників, розробників, тестувальників, фахівців з впровадження та розгортання, співробітників супроводу та моніторингу, спеціалістів контакт-центрів, акаунт-менеджерів, юристів, спеціалістів з інформаційної безпеки для того, щоб організація швидше адаптувалася до змін.

Центрами компетенцій у цій структурі прийнято називати її функціональну частину, наприклад центр компетенцій архітектури, центр компетенцій маркетингу або центр компетенцій з управління проектами.

Теоретично кожен із центрів компетенцій постачає в крос-функціональні команди правильних співробітників, після чого крос-функціональні команди самостійно досягають результату.

І з цього приводу в теорії можна розглянути об'єднання таких команд або центрів компетенцій для досягнення синергетичного ефекту (об'єднання в єдиний життєвий цикл: наприклад, інформаційної та ресурсної частин) проєкту на підприємстві з метою підвищення ефективності його впровадження. Іншими словами, об'єднання центрів для управління об'єктом є ефективнішим, ніж управління індивідуальне, тобто ціле є більшим, ніж сума його складових: $1 + 1 > 2$.

Синергетичну доцільність об'єднання зусиль центрів компетенції в управлінні певним об'єктом, який є учасником ієрархічної гри підтверджуємо на прикладі теоретико-ігрової моделі дворівневої ієрархічної гри з розподіленим контролем.

Мета роботи. На основі теоретико-ігровою підходу, який моделює ситуацію взаємодії двох центрів компетенції по управлінню спільним об'єктом (гравцем) розробити теоретико-ігрову модель системи з двома центрами компетенції по управлінню певним об'єктом.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо задачу розподіленого контролю у теоретико-ігровій постановці. Нехай маємо дворівневу систему U , яка, на верхньому рівні ієрархії, складається з двох центрів компетенції C_1 , C_2 , дії яких направлені на об'єкт контролю, гравця A . Ієрархічна гра містить трьох учасників: $U = G = \{C_1, C_2, A\}$. (Рис. 1)

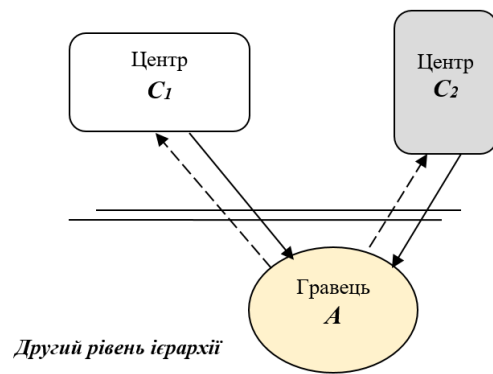


Рис. 1 – Дворівнева система з двома центрами

Інтерпретуємо систему U як гру, в яку залучено три гравця – C_1 , C_2 , A . Вектори дій центрів спрямовані на спільний об'єкт управління – гравця A . Для кожного гравця системи U введемо множини можливих стратегій поведінки:

$$X_{C_1} = \{x_1^{C_1}, x_2^{C_1}, \dots, x_l^{C_1}\},$$

$$X_{C_2} = \{x_1^{C_2}, x_2^{C_2}, \dots, x_m^{C_2}\},$$

$$X_A = \{x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A\}.$$

Сукупність обраних стратегій позначаємо:

$$x = \{x_i^{C_1}, x_j^{C_2}, x_k^A\} = \{x_1, x_2, x_3\},$$

$$x \in X_{C_1} \otimes X_{C_2} \otimes X_A.$$

Для кожного з гравців означимо свою цільову функцію:

$$W_{C_1} = W_{C_1}(x) - \text{цільова функція центру } C_1,$$

$$W_{C_2} = W_{C_2}(x) - \text{цільова функція центру } C_2,$$

$$W_A = W_A(x) - \text{цільова функція гравця } A.$$

Кожному розв'язку x цільові функції ставлять у відповідність дійсне число – виграш:

$$W(x): x \mapsto R.$$

Нормальна форма ієрархічної гри G [3,4], яка інтерпретує управління системою U , представляє набір:

$$G = \{C_1, C_2, A, X_{C_1}, X_{C_2}, X_A, W_{C_1}, W_{C_2}, W_A\}.$$

Для розглянутою матричної структури управління гравець A може бути підкореним діям декількох центрів. Системи U , в яких реалізована така модель управління, прийнято називати, системою з розподіленим контролем.

Характерною рисою систем з розподіленим контролем є гра центрів, в якій стан рівноваги залежить від управляючої дії центрів на гравця A , причому вона може бути як індивідуальною, так і спільною.

Гра центрів C_1 та C_2 полягає у виборі функцій стимулювання гравця A , які в свою чергу залежні від його стратегії поведінки. Нехай функціонали цільових функцій центрів мають вигляд:

$$W_{C_1}(S(x), x) = P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x),$$

$$W_{C_2}(S(x), x) = P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x),$$

де $P_{C_1}(x)$ – прибуток C_1 від дій гравця A ,

$P_{C_2}(x)$ – прибуток C_2 від дій гравця A ,

$S_{C_1}(x)$ – винагорода(стимулювання) гравця A від центра C_1 ,

$S_{C_2}(x)$ – винагорода гравця A від центра C_2 ,

$S(x) = \{S_{C_1}(x), S_{C_2}(x)\}$ – вектор-функція винагород.

Цільова функція гравця A :

$$W_A(S(x), x) = S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x),$$

де $C(x)$ – витрати гравця A в результаті обраної стратегії поведінки. Цільова функція гравця A складається з суми винагород від центрів без власних витрат.

В залежності від вектору стимулювань $S(x)$ гравця A буде обирати таку стратегію поведінки $x \in X^A$, яка гарантовано максимізує його цільову функцію - принцип раціональної поведінки гравця A :

$$\sup W_A = \underset{x \in X^A}{\text{Arg max}} (S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x)).$$

У центрів виникає задача вибору компонент вектор-функції стимулювання. Кожний центр може обрати власну стратегію поведінки в управлінні гравця A . В залежності від того, що запропоновано центрами, гравець A буде обирати стратегію, яка гарантовано максимізує його вираш. Якщо один з центрів обирає індивідуальну стратегію поведінки, то гравцю A не обов'язково її виконувати, оскільки другий центр може запропонувати більшу винагороду та вимагати виконання іншого. Система U втрачає рівновагу і центри залучаються до пошуку стану рівноваги. Рівноваги можливо добитися підбором функцій стимулювання та прогнозом можливих реакцій гравця A .

З класичного теоретико-ігрового підходу прийнято розрізняти: [6,7]

- стан рівноваги по Нешу, але неефективний по Парето;

- стан рівноваги по Нешу і ефективний по Парето.

Останній є ідеальним становищем системи, хоча і не завжди забезпечується. Звісно, що в системах з розподіленим контролем множина рівноваг по Нешу Ω_N перетинається з множиною Парето-ефективних розв'язків Ω_P . Це дозволяє з множини рівноваг по Нешу обрати такі, які є ефективними по Парето [5,6]. Існує клас функцій винагород центрів, який гарантує ефективну рівновагу системи. Такими функції стимулювання є функції вигляду:

$$S_{C_1}(x, x^*) = \begin{cases} \lambda_1, & x = x^*, \\ 0, & x \neq x^* \end{cases},$$

$$S_{C_2}(x, x^*) = \begin{cases} \lambda_2, & x = x^*, \\ 0, & x \neq x^* \end{cases}.$$

З практичної точки зору такі функції забезпечують існування такої стратегії $x^* \in X_A$ гравця

A , яку називають плановою стратегією, або просто планом, відносно якою центри домовляються виплачувати винагороди. Інакше: гравець A обирає план x^* , тоді перший центр виплачує йому винагороду λ_1 , а другий λ_2 . У випадку, якщо гравець A обирає іншу стратегію $x \neq x^*$, то він не отримає винагороди. Ієрархічна гра у складі двох центрів та гравця A , сутність розв'язку якої полягала у виборі вектор-функції стимулювання $S(x)$, завдяки такому підходу зводиться до вибору стратегії поведінки гравця A $x^* \in X_A$ та винагород центрів $\lambda_1 = S_{C_1}(x^*)$, $\lambda_2 = S_{C_2}(x^*)$. Принцип раціональної поведінки гравця A накладає умову невід'ємності значень його цільової функції:

$$W_A(x^*, x) \geq 0.$$

Оскільки

$$W_A(x) = S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) - C(x),$$

то маємо:

$$S_{C_1}(x) + S_{C_2}(x) \geq C(x).$$

Для стратегії $x = x^*$:

$$\lambda_1 + \lambda_2 \geq C(x^*)$$

- сумарне стимулювання, обраної стратегії поведінки гравця A не менше ніж його власні витрати на цю дію.

З іншої сторони, вимога Парето-ефективності з точки зору центрів, це такі суми винагород, які неможливо зменшити не змінивши стратегію поведінки гравця A . Це означає, що сума винагород центрів рівна затратам гравця A :

$$\lambda_1 + \lambda_2 = C(x^*).$$

Знаходимо умови рівноваги гри, тобто такі умови, для яких центри домовляються про те, чого вони хочуть добитися від гравця A . Введемо критеріальні величини:

$$\omega_1 = \max_{x \in X^A} (P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x)),$$

$$\omega_2 = \max_{x \in X^A} (P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x)).$$

У разі індивідуальних дій центрів та використанні системи стимулювання прибутки їх будуть складати ω_1 та ω_2 . Умова того, щоб центрам було вигідно співпрацювати в управлінні гравцем A , має вигляд:

$$P_{C_1}(x) - S_{C_1}(x) \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x) - S_{C_2}(x) \geq \omega_2.$$

Для стратегії $x = x^*$:

$$P_{C_1}(x^*) - \lambda_1 \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x^*) - \lambda_2 \geq \omega_2$$

- для реалізації співробітництва центрів необхідно щоб їх прибутки були не менше ніж у разі індивідуальних дій. Більше того, необхідно також виконання умови – сума винагород гравця A рівна його затратам $\lambda_1 + \lambda_2 = C(x^*)$. Множину K дій

гравця A та векторів компенсацій при таких умовах називають множиною компромісних рішень. Аналітична форма множини K має вигляд:

$$K = \{x \in X | \lambda_1 + \lambda_2 = C(x), P_{C_1}(x) - \lambda_1 \geq \omega_1, P_{C_2}(x) - \lambda_2 \geq \omega_2\}$$

Обирання певної точки множини компромісу означає для центрів початок стадії співпраці або об'єднання, результатом якого є вибір вектора дій по управлінню гравцем A та об'ємів стимулювання. Якщо компромісна множина порожня $K = \emptyset$, виникає ситуація конкуренції центрів. Виграти в грі буде той центр, який діє більш ефективно – більше платить гравцю A . Антагонізм гри в такій ситуації підкреслює відсутність рівноваги системи за Нешом. Учасники системи U почнуть знаходити стан рівноваги. Отримаємо аналітичні умови співпраці центрів, які як показано вище є ефективним станом рівноваги системи.

Введемо величину максимуму сумарного прибутку центрів:

$$\omega_{\Sigma} = \max_{x \in X^A} (P_{C_1}(x) + P_{C_2}(x) - S_{C_1}(x)),$$

оскільки

$$\lambda_1 + \lambda_2 = C(x),$$

$$P_{C_1}(x) - \lambda_1 \geq \omega_1,$$

$$P_{C_2}(x) - \lambda_2 \geq \omega_2,$$

то маємо, що ситуація об'єднання центрів можлива тільки при умові, що множина компромісу не порожня.

Умова $K \neq \emptyset$ можлива тільки тоді, коли сума індивідуальних вигравів центрів ω_1 та ω_2 від стратегій поведінки поодиночці не більше, ніж сумарний прибуток їх при умові об'єднання:

$$K \neq \emptyset \Leftrightarrow \omega_1 + \omega_2 \leq \omega_{\Sigma}.$$

Іншими словами: об'єднання або злиття центрів в єдиний центр в управлінні гравцем A ефективніше ніж управління індивідуальне – ціле більше ніж сума його складових – « $1 + 1 > 2$ ». Спостерігається синергетичний ефект.

Останнє може бути інтерпретовано як підтвердження доцільності злиття двох центрів за умови втрати їх ефективності управління гравцем A кожним центром окремо.

Обговорення результатів. Розглянуто континуальну систему як метагру. Гра інтерпретується як ієрархічна дворівнева гра. Учасники системи є гравцями, які мають власний набір стратегій поведінки. Центри управління гравцем здійснюють хід першими. Гравець здійснює свій хід другим, за умови раціональної поведінки – максимізації значення цільової функції. Поведінка учасників гри відповідає концепції рівноваги за Нешом, яка формує область компромісних рішень.

Напрямами перспективного подальшого дослідження слід вважати:

- розробку теоретико-ігрових моделей багаторівневих систем та системи з багатьма центрами.

- розробка оптимізаційних схем, які забезпечують механізм виключення деяких центрів з управління гравцем, наприклад, на підставі того, що вони не забезпечують критерій рівноваги в системі.

Висновки. У статті було розроблено теоретико-ігрову модель системи з двома центрами компетенції по управлінню певним об'єктом.

У переважній більшості випадків в управлінні складними континуальними системами, центри компетентності приймають рішення і тільки після цього доводять його ефективність. Важливе практичне та теоретичне значення має обґрунтування такого рішення на базі використання сучасних математичних методів в теорії ієрархічних ігор.

На цей час залишаються актуальними напрямки формулювання та дослідження математичних моделей, типових механізмів та процедур прийняття рішень по ефективному управлінню центрами своїх об'єктів впливу.

Список літератури

1. Michael Doane. *The SAP Green Book A Business Guide for Effectively Managing the SAP Lifecycle*: SAP PRESS, 2012. 323 p.
2. Myerson R.B. *Game theory: analysis of conflict*. London: Harvard Univ. Press. 2001. 4th printing. 568 p.
3. Johnson P., Johansson E., Somestad T. & Ullberg J. A tool or enterprise architecture analysis. In Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2007. EDOC 2007. *11th IEEE International*, pp. 142-143.
4. Nisan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirani V.V. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press, New York, NY, USA. 2007. 776p.
5. Нейман Д., Моргенштерн О. *Теорія ігор та економічна поведінка*. Наука, 1970. 708 с.
6. Інтрилігатор М. *Математичні методи оптимізації і економічна теорія*. Айріс-прес, 2002. 606 с.
7. Гермейер Ю.Б. *Ігри з протилежними інтересами*: серія «Оптимізація та дослідження операцій». 2016. 328 с.
8. Морозов В.В. *Основи теорії ігор*. Видавництво МДУ, 2002. 275 с.
9. Persson T., Tabellini G. *Political Economics: Explaining Economic Policy*. Cambridge, MA: MIT Press. 2000. 533 p.
10. McKelvey R. Game forms for Nash implementation of general social choice correspondences. *Social Choice and Welfare*. 2009. №6. P. 139 - 156.
11. Nicholson D., Sandier T. Intertemporal incentive allocation in simple hierarchies. *Mathematical Social Sciences*. 2004. Vol. 7. №1. P. 33 - 57.
12. Grigorian, T.G., Titov, S.D., Gayda, A.Y., Koshkin, V.K. A general game-theoretic approach to harmonization the values of project stakeholders. 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer.
13. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Chernova, L., Trushliakova, A. The Behavior Antagonism in the IT Project Management. *SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, Proceedings, 2023, pp. 114-119.

References (transliterated)

1. Michael Doane. *The SAP Green Book A Business Guide for Effectively Managing the SAP Lifecycle*: SAP PRESS, 2012. 323 p.
2. Myerson R.B. *Game theory: analysis of conflict*. London: Harvard Univ. Press. 2001. 4th printing. 568 p.
3. Johnson P., Johansson E., Somestad T. & Ullberg J. A tool or enterprise architecture analysis. In Enterprise Distributed Object

- Computing Conference, 2007. EDOC 2007. *11th IEEE International*, pp. 142-143.
4. Nisan N., Roughgarden T., Tardos E., Vazirani V.V. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press, New York, NY, USA. 2007. 776p.
 5. Nejman D., Morgenshtern O. *Teorija igor ta ekonomichna povedinka* [Game theory and economic behavior]. Nauka, 1970. 708 p.
 6. Intriligator M. *Matematichni metodi optimizacii i ekonomichna teorija* [Mathematical optimization methods and economic theory]. Ajris-press, 2002. 606 s. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. Available at: <http://sae.gov.ua> (accessed 03.12.2019).
 7. Germejer Ju.B. *Igri z neprotilezhnimi interesami. serija «Optimizacija ta doslidzhennja operacij»* [Games with Non-Conflicting Interests: Optimization and Operations Research Series]. 2016. 328 p.
 8. Morozov V.V. *Osnovi teorii igor* [Basics of game theory.]. Vidavnistvo MDU, 2002. 275 p.
 9. Persson T., Tabellini G. *Political Economics: Explaining Economic Policy*. Cambridge, MA: MIT Press. 2000. 533 p.
 10. McKelvey R. Game forms for Nash implementation of general social choice correspondences. *Social Choice and Welfare*. 2009. №6. P. 139 - 156.
 11. Nicholson D., Sandier T. Intertemporal incentive allocation in simple hierarchies. *Mathematical Social Sciences*. 2004. Vol. 7. №1. P. 33 - 57.
 12. Grigorian, T.G., Titov, S.D., Gayda, A.Y., Koshkin, V.K. A general game-theoretic approach to harmonization the values of project stakeholders. 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 689. Springer.
 13. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Chernova, L., Trushliakova, A. The Behavior Antagonism in the IT Project Management. *SIST 2023 - 2023 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, Proceedings, 2023, pp. 114–119.

Надійшла (received) 15.02.2024

Відомості про авторів (About authors)

Чернова Любава Сергіївна (Chernova Liubava) – доктор технічних наук, доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій; м. Миколаїв, Україна; ORCID: 0000-0001-5191-0272; e-mail: 19chls92@gmail.com.

Журавель Ірина Анатоліївна (Zhuravel Iryna) – Ph. D., кафедра управління проектами, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова; м. Миколаїв, Україна; ORCID: 0000-0002-3747-4387; e-mail: iagurav@gmail.com.