

Харківський національний  
університет радіоелектроніки

Kharkov National  
University of Radio Electronics

Державне підприємство  
"Південний державний  
проектно-конструкторський  
та науково-дослідний інститут  
авіаційної промисловості"

State Enterprise  
"Southern National Design  
&  
Research Institute  
of Aerospace Industries"

**СУЧАСНИЙ СТАН  
НАУКОВИХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
В ПРОМИСЛОВОСТІ**

**INNOVATIVE  
TECHNOLOGIES  
AND  
SCIENTIFIC SOLUTIONS  
FOR INDUSTRIES**

№ 3 (9), 2019

No. 3 (9), 2019

*Щоквартальний  
науковий  
журнал*

*Quarterly  
scientific  
journal*

Харків  
2019

Kharkiv  
2019

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор  
Бодяньський Євгеній Володимирович,  
д-р. техн. наук, професор

Відповідальний секретар  
Коваленко Андрій Анатолійович  
д-р. техн. наук, доцент

### Члени редколегії:

Артиух Роман Володимирович, канд. техн. наук;  
Бабенко Віталіна Олексіївна, д-р. екон. наук, канд. техн. наук,  
професор;  
Безкоровайний Володимир Валентинович, д-р. техн. наук,  
професор;  
Гопесенко Віктор, д-р. техн. наук, професор (Латвія);  
Джавад Хамісабаді, канд. техн. наук, доцент (Іран);  
Зайцева Єлена, д-р. техн. наук, професор (Словаччина);  
Зачко Олег Богданович, д-р. техн. наук, доцент;  
Косенко Віктор Васильович, д-р. техн. наук, доцент;  
Костін Юрій Дмитрович, д-р. екон. наук, професор;  
Лемешко Олександр Віталійович, д-р. техн. наук, професор;  
Лепейко Тетяна Іванівна, д-р. екон. наук, професор;  
Малєєва Ольга Володимирівна, д-р. техн. наук, професор;  
Момот Тетяна Валеріївна, д-р. екон. наук, професор;  
Назарова Галина Валентинівна, д-р. екон. наук, професор;  
Невлюдов Ігор Шакирович, д-р. техн. наук, професор;  
Пермяков Олександр Анатолійович, д-р. техн. наук,  
професор;  
Петленков Едуард, канд. техн. наук (Естонія);  
Петришин Любомир Богданович, д-р. техн. наук, професор  
(Польща);  
Пушкар Олександр Іванович, д-р. екон. наук, професор;  
Рубан Ігор Вікторович, д-р. техн. наук, професор;  
Семенець Валерій Васильович, д-р. техн. наук, професор;  
Сетлак Галина, д-р. техн. наук, професор (Польща);  
Соколова Людмила Василівна, д-р. екон. наук, професор;  
Терзіян Ваган Якович, д-р. техн. наук, професор (Фінляндія);  
Телетов Олександр Сергійович, д-р. екон. наук, професор;  
Тимофєєв Володимир Олександрович, д-р. техн. наук,  
професор;  
Тодоров Кирил, д-р. екон. наук, професор (Болгарія);  
Філатов Валентин Олександрович, д-р. техн. наук, професор;  
Чумаченко Ігор Володимирович, д-р. техн. наук, професор;  
Чухрай Наталія Іванівна, д-р. екон. наук, професор;  
Ястремська Олена Миколаївна, д-р. екон. наук, професор.

### ЗАСНОВНИКИ

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
Державне підприємство "Південний державний  
проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут  
авіаційної промисловості"

### АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

Україна, 61166, м. Харків, проспект Науки, 14  
Телефон: +38 (057) 704-10-51  
Інформаційний сайт: <http://itssi-journal.com>  
E-mail редколегії: [journal.itssi@gmail.com](mailto:journal.itssi@gmail.com)

## EDITORIAL BOARD

Editor in Chief  
Bodyanskiy Yevgeniy,  
Dr. Sc. (Engineering), Professor, Ukraine

Assistant Editor  
Kovalenko Andrey,  
Dr. Sc. (Engineering), Associate Professor, Ukraine

### Editorial Board Members:

Artiukh Roman, PhD (Engineering Sciences) (Ukraine);  
Babenko Vitalina, Dr. Sc. (Economics);  
PhD (Engineering Sciences), Professor (Ukraine);  
Bezkorovainyi Volodymyr, Dr. Sc. (Engineering), Professor  
(Ukraine);  
Gopeyenko Victors, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Latvia);  
Javad Khamisabadi, PhD (Industrial Management), Associate  
Professor (Iran);  
Zaitseva Elena, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Slovak  
Republic);  
Zachko Oleh, Dr. Sc. (Engineering), Associate Professor  
(Ukraine);  
Kosenko Viktor, Dr. Sc. (Engineering), Associate Professor  
(Ukraine);  
Kostin Yuri, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Lepeyko Tetyana, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Malyeyeva Olga, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
Momot Tetiana, Dr. Sc. (Economics), Professor, (Ukraine);  
Nazarova Galina, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Nevliudov Igor, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
Permyakov Alexander, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
Petlenkov Eduard, PhD (Engineering Sciences) (Poland);  
Petryshyn Lubomyr, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Poland);  
Pushkar Olexandr, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Ruban Igor, Dr. Sc. (Engineering), Professor, (Ukraine);  
Semenets Valery, Dr. Sc. (Engineering), Professor, (Ukraine);  
Setlak Galina, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Poland);  
Sokolova Lyudmila, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Terziyan Vagan, Dr. Sc. (Engineering), Professor, (Finland);  
Teletov Aleksandr, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Timofeyev Volodymyr, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
Todorov Kiril, Dr. Sc. (Economics), Professor (Bulgaria);  
Filatov Valentin, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine)  
Chumachenko Igor, Dr. Sc. (Engineering), Professor (Ukraine);  
Chukhray Nataliya, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine);  
Iastremaska Olena, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ukraine).

### ESTABLISHERS

Kharkiv National University of Radio Electronics,  
State Enterprise "National Design & Research Institute  
of Aerospace Industries"

### EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave, 14  
Phone: +38 (057) 704-10-51  
Information site: <http://itssi-journal.com>  
E-mail of the editorial board: [journal.itssi@gmail.com](mailto:journal.itssi@gmail.com)

*Журнал включено до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук" наказом Міністерства освіти і науки України від 16.07.2018 №775 (додаток 7).*

Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету радіоелектроніки (Протокол № 7 від 05 вересня 2019 р.).

Свідоцтво про державну реєстрацію журналу Серія КВ № 22696-12596Р від 04.05.2017 р.

## ЗМІСТ

### Сучасні технології управління підприємством

- 5 **Аванесова Н. Е., Марченко О. В., Колодяжна Т. В.**  
Сучасні тенденції забезпечення кадрової безпеки підприємств (eng.)
- 12 **Андрєєва Т. Є., Гетьман О. О., Терещенко Д. А.**  
Вдосконалення методичних засад управління організаційними змінами (рус.)
- 22 **Белхадер А.**  
Кількісна оцінка оптимальної політики в ендогенній моделі: теоретичний аналіз (eng.)
- 34 **Момот Т. В., Родченко С. С.**  
Оцінка фінансової безпеки банків в умовах макроекономічної нестабільності (eng.)
- 44 **Хілуха О. А.**  
Особливості впровадження електронного навчання в контексті корпоративного розвитку персоналу
- 53 **Чех Н. О., Панов В. В., Шпілько В. Л., Савенко К. С.**  
Поняття регуляторного комплаєнсу: значення та місце в системі економічної безпеки підприємства (на прикладі підприємств водопостачання та водовідведення)

### Інформаційні технології

- 62 **Великодний С. С.**  
Реінжиніринг відкритої програмної системи тривимірного моделювання BRL-CAD (eng.)
- 72 **Давидовський Ю. К., Рева О. А., Артюх О. В., Косенко В. В.**  
Моделювання параметрів навантаження комп'ютерної мережі протягом заданого періоду часу (eng.)
- 81 **Єлізева А. В., Артюх Р. В., Персіянова О. Ю.**  
Цільові та системні аспекти програми розвитку транспортної інфраструктури (eng.)
- 91 **Литвиненко Д. П., Малєєва О. В.**  
Комплексний метод балансування та гармонізації інтересів стейкхолдерів у проектах розвитку транспортних систем
- 99 **Пітерська В. М., Логінов О. В., Логінова Л. В.**  
Механізм формування ефективного портфелю наукових проєктів закладу вищої освіти (eng.)
- 109 **Чайковський І. В.**  
Концептуальна модель формування рішень з контролю і аналізу перевезень і роботи флоту (рус.)

### Машинобудування, автоматизація та робототехніка

- 118 **Шапвалов В. Ф., Пермяков О. А., Клочко О. О.**  
Моделювання дуплексної фрези і умов формоутворення обробки колісних пар магістральних електровозів, тепловозів, електросекцій (eng.)

### Телекомунікаційні системи та комп'ютерні мережі

- 127 **Лемешко О. В., Євдокименко М. О., Єременко О. С.**  
Модель швидкої QoS-перемаршрутизації трафіку даних в інфокомунікаційних мережах (eng.)
- 135 **Алфавітний показчик**

CONTENTS

Modern Enterprise Management Technologies

- 5 **Avanesova N., Marchenko O., Kolodyazhna T.**  
Modern trends in personnel safety of enterprises
- 12 **Andrieieva T., Hetman O., Tereshchenko D.**  
Improvement of the methodical basis of organizational change management
- 22 **Ahmed Bellakhdhar**  
Quantifying optimal policy in an endogenous model: a theoretical analysis
- 34 **Momot T., Rodchenko S.**  
Assessment of financial security of banks in conditions of macroeconomic instability
- 44 **Khilukha O.**  
Features of implementation of e-learning in the context of corporate development of personnel
- 54 **Chekh N., Panov V., Shpilko V., Savenko K.**  
The concept of regulatory compliance: the meaning and place in the economic security system of the enterprise (example of water supply and supply)

Information Technology

- 62 **Velykodniy S.**  
Reengineering of open software system of 3D modeling BRL-CAD
- 72 **Davydovskiy Yu., Reva O., Artiukh O., Kosenko V.**  
Simulation of computer network load parameters over a given period of time
- 81 **Yelizyeva A., Artiukh R., Persyanova E.**  
Target and system aspects of the transport infrastructure development program
- 91 **Lytvynenko D., Malyeyeva O.**  
A comprehensive method of balancing and harmonizing the interests of stakeholders in transport systems development projects
- 99 **Piterska V., Lohinov O., Lohinova L.**  
Mechanism for forming an effective portfolio of research projects of institution of higher education
- 109 **Tchaikovsky I.**  
Conceptual model of decision making for control and analysis of transportation and operation of the fleet

Mechanical Engineering, Automation & Robotics

- 118 **Shapovalov V., Permyakov A., Klochko A.**  
Modeling of a duplex miller and conditions of formation of treatment of wheel pairs of main electric cards, dual cars, electro sections

Telecommunication Systems & Computer Networks

- 127 **Lemeshko O., Yevdokymenko M., Yeremenko O.**  
Model of data traffic QoS fast rerouting in infocommunication networks
- 135 **Alphabetical index**

N. AVANESOVA, O. MARCHENKO, T. KOLODYAZHNA

## MODERN TRENDS IN PERSONNEL SAFETY OF ENTERPRISES

The **subject** of the article is the study of modern trends in personnel safety of the enterprise. The **purpose** of the work is to study trends and approaches to ensuring personnel safety of the enterprise in modern economic conditions. The article solves the following **tasks**: research of economic essence of the concept of personnel safety of the enterprise; construction of the mechanism of ensuring personnel safety of the enterprise. The following **methods** are used: methods of induction and deduction – in the study of the concept of "personnel safety of the enterprise", observation and generalization – to build a mechanism for ensuring personnel safety of the enterprise, the method of scientific generalization – for the formulation of conclusions. The following scientific **results** were obtained: it was determined that the personnel safety of the enterprise is a concept more than its identification with the state of protection of the enterprise from risks and threats from its personnel. It is concluded that the safety of personnel safety of the enterprise is directed on preservation and development of its human resources, the strategy of economic security of a business entity to ensure the efficiency of all areas of its business activities in the context of risks and threats to different levels of environmental functioning. Developed a mechanism to ensure the personnel safety of an enterprise, which is the process of preserving, strengthening and development of its human resources, which is implemented in the stages of employment safety employees and safety in the sphere of the layoffs of personnel service of the business entity and its safety service with the aim of identifying bottlenecks and threats, and the leveling and elimination of problems through the transmission of information to executives for further development of measures to increase loyalty and cohesion of the team. **Conclusion**: the implementation of the mechanism for ensuring personnel safety of the enterprise will allow performing tasks to ensure its stable operation and sustainable development.

**Keywords**: personnel safety of the enterprise; personnel potential; personnel; mechanism of ensuring personnel safety of the enterprise.

### Introduction

The functioning and development of Ukrainian enterprises is in permanent accumulation of the globalization process through the integration of our economy to the world economy. Now globalization is an integral part of life of every modern state in the world, and will continue to gain momentum. That is why each country will need to look for opportunities to take advantage of and resolve problems originating from globalization impact on all spheres of life. For Ukraine, whose economy is still suffering enough from the economic crisis of the past years and is in a state of post-crisis recession, globalization is rather negative phenomenon. The large dependence of our country from external factors of development, especially from exports, makes the national economy very vulnerable to global economic shocks. Industrialized countries are manifested the effects of globalization as a positive effect through their obtaining of additional conditions for the development of the economy using the possibility of lowering production costs and ensure its sustainability. Ukraine through its northeast observed a significant rate of slowdown of economic development. It causes need of search of ways to counteract the economy of our state for her negative consequences of globalization.

The functioning of business entities as an open system in a rigid market environment in terms of market relations is characterized by instability and constant dynamics. In such circumstances, the relationship between the competitiveness of the enterprise and its economic security is interdependent: on the one hand, a high level of competitiveness of the enterprise is the basis of a high level of its economic security, and on the other – the stability of the functioning and competitiveness of the enterprise depends on the successful organization of the economic security system. In turn, to ensure the economic

security of the enterprise, it is important to ensure the safety of each type of its activity and each functional component (finance, production, marketing, management, personnel).

Since any results of the entity's activity are provided by its personnel, we believe that the issues of personnel safety of enterprises in the current economic conditions are of particular relevance.

### Analysis of the problem and existing methods

The processes of ensuring the personnel safety of the enterprise for our country are a rather new area of theoretical science. Although some steps are being taken in the practice of operating a business in this direction, all of them have little or no scientific basis and are rather applied at random, based on the experience of their management. Among the theoretical achievements of scientists in this field, in our opinion, we should mention the studies of M. Petrov, I. Chumarin, N. Shvets, L. Tomanevich, I. Vorobyov and A. Kuznetsov, O. Kirichenko, I. Shvets, A. Kilibanova, L. Kalinichenko. However, it should be noted that these works are more focused on the essential definition of the conceptual and categorical apparatus of the theory of personnel safety, its components and the separation of threats to personnel safety internal and external. Therefore, the theoretical science remains insufficiently elaborated on the tendencies and approaches of ensuring the personnel safety of the enterprise in the conditions of global and national competitive environment, as well as the internal environment of functioning.

**The purpose of this article** is to study trends and approaches to ensuring the personnel safety of the enterprise in the current economic conditions.

### Solving of the problem

In the face of constant threats of the external environment, modern businesses are increasingly faced with the challenges of ensuring their effectiveness. This is due to the fact that occurs in the external environment events and trends of its development do not always have a positive impact on the functioning of economic entities. Individual changes in the external environment brought about by the dangers and threats of enterprise activity and, sometimes, act as the catalysts for the aggravation of his condition. So, the logical reaction to negative changes in the external environment for the enterprise is the desire to protect their activities and their positions in competitive markets. And, therefore, we are talking about ensuring economic security of business entities.

At the present stage of development of economic science in the context of the growing tendencies of globalization of the world economy, the problem of ensuring economic security is becoming increasingly important. In this case, the study of the essence of economic security is conducted in accordance with the scientific picture of the world, which means a special form of theoretical knowledge that represents the subject of research of science of a certain stage of its historical development, through which the specific knowledge that will be obtained and various fields of scientific search is integrated and systematized. To date, five scientific pictures of the world have been distinguished, within which scientific views on the problem of ensuring economic security have been developed: scholastic, mechanistic, statistical, systemic, diatropic (fig. 1).

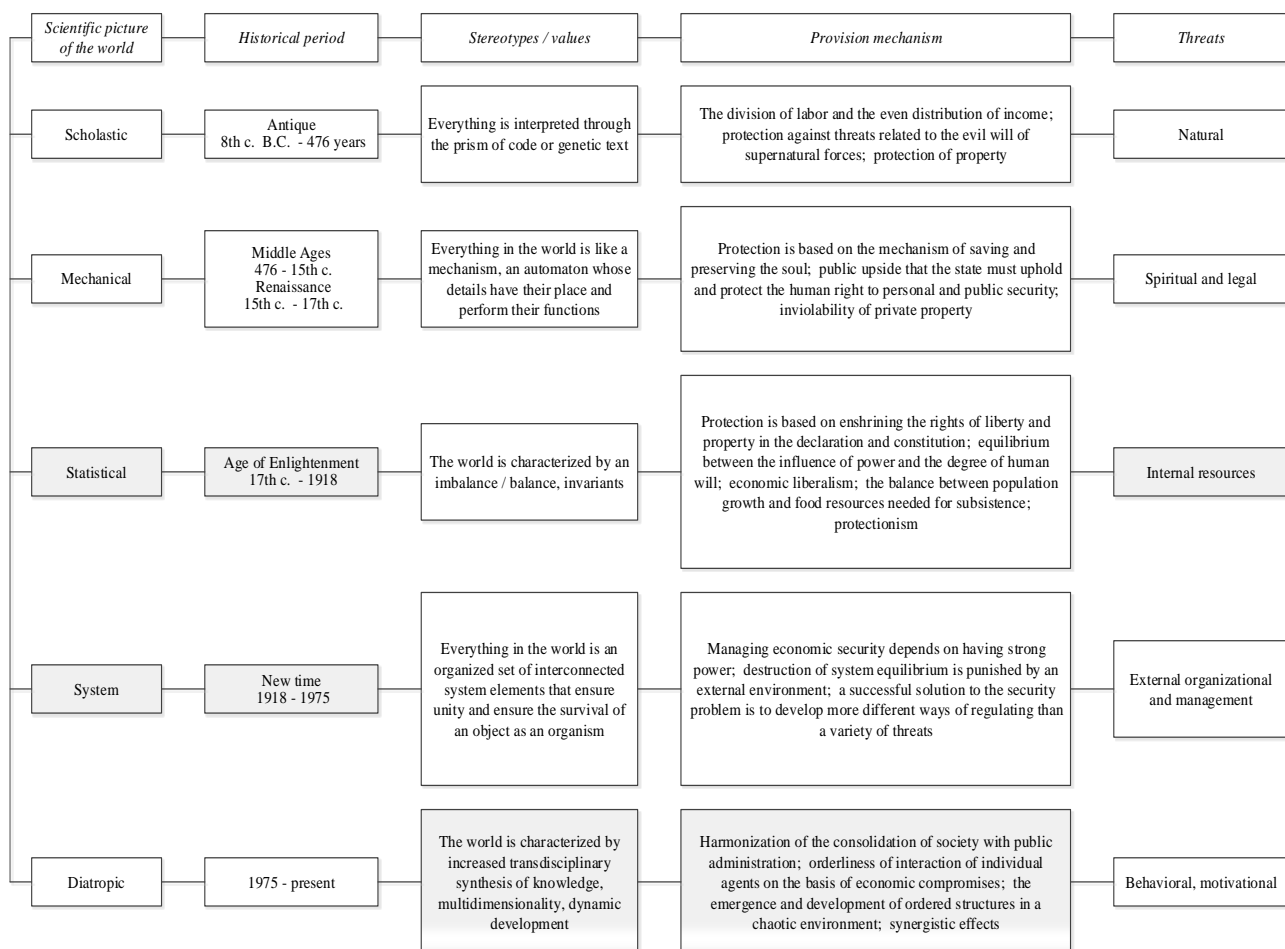


Fig. 1. Evolution of economic security of the enterprise in view of the scientific picture of the world

The personnel safety of the enterprise is one of the functional components of its economic security. At the same time, personnel and intellectual resources are the objects of personnel safety in the economic security system of the enterprise. Enterprise personnel are a set of accounting staff, and intellectual resources are a set of scientific, professional and general knowledge of employees, their experience, skills and skills, which are aimed at creating products of intellectual activity and serve as the basis for the formation of intellectual potential. The subjects of personnel safety in the economic security system are the person, individual subdivision or

personnel of the enterprise as a whole (it is customary to refer to internal entities) and control bodies, sectoral agencies or safety structures (being external entities). And this is where the peculiarity of personnel safety is manifested: both the object of its safety and the subject are, in the end, a person.

It is well known that a person is a special specific resource of the enterprise because of its uniqueness, protection from coercion to perform certain uncharacteristic actions for it, dependence in the performance of official duties from the psycho-emotional

state. Human resources are significantly different from other types of resources:

- a person cannot serve as a means to achieve the goals of organizations. It has its price and makes its own demands on its environment;

- a person has the will, owns the initiative, different abilities and, thus, is not only a passive object of control, but also develops its own line of behavior;

- a person does not belong to the enterprise completely. Only its workforce is available to the organization for a fee.

That is why each individual employee of the enterprise in a certain situation at any time can be a source of threat to the economic security of the enterprise. Therefore, personnel safety, aimed at legal and information support of the personnel management process, creating a healthy moral and psychological climate in the team, becomes the main link in achieving the strategic goals of ensuring the economic security of the enterprise.

The process of ensuring personnel safety of the enterprise reflects the totality of relations arising from the business entity about the identification, prevention and elimination of risks and threats to its economic security from the personnel and the organization of labor relations, as well as changes in the intellectual potential of personnel. The solution of the problem of personnel safety of enterprises in the process of their functioning, the construction of internal and external economic relations requires clarification of the essence of personnel safety as an economic category.

In most cases, the personnel safety of an enterprise is associated with a state of protection against the negative effects of risks and threats associated with its personnel, economic, organizational, technological, financial or social component of the functioning of a business entity. This opinion in my studies of T. Momot, H. Zhang, D. Momot [1], V. Geyets, N. Kizim, T. Klebanov, A. Cherniak [2], N. Shvets [3], L. Tomanevich [4], I. Vorobyov and A. Kuznetsov [5] A. Blind [6], and Sweden [7] and etc. So, T. Momot, H. Zhang, D. Momot stated in their work that "human safety is seen as a synthetic category of economic theory, personnel management, sociology of management and economy of labour, which is defined as activities to create conditions for stable functioning and development of the enterprise, which ensures the protection of the interests of the enterprise from risks and threats associated with its own personnel and the personnel from internal and external threats, such as blackmail, poaching by competitors, infringement of life and health of employees and others." [1]. In researches of I. Shvets it is offered to treat the personnel safety of the enterprise as a set of measures aimed at preventing illegal actions or promoting them by the personnel of the enterprise [7]. The team of authors, headed by V. Geyets, considers personnel safety as a state of protection of the social progressive interests of an organization in the development and improvement of its human capital, maintaining an effective human resource management system and minimizing the risks of the company related to its personnel component [2] Tomanevich: personnel safety characterizes complex and

often veiled communications, under which all its elements are functioning effectively, which can withstand both internal and external threats of breakeven employment relations at the enterprise [4]. N. Shvets points out that personnel safety is identified with the breakeven employment relations of the enterprise, the purpose of which (break-even) is to ensure maximum stability of the company, as well as to create the basis and prospects for growth for the fulfillment of its basic tasks [3]. I. Vorobyov and A. Kuznetsov conclude that the personnel safety of enterprises is a state of efficient use of resources and existing market opportunities of the enterprise, which allows preventing internal and external threats, to ensure long-term survival and sustainable development in the market in accordance with their chosen goals [5]. According to O. Slipa "the personnel safety of the enterprise is to ensure the stable functioning of the enterprise regardless of human subjective or objective factors, the main task of which is to eliminate the risk of negative action of staff on the general state of the organization" [6].

The author considers that such approach to definition of essence of personnel safety is a little limited because of leveling of value of personnel and intellectual potential, a condition of development of collective of the enterprise and degree of its cohesion. That is why the author implicitly agrees with the opinion of I. Zubko and V. Lapteva, in whose studies, agreeing with the opinion of A. Kibanov, it is defined that: "Personnel safety is a General direction of personnel work, a set of principles and methods aimed at preserving, strengthening and developing human resources, creating a cohesive team that can respond in a timely manner to constantly changing market requirements, taking into account the development strategy of the organization [8]. And also the author supports the opinion of L. Kalinichenko in which researches personnel safety is defined as "... such state of individuals, collective of the enterprise, its human potential and system of personnel management at which effective use of economic potential and development of the enterprise is provided" [9].

Research and provision of personnel safety of the enterprise takes place in the context of four components: life safety, occupational safety, social and motivational safety, anti-conflict safety. This approach is based on the work of N. Meheda and A. Marenich [10] and continued in the work of V. Kravchenko [11].

Life safety is a synergistic combination of health safety and physical safety. Under the safety health refers to the state when the action of external and internal factors does not lead to death, disruption and the development of body, mind, psyche and the whole person and does not preclude the achievement of the desired objectives [12]. In its turn, physical safety is a state of protection from hooligan manifestations, cases of theft of documents and valuables, gang attacks, which collectively violate the conditions of stable functioning, entail property and financial harm, cause feelings of danger and fear [13].

The professional component of the personnel safety of the enterprise is revealed through the safety of work, information, intellectual and pension insurance [14]. It is

here, according to the author, that the basis of the personnel policy of the economic entity emerges from the standpoint of forming a cohesive, able-bodied and adaptable to the changes of the enterprise collective, as well as the intellectual potential of the personnel.

The social-motivational component of the personnel safety of the enterprise is formed taking into account financial-career, technical-administrative and aesthetic security [15] and, in our opinion, most contributes to the development of each individual as a system-forming unit of personnel of the business entity.

The basic parts of the anti-conflict component of personnel safety are psychological, communication and Patriotic security [16]. It is within its limits that the basis of a healthy psychological climate in the team is laid, a system of non-conflict interpersonal communications is born not only during working hours, but also outside the enterprise.

The process of ensuring the personnel safety of an enterprise is an integral part of the strategy of ensuring its economic security as a whole, since any entity operates in an open competitive environment [17]. The orientation of economic security management according to the parameters of the goals is ensured by such properties of the security state as adaptability (through balance of interests, conformity of organizational structure) and reliability (due to financial and economic stability and efficiency of functional areas of activity). The subjective aspect distinguishes the organizational and strategic

capabilities of the enterprise to create a state of security and distinguishes such a characteristic as the competence of the enterprise. The instrumental aspect considers economic security as a function of enterprise management and therefore focuses on methods, models, methods and measures to ensure the protection of its activities. Considering the principle of economic security management, the theoretical basis of its research and management is a systematic approach for integration into the enterprise management and development management system, and the subjective and instrumental aspects correspond to the principles of strategic management of such processes. Accordingly, the mechanism of ensuring the economic security of enterprises in the global competitiveness system is a process of implementation of management decisions and should ensure that the level of functioning of the enterprise, at which it can respond in a timely manner to external and internal factors that threaten economic activity, as well as a level that does not restrict progressive stable development of the enterprise. The management mechanism should be implemented in a timely, justified and transparent manner.

Ensuring the personnel safety of enterprises is a mechanism of organization of relations in the field of personnel, which begins with the employment of a person, includes the processes of ensuring the safety of accepting and dismissing employees, identifying "bottlenecks" and overcoming problems and is under constant control of the security service of the enterprise (fig. 2).

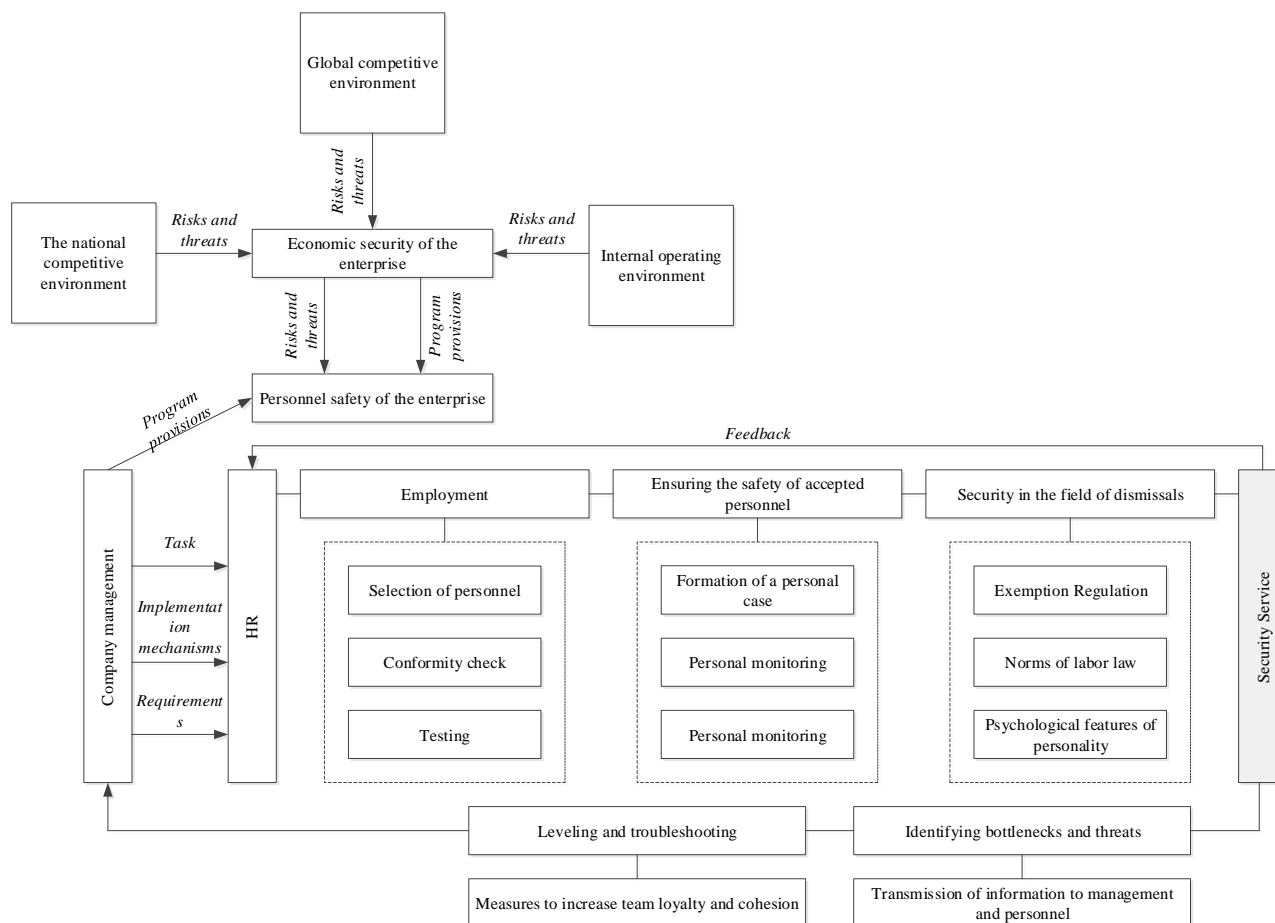


Fig. 2. The mechanism of ensuring the personnel safety of the enterprise



The postulates of ensuring economic security of an enterprise are formed under the influence of risks and threats from the global and national competitive environment, as well as the internal environment of functioning of the entity. In accordance with the strategy of ensuring the economic security of the enterprise, depending on the existing or probable risks and threats and programmatic provisions, the legal and information support of the personnel management process is being developed, the system of principles and methods for preserving, strengthening and development of the personnel and intellectual potential of the enterprise, increase of cohesion, adaptability and the mobility of its staff are introduced, that is, the strategy of ensuring the personnel safety of the entity. Under the leadership of senior management, the developed personnel safety strategy is implemented at the enterprise. And the decisive role in this process is given to staffing and security.

The recruitment, job security, and dismissal safety are assigned to the HR department. The organization of employment is carried out through the selection of personnel, their verification for compliance with the chosen position and professional testing with the mandatory observance of the requirements of the current labor legislation. Ensuring the safety of accepted personnel involves the formation of a personal case, personal monitoring of the employee's actions and the detection of violations of the organization of labor processes, compliance with the rules of labor discipline or job descriptions. Security in the field of dismissal is achieved by developing a dismissal regulation, again, with the observance of the requirements of the current labor legislation and the obligatory consideration of psychological characteristics of the person.

The service is responsible for monitoring labor activity, observance of labor discipline, conflict-free resolution of contradictions and disputes. The primary duty of the security service enterprises in the system of personnel safety is to identify bottlenecks, leveling and elimination of problems through the transmission of relevant information to management and HR network feedback, as well as the development of measures to increase loyalty and cohesion of the team.

Thus, a mechanism to ensure the personnel safety of an enterprise is a process of preserving, strengthening and

development of its human resources, which is implemented in the stages of employment security employees and security in the sphere of the layoffs of personnel service of the business entity and its security service with the aim of identifying bottlenecks and threats, and the leveling and elimination of problems through the transmission of information to executives for further development of measures to increase loyalty and cohesion of the team. Program provisions personnel safety entity directly connected with the strategy of economic security taking into account the impact of risks and threats to global and national competitive environment, and internal environment of functioning. The mechanism of ensuring personnel safety is accompanied by constant feedback between the security service and the personnel service and the management of the enterprise. According to the author, this will ensure the stable functioning and sustainable development of the business entity.

At the same time, a decisive role in ensuring personnel safety of the enterprise is played by modern personnel technologies, which are aimed at achieving high performance results as an individual employee, and the total synergetic effect of the enterprise team. Here we are talking about methods of evaluation, personnel and career planning, professional development, recruitment and rotation.

### Conclusions

The conducted research allowed the author to define that personnel safety of the enterprise is a concept more, than its identification with a condition of protection of the enterprise from risks and threats from its personnel. Namely: ensuring personnel safety of the enterprise are aimed at preserving and developing its personnel potential within the framework of the economic security strategy of the business entity in order to ensure the effectiveness of all areas of its economic activity in the context of risks and threats of different levels of the operating environment. As a result of research the mechanism of ensuring personnel safety of the enterprise which implementation will allow carrying out tasks of ensuring its stable functioning and steady development is developed.

### References

1. Momot, T., Zhahg Haoyu, Momot, D. (2017), "Ensuring personnel security of industrial enterprises under conditions of environmental conflicts", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), P. 103–109. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.103>
2. Heyets, V. M., Kizim, M. O., Klebanov, T. S. et al. (2006), Modeling of economic security: the state, region, enterprise [Modeliuvannia ekonomichnoi bezpeky: derzhava, rehion, pidpriemstvo], VD "INZHEK", Kharkiv, 240 p.
3. Shvets, N. K. (2006), "Methods for identifying and maintaining personnel security, or how to defeat staff abuse" ["Metody vyavlennia i zberezhenia kadrovoi bezpeky, abo yak peremohty zlovzhvannia personal"], *Personnel*, No. 5, P. 31–36.
4. Tomanevych, L. M. (2009), "Personnel security of the enterprise as an object of theoretical research" ["Kadrova bezpeka pidpriemstva yak obiekt teoretichnoho doslidzhennia"], *Scientific Bulletin of Lviv state University of internal Affairs*, No. 1, P. 27–34.
5. Vorobiov, I., Kuznietsov, A. (2007), "Struggle or cooperation" ["Borotba chy spivrobitnytstvo"], *Company management*, No. 9, P. 35–41.
6. Slipa, O. Z. (2014), "Personnel security of the enterprise: the concept, structure and basic mechanisms of its provision" ["Kadrova bezpeka pidpriemstva: poniattia, struktura ta osnovni mekhanizmy yii zabezpechennia"], *Scientific Review*, available at: <https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/96/133> (last accessed 30.08.2019)

7. Shvets, I. B. (2009), "Economic security in personnel management" [Ekonomiczna bezpeka v upravlinni personalom], Scientific works of DonNTU, No. 36(1), P. 179–184.
8. Zubko, T., Laptieva, V. (2018), "Enterprise personnel indicators" ["Indykatory kadrovoi bezpeky pidpriemstva"], *KNTEU Bulletin*, No. 4, P. 57–67.
9. Kalinichenko, L. L. (2012), Methodological approach to personnel management of railway transport enterprises in the context of industry reform [Metodolohichni pidkhid do upravlinnia personalom pidpriemstv zaliznychnoho transportu v umovakh reformuvannya haluzi], UkrSURT, Kharkiv, 382 p.
10. Mekheda, N. H., Marenych, A. I. (2012), "Social and motivational components of personnel security" ["Sotsialno-motyvatsiini skladovi kadrovoi bezpeky"], *Financial space*, No. 2 (6), P. 38–45.
11. Kravchenko, V. O. (2014), "Personnel security-the basis of economic security of the enterprise" ["Kadrova bezpeka – osnova ekonomichnoi bezpeky pidpriemstva"], *Social and labor relations: theory and practice*, No. 1 (7), P. 301–306.
12. Falkvinge, R. (2006), *Study: people will risk getting shot to replace everyday with privacy*, Privacy News Online, available at: <https://www.privatinetaccess.com/blog/2016/08> (last accessed 24.08.2019).
13. Lichte, D., Wolf, K.-D. (2018), *A Study on the Influence of Uncertainties in Physical Security Risk Analysis*, ESPEL, available at : <https://www.researchgate.net/publication/32554821> (last accessed 30.08.2019).
14. Kirdina, O., Utkina, Yu. (2019), "The place of the intellectual capital in ensuring economic security of enterprise", *Ensuring national economic security in the context of geopolitical transformations*, Przeworsk, P. 169–180.
15. Tezci, E., Sezer, F., Gurgan, U., Aktan, S. (2015), "A Study on Social Support and Motivation", *Anthropologist*, Vol. 22(2), P. 284–292. DOI: <https://doi.org/10.1080/09720073.2015.11891879>.
16. Kirwan, G. (2015), "Psychology and security", *The Cloud Security Ecosystem*, P. 269–281. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801595-7.00013-6>
17. Avanesova, N., Volovelska, I., Maslova, V., Sukhopukova, T., Utkina, Yu. (2018), "Improvement of a Mechanism of Providing Economic Security in the System of Global Competitiveness", *International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 7 (4.3), P. 393–397.

Received 27.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Аванесова Ніна Едуардівна** – доктор економічних наук, професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри менеджменту та публічного адміністрування, Харків, Україна; e-mail: [avanesova@gmail.com](mailto:avanesova@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3636-9769>.

**Аванесова Нина Эдуардовна** – доктор экономических наук, профессор, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, заведующая кафедры менеджмента и публичного администрирования, Харьков, Украина.

**Avanesova Nina** – Doctor of Science (Economics), Professor, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Head of the Department of Management and Public Administration, Kharkiv, Ukraine.

**Марченко Ольга Василівна** – кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри фінансів та кредиту, Харків, Україна; e-mail: [miniulitka@gmail.com](mailto:miniulitka@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3906-9000>.

**Марченко Ольга Васильевна** – кандидат экономических наук, доцент, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры финансов и кредита, Харьков, Украина.

**Marchenko Olha** – PhD (Economics Sciences), Associate Professor, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Finance and Credit, Kharkiv, Ukraine

**Колодяжна Тетяна Вікторівна** – кандидат економічних наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри фінансів і кредиту, Харків, Україна; e-mail: [kolodyazhna.t@gmail.com](mailto:kolodyazhna.t@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1921-5744>.

**Колодяжная Татьяна Викторовна** – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры финансов и кредита, Харьков, Украина.

**Kolodyazhna Tatyana** – PhD (Economics Sciences), Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Finance and Credit, Kharkov, Ukraine

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КАДРОВОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ

**Предметом** дослідження статті є вивчення сучасних тенденцій забезпечення кадрової безпеки підприємства. **Мета роботи** – дослідження тенденцій і підходів до забезпечення кадрової безпеки підприємства в сучасних економічних умовах. В статті вирішуються наступні **завдання**: дослідження економічної сутності поняття кадрова безпека підприємства; побудова механізму забезпечення кадрової безпеки підприємства. Використовуються такі **методи**: методи індукції та дедукції – під час дослідження поняття "кадрова безпека підприємства", спостереження й узагальнення – для побудови механізму забезпечення кадрової безпеки підприємства, метод наукового узагальнення – для формулюванню висновків. Отримано наступні наукові **результати**: визначено, що кадрова безпека підприємства є більш поняттям, ніж його ототожнення зі станом захищеності підприємства від ризиків і загроз з боку його персоналу. Зроблено висновок, що забезпечення кадрової безпеки підприємства спрямовано на збереження та розвиток його кадрового потенціалу в межах стратегії економічної безпеки суб'єкта господарювання з метою забезпечення ефективності всіх напрямків його господарської діяльності у розрізі ризиків і загроз різних рівнів середовища функціонування. Розроблено механізм забезпечення кадрової безпеки підприємства, який являє собою процес збереження, зміцнення та розвитку його кадрового потенціалу, який реалізується на етапах працевлаштування, забезпечення безпеки прийнятого персоналу та безпеки у сфері звільненнь кадровою службою

суб'єкта господарювання та його службою безпеки з метою виявлення "вузьких" місць та загроз і нівелювання й усунення проблем через передачу інформації керівництву підприємства для подальшої розробки заходів щодо підвищення лояльності та згуртованості колективу. **Висновок:** реалізація механізм забезпечення кадрової безпеки підприємства дозволить виконувати завдання із забезпечення його стабільного функціонування та сталого розвитку.

**Ключові слова:** кадрова безпека підприємства; кадровий потенціал; персонал; механізм забезпечення кадрової безпеки підприємства.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДРОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Предметом** исследования статьи является изучение современных тенденций обеспечения кадровой безопасности предприятия. **Цель** работы – исследование тенденций и подходов к обеспечению кадровой безопасности предприятия в современных экономических условиях. В статье решаются следующие **задачи:** исследование экономической сущности понятия кадровая безопасность предприятия; построение механизма обеспечения кадровой безопасности предприятия. Используются следующие **методы:** методы индукции и дедукции – при исследовании понятия "кадровая безопасность предприятия", наблюдения и обобщения – для построения механизма обеспечения кадровой безопасности предприятия, метод научного обобщения – для формулировки выводов. Получены следующие научные **результаты:** определено, что кадровая безопасность предприятия является понятием более, чем его отождествление с состоянием защищенности предприятия от рисков и угроз со стороны его персонала. Сделан вывод, что обеспечение кадровой безопасности предприятия направлены на сохранение и развитие его кадрового потенциала в рамках стратегии экономической безопасности субъекта хозяйствования с целью обеспечения эффективности всех направлений его хозяйственной деятельности в разрезе рисков и угроз различных уровней среды функционирования. Разработан механизм обеспечения кадровой безопасности предприятия, который представляет собой процесс сохранения, укрепления и развития его кадрового потенциала, который реализуется на этапах трудоустройства, обеспечения безопасности принятого персонала и безопасности в сфере увольнений кадровой службой субъекта хозяйствования и его службой безопасности с целью выявления "узких" мест и угроз и нивелирование и устранение проблем через передачу информации руководству предприятия для дальнейшей разработки мероприятий по повышению лояльности и сплоченности коллектива. **Вывод:** реализация механизмов обеспечения кадровой безопасности предприятия позволит выполнять задачи по обеспечению его стабильного функционирования и устойчивого развития.

**Ключевые слова:** кадровая безопасность предприятия; кадровый потенциал; персонал; механизм обеспечения кадровой безопасности предприятия.

### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Аванесова Н. Е., Марченко О. В., Колодяжна Т. В. Сучасні тенденції забезпечення кадрової безпеки підприємств. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.005>.

Avanesova, N., Marchenko, O., Kolodyazhna, T. (2019), "Modern trends in personnel safety of enterprises", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.005>.

Т. Е. АНДРЕЕВА, О. А. ГЕТЬМАН, Д. А. ТЕРЕЩЕНКО

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

**Предметом** исследования являются методические основы и практические аспекты процесса управления организационными изменениями. **Цель** работы – совершенствование методических основ и разработка практических рекомендаций по формированию совокупности и последовательности действий в процессе управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды. В статье решаются следующие **задачи**: матричный анализ основных положений подходов к процессам организационных изменений; формирование методического подхода к процессу управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды деятельности организации. Используются следующие **методы**: метод познания, теоретического обобщения и сравнения; метод системного анализа и синтеза, метод графического моделирования. Получены следующие **результаты**: с целью усовершенствования существующих подходов, предложенных известными учеными, проведен матричный анализ основных положений подходов к процессам организационных изменений, определена слабая сторона существующих подходов, а именно: отсутствие последовательности действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды; авторами сформирован методический подход к процессу управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды деятельности организации. **Выводы**: Разработанный методический подход применим вне зависимости от того, где бы не располагались организации, какими бы техносистемами не обладали, как долго бы не находились на рынке товаров или услуг. Данный подход структурирован по этапам и позволяет при условии своевременной и качественной оценки влияния факторов внешней среды, определении её типа, доминирующего координационного механизма в организации, принципа группирования и степени вертикальной и горизонтальной децентрализации, принимать решение о внедрении преобразований, управлении запланированными организационными изменениями. Применение данного подхода позволяет организациям сформировать основу организационных изменений и успешно реализовывать общее видение перемен на практике.

**Ключевые слова**: организационные изменения; внешняя среда; корпоративное видение; координационный механизм; децентрализация.

### Введение

В процессе существования организации в определенной внешней среде рано или поздно возникает вопрос о соответствии между существующей организационной структурой и реальными потребностями организации. При этом к организационной структуре следует относить не только потоки так называемых формальных полномочий, но и совокупности рабочих созвездий, процессы принятия специальных решений, потоки регулируемой деятельности (в том числе разделение труда) и неформальных коммуникаций.

В случае возникновения указанных несоответствий, если руководство организации признает их необходимость как обязательное условие дальнейшего функционирования и развития организации – организационные изменения неизбежны.

Как известно, под организационными изменениями принято понимать любое изменение элементов организации: координационных механизмов, принципов группирования, системы планирования и контроля, размеров организационных единиц, инструментов взаимодействия, вертикальной и горизонтальной децентрализации, специализации рабочих заданий, формализации труда, влияния ключевой части структуры и т.д. Следует также заметить, что изменения любого элемента организации влияют на другие элементы системы (организации) в целом.

Какими бы ни были планируемые изменения в организации, руководитель обязан знать ответы на вопросы, касающиеся: перспективы и плана проведения изменений; предварительной оценки эффективности преобразований; необходимости радикальных перемен и как их сделать менее болезненными; минимизации сопротивления организационным переменам.

Актуальность данного направления исследования также определяется необходимостью совершенствовать существующие и развивать новые принципы и методы управления организациями. Это обусловлено тем, что внешняя среда становится все более динамичной и сложной. Последнее указывает на то, что своевременное принятие решений о необходимости организационных изменений должно базироваться на обоснованных подходах к определению влияния внешней среды на деятельность предприятия.

### Анализ последних исследований и публикаций

Значительный вклад в исследование и развитие подходов к процессам организационных изменений был сделан во второй половине прошлого и в начале текущего века ведущими учеными в данной области среди которых: Адизес И.К., Ким У.Чан, Моборн Р., Беляцкий Н.П., Винограй Э.Г., Воронков Д.К. и другие [1–12].

В 2019 году из сотен статей, посвященных управлению изменениями, редакторы одного из самых известных деловых журналов в мире Harvard Business Review выбрали десять лучших статей [13] на

данную тему. Но даже работы самых известных в мире ученых, на наш взгляд, не в полной мере учитывают особенности процесса организационных изменений.

Проведенный анализ существующих наработок выявил необходимость в совершенствовании методического обеспечения данного процесса, в первую очередь, в контексте учета влияния факторов внешней среды.

Поскольку, несмотря на масштабность исследований, методическое обеспечение, касающееся подходов к процессу управления организационными изменениями не сформировано окончательно и требует дальнейших исследований, данный факт определил цель и задачи исследования.

Генри Минцберг в книге "Действуй эффективно! Лучшая практика менеджмента" акцентирует внимание на том, что менеджер не может знать все тонкости задач, но лучше других понимает, как все задачи сочетаются между собой. По мнению автора, менеджер функционирует в 3-х плоскостях – плоскости информации (создании структуры, создании графиков работы, системы коммуникации, системы контроля), плоскости людей (лидерство, связи, отношения), плоскости действия (фактические действия, результаты, корректировка) [14]. Учитывая изложенное выше, с целью усовершенствования существующих подходов, предложенных известными учеными [13], проведен матричный анализ основных положений подходов к процессам организационных изменений (табл. 1).

#### **Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы**

Представленный анализ указывает на тот факт, что, несмотря на изобилие данных, касающихся неудач крупных и некогда успешных компаний при осуществлении организационных изменений, учеными по-прежнему не рассматривается определение типа внешней среды функционирования организации как первоначального и определяющего этапа при построении общего дизайна процесса организационных изменений.

Поэтому, целью работы является совершенствование методических основ и разработка практических рекомендаций по формированию совокупности и последовательности действий в процессе управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды.

Теоретической и методологической основой исследования стала совокупность научных работ в области экономики, философии и конфликтологии, аналитические расчеты и результаты собственных исследований авторов. Для выполнения поставленных в работе задач использованы следующие общенаучные методы: метод познания, теоретического обобщения и сравнения; метод системного анализа и синтеза; метод графического моделирования.

#### **Результаты исследований**

В состав блоков информации, работы с персоналом и блока действий входит совокупность этапов организационных преобразований (различной, согласно представленных учеными подходов). Но, несмотря на отличия, стоит поставить акцент на том, что пути реализации каждого из представленных подходов будут значительно отличаться в зависимости от того, в какой внешней среде реализуются организационные изменения.

Невозможно создавать атмосферу безотлагательного действия, управлять корпоративным видением, создавать команду реформаторов, разрабатывать план преобразований, менять модель управления, мотивировать сотрудников, применять новые принципы управления в политике и структурах, и тем более, вносить корректировки в разработанную стратегию развития, пытаться управлять окружающей средой без определения типа внешней среды, в том числе с учетом возможности её дифференциальности.

В данном контексте, дифференциальная внешняя среда предприятия – совокупность факторов, которые воздействуют на организацию извне, при этом значения уровней влияния одних и тех же факторов на различные подразделения (составные части) единого предприятия имеют определенные отличия [15].

Селективность горизонтальной и вертикальной децентрализации, взаимное согласование как основной координационный механизм, рыночный принцип группирования организационных единиц, особое внимание к обучению и индоктринации, невысокая степень специализации рабочих заданий и формализации труда, а также другие параметры дизайна являются реакцией организации на дифференциальную внешнюю среду. При этом, для таких организаций одновременное существование в различных типах внешней среды является достаточно комфортным.

Прежде чем руководство предприятия рассмотрит вопрос о преобразовании структуры в сложную гибридную конфигурацию, которая может способствовать успешным организационным изменениям, необходимо иметь четкое представление об основных "базовых" типах внешней среды деятельности организаций.

Чтобы быть успешными, организациям необходимо обращать внимание на все факторы внешней среды, влияющие на эффективное развитие, уметь определять тип внешней среды, в которой работает предприятие (простая-стабильная, простая-динамичная, сложная-стабильная, сложная-динамичная, сложная и динамичная средней степени) с целью своевременного принятия решения руководителем о необходимости трансформации организации [16].

Динамичность внешней среды — это скорость, с которой происходят изменения в окружающей среде. Сложность среды – это число факторов, на которые

Таблица 1. Анализ основных положений подходов к процессам организационных изменений

№ п/п	Автор, название публикации	Плоскость информации	Плоскость персонала	Плоскость действий	Достоинства предложенного подхода	Слабая сторона подходов
1	Джон Коттер, "Вперед перемен"	а) определение необходимости создания атмосферы безотлагательного действия; б) наличие корпоративного видения.	а) создание влиятельной команды реформаторов; б) эффективная пропаганда корпоративного видения.	а) устранение препятствий, блокирующих нововведения; б) системное планирование и обеспечение результатов; в) недопущение преждевременного "празднования победы"; г) закрепление достигнутого в корпоративной культуре.	Рассмотрены восемь основных этапов общих организационных преобразований.	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
2	Дэвид Гарвин, Майкл Роберто, "Изменение организации через изменение сознания сотрудников"	а) подготовка корпоративной среды за несколько месяцев до внедрения изменений.	а) представление плана преобразования компании в деталях (акцент на сложности предстоящей работы).	а) внедрение плана преобразования; б) необходимость особого внимания контролю с целью стимулирования необходимых перемен в привычном поведении сотрудников.	Предложен алгоритм изменения организации через изменение сознания сотрудников	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
3	Пол Хемп, Томас Стюарт, "Перемены в успешной компании"	а) осознание сотрудниками следующего: вертикальные системы порождают бюрократию, которая мешает инновациям.	а) анализ мнений сотрудников на тему ценностей; б) определение препятствий, которые мешают руководству ценностями.	а) замена вертикальной модели управления системой управления, основанной на ценности, запуск инициатив по устранению препятствий.	Определяет ценность как то, что управляет поведением работника в отсутствие начальника	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
4	В. Чан Ким, Рене Моборн, "Управление в переломный момент"	а) устранение барьеров в головах сотрудников (ключевые менеджеры должны почувствовать проблемы, а не только знать о них).	б) мотивация ключевых лидеров, людей с многочисленными связями.	а) сосредоточение ресурсов на направлениях, которые больше всего требуют изменений; б) нейтрализация скептиков, привлечение на свою сторону представителей высшего руководства.	Предложен алгоритм управления организационными изменениями в переломный момент времени	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
5	Дебра Мејерсон, "Радикальные перемены без потрясений"	а) подготовка к использованию мер, которые являются следствием эволюционного развития.	а) подготовка к демонстрации ценностей через язык, поведение.	а) внедрение подрывного самовыражения; б) внедрение вербального джигитусу; в) использование ситуативного подхода; г) создание стратегических альянсов.	Предлагается использовать эволюционные возможности для изменений в краткосрочной перспективе и предпринимать превентивные действия для изменений в долгосрочной перспективе	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Автор, название публикации	Плоскость информации	Плоскость персонала	Плоскость действий	Достоинства предложенного подхода	Слабая сторона подходов
6	Рональд Хейфец, Марти Лински, "Руководство по выживанию лидеров"	а) наблюдение за событиями со стороны.	а) привлечение не присоединившихся на свою сторону. б) необходимость иметь собственную "тихую гавань".	а) управление окружающей средой; б) управление конфликтом; в) стимулирование каждого сотрудника на выполнение своего дела; г) ограничения желания держать все под контролем и ощущать собственную значимость.г) закрепление достигнутого в корпоративной культуре.	Предложен алгоритм перехода организации из одного состояния в другое в контексте "выживания лидера".	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
7	Роберт Килган, Лайза Лэскоу Лейхи, "Истинная причина не любви к переменам"	а) диагностика противоборствующих убеждений.	а) определение исходных установок.	а) замена исходных установок, которые способствуют противоборствующим убеждениям.поведении сотрудников.	Определяет одну из основных причин не любви к изменениям психологического характера	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды
8	Майкл Бир, Нитин Нориа, "Разгадка шифра изменений"	а) сравнительный анализ двух теорий (экономической и организационной); б) признание противоречий, нахождение баланса	а) подготовка изменений сверху и вовлечь персонал снизу, рассчитывая на естественное развитие ценностями.	а) использование материального стимулирования как дополнительный укрепляющий фактор; б) делегирование служащим полномочий; в) использование консультантов как источника специальных знаний.	Определяет необходимость баланса между экономическим и организационным подходами в управлении изменениями.	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.
9	Гарольд Сиркин. Перри Кинан. Алан Джексон, "Проблемы управления изменениями"	а) анализ "жестких" факторов: продолжительность процесса управления изменениями (D). б) анализ "жестких" факторов: профессиональность (I), приверженность изменениям со стороны высшего руководства (C <sub>1</sub> ) и сотрудников (C <sub>2</sub> ), усилia (дополнительная нагрузка, E)..	а) анализ "жестких" факторов: профессиональность (I), приверженность изменениям со стороны высшего руководства (C <sub>1</sub> ) и сотрудников (C <sub>2</sub> ), усилia (дополнительная нагрузка, E)..	а) осуществление DICE анализа в эмпирическом выражении: DICE = D+2 I+2 C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> + E., Из расчета значения каждого фактора (1 - хороший результат, 2 – достаточный, 3 – недостаточный, 4- плохой) принимается за основу диапазон значений от 7 до 28 баллов.	Определены инструменты контроля качества процесса управления изменениями в организации.	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды..
10	Майкл Бир, Рассел Айзенштаг, Берт Спектор, "Почему программы изменений не работают"	а) пробуждение в сотрудниках готовности к изменениям посредством совместного анализа проблем.	а) выработка общего видение того, как можно справиться с конкуренцией. б) способствование появлению консенсуса в отношении общего видения, развитию необходимых навыков к управлению и сотрудничеству.	а) распространение изменений на все подразделения, не оказывая при этом давления. б) формализация новых принципов в политике, системах и структурах. в) своевременная адаптация стратегии.	Рассмотрены пять этапов организационных преобразований, которые, по мнению авторов, являются движущей силой "работающих" организационных изменений	Отсутствует последовательность действий в процессе реализации организационных изменений в соответствии с существующим типом внешней среды.

организация обязана реагировать, а также уровень вариативной составляющей каждого из них [17].

Кроме того, необходимо обратить внимание, что среда прямого влияния содержит факторы, которые непосредственно влияют на деятельность предприятия.

Под средой косвенного воздействия понимают факторы, которые могут не осуществлять прямого воздействия на организацию, но сказываться на ее функционировании (перечень факторов прямого действия: потребители, конкуренты, поставщики ресурсов, государство в виде представительных и исполнительных органов, перечень факторов непрямого действия: экономические, политические, социокультурные, этнические, научно-технические) [18].

Тип внешней среды определяет доминирующий координационный механизм в организации, принцип группирования организационных единиц, степень горизонтальной и вертикальной децентрализации, а также другие параметры дизайна конфигураций организаций.

В этой связи необходимо детально рассмотреть основные параметры дизайна организаций, которые непосредственно определяются влиянием факторов внешней среды.

Группирование организационных единиц является основным средством, благодаря которому происходит координация деятельности организации путем определения должностных позиций.

Следует также отметить, что группирование организационных единиц есть не что иное, как параметр, с помощью которого осуществляется действие координационного механизма прямого контроля. Важным условием группирования являются общность ресурсов и показателей деятельности, что, как правило, приводит к согласованию – также важному координационному механизму.

Группирование структурных единиц образует основу для третьего координационного механизма – стандартизации выпуска, который можно определить как спецификацию результатов труда [19].

Основное отличие двух неуказанных координационных механизмов (стандартизация рабочих процессов и стандартизация навыков и знаний) в том, что данные механизмы применяются для координации деятельности отдельных работников и поэтому используются вне зависимости от принципов группирования структурных единиц [20].

Акцентируем внимание на том, что современные методы построения структур организаций определяют два принципа группирования: функциональный и рыночный (рис. 1).



Рис. 1. Определение основных параметров дизайна конфигураций организационных структур

Функциональный принцип группирования выступает на первый план в случае определяющей зависимости организации от процесса и масштаба, при этом организация должна воспользоваться всеми преимуществами высокой специализации. В данном контексте организация может комфортно существовать только в стабильной внешней среде [19].

Рыночный принцип группирования следует выбирать в случаях, когда организация отдает предпочтение координации рабочего потока и идет сознательно на уменьшение влияния таких критериев как процесс и масштаб. При этом организация имеет все шансы успешно функционировать в динамичной внешней среде.

В связи с обозначенным выше, не требует дополнительных доказательств утверждение, что для определения принципа группирования в организации необходимо четкое представление о том, в каком типе внешней среды функционирует данная организация.

В тесной связи с принципом группирования находится такой параметр дизайна как доминирующий координационный механизм.

Принято считать, что координационные механизмы – это рычаги, которые определяют уровень разделения труда и механизмов координации в организации.

Отмечаем, что каждому типу внешней среды соответствует определённый доминирующий координационный механизм:



- простой и динамичной среде соответствует прямой контроль;

- простой и стабильной внешней среде соответствует стандартизация рабочих процессов как доминирующий координационный механизм;

- сложной и стабильной внешней среде соответствует координационный механизм, который определяется как стандартизация навыков и знаний;

- сложной и динамичной соответствует такой механизм как взаимное согласование;

- сложной и динамичной среде средней степени соответствует стандартизация выпуска как основной координационный механизм в организации.

Среди параметров дизайна конфигураций организационных структур особое место занимает вертикальная и горизонтальная децентрализация.

Децентрализация – процесс перераспределения функций, власти, полномочий от центрального местоположения или управляющего органа [7].

Так, организация, менеджерам которой параллельно делегированы права по принятию решений, является, как правило, вертикально и горизонтально децентрализованной, что позволяет использовать такие преимущества децентрализации как эффективное распределение контроля, оперативное реагирование на внешние факторы, мотивирование персонала.

Необходимо также учесть следующее. Чем сложнее внешняя среда, тем более децентрализованной является структура данной организации.

Существует множество методов определения влияния факторов внешней среды, её характеристик и, соответственно типа с учетом уже определенной степени сложности и динамичности внешней среды, а именно:

- метод сравнения, который позволяет оценить влияние факторов внешней среды, определить отклонения от ранее определенных показателей, установить причины их возникновения;

- индексный метод, который применяется при изучении сложных явлений, отдельные элементы которых неизмеримы;

- балансовый метод предполагает сопоставление взаимосвязанных показателей влияния факторов с целью определения и измерения их взаимного влияния;

- метод SWOT - анализа;

- методы исследования операций, сущность которых заключается в применении математических, количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной деятельности.

При оценке влияния факторов внешней среды отмечаем, что динамичность и сложность как её характеристики некорректно рассматривать с точки зрения наличия абсолютной системы отсчета, указанные выше методы оценки влияния могут оказаться недостаточно эффективными из-за отсутствия возможности определения

функциональной зависимости динамичности "базиса" от времени.

Поэтому, наиболее приемлемым методом, по мнению авторов, является метод экспертных оценок, суть которого заключается в проведении интуитивно-логического анализа в сочетании с количественными методами оценки и обработки данных.

Известны следующие методы экспертных оценок: метод ассоциаций, метод парных (бинарных) сравнений, метод векторных преимуществ, индивидуальное экспертный опрос, метод средней точки.

Метод векторных преимуществ – это метод, при котором эксперт анализирует весь набор альтернативных вариантов и выбирает наиболее предпочтительны.

Но, несмотря на то, какой из известных методов оценки влияния факторов внешней среды будет применён, менеджеру, который планирует управлять процессом организационных изменений, следует безошибочно определить уровень влияния указанных характеристик внешней среды.

Такие характеристики как неопределенность и враждебность внешней среды деятельности организации являются последствиями существующего уровня динамичности (с учетом её сложности), а не наоборот [18]. Именно поэтому для определения типа внешней среды, как правило, используются именно сложность и динамичность как её основные характеристики.

Учитывая все вышеперечисленное, менеджеру, который обязан функционировать в 3-х плоскостях (плоскости информации, плоскости людей и плоскости действия) следует определить тип внешней среды деятельности организации и только после этого приступить к решению вопросов непосредственного управления процессом организационных изменений.

Ниже представлены основные этапы методического подхода к процессу управления организационными изменениями (рис. 2).

Плоскости функционирования менеджера (плоскость информации, плоскость работы с персоналом и плоскость действий), представленные в методическом подходе, представляют собой интегративную совокупность направлений действий менеджера, обозначенную согласно результатам матричного анализа (см. табл. 1).

### **Выводы и перспективы дальнейшего развития**

В данной статье представлено решение научной задачи, которая заключалась в совершенствовании методических основ и разработке практических рекомендаций по формированию совокупности и последовательности действий в процессе управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды.

Был произведен матричный анализ основных положений подходов к процессам организационных изменений, а также сформирован методический



Рис. 2. Основные этапы методического подхода к процессу управления организационными изменениями

подход к процессу управления организационными изменениями с учетом влияния факторов внешней среды деятельности организации.

Разработанный методический подход применим вне зависимости от того, где бы не располагались организации, какими бы техносистемами не обладали, как долго бы не находились на рынке товаров или услуг. Также следует учесть, что методический подход является основой для осуществления организационных преобразований в организациях, функционирующих в дифференциальной внешней среде.

Данный подход структурирован по этапам и позволяет при условии своевременной и качественной оценки влияния факторов внешней среды, определении её типа, доминирующего координационного механизма в организации,

принципа группирования и степени вертикальной и горизонтальной децентрализации, принимать решение о внедрении преобразований, управлении запланированными организационными изменениями. Применение данного подхода позволяет организациям сформировать основу организационных изменений и успешно реализовывать общее видение перемен на практике.

В перспективе, применение данного подхода может также служить основной для решения задачи, касающейся управления организационными изменениями в случае создания организацией инновации ценности при использовании подрывных, радикальных и поддерживающих технологий путем возможной реконструкции границ рынка товаров или услуг или выхода за пределы существующего спроса.

### Список литературы

1. Schermerhorn J. R., Jr., Bachrach D. G. *Introduction to Management*. Hoboken : Wiley, 2015. 544 p.
2. Angela M., Silva K., Leila M. Leadership styles correlate of learning organization in a nonwestern culture. *The Business Review*. Cambridge, 2011. № 17 (2). P. 269–277.
3. Aragon-Correa J. A., Garcia-Morales V. J., Cordon-Pozo E. Leadership and organizational learning's role on innovation and performance: lessons from Spain. *Industrial Marketing Management*. Amsterdam, 2007. № 36 (3). P. 349–359.
4. Atak M., Ertugut R. An empirical analysis on the relation between learning organization and organizational commitment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam, 2010. № 2 (2). P. 3472–3476.
5. Challis D., Samson D. and Lawson A. B. Impact of technological, organizational and human resource investments on employee and manufacturing performance: Australian and New Zealand evidence. *International Journal of Production Research*. London, 2005. № 43 (1). P. 81–107.
6. Ellinger A. D., Ellinger A. E., Yang B. and Howton S. W. The relationship between the learning organization concept and firms' financial performance: an empirical assessment. *Human Resource Development Quarterly*. Hoboken, 2002. № 13 (1). P. 5–21.
7. Беляцкий Н. П. Основы лидерства. Минск : БГЭУ, 2006. 268 с.
8. Винограй Э. Г. Общая теория организации и системно-организационный подход: монография. Томск: Издательство Томского университета, 1989. 336 с.
9. Воронков Д. К. Управление стратегическими изменениями инновационного развития предприятия. *Вестник Хмельницкого национального университета*. Хмельницкий, 2009. № 6, Т. 3. С. 7–11.
10. Вэттен Д. А., Камерон К. С. Развитие навыков менеджмента / пер. с англ. В. А. Спивака. Санкт-Петербург : Издательский дом "Нева", 2004. 672 с.
11. Коттер Д. П. Впереди перемен / пер. с англ. А. Успенского. Москва : Олимп-Бизнес, 2015. 256 с.
12. Adizes I. K. *A New Paradigm for Management: The Ideal Executive: Why You Cannot Be One and What to Do About It*. Santa Barbara : Adizes Institute, 2004. 264 p.
13. Harvard Business Review: 10 лучших статей. Управление изменениями / пер. с англ. Москва : Альпина Паблишер, 2019. 226 с.
14. Минцберг Г. Действуй эффективно! Лучшая практика менеджмента / пер. с англ. Санкт-Петербург : Питер, 2011. 288 с.
15. Andreeva T. E., Hetman O. O. Identification of differential hybrid configurations of the organizational structures of enterprises. *Perspectives of research and development: collection of scientific articles*. Dublin : SAUL Publishing Ltd, 2017. С. 104–109.
16. Андреева Т. Е., Гетьман О. О. Виникнення промислових кластерів при ускладненні та посиленні динамічності зовнішнього середовища. *Economics, management, law: socio-economic aspects of development: collection of scientific articles*. Roma : Edizioni Magi, 2016. С. 168–172.
17. Фатхутдинов Р. А. *Управленческие решения*. 5-е изд., перераб. и доп. Москва : ИНФРА-М, 2002. 314 с.
18. Андреева Т. Е., Гетьман О. О. Управління процесом розвитку підприємства в контексті впливу зовнішнього середовища на його діяльність. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків, 2016. № 56. С. 119–133.
19. Гурьянов А.Б., Гетьман О.А. Группирование организационных структур по функциональному и рыночному признаку. *Український журнал Економіст*. Київ, 2013. № 7 (321). С. 61–62.
20. Andreeva T.E., Getman O.A. Compliance with the principles of grouping of organizational structures influence the environmental factors enterprise performance. *Geopolitical processes in the world today: collection of scientific articles*. Vienna : "East West" Association For Advanced Studies and Higher Education GmbH, 2016. С.254–258.

### References

1. Schermerhorn, J. R., Jr. and Bachrach, D. G. (2015), *Introduction to Management*, Wiley, Hoboken, 544 p.
2. Angela, M., Silva, K. and Leila, M. (2011), "Leadership styles correlate of learning organization in a nonwestern culture", *The Business Review*, No. 17 (2), P. 269–277.
3. Aragon-Correa, J. A., Garcia-Morales, V. J. and Cordon-Pozo, E. (2007), "Leadership and organizational learning's role on innovation and performance: lessons from Spain", *Industrial Marketing Management*, No. 36 (3), P. 349–359.
4. Atak, M. and Ertugut, R. (2010), "An empirical analysis on the relation between learning organization and organizational commitment", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, No. 2 (2), P. 3472–3476.

5. Challis, D., Samson, D. and Lawson, A. B. (2005), "Impact of technological, organizational and human resource investments on employee and manufacturing performance: Australian and New Zealand evidence", *International Journal of Production Research*, No. 43 (1), P. 81–107.
6. Ellinger, A. D., Ellinger, A. E., Yang, B. and Howton, S. W. (2002), "The relationship between the learning organization concept and firms' financial performance: an empirical assessment", *Human Resource Development Quarterly*, No. 13 (1), P. 5–21.
7. Belyatskiy, N. P. (2006), *Basics of leadership [Osnovy liderstva]*, BGEU, Minsk, 268 p.
8. Vinogray, E. G. (1989), *General theory of organization and system-organizational approach [Obshchaya teoriya organizatsii i sistemno-organizatsionnyu podkhod]: a monograph*, Tomsk University Publishing, Tomsk, 336 p.
9. Voronkov, D. K. (2009), "Management of strategic changes in the innovative development of the enterprise" ["Upravlenie strategicheskimi izmeneniyami innovatsionnogo razvitiya predpriyatiya"], *Bulletin of Khmelniyskiy National University*, Vol. 3, No. 6, P. 7–11.
10. Vetten, D. A. and Cameron, K. S. (2004), *Management skills development [Razvitie navykov menedzhmenta]*, Publishing House "Neva", Saint Petersburg, 672 p.
11. Kotter, D. P. (2015), *Ahead of changes [Vpered peremen]*, Olympus-Business, Moscow, 256 p.
12. Adizes, I. K. (2004), *A New Paradigm for Management: The Ideal Executive: Why You Cannot Be One and What to Do About It*, Adizes Institute, Santa Barbara, CA, 264 p.
13. (2019), *Harvard Business Review: 10 best articles. Change Management [Harvard Business Review: 10 luchshikh statey. Upravlenie izmeneniyami]*, Alpina Publisher, Moscow, 226 p.
14. Mintzberg, H. (2011), *Managing [Deystvuy effektivno! Luchshaya praktika menedzhmenta]*, Piter, Saint Petersburg, 288 p.
15. Andreeva, T. E. and Hetman, O. O. (2017), "Identification of differential hybrid configurations of the organizational structures of enterprises", *Perspectives of research and development: collection of scientific articles*, SAUL Publishing Ltd, Dublin, P. 104–109.
16. Andriieva, T. Ye. and Hetman, O. O. (2016), "The emergence of industrial clusters in complexity and enhancement of dynamic environment" ["Viniknennya promislovikh klasteriv pri uskladnenni ta posilenni dinamichnosti zovnishn'ogo seredovishcha"], *Economics, management, law: socio-economic aspects of development: collection of scientific articles*, Edizioni Magi, Roma, P. 168–172.
17. Fatkhutdinov, R. A. (2002), *Management decisions [Upravlencheskie resheniya]*, INFRA-M, Moscow, 314 p.
18. Andriieva, T. Ye. and Hetman, O. O. (2016), "Management of process of enterprise development in context of environmental impact on its activities" ["Upravlinnia protsesom rozvytku pidpriemstva v konteksti vplyvu zovnishnoho seredovishcha na yoho diialnist"], *The Bulletin of Transport and Industry Economics*, No. 56, P. 119–133.
19. Gur'yanov, A. B. and Get'man, O. A. (2013), "Grouping of organizational structures according to functional and market characteristics" ["Grupirovanie organizatsionnykh struktur po funktsional'nomu i rynochnomu priznaku"], *Ukrainian Journal Economist*, No. 7 (321), P. 61–62.
20. Andreeva, T. E. and Get'man, O. A. (2016), "Compliance with the principles of grouping of organizational structures influence the environmental factors enterprise performance", *Geopolitical processes in the world today: collection of scientific articles*, "East West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, P. 254–258.

*Поступила (Received) 08.08.2019*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Андрєєва Тетяна Євгенівна** – кандидат економічних наук, професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури, професор кафедри менеджменту та публічного адміністрування, Харків, Україна; e-mail: andriievatetiana@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8989-1342>.

**Андрєєва Татьяна Евгеньевна** – кандидат экономических наук, профессор, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, профессор кафедры менеджмента и публичного администрирования, Харьков, Украина.

**Andriieva Tetiana** – PhD (Economics Sciences), Professor, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Professor of the Department of Management and Public Administration, Kharkiv, Ukraine.

**Гетьман Ольга Олександрівна** – кандидат економічних наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри менеджменту та публічного адміністрування, Харків, Україна; e-mail: getman.olga.actinon@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4538-5736>.

**Гетьман Ольга Александровна** – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры менеджмента и публичного администрирования, Харьков, Украина.

**Hetman Olga** – PhD (Economics Sciences), Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Management and Public Administration, Kharkiv, Ukraine.

**Терещенко Діна Акрамівна** – кандидат наук з державного управління, доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри менеджменту та публічного адміністрування, Харків, Україна; e-mail: dtereshchenko7754367@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0633-0097>.

**Терещенко Дина Акрамовна** – кандидат наук по государственному управлению, доцент, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры менеджмента и публичного администрирования, Харьков, Украина.

**Tereshchenko Dina** – PhD (Public Administration), Associate Professor, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Management and Public Administration, Kharkiv, Ukraine.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ЗАСАД УПРАВЛІННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИМИ ЗМІНАМИ

**Предметом** дослідження є методичні засади та практичні аспекти процесу управління організаційними змінами. **Мета** роботи – вдосконалення методичних засад і розробка практичних рекомендацій щодо формування сукупності та послідовності дій в процесі управління організаційними змінами з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища. У статті вирішуються наступні **завдання**: матричний аналіз основних положень підходів до процесів організаційних змін; формування методичного підходу до процесу управління організаційними змінами з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища діяльності організації. Використовуються такі **методи**: метод пізнання, теоретичного узагальнення та порівняння; метод системного аналізу та синтезу, метод графічного моделювання. Отримані наступні **результати**: з метою удосконалення існуючих підходів, запропонованих відомими вченими, проведено матричний аналіз основних положень підходів до процесів організаційних змін, визначена слабка сторона існуючих підходів, а саме: відсутність послідовності дій в процесі реалізації організаційних змін відповідно до існуючого типу зовнішнього середовища; авторами сформований методичний підхід до процесу управління організаційними змінами з урахуванням впливу факторів зовнішнього середовища діяльності організації. **Висновки**: Розроблений методичний підхід слід застосовувати поза залежністю від того, де б не розташовувалися організації, якими б техносистеми не володіли, як довго б не перебували на ринку товарів чи послуг. Даний підхід структурований по етапах і дозволяє за умови своєчасної та якісної оцінки впливу факторів зовнішнього середовища, визначенні його типу, домінуючого координаційного механізму в організації, принципу групування й ступеня вертикальної та горизонтальної децентралізації, приймати рішення про впровадження перетворень, управління запланованими організаційними змінами. Застосування даного підходу дозволяє організаціям сформувати основу організаційних змін і успішно реалізовувати спільне бачення змін на практиці.

**Ключові слова**: організаційні зміни; зовнішнє середовище; корпоративне бачення; координаційний механізм; децентралізація.

## IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGICAL BASIS OF ORGANIZATIONAL CHANGE MANAGEMENT

The **subject** of the study is the methodological foundations and practical aspects of the organizational change management process. The **goal** of the work is to improve methodological foundations and to develop practical recommendations for the formation of the totality and sequence of actions in the process of managing organizational changes, taking into account the influence of environmental factors. The following **tasks** are solved in the article: matrix analysis of the main provisions of approaches to organizational change processes; the formation of a methodological approach to the process of managing organizational change, taking into account the influence of environmental factors of the organization. The following **methods** are used: the method of cognition, theoretical generalization and comparison; system analysis and synthesis method, graphic modeling method. The following **results** were obtained: in order to improve the existing approaches proposed by well-known scientists, a matrix analysis of the main provisions of the approaches to the processes of organizational change was carried out, the weakness of the existing approaches was determined, namely: the lack of a sequence of actions in the process of implementing organizational changes in accordance with the existing type of external environment; the authors formed a methodological approach to the process of managing organizational changes, taking into account the influence of environmental factors of the organization. **Conclusions**: The developed methodological approach is applicable regardless of wherever the organizations are located, no matter what technology systems they have, no matter how long they are on the market of goods or services. This approach is structured in stages and allows, subject to timely and qualitative assessment of the influence of environmental factors, determination of its type, the dominant coordination mechanism in the organization, the principle of grouping and the degree of vertical and horizontal decentralization, make a decision on the implementation of transformations, and management of planned organizational changes. The application of this approach allows organizations to form the basis of organizational changes and successfully implement a common vision of change in practice.

**Keywords**: organizational changes; external environment; corporate vision; coordination mechanism; decentralization.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Андрєєва Т. Є., Гетьман О. О., Терещенко Д. А. Вдосконалення методичних засад управління організаційними змінами. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 12–21. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.012>.

Andriieieva, T., Hetman, O., Tereshchenko, D. (2019), "Improvement of the methodical basis of organizational change management", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 12–21. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.012>.

AHMED BELLAKHDHAR

## QUANTIFYING OPTIMAL POLICY IN AN ENDOGENOUS MODEL: A THEORETICAL ANALYSIS

The **subject** matter of research is the examination of the optimal public policy in an R&D-based endogenous growth model with monopolistic supply of intermediate goods. The **goal** of the work is to study whether an adequate government intervention can provide the required incentives to correct market inefficiencies and make the decentralized economy to replicate the optimal solutions attainable by a social planner. The article solves the following **tasks**: finding the model economy's decentralized equilibrium and social optimal solution, comparison of the welfare effects of different fiscal variables, consideration of the different market distortions and the choice of the appropriate policy variables that allow the decentralized economy to achieve sustainable optimal growth. **Methods** of mathematical formulation, theoretical analysis and economic interpretations have been used. The following **results** were obtained: the first-best optimum can be decentralized by means of a tax on capital income at a constant rate combined with equality between the share of public spending in the total expenditure on education and the tax on labor income and a time-varying subsidy to R&D. **Conclusions**. Investments in knowledge-capital are the principal determinants of economic development. Our model incorporates three sources of inefficiency: monopolistic competition in the intermediate-goods sector, duplication externalities and spillovers in R&D. To correct these imperfections and achieve sustainable optimal growth, the intervention of the state by an effective fiscal policy is necessary.

**Keywords**: endogenous growth; R&D intensity; social planner; monopolistic distortions; optimal policy.

### Introduction

There Fiscal policy has received much attention in the literature on taxation and growth. Numerous theoretical and empirical studies have been devoted to understanding the growth and welfare effects of various taxes and government expenditures and the optimal structure of tax systems (e.g., Chamley, 1986; Barro, 1990; Turnovsky, 1996; Judd and Kenneth, 1999; Guo and Lansing, 1999; and Turnovsky, 2000). Almost all the theoretical studies in this literature use either neoclassical models or capital-based endogenous growth models. In the fully-industrialized phase three sectors are acting: the competitive final goods sector, the schooling sector where knowledge (human capital) is accumulated, and the intermediate goods sector which produces an increasing variety of goods due to R&D. In this sector there is monopolistic competition, so innovative firms charge a markup of price over cost and, therefore, production of intermediate goods is too low relative to its efficient value.

However, monopoly power is not the only plausible source of inefficiency in R&D-based growth models. Thus, empirical evidence reported, e.g., by Griliches (1992) and Porter and Stern (2000) also supports the existence of R&D spillovers in innovation – a "standing on shoulders" effect (e.g., Jones, 1995). Engelbrecht (1997) and Del Barrio-Castro, Lopez-Bazo and Serrano-Domingo (2002) find that R&D spillovers are actually statistically significant in empirical specifications that include human capital. Several authors have also pointed out that the R&D activity may be subject to an external effect associated to the duplication and overlap of research effort – a "stepping on toes" effect (e.g., Jones, 1995, Stokey, 1995). Intuitively, the larger the number of people searching for ideas is, the more likely it is that duplication of research would occur. Evidence of duplicative research has been found, e.g., by Kortum (1993) and Lambson and Phillips (2007).

According with this empirical evidence, Grossmann et al (2010), Gómez (2011) and Iacopetta (2011) have incorporated R&D spillovers in innovation and an externality associated to the duplication of research effort into the Arnold (2000a) and Strulik (2000) model. This raises the question of whether an adequate government intervention can provide the required incentives to correct these inefficiencies and make the decentralized economy to replicate the first-best solution attainable by a social planner. However, only a little number of these previous contributions has analyzed this issue. The majority of studies focus on studying the equilibrium dynamics of the market economy only. This paper seeks to fill this gap.

In Arnold (2000b) studies the optimal combination of production and R&D subsidies in the Romer (1990) model. This model has been criticized because of the implied counterfactual scale effects and, furthermore, it does not include duplication externalities. Grossmann et al. (2010b) consider instead a semi-endogenous growth model à la Jones (1995), in which economic growth is driven solely by exogenous population growth. The introduction of human capital as an additional source of growth allows to overcome this shortcoming because economic growth is fully endogenous, Gomez and Sequeira (2011), i.e., ultimately driven by private incentives to invest in human capital. As argued by Strulik (2007), this also reduces the importance of R&D and, therefore, the role of externalities associated to innovation. Furthermore, Grossmann et al. (2010b) do not study analytically the stability of the centrally planned economy.

Other related research has been made by Jones and Williams (2000), Alvarez-Pelaez and Groth (2005), Steger (2005) and Strulik (2007). These studies of the optimality of investments in R&D concentrate on the quantitative assessment of distortions on the steady state – disregarding the transitional phase. Hence, the dynamic optimal policy is not analyzed. Furthermore, aside from Strulik (2007), their models do not allow for human capital accumulation. Grossmann, Steger and Trimborn (2010a) compute numerically the optimal policy in a

version of the Jones (1995) model with human capital accumulation calibrated to U.S. data. However, as it is subject to diminishing returns, human capital is not a true engine of growth and it assumes a stationary long-run value. Furthermore, the optimal fiscal policy is not characterized analytically. Grossmann et al. (2010a) take into account the transition dynamics in their numerical simulations, for tractability reasons they only consider policies in which the subsidy rates are constant over time.

This paper aims to characterize analytically the optimal dynamic fiscal policy in R&D-based endogenous growth model which incorporates domestic innovation, investment in education, distance to technology frontier and external technology spillovers through import of technologically advanced products and foreign direct investment as engines of growth. The model incorporates three sources of inefficiency: monopolistic competition in the intermediate-goods sector, duplication externalities and spillovers in R&D. To this end, we analyze the efficient growth path that a benevolent social planner would implement. We aim to provide conditions for the existence of a unique feasible optimal steady state with positive long-run growth. The optimal growth path can be decentralized by means of a tax on capital income at a constant rate, an equality between the share of public spending in the total expenditure on education and the tax on labor income and a time-varying subsidy to R&D. Unlike previous works that rely solely on steady-state analysis, we take explicitly into account the transitional dynamics when evaluating the economic effect of removing the inefficiencies.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 describes the decentralized economy. Section 3 analyzes the socially planned economy. Section 3 devises an optimal fiscal policy capable of decentralizing the optimal growth path and Section 4 concludes.

### The Market Economy

Consider an economy where total supply of labor is constant ( $L_t = L, \forall t$ ). It consists of education sector knowledge (human capital) is accumulated and three other productive sectors: a final goods sector, an intermediate goods sector, and finally, a research sector. While the final goods sector and the R&D sector are competitive, the intermediate goods sector is monopolistic. The endowment of time is normalized as a constant flow of one unit per period. A fraction  $u_y$  of time is devoted to production of final goods, a fraction  $u_h$  to education, and a fraction  $u_R = 1 - u_y - u_h$  to innovation activities.

The market for final goods is perfectly competitive and the price for final goods is normalized to one. Final output,  $Y$  is produced with a Cobb-Douglas technology:

$$Y = (u_y H)^{1-\alpha} \int_{i=0}^A x_i^\alpha di, 0 < \alpha < 1 \quad (1)$$

Where,  $H$  is the level of total human capital,  $(1-\alpha)$  is the human capital's income share and  $x_{it}$  is the amount used

for each one of the  $A$  intermediate goods. To enter the intermediate sector, a firm must acquire a patent from the successful innovator which allows the firm to produce an improved differentiated intermediate by employing physical capital  $K$  and charge a monopoly price for the product. In the sector  $i$ , the production function of the quantity  $x_{it}$  is specified as  $x_i = K/A$ . Profit maximization delivers the factor demands as follow: The interest rate ( $r = \alpha^2 Y/K$ ), the wage rate per unit of employed human capital  $w = (1-\alpha)Y/u_y H$  and the price of the  $i^{th}$

$$\text{intermediate goods is } \left( p_i = \alpha Y x_i^{\alpha-1} / \int_{i=0}^A x_i^\alpha di \right).$$

Each firm in the intermediate goods sector owns an infinitely lived patent for selling its variety  $x_i$ , which costs  $r$  unit of  $Y$  to be produced. For each unit sold of the intermediate goods producers receive a unit price  $p_i$ . Producers act under monopolistic competition and maximize operating profits:  $\pi_i = (p_i - r)x_i$ . Profit maximization in this sector implies that each firm charges a price of ( $p_i = r/\alpha$ ). Under symmetric hypothesis, we have  $x_i = x$  and  $p_i = p \forall i$ . Hence, the quantity of intermediates employed is  $x A = \alpha^2 Y / r$ , firm profit is  $\pi = (1-\alpha)\alpha Y / A$  and  $\int_{i=0}^A x_i^\alpha di = A x^\alpha$ . Substituting this

expression into (1) yields  $y = k^\alpha (A u_y h)^{1-\alpha}$ . Where,  $y$ ,  $k$  and  $h$  are the final output, physical capital and human capital per worker, respectively.

A representative household derives utility from consumption,  $c$  according to

$$\int_0^\infty \frac{c_t^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt, \rho > 0, \quad (2)$$

Where,  $\rho$  is the rate of time preference and  $\sigma$  is the relative risk aversion. His human capital is accumulated according to:

$$\dot{h}_h = B (u_h h_h)^\vartheta \bar{D}^{1-\vartheta} \quad (3)$$

Here,  $B$  is a positive technical parameter determining at what rate investments in the education sector are converted to a growth human capital,  $\bar{D}$  is the private expenditure on education per student and ( $0 < \vartheta < 1$ ) captures decreasing returns to teaching input. The fraction  $u_h$  is not directly observed. It's modeled in many studies by the ratio of the average number of years of schooling  $S$  to the life expectancy  $L_e$ ;  $u_h \approx (S/L_e)$ .

The budget constraint faced by a representative individual is given by the following equation:

$$\dot{a} = (1-\tau_k)ra + (1-\tau_w)w(1-u_h)h_h - c - (1-s_d)\bar{D}, \quad (4)$$

Where,  $a$  is the average wealth and  $\dot{a}$  is its variation.  $\tau_k$ ,  $\tau_w$  and  $s_d$  are taxes on capital and labor incomes and

education subsidy accorded by the government. Empirical evidence shows that both types of school expenditure (private and public) are proportional on average. We then assume a linear relationship between the two variables defined as follows:  $D_{priv} \approx \ell D_{pub}$ , where  $\ell$  is a positive constant.

Let  $g_x$  denote  $x$ 's growth rate,  $g_x = \dot{x}/x$  and  $x_0$  the initial value of the variable  $x$ . The individual maximizes her intertemporal utility (1), subject to the human capital accumulation technology (3) and the budget constraint (4).

The resolution of this program gives:

$$\begin{cases} \log h = \log h_0 + B \left( \ell \times \frac{u_y}{u_h} \right)^{1-g} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-g} \left( \frac{D_{pub}}{Y} \right)^{1-g} u_h \\ g_h = \mathcal{B} \underbrace{\left( \ell \times \frac{u_y}{u_h} \right)^{1-g} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-g} \left( \frac{D_{pub}}{Y} \right)^{1-g}}_{\alpha_h} u_h \end{cases}$$

$$\dot{A} = \delta' \underbrace{\left( u_R h \right)^\theta}_{\text{Domestic innovation}} \underbrace{\left( \frac{M}{Y} \right)^\epsilon \left( \frac{FDI}{Y} \right)^\tau}_{\text{Technology spillovers}} \underbrace{\left( \frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)^\gamma}_{\text{Distance to frontier}} A^\varnothing \quad \text{Externality effect}$$

Where,  $\delta' > 0$  is a parameter of research productivity and  $(u_R h)$  represents average human capital devoted to innovation. Hence, this specification incorporates a duplication externality of research effort, as well as the potential for spillovers in R&D. We assume that  $0 \leq \theta < 1$  and  $0 \leq \varnothing < 1$ . The fraction  $u_R$  is approximated by the proportion of scientists and engineers engaged in R&D  $L_R$  to the total labor force  $L$  (see Ha and Howitt, 2007; Madsen, 2008; Madsen et al., 2010). It is parameterized by  $\left( \frac{L_R}{L} \approx u_R \right)$ . The term  $A_{sup}$  is the frontier technology. It measures the available "leading-edge technology" and  $\left( \frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)$  is the relative difference in total factor productivity of one economy from the global maximum. This term captures the idea that there are benefits to backwardness.  $M$  is nominal import of technologically advanced products from the industrial countries and  $(FDI/Y)$  is the share of inward FDI flows in GDP. In this model, we divide by GDP to allow for product proliferation and increasing complexity of new innovations as productivity increases (Ha and Howitt, 2007).

Since developing countries carry out little or, insignificant R&D activities, the degree of technological diffusion from countries close to the frontier is likely to be one of the key drivers to accelerate the TFP growth in those developing economies (Savvides and Zachariadis, 2005). Coe *et al.* (1997) argue that total factor productivity in developing countries is positively and significantly related to R&D in their industrial country trade partners and to their import of technology. Innovation is usually embodied in capital and intermediate

This result shows that the education subsidy stimulates human capital accumulation, whereas the tax on labor income has a negative impact. This confirms the empirical evidence provided by Hanushek and Kimko (2000) and Pritchett (2001), Marcelo Soto (2006) and Florent (2016). From these equations, we deduce that the aggregate human capital  $H$  acquired through education can be expressed as follow:

$$H = H_0 \times e^{\alpha_h \left( \frac{D_{pub}}{Y} \right)^{1-g} S} \quad (5)$$

Where,  $\left( \frac{D_{pub}}{Y} \right)$  is the total public expenditure on education expressed as a percentage of GDP (*Index of Education Quality*) and  $\alpha_h$  is the rate of return to schooling corrected by the quality index. In the R&D sector, the intervention of new intermediates according to following model:

goods and therefore the direct import of these goods is one channel of international technology spillovers (Grossman and Helpman, 1991; Coe and Helpman, 1995). Foreign Direct Investment (FDI) by the Multinational Corporations (MNCs) may be another channel for the international transmission of technology (Savvides and Zachariadis, 2005).

The rate of the subsidy to R&D is noted by  $s_R$ . This means that  $(1 - s_R)$  represents the proportion of costs that are supported by the firm. Innovative firm profit is:

$$\pi = \dot{A}V - \underbrace{\left[ (1 - s_R)R + \alpha_m M \right]}_{\hat{C}_{Tinv}} \quad (7)$$

Where,  $R = wH_R = wL_R h$ ,  $V$  is the value of an innovation and  $\hat{C}_{Tinv}$  is the total cost supported by the firm.  $\alpha_m$  is a positive constant inferior to the unity. An innovation is worth the present value of the stream of monopoly profits  $V_t = \int_t^\infty e^{-r(s-t)} \pi(s) ds$ . Differentiating this expression with respect to time yields the no-arbitrage equation  $g_v = r - \pi/V$ .

The government takes investment in human capital accumulation, subsidize education and R&D costs and accord fiscal advantages to Multinational Firms to attract foreign investment, financed by the sum of taxes on labor and physical capital incomes. Its budget constraint is assumed balanced at each period. In other terms, the total of taxes collected on wages  $(\tau_w w(1 - u_h)H)$  and on capital income  $(\tau_k rAL)$  must be equal to the expenses



supported by the state in the form of tax incentives or financial charges for the attraction of foreign direct investment  $\alpha_d FDI$ , public expenditure on education  $D_{pub}$  and the subsidy of total private school expenditure  $(s_d D_{priv})$  and a subsidy of the total R&D cost  $(s_R w u_R H)$ . Here, the principal of the state is to determine the optimal Mix (subsidies and taxes) that maximize social welfare.

Let  $\chi \equiv \frac{C}{K}$  denote the consumption to physical capital ratio, and,  $\psi \equiv h^\theta A^{\theta-1}$  the knowledge-ideas ratio. Physical capital and claims to innovative firms are the assets in the economy. Aggregate wealth is then  $aL = K + AV$ . The equilibrium dynamics of the market economy in terms of the variables  $r, \chi, u_y, \psi$  and  $g_A$  is determined by:

$$g_r^* = \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \left( \mathcal{G}^2 B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} - (1-\tau_k)r \right) + \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) g_A; \quad (8)$$

$$g_z^* = \frac{r^*}{\alpha^2} \left[ \frac{\alpha^2 (1-\tau_k)}{\sigma} + (1-\alpha) \left( \frac{1+\ell}{\ell} \right) \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right) \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right) \frac{u_h^*}{u_y^*} + \frac{R_d}{Y} + \frac{R_m}{Y} - 1 \right] - \frac{\rho}{\sigma} + \chi; \quad (9)$$

$$g_{u_y}^* = \frac{r}{\alpha^2} \left[ 1 - \frac{R_d}{Y} - \frac{R_m}{Y} - \alpha^2 (1-\tau_k) - (1-\alpha) \left( \frac{1+\ell}{\ell} \right) \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right) \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right) \frac{u_h}{u_y} \right] - \chi - \left( 1 - \frac{\mathcal{G}}{u_h} \right) g_h; \quad (10)$$

$$g_v^* = \theta \mathcal{G} B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} u_h - (1-\mathcal{G}) g_A; \quad (11)$$

$$g_{g_A}^* = g_h \left( 1 - \frac{\mathcal{G}}{u_h} \right) + g_A \left[ \left( \frac{\theta \alpha}{1-s_R} \right) \frac{u_y}{u_R} - 1 \right] - \tau_k r - \frac{\dot{s}_R}{1-s_R}. \quad (12)$$

If  $(s_R = 0)$ , so that  $(\dot{s}_R = 0)$ , we obtain the system that describes the dynamics of the market economy in the absence of government intervention analyzed by Gómez (2011). Proceeding in a similar manner as there, taking

into account that the optimal subsidies have to be constant in the long-run  $(\dot{s}_R = 0)$ , the steady state of the market economy is given by:

$$1. r^* = \frac{\sigma(\mathcal{U}+1) \mathcal{G}^2 B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} - \rho}{(1-\tau_k)[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]}.$$

$$2. \chi^* = \frac{\rho}{\sigma} - \frac{r^*}{\alpha^2} \left[ \frac{\alpha^2 (1-\tau_k)}{\sigma} + (1-\alpha) \left( \frac{1+\ell}{\ell} \right) \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right) \frac{u_h^*}{u_y^*} + \frac{R_d}{Y} + \frac{R_m}{Y} - 1 \right].$$

$$3. g_A^* = \frac{\mathcal{G}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left[ \mathcal{G} B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} - \frac{\rho}{\mathcal{G}} \right].$$

$$4. g_h^* = \mathcal{U} g_A^*.$$

$$5. u_R^* = \frac{1 - \frac{\mathcal{G}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\rho}{\mathcal{G}^2 B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}}} \right]}{1 + \frac{(1-s_R)}{\theta \alpha} \left\{ \left[ \frac{\sigma(\mathcal{U}+1)}{1-\tau_k} + \frac{\rho[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]/(1-\tau_k)}{\mathcal{G}^2 B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} - \rho} \right] - \mathcal{U} \right\}}.$$

$$6. u_y^* = \frac{(1-s_R)u_R^*}{\theta\alpha} \left( \frac{r^*}{g_A^*} - \bar{U} \right).$$

$$7. \psi^* = g_A^* / \left[ \delta u_R^\theta \left( \frac{M}{Y} \right)^\epsilon \left( \frac{FDI}{Y} \right)^\tau \left( \frac{A_{sup} - A}{A_{sup}} \right)^\gamma \right].$$

$$8. g_y^* = g_c^* = g_k^* = \left[ 1 + \frac{1}{\bar{U}} \right] \mathcal{G} B (1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1-\mathcal{G}} \left( \frac{1-\tau_w}{1-s_d} \right)^{1-\mathcal{G}} u_h^*,$$

where,  $\bar{U} = \left( \frac{1-\mathcal{G}}{\theta} \right)$ . In this model, long-run growth depends on fiscal policy parameters.

### The Socially Planned Economy

The social planner possesses complete information and chooses all quantities directly such that all the information. Since the intermediate-goods sector is symmetric, the production function can be rewritten as  $Y = K^\alpha (A u_y H)^{1-\alpha}$ , and the economy's resources constraint is  $\dot{K} = Y - C - (1+\ell)D_{pub} - \alpha_m M - \alpha_d FDI$ ,

$$\begin{aligned} \mathcal{H} = & \frac{C^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + \lambda_t \left[ u_y^{1-\alpha} H_t^{1-\alpha} A_t^{1-\alpha} K_t^\alpha - C_t - (1+\ell)D_{pub,t} - \alpha_m M_{jt} - \alpha_d FDI_t \right] \\ & + \mathfrak{N}_t \left[ \delta \varepsilon^\theta u_R^\theta \left( \frac{1}{L_t} \right)^\theta \left( \frac{M_{jt}}{Y_t} \right)^\epsilon \left( \frac{FDI_t}{Y_t} \right)^\tau \left( \frac{A_{sup} - A_t}{A_{sup}} \right)^\gamma H_t^\theta A_t^\varnothing \right] \\ & + \mu_t \left[ B \left[ (1-u_y - u_R) H_t \right]^\mathcal{G} (\ell D_{pub,t})^{1-\mathcal{G}} \right]. \end{aligned}$$

Here, the control variables are  $C, D, u_y, u_R, M$  and  $FDI$ , and the state variables,  $K, H$  and  $A$ . We focus on a fully industrialized economy characterized by the presence of physical capital accumulation, human capital formation and R&D.

#### - The first order conditions for an interior solution

$$\frac{d\mathcal{H}}{dC} = 0 \Rightarrow C_t^{-\sigma} = \lambda_t;$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{dD_{pub,t}} = 0 \Rightarrow \mu_t (1-\mathcal{G}) \frac{H_t}{D_{pub,t}} g_{H_t} = (1+\ell)\lambda_t;$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{du_y} = 0 \Rightarrow \mu_t \mathcal{G} \frac{H_t}{(1-u_y - u_R)} g_{H_t} = \lambda_t (1-\alpha) \frac{Y_t}{u_y};$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{du_R} = 0 \Rightarrow \mu_t \mathcal{G} \frac{H_t}{(1-u_y - u_R)} g_{H_t} = \mathfrak{N}_t \theta \frac{A_t}{u_R} g_{A_t};$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{dM_j} = 0 \Rightarrow \alpha_m M_{jt} = \frac{\mathfrak{N}_t}{\lambda_t} \varepsilon A_t g_{A_t};$$

given that  $D_{Totale} = (1+\ell)D_{pub}$ . The human capital accumulation function is expressed in the aggregate form as follow:  $\dot{H} = B \left[ (1-u_y - u_R) H \right]^\mathcal{G} (\ell D_{pub})^{1-\mathcal{G}}$ . The social planner seeks to maximize (2) in aggregate form subject to the resources' constraint ( $\dot{K} > 0$ ), knowledge formation ( $\dot{H} > 0$ ) and technologies ( $\dot{A} > 0$ ). Let  $\mathcal{H}$  be the current value Hamiltonian of the planner's maximization problem, and let  $\lambda, \mathfrak{N}$  and  $\mu$  be the multipliers for the three constraints, respectively:

$$\frac{d\mathcal{H}}{dIDE} = 0 \Rightarrow \alpha_d IDE_t = \frac{\mathfrak{N}_t}{\lambda_t} \tau A_t g_{A_t}.$$

#### - Resources' Constraints

$$\frac{d\mathcal{H}}{dK} = \rho \lambda_t - \dot{\lambda}_t \Rightarrow \frac{\dot{\lambda}_t}{\lambda_t} = \rho - \alpha \frac{Y_t}{K_t};$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{dH} = \rho \mu_t - \dot{\mu}_t \Rightarrow \frac{\dot{\mu}_t}{\mu_t} = \rho - \frac{1}{\mu_t} \frac{d\mathcal{H}}{dH};$$

$$\frac{d\mathcal{H}}{dA} = \rho \mathfrak{N}_t - \dot{\mathfrak{N}}_t \Rightarrow \frac{\dot{\mathfrak{N}}_t}{\mathfrak{N}_t} = \rho - \frac{1}{\mathfrak{N}_t} \frac{d\mathcal{H}}{dA}.$$

#### - Transversality Conditions

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \lambda_t K_t = 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \mu_t H_t = 0,$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \mathfrak{N}_t A_t = 0.$$

There are two main qualitative differences between the equilibrium outcome of a decentralized economy and the first-best optimum attainable by a social planner. First,

the social planner internalizes the inefficiency due to the presence of monopolistic competition in intermediate-goods production. Therefore, he chooses to devote to intermediate-goods production a fraction of output equal to the square of the elasticity of intermediates in the production of the final good multiplied by the interest rate,  $\alpha A/Y = \alpha^2 r$ . Second, the social planner internalizes the spillovers in R&D and the duplication externalities that are present in the innovation process. Thus, this is taken into account when choosing the optimal fraction of time devoted to innovation and when setting the optimal shadow value of an innovation.

In balanced growth path (or steady state) all variables grow at constant but possibly different rates, and the shares of labor in its different uses are constant. We can state the following proposition. We associate the index ( $\wedge$ ) to indicate social equilibrium's solutions.

**Proposition 1.** Let  $\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} > \rho$ .

The socially planned economy has a unique positive steady state with positive long-run growth, in which:

*The interest rate is*

$$1. \hat{r} = \alpha \left[ \frac{\sigma(\mathcal{U}+1)\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho}{[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]} \right].$$

*A positive long-run growth rates of GDP, consumption and physical capital*

$$2. \hat{g}_C = \hat{g}_K = \hat{g}_Y = \frac{\left(\frac{\hat{r}}{\alpha}\right)^{-\rho}}{\sigma} = \left[ \frac{1+\mathcal{U}}{\sigma(1+\mathcal{U})-1} \right] \left[ \mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho \right].$$

If and only if  $\sigma > \sigma_{\min} = \frac{1}{(1+\mathcal{U})}$ .

*Long-run growth rate of technology*

$$3. \hat{g}_A = \left(\frac{1}{\mathcal{U}+1}\right) \hat{g}_Y = \frac{1}{\sigma(1+\mathcal{U})-1} \left[ \mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho \right].$$

*Long-run growth rate of human capital*

$$4. \hat{g}_h = \mathcal{U} \hat{g}_A = \frac{\mathcal{U}}{\sigma(1+\mathcal{U})-1} \left[ \mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho \right].$$

*Investment rate in physical capital*

$$5. \hat{Inv}_K = \frac{\alpha}{\sigma} \left[ 1 - \frac{[\sigma(1+\mathcal{U})-1]\rho}{\sigma(1+\mathcal{U})\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho} \right].$$

*The consumption to physical capital ratio*

$$6. \hat{\chi} = \frac{\rho}{\sigma} + \frac{\mathcal{G}^2 B \rho - \sigma(1+\mathcal{U})(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \times \frac{\ell}{1+\ell} \times \frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}}}{\alpha[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]} \left[ \frac{\alpha}{\sigma} + \frac{(1-\alpha)(1-\mathcal{G}) \left(\frac{\hat{u}_h}{\hat{u}_y}\right)}{\mathcal{G}} + \frac{R_u}{Y} + \frac{R_m}{Y} - 1 \right].$$

*Fractions of time devoted to education, R&D and final production, respectively*

$$7. \hat{u}_h = \frac{\mathcal{R}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\rho}{\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}}} \right].$$

And

$$8. \hat{u}_R = \frac{1 - \frac{\mathcal{G}\bar{U}}{\sigma(\bar{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\rho}{\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}}}\right]}{1 + \frac{1}{\theta} \left[ \sigma(\bar{U}+1) - \bar{U} + \frac{\rho[\sigma(\bar{U}+1)-1]}{\mathcal{G}^2 B(1-\alpha)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho} + \gamma \left( \frac{A_t}{A_{\max} - A_t} \right) - \emptyset \right]}$$

$$9. \hat{u}_y = 1 - \hat{u}_h - \hat{u}_R.$$

In the absence of government intervention, ( $s_R = s_d = \tau_w = \tau_k = 0$ ), we observe that the long-run equilibrium growth rates of consumption, output, physical capital, human capital and the number of product varieties, as well as the time devoted to education, in the market economy coincide with their stationary optimal values. Long-run distortions only arise in the ratio of consumption to physical capital,  $\chi$ , the interest rate, and the fractions of time devoted to production and innovation,  $u_y$  and  $u_R$ .

The steady-state ratio of consumption to physical capital is too high in the market equilibrium, reflecting the fact that the production of intermediate goods is too low due to monopolistic competition in this sector. However, the relationship between the long-run equilibrium and optimal shares of labor devoted to production and innovation is ambiguous. R&D spillovers cause the equilibrium share of labor devoted to innovation to be too low relative to its optimum value. The suboptimal low production of intermediates due to markup pricing has a similar effect. However, duplication externalities would make the market economy to overinvest in R&D. Thus, the overall effect depends on the relative values of the externalities associated to the R&D process, as well as on the size of the markup.

### Market inefficiencies and optimal policies: Theoretical analyzes

Theoretical analyzes show the existence of some market distortions. The first one is linked to the presence of imperfect competition in the intermediate goods sector. The second inefficiency results from the knowledge externality that affects technology. While innovation is a source of social surplus in the R&D sector, this surplus is not entirely appropriate by innovators. However, the existence of non-internalized externalities by the decision-makers can lead to non-optimal solutions. To correct these imperfections, the intervention of the state by an effective fiscal policy is necessary. More specifically, the state must choose the appropriate policy variables that allow the decentralized economy to achieve sustainable optimal growth. To better understand this phenomenon, several theoretical analyzes need to be developed.

### A. Physical capital investment

At equilibrium, the demand function of the intermediate good is defined by:  $x_i^* = \left(\frac{\alpha^2}{r}\right)^{\chi_{1-\alpha}} u_y H$ . This

latter relationship shows that a high real interest rate discouraged the demand for intermediate goods by the producer of the final good. In other hand, in the case of a strong monopolistic competition ( $\alpha$  is low), the cost of using intermediate goods in final production is so higher. This can lead to a decrease in their demand. In the long run, this phenomenon can lead to a reduced investment rate (underinvestment in  $K$ ), which in turn leads to a decrease in final output. However, monopolistic competition can have negative effects on the accumulation of physical capital and, in turn, on economic growth.

To correct this negative effect, the state can act through several effective policies. Any policy that reduces the cost of using physical capital or motivates households to save more will be beneficial for growth. Empirical studies show that the attraction of FDI, economic openness, an important subsidy of school expenses and a reduced tax on incomes are some of the most favorable policies. Our main objective here is to understand the role that the state can play in dealing with monopoly distortions through optimal tax policy. At market equilibrium, the real interest rate is defined by:

$$r^* = \left[ \frac{\sigma(\bar{U}+1) \mathcal{G}^2 B \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-\mathcal{G}} \left(\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho}{(1-\tau_k)(\sigma(\bar{U}+1)-1)} \right].$$

This expression shows that the two tax variables  $\tau_w$  and  $\tau_k$  have opposite impacts on the real interest rate. An increase in  $\tau_k$  creates an augmentation in the cost of the physical capital, whereas the taxation of wages has opposite effects. This theoretical result was explained by Judd (1987).

We denote by  $x^{LF}$ , the optimal solutions of the laissez-faire equilibrium. They are exactly the solutions found at market equilibrium but with zero fiscal variables. Based on this definition, our analytical results show that

the ratio  $\left(\frac{\hat{r}}{r^{LF}}\right)$  is found less than unity. However, without the intervention of the state through an effective policy, the real interest rate remains very higher than its optimal value.

At the decentralized equilibrium, if we replace  $r^*$  by its expression in the investment rate defined by  $Inv = \frac{\dot{K}}{Y}$ , we obtain the following expression:

$$Inv^* = \frac{\alpha^2}{\sigma} (1 - \tau_k) \left(1 - \frac{\rho}{r^*}\right).$$

If we replace  $r^*$  by its expression, we remark that the subsidy of education can have an indirect positive effect on the rate of investment in physical capital but all types of taxation have a negative impact. In other words, education subsidy motivates households to save more but high taxes discourage physical capital accumulation. Companies will therefore have limited access to new technologies that require less labor. As a result, labor productivity will fall, which reduces the growth rate of output per worker.

For zero tax variables, the investment rate in physical capital is expressed as:

$$Inv^{LF} = \frac{\alpha^2}{\sigma} \left[ 1 - \frac{[\sigma(\bar{U}+1)-1]\rho}{\sigma(\bar{U}+1)g^2B\left(\frac{1-g}{g}\right)^{1-g} \left((1-\alpha)\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-g} - \rho} \right].$$

Since  $0 < \alpha < 1$ , and  $\frac{\ell}{1+\ell} < 1$ , then the comparison

between the optimal rate of investment in physical capital and its level with zero tax remains ambiguous. The optimal rate of investment is obtained for

$\left(\frac{1-\bar{\tau}_w}{1-\bar{s}_d}\right) = \left(\frac{D_{priv}}{D_{Totale}}\right) \approx \left(\frac{\ell}{1+\ell}\right)$  and  $\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$ . It is the

optimal Tax-Mix to achieve optimal level of this type of capital.

Our theoretical results also show that the subsidy of education  $s_d$  can improve the rate of investment in physical capital in an indirect way through the reduction of school expenses supported by households. Thus, the state can react through this type of subsidy to correct imperfections of underinvestment in physical capital and technology. This idea is also identified in the following aggregate constraint:

$$\dot{L} = \underbrace{\dot{K}}_{\text{Phy - capital accumulation}} + \underbrace{(\dot{AV} + AV)}_{\text{Inv in technology}}.$$

These results constitute to my knowledge a contribution in the literature of endogenous growth.

## B. Human capital investment

At the decentralized equilibrium, the fraction of time devoted to education is expressed by:

$$u_h^* = \frac{gU}{\sigma(\bar{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\rho \left(\frac{1-s_d}{1-\tau_w}\right)^{1-g}}{g^2B\left((1-\alpha)\left(\frac{1-g}{g}\right)\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-g}} \right].$$

This equation shows that an increase in the tax rate  $\tau_w$  has negative effect on the investment in education (under-investment in human capital), while education subsidy encourages households to devote more time to education.

At the market equilibrium, the growth rate of human capital is expressed as follows:

$$g_h^* = gB\left(\frac{1-g}{g}\right)^{1-g} \left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)^{1-g} \left((1-\alpha)\frac{y_0}{h_0}\right)^{1-g} u_h^* = \left(\frac{\bar{U}}{\bar{U}+1}\right) g_y^*.$$

From this equation, we remark that taxation of wages has a negative impact on the accumulation of skills and, in turn, on economic growth. These negative repercussions can be corrected by the mean of a high education subsidy. The optimal growth rate of human capital is achieved for

equality between the ratio  $\left(\frac{1-\tau_w}{1-s_d}\right)$  and the share of

private expenditure in total expenditure on education. In other words, the negative impact caused by the taxation of wages must be offset by the education subsidy.

The analytical development of the expression of  $g_h^*$  shows that the growth rate of human capital can be expressed as a function of the investment rate as follows:

$$g_h^* = \frac{1}{g\sigma(\bar{U}+1)} \left[ \frac{[\sigma(\bar{U}+1)-1]\rho}{1 - \frac{\sigma}{\alpha^2} \frac{Inv^*}{1-\tau_k}} + \rho \right] u_h^*.$$

This new expression shows that the rate of growth of human capital depends positively on the rate of investment in physical capital. A high investment rate is a favorable condition for skill accumulation. This theoretical result confirms the empirical evidence found by Judson (2002) that in rich countries, the level of human capital is relatively higher than in poor countries. This proves the strong complementarity between the two types of capitals.

To understand the imperfections related to monopolistic competition and the role that the state can play by its own policies to stimulate investment in R&D, we will take as a starting point the non-arbitrage condition in the R&D sector.

Let  $\pi_A$  the profit research firm. It is defined by the following equation:

$$\pi_A = \dot{A} \int_0^t \pi_{ix} dx - (1-s_R)R - \alpha_m M.$$

Although innovation is a source of social surplus, innovators may not internalize this positive externality in their decisions. This distortion linked to the externality of knowledge can affect the production of technology and lead to suboptimal solutions.

The economic surplus resulting from R&D is defined theoretically by  $\left(\frac{dY_t}{dA_t} = (1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t}\right)$ , while the profit of a monopoly is expressed by  $\pi_t^* = \alpha(1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t} < (1-\alpha)\frac{Y_t}{A_t} \equiv$

$$u_R^* = \frac{1 - \frac{\mathcal{G}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\mathcal{G}^{-2}\rho \left(\frac{1-s_d}{1-\tau_w}\right)^{1-\mathcal{G}}}{B \left(\frac{(1-\mathcal{G})(1-\alpha)y_0}{\mathcal{G}h_0}\right)^{1-\mathcal{G}}} \right]}{1 + \frac{(1-s_R)}{\theta\alpha} \left[ \frac{\sigma(\mathcal{U}+1)}{1-\tau_k} + \frac{\mathcal{G}^{-2}\rho[\sigma(\mathcal{U}+1)-1] \left(\frac{1-s_d}{1-\tau_w}\right)^{1-\mathcal{G}}}{(1-\tau_k) \left( B \left(\frac{(1-\mathcal{G})(1-\alpha)y_0}{\mathcal{G}h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho \right)} \right] - \mathcal{U}}$$

This expression shows that an increase in the R&D subsidy has a positive impact on  $u_R^*$  while tax on capital income discourages investment in technology. The effects of the subsidy on education and the tax labor income are ambiguous. For a low level of  $\alpha$ , the fraction  $u_R^*$  is reduced. This explains the market imperfection problem

$$u_R^{LF} = \frac{1 - \frac{\mathcal{G}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left[ 1 - \frac{\mathcal{G}^{-2}\rho \left(\frac{1-s_d}{1-\tau_w}\right)^{1-\mathcal{G}}}{B \left(\frac{(1-\mathcal{G})(1-\alpha)y_0}{\mathcal{G}h_0}\right)^{1-\mathcal{G}}} \right]}{1 + \frac{1}{\theta\alpha} \left[ \sigma(\mathcal{U}+1) - \mathcal{U} + \frac{\mathcal{G}^{-2}\rho[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]}{B \left(\frac{(1-\mathcal{G})(1-\alpha)y_0}{\mathcal{G}h_0}\right)^{1-\mathcal{G}} - \rho} \right]}$$

The level  $\hat{u}_R$  is the optimal value that we want to achieve. To detect the sources of economic and fiscal imperfections, we will start from the most preferred situation, for which the laissez-faire equilibrium solution

$$\frac{1 - \frac{\mathcal{G}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left( \frac{\rho \left[ \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right) \left(1 - \frac{D_{pub}}{D_{Totale}}\right) \right]^{\mathcal{G}-1}}{\mathcal{G}^2 B \left[ (1-\alpha) \left(\frac{y_0}{h_0}\right) \right]^{\mathcal{G}-1}} \right)}{1 - \frac{\mathcal{G}\mathcal{U}}{\sigma(\mathcal{U}+1)-1} \left( \frac{\rho \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right)^{\mathcal{G}-1}}{\mathcal{G}^2 B \left[ (1-\alpha) \left(\frac{y_0}{h_0}\right) \right]^{1-\mathcal{G}}} \right)} \Bigg/ \frac{1 + \frac{1}{\theta} \left[ \sigma(\mathcal{U}+1) - \mathcal{U} + \frac{\rho\mathcal{U}}{g_h} + \gamma \left( \frac{A_t}{A_{max} - A_t} \right) - \emptyset \right]}{1 + \frac{1}{\theta\alpha} \left[ \sigma(\mathcal{U}+1) - \mathcal{U} + \frac{\rho[\sigma(\mathcal{U}+1)-1]}{\mathcal{G}^2 B \left[ (1-\alpha) \left(\frac{1-\mathcal{G}}{\mathcal{G}}\right) \left(\frac{y_0}{h_0}\right) \right]^{1-\mathcal{G}} - \rho} \right]}$$

*Real Economic Surplus.* This inequation shows that for a very small  $\alpha$  (strong monopolistic competition), innovative firms only consider a small part of the economic surplus. As a result, the existence of non-internalized externalities can lead to the prediction of a reduced present value of profits of intermediate goods  $V_t$  and, in turn, to an underinvestment in technology.

### C. R&D investment

At market equilibrium, the optimal fraction of the time devoted to R & D is expressed by

related to monopolistic competition. Thus, a powerful monopoly favors underinvestment in technology. To overcome this imperfection, the state can act through several policies to stimulate investment in R&D.

At the laissez-faire-equilibrium, the part of the time devoted to research and development is expressed by:

coincides with the optimal value. Theoretical analyzes show that the ratio  $(\hat{u}_R/u_R^{LF})$  equals the following expression::

This ratio is expressed in terms of the rate of growth of human capital, the share of public spending in the total expenditure on education and the distance to technology frontier indicated by the term  $\left(\frac{A}{A_{\text{sup}} - A}\right)$ .

Analytically, an inequality between the two fractions ( $u_R^{LF}$  and  $\hat{u}_R$ ) implies a situation of market inefficiency that requires the state's intervention through the appropriate policies to reach optimal values. For a reduced value of  $\alpha$ ,  $\left(\frac{\hat{u}_R}{u_R^{LF}}\right)$  is high. Pushed to the extreme, this implies that the fraction  $u_R^{LF}$  is less than its optimal value. This implies that without state intervention, monopolistic competition can lead to underinvestment in technology. We also note that for a reduced value of the term  $\left(\frac{A}{A_{\text{sup}} - A}\right)$  (a high technological gap), the quotient  $\left(\frac{\hat{u}_R}{u_R^{LF}}\right)$  is high. This means that a country lagging behind the leader in technology is spending less on R&D. So, a big distance to technology frontier favors underinvestment in technology. Several important policies are required to overcome this type of imperfection. Economic openness, an increase in public spending on education in particular are the most favorable policies for the improvement of domestic capacity of innovating and absorbing foreign technologies. It is also important to note that the

$$\dot{s}_R = g_A \left( \theta \alpha \frac{u_y}{u_R} \right) + (1 - s_R) \left\{ g_h \left( 1 - \frac{\mathcal{G}}{u_h} \right) - r \left( 1 - \frac{2}{\alpha} \right) - g_A \left[ \theta \frac{u_y}{u_R} - \gamma \left( \frac{A_t}{A_{\text{sup}} - A_t} \right) + (\mathcal{U} + 1) + \emptyset \right] \right\}.$$

And converges in the long-run to the optimal value

$$\bar{s}_R = 1 - \frac{\frac{\theta \alpha}{\sigma(1 + \mathcal{U}) - 1} \left( \frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R} \right) \left[ \mathcal{G}^2 B (1 - \alpha)^{1 - \mathcal{G}} \left( \frac{1 - \mathcal{G}}{\mathcal{G}} \right)^{1 - \mathcal{G}} \left( \frac{\ell}{1 + \ell} \right)^{1 - \mathcal{G}} \left( \frac{y_0}{h_0} \right)^{1 - \mathcal{G}} - \rho \right]}{\hat{r} \left( 1 - \frac{1}{\alpha} \right) + \hat{g}_A \left[ \theta \frac{\hat{u}_y}{\hat{u}_R} - \gamma \left( \frac{A_t}{A_{\text{sup}} - A_t} \right) + \phi \right]} < 1.$$

It is financed by means of taxation.

### Conclusion

This paper aims to characterize analytically the optimal dynamic fiscal policy in R&D-based endogenous growth model which incorporates domestic innovation, investment in education, distance to technology frontier and external technology spillovers through import of technologically advanced products and foreign direct investment as engines of growth. The model incorporates three sources of inefficiency: monopolistic competition in the intermediate-goods sector, duplication externalities and spillovers in R&D. To correct these imperfections, the intervention of the state by an effective fiscal policy is

introduction of a well-harmonized and simplified tax system to further support innovation. More specifically, the state must choose the appropriate policy variables that allow the decentralized economy to achieve optimal growth.

Our theoretical analyzes identify that the first-best optimum can be decentralized by means of a tax on capital income at a constant rate  $\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$ , combined with an equality between the share of public spending in the total expenditure on education net of subsidy and the tax on labor income  $\left(\frac{1 - \bar{\tau}_w}{1 - \bar{s}_d}\right) = \left(\frac{D_{\text{priv}}}{D_{\text{Totale}}}\right) \approx \left(\frac{\ell}{1 + \ell}\right)$  and a time-varying subsidy to R&D. The following proposition determines the optimal subsidy  $\left(\bar{s}_R\right)$  and its variation over time.

**Proposition 2.** In the conditions of Proposition 1, the first-best optimal solution attainable by a central planner is decentralized by means of: a tax on capital income at a constant rate,  $\left(\bar{\tau}_k = 1 - \frac{1}{\alpha}\right)$  combined with an equality between the share of public spending in the total expenditure on education net of subsidy and the tax on labor income  $\left(\frac{1 - \bar{\tau}_w}{1 - \bar{s}_d}\right) = \left(\frac{D_{\text{priv}}}{D_{\text{Totale}}}\right) \approx \left(\frac{\ell}{1 + \ell}\right)$  and a time-varying subsidy to R&D that evolves according to:

necessary. More specifically, the state must choose the appropriate policy variables that allow the decentralized economy to achieve sustainable optimal growth. To better understand this phenomenon, several theoretical analyzes were developed. To this end, we analyzed the efficient growth path that a benevolent social planner would implement. We provided conditions for the existence of a unique feasible optimal steady state with positive long-run growth. The optimal growth path is decentralized by means of a tax on capital income at a constant rate, an equality between the share of public spending in the total expenditure on education and the tax on labor income and a time-varying subsidy to R&D.

## References

1. Alvarez-Pelaez, M. J. and Groth, C. (2005), "Too little or too much R&D?", *European Economic Review*, No. 49 (2), P. 437–456.
2. Arnold, L. G. (2000a), "Endogenous growth with physical capital, human capital and product variety: A comment", *European Economic Review*, No. 44 (8), P. 1599–1605.
3. Arnold, L. G. (2000b), "Endogenous technological change: A note on stability", *Economic Theory*, No. 16 (1), P. 219–226.
4. Basu, S. (1996), "Procyclical productivity: Increasing returns or cyclical utilization?", *Quarterly Journal of Economics*, No. 111 (3), P. 709–751.
5. Barro, R. (1990), "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, P. S103–S125.
6. Coe, T, Helpman, E. (1995), "International R&D Spillovers", *European Economic Review*, No. 39, P. 859–887.
7. Coe, T, Helpman, E and Hoffmaister, W. (1997), "North-South R&D Spillovers", *The Economic Journal*, No. 107, P. 134–149.
8. Del Barrio-Castro, T., Lopez-Bazo, E. and Serrano-Domingo, G. (2002), "New evidence on international R&D spillovers, human capital and productivity in the OECD", *Economics Letters*, No. 77 (1), P. 41–45.
9. Desislava, S. (2017), "Tax structure and economic growth: Evidence from the European Union", *Contaduría y Administración*, No. 62 (3), P. 1041–1057.
10. Engelbrecht, H.-J. (1997), "International R&D spillovers, human capital and productivity in OEC Deconomies: An empirical investigation", *European Economic Review*, No. 41 (8), P. 1479–1488.
11. Funke, M. and Strulik, H. (2000), "On endogenous growth with physical capital, human capital and product variety", *European Economic Review*, P. 44 (3), P. 491–515.
12. Gómez, M. A. (2011), "Duplication externalities in an endogenous growth model with physical capital, human capital, and R&D", *Economic Modelling*, No. 28 (1-2), P. 181–187.
13. Griliches, Z. (1992), "The search for R&D spillovers", *Scandinavian Journal of Economics*, No. 94, P. S29–47.
14. Grossman, G and Helpman, E. (1991), "Quality Ladders in the Theory of Growth", *Review of Economic Studies*, No. 58, P. 43–61.
15. Grossmann, V., Steger, T. and Trimborn, T. (2010a), *Dynamically Optimal R&D Subsidization*, CESifo Working Paper Series 3153, CESifo Group Munich.
16. Grossmann, V., Steger, T. and Trimborn, T. (2016), "Quantifying Optimal Growth Policy", *Journal of Public Economic Theory*, No. 18 (3).
17. Guo, Jang-Ting & Lansing, Kevin J. (1999), "Optimal taxation of capital income with imperfectly competitive product markets," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Elsevier, Vol. 23 (7), P. 967–995.
18. Ha, J and Howitt, P. (2007), "Accounting for Trends in Productivity and R&D: A Schumpeterian Critique of Semi-Endogenous Growth Theory", *Journal of Money, Credit and Banking*, No. 30 (4), P. 733–774.
19. Iacopetta, M. (2011), "Formal education and public knowledge", *Journal of Economic Dynamics and Control*, forthcoming.
20. Jones, C. I. (1995), "R&D-based models of economic growth", *Journal of Political Economy*, No. 103 (4), P. 759–784.
21. Jones, C and Williams, J. C. (2000), "Too much of a good thing? The economics of investment in R&D", *Journal of Economic Growth*, No. 5 (1), P. 65–85.
22. Judd, R and Kenneth L. (1987), "The Welfare Cost of Factor Taxation in a Perfect-Foresight Model", *Journal of Political Economy*, No. 95, P. 675–709.
23. Judd, R and Kenneth L. (1999), "Optimal Taxation and Spending in General Competitive Growth Models", *Journal of Public Economics*, No. 71, P. 1–26
24. Kortum, S. (1993), "Equilibrium R&D and the patent-R&D ratio: U. S. Evidence", *American Economic Review*, No. 83 (2), P. 450–457.
25. Lambson, V. E. and Phillips, K. L. (2007), "Market structure and Schumpeterian growth", *Journal of Economic Behavior & Organization*, No. 62 (1), P. 47–62.
26. Madsen, Jacob B. (2008), "Semi-Endogenous versus Schumpeterian Growth Models: Testing the Knowledge Production Function using International Data", *Journal of Economic Growth*, No. 13, P. 26.
27. Madsen, Jacob B, Saxena, S. and Ang, James B. (2010), "The Indian Growth Miracle and Endogenous Growth", *Journal of Development Economics*, No. 93, P. 37–48.
28. Norrbin, S. (1993), "The relation between price and marginal cost in U.S. industry: A contradiction", *Journal of Political Economy*, No. 101 (6), P. 1149–1164.
26. Porter, M. E. and Stern, S. (2000), *Measuring the 'Ideas' Production Function: Evidence from*
30. *International Patent Output*. NBER Working Papers 7891, National Bureau of Economic Research, Inc.
31. Robin, B., Jean Denis, G. and Louis, P. (2019), "Optimal mixed taxation, credit constraints, and the timing of income tax reporting", *Journal of Public Economic Theory*, *Association for Public Economic Theory*, No. 21 (4), P. 708–737.
32. Romer, P. M. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, No. 98 (5), P. S71–S102.
33. Savvides, A. and Zachariadis, M. (2005), "International Technology Diffusion and the Growth of TFP in the Manufacturing Sector of Developing Economies", *Review of Development Economics*, No. 9 (4), P. 482–501.
34. Sequeira, T. N. (2011), "R&D spillovers in an endogenous growth model with physical capital, human capital, and varieties", *Macroeconomic Dynamics*, forthcoming.
35. Steger, T. M. (2005), "Welfare implications of non-scale R&D-based growth models", *Scandinavian Journal of Economics*, No. 107 (4), P. 737–757.
36. Stokey, N. L. (1995), "R&D and economic growth", *Review of Economic Studies*, No. 62 (3), P. 469–89.
37. Strulik, H. (2007), "Too much of a good thing? The quantitative economics of R&D-driven growth revisited", *Scandinavian Journal of Economics*, No. 109 (2), P. 369–386.
38. Trimborn, T., Koch, K.-J. and Steger, T. M. (2008), "Multidimensional transitional dynamics: A simple numerical procedure", *Macroeconomic Dynamics*, No. 12 (3), P. 301–319.



39. Turnovsky, Stephen J. (2000), "Fiscal Policy, Elastic Labor Supply, and Endogenous Growth", *Journal of Monetary Economics*, No. 45.1, P. 185–210.

40. Vera, T. (2018), "On the Optimal Progressivity of Higher Education Subsidies: The Role of Endogenous Fertility", *CERGE.EI Working Paper Series*, Charles University in Prague, No. 613.

41. Robin, B., Jean Denis, G. and Louis, P. (2019), "Optimal mixed taxation, credit constraints, and the timing of income tax reporting", *Journal of Public Economic Theory, Association for Public Economic Theory*, No. 21 (4), P. 708–737.

Received 12.08.2019

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Ahmed Bellakhdhar** – PhD (Economics Sciences), Associate Professor, Higher Institute of Management of Tunis, Professor of the Department of Management, Bardo, Tunisia; e-mail: bellakhdar@yahoo.fr; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8590-7610>.

**Ахмед Белхадер** – кандидат економічних наук, доцент, Вищий інститут менеджменту Тунісу, професор кафедри менеджменту, Бардо, Туніс.

**Ахмед Белхадер** – кандидат экономических наук, доцент, Высший институт менеджмента Туниса, профессор кафедры менеджмента, Бардо, Тунис.

## КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ОПТИМАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ В ЕНДОГЕННІЙ МОДЕЛІ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ

**Предметом** дослідження є вивчення оптимальної державної політики в моделі ендегенного зростання на основі НДДКР з монопольною пропозицією проміжних товарів. **Мета** роботи полягає у вивченні того, чи може адекватне державне втручання забезпечити необхідні стимули для виправлення неефективності ринку і зробити децентралізовану економіку відтворюючу оптимальні рішення, досягні соціальним планувальником. У статті вирішуються наступні **завдання**: знаходження моделі децентралізованої рівноваги економіки і соціального оптимального рішення, порівняння впливу на добробут різних фіскальних змінних, розгляд різних ринкових спотворень і вибір відповідних змінних політики, що дозволяють децентралізованій економіці досягти стійкого оптимального зростання. Використано **методи** математичного формулювання, теоретичного аналізу і економічних інтерпретацій. Були отримані наступні **результати**: перший найкращий оптимум може бути децентралізовано за допомогою податку на дохід від капіталу за постійною ставкою в поєднанні з рівністю між часткою державних витрат у загальних витратах на освіту та податком на трудові доходи і змінюється в часі субсидією на НДДКР. **Висновки**. Інвестиції в капітал знань є основними детермінантами економічного розвитку. Наша модель включає три джерела неефективності: монополістична конкуренція в секторі проміжних товарів, зовнішні ефекти дублювання і побічні ефекти в НДДКР. Для виправлення цих недоліків та досягнення стійкого оптимального росту необхідне втручання держави за допомогою ефективною фіскальною політикою.

**Ключові слова**: ендегенне зростання; інтенсивність НДДКР; соціальний планувальник; монополістичні спотворення; оптимальна політика.

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПОЛИТИКИ В ЭНДОГЕННОЙ МОДЕЛИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

**Предметом** исследования является изучение оптимальной государственной политики в модели эндогенного роста на основе НИОКР с монопольным предложением промежуточных товаров. **Цель** работы заключается в изучении того, может ли адекватное государственное вмешательство обеспечить необходимые стимулы для исправления неэффективности рынка и сделать децентрализованную экономику воспроизводящей оптимальные решения, достижимые социальным планировщиком. В статье решаются следующие **задачи**: нахождение модели децентрализованного равновесия экономики и социального оптимального решения, сравнение влияния на благосостояние различных фискальных переменных, рассмотрение различных рыночных искажений и выбор соответствующих переменных политики, позволяющих децентрализованной экономике достичь устойчивого оптимального роста. Используются **методы** математической формулировки, теоретического анализа и экономических интерпретаций. Были получены следующие **результаты**: первый наилучший оптимум может быть децентрализован посредством налога на доход от капитала по постоянной ставке в сочетании с равенством между долей государственных расходов в общих расходах на образование и налогом на трудовые доходы и изменяющейся во времени субсидией на НИОКР. **Выводы**. Инвестиции в капитал знаний являются основными детерминантами экономического развития. Наша модель включает три источника неэффективности: монополистическая конкуренция в секторе промежуточных товаров, внешние эффекты дублирования и побочные эффекты в НИОКР. Для исправления этих недостатков и достижения устойчивого оптимального роста необходимо вмешательство государства посредством эффективной фискальной политики.

**Ключевые слова**: эндогенный рост; интенсивность НИОКР; социальный планировщик; монополистические искажения; оптимальная политика.

#### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Белхадер А. Кількісна оцінка оптимальної політики в ендегенній моделі: теоретичний аналіз. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.022>.

Ahmed Bellakhdhar (2019), "Quantifying optimal policy in an endogenous model: a theoretical analysis", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.022>.

T. MOMOT, S. RODCHENKO

## ASSESSMENT OF FINANCIAL SECURITY OF BANKS IN CONDITIONS OF MACROECONOMIC INSTABILITY

The **subject** of the study is a set of criteria, measures and indicators for assessing the financial security of banks and methodological approaches to its evaluation. The **purpose** of this article is to systematize theoretical and methodological provisions and substantiate practical recommendations for assessing the level of financial security of banks. The main **objectives** of the study are: study and analysis of the existing methodological approaches to assessing the level of financial security of banks, identification of advantages and disadvantages of each, on this basis modification of the authors' own methodological approach, including criteria, measures, indicators, weights. In the course of the research, the following **methods** were used: abstract-logical analysis – for theoretical generalization and justification of directions and results of the study, systematic and statistical analysis – for analysis and systematization of methodological approaches to assessing the level of financial security of banks, method of expert analysis - for establishing the coefficients of significance of parameters in proposed models, graphical method – for visualization and schematic representation of theoretical and practical results of the study. Bank security zones have been proposed for each level of bank financial security and strategies for value-oriented management have been developed. **Results.** The existing methods and models for assessing the level of financial security of commercial banks were studied; the advantages and disadvantages of each are identified; an original methodological approach to assessment (criteria, indicators, indicators, weights and algorithm) under the conditions of macroeconomic instability was summarized and proposed. **Conclusions.** Based on a comprehensive analysis of the works of domestic and foreign scholars and practitioners on the problem of assessing and ensuring the financial security of commercial banks, it has been established that no single comprehensive model for assessing the financial security of banks has been developed yet. All existing models have a high affinity and no systemicity. A system of financial security valuation indicators is proposed, based on a value-oriented approach, and including indicators that integrate into five functional components: capital and resource, credit and investment, income and expense security, currency and value-monetary security of the bank. This approach makes it possible to quantify the impact of each set of indicators on the financial security level of a banking institution, determine its integral level and conduct its operational, tactical and strategic assessment. According to established zones of financial security of banks, value-oriented strategies for managing banks under the conditions of macroeconomic uncertainty are proposed.

**Keywords:** financial security of banks; indicators; methodical approach to the assessment of financial security of banks; functional components of financial security of banks; value-oriented strategy of bank management.

### Introduction

The acute financial, economic and political crisis that has developed in Ukraine since 2014 has adversely affected the banking system of Ukraine, causing the number of commercial banks to be reduced by about half. However, most commercial banks in Ukraine were unprofitable. This led to a decline in consumer confidence in the banking sector, deterioration in the quality of bank loan portfolios, which necessitated the clearing of the banking system, which began in 2014, and required an additional increase in banks' capital to create significant reserves for active operations.

According to the National Bank of Ukraine, in Ukraine in the second quarter of 2019, there were 76 operating banks. As of the beginning of 2018, there were 82 commercial banks. A characteristic feature of the current stage of development of the Ukrainian banking system is the transition from unprofitable to profitable operation. The banking sector for the second year in a row has a high profitability due to the stable growth of income consumer lending, non-cash transactions with the population, cost control and revaluation of foreign exchange instruments. The level of dollarization is decreasing, the quality of the loan portfolio has improved, and the inflow of deposits from the population and business has been maintained. As a result, the ratio of operating expenses to operating income (Cost-to-Income Ratio, CIR) of the sector was 47.1%. For the first half of 2018, Ukrainian commercial banks as a whole received a total income of 9.7 billion against UAH 223 million losses

for the same period of 2017 and in the first half of 2019; net profit amounted to UAH 31 billion, significantly exceeding the figure for the whole of 2018. Almost 60% of the profits of the sector formed PrivatBank. From 76 solvent, only 66 banks were profitable (their profit amounted to 31.9 billion UAH.).

The process of ensuring the financial security of banks, their achievement of financial stability in the framework of harmonization of banking regulation and supervision with the requirements of European legislation due to modern tools for managing financial flows, including equity and deposits, credit and investment portfolios, achieving optimal values of economic standards by managing the level of liquidity and riskiness of assets is ongoing.

Thus, taking into account the importance of systemically important banks for the financial market, the national Bank of Ukraine revised the methodology for determining systemically important banks, taking into account the recommendations of the European Supervisory authority (EBA – European Banking Authority) and international practices. According to the previous methodology, since 2016, PrivatBank, Ukreximbank and Oschadbank have always been systemically important banks. Therefore, expanded the list of indicators of systemic banks and a two-step process of identifying such institutions: the first phase of the systemically important banks are defined by nine indicators, characterizing the size of the Bank's assets, activities and the extent of its financial relationships; the second stage uses a single indicator that characterizes the

level of concentration in individual banks of deposits that are guaranteed by the Deposit guarantee Fund of individuals. International experience shows the need to apply more stringent prudential rules to systemically important banks, which will provide an additional margin of safety for such institutions. The national Bank for systemically important banks of Ukraine has established special (enhanced) value of instant liquidity ratio (not less than 30%) and the maximum credit risk per counterparty (not more than 20%). From now on, according to the updated methodology, 14 banks are systemically important: PrivatBank, Oschadbank, Ukreximbank, Ukrgasbank, Alfa-Bank, UkrSotsbank, Raiffeisen Bank Aval, FUIB, UkrSibbank, Taskombank, Universal Bank, Kredobank, OTP Bank, Pivdenny.

Stress testing of 29 banks, which account for more than 93% of the banking system assets, continues under basic and unfavorable macroeconomic scenarios.

Therefore, in the conditions of the need to ensure the stability and reliability of the banking sector in the long term, the approximation of standards of regulation of solvency and liquidity of banks to the recommendations of the Basel Committee, there is a reasonable need to study approaches to assessing the level of financial security of banks. The formation of a methodological approach to the assessment of its constituent elements is important because it allows taking timely measures to identify the main risks of activity and bankruptcy of banks in the conditions of macroeconomic instability. At the same time, the issue of ensuring the financial security of the Bank is relevant not only for banks, but also for all market participants.

#### **Analysis of recent research and publications**

The issues of assessing the level of financial security of banks, their financial stability and their relationship with the state of the economy have been studied by such scientists as K. Azizova, E. Andreeva, O. Baranovsky, Z. Vasilchenko, I. Vasilchenko, A. Voronkov, V. Gaiduk, A. Epifanov, P. Kallaur, V. Kovalenko, O. Kolodizev, I. Krupka, S. Melnyk, N. Natocheyeva, Z. Pestovskaya, O. Plastun, O. Ratz, N. Riznik, Y. Tsyachna, V. Franchuk, G. Khachaturian, V. Cherenkov, O. Stayer and many others.

Their approaches to studying the multifaceted issues of assessing the financial security of banks are based on methods and models with the use of different groups of financial ratios, economic standards, economic and mathematical modeling, expert evaluation methods, etc.

Particularly noteworthy are the works of E. A. Andreeva [3], O. I. Baranovsky [9], V. I. Gaiduk [1], N. M. Natocheyeva [6, p. 83–84], V. I. Franchuk and S. I. Melnyk [13, p. 55–56]. Noting the fundamental nature of theoretical and methodological developments, the solution of the non-trivial task of assessing the level of financial security of banks to overcome crisis phenomena and developing ways to strengthen the security of the banking sector in the conditions of macroeconomic instability is not completely completed and requires the use of modern tools for evaluating.

#### **Highlighting unresolved parts of a common problem.**

##### **The goal of the work**

In an unstable macroeconomic environment and increased competition for customers for banks important are the assessment processes and monitoring of financial security of the bank to overcome the crisis and the organization of measures to prevent possible threats to its activities. The financial security of the bank is commonly understood as the state of protection of interests of owners, customers, employees and bank's management, its financial stability from the external and internal threats. Assessment of the level of financial security of the bank associated with the need for analytical processing of a large amount of diverse information, interpret it correctly and making the results of its analysis of reasonable and timely decisions. In the process of the study revealed that the economic literature has not yet formed a unified methodological approach to assessing the level of financial security of commercial banks. Therefore, theoretic-methodological and practical value of the solution to the problem was determined by the relevance of the chosen topic, identified the purpose and direction of the study. On this basis, the aim of the article is the systematization of theoretical and methodical provisions and substantiation of practical recommendations for assessing the level of financial security of banks.

##### **Materials and methods of research**

The theoretical and methodological basis of the research was the scientific works of leading domestic scientists and foreign economists, reporting to banking institutions. In the course of the research, the following methods were used: abstract-logical analysis – for theoretical generalization and justification of directions and results of the study, systematic and statistical analysis – for analysis and systematization of methodological approaches to assessing the level of financial security of banks, method of expert analysis – for establishing coefficients of significance in proposed models, graphical method - for visualization and schematic representation of theoretical and practical research results.

##### **Research results**

Systematization of existing approaches to assessing the financial security of banks and the banking system in general according to the literature has allowed to distinguish the following groups of methods and models to assess the level of financial security of banks and the banking system: 1) methods and models based on the use of economic standards as the main criteria; 2) method of coefficients and indicators; 3) the method of economic and mathematical modeling; 4) methods of expert assessments (table 1) [27].

According to the analysis of the table 1 the greatest preference is given to methods and models based on coefficients and indices. The number of coefficients depends on the researcher's approaches (table 2) [14].

**Table 1.** Systematization of methods and models to assess the financial security of banks and the banking system according to literature \*

	Methods and models based on the use of economic standards	Methods and models based on coefficients and indicators	Methods and models based on banking risk assessment	Method of economic - mathematical modeling	Methods of expert evaluation
Authors	V. I. Gaiduk, N. V. Gaiduk, A. L. Voronkov [1] I. M. Krupka [2]	E. A. Andreeva [3], A. A. Epifanov and O. L. Plastun [4], O. M. Kolodizev and O. M. Stayer [5], N. N. Natocheyeva [6], P. V. Kallaur [7], G. Yu. Khachaturian [8], V. I. Gaiduk, N. V. Gaiduk, A. L. Voronkov [1], O. I. Baranovsky [9]	V. E. Cherenkov [10] A. O. Epifanov, O. L. Plastun, etc. [4] P. V. Kallaur [7]	Z. Vasilchenko, I. Vasilchenko [11] N. Reznik [12] O.M. Kolodizev, O.M. Stayer [5] V.I. Franchuk, S.I. Melnyk [13]	A.O. Epifanov, O.L. Plastun [4]

\* Created by the authors

**Table 2.** Systematization of coefficients in methods and models for assessing the level of security of banks and the banking system according to literature sources \*

No.	Index/coefficient	E.A. Andreeva	A.A. Epifanov, O.L. Plastun	O.M. Kolodizev O.M. Stayer	N.N. Natocheyeva	P.V. Kallaur	G.Yu. Khachaturian	V.I. Gaiduk etc.	O.I. Baranovsky	V.I. Franchuk, S.I. Melnyk
1	Deviation from bank liquidity ratios / liquidity indicators	+	+		+	+				
2	Dynamics of indicators of economic efficiency and profitability (ROA, ROE), %	+	+		+	+	+		+	+
3	Asset quality	+			+					+
5	Norm of using the equity of banks for the acquisition of shares of legal entities, % *	+								
7	Interest margin level (loans-deposits), %		+			+			+	+
8	Efficiency of work with interest-bearing funds*		+							+
9	Efficiency of Commission activities *		+							
10	Profit per employee*		+							
11	Level of problem loans, %		+			+	+		+	+
12	Credit risk ratios, %		+		+	+	+	+		+
13	Loan-to-liability ratio, %		+							
14	Capital adequacy ratio, %		+			+				
15	Ratio of received and issued interbank loans*		+							
16	Common currency position* / Currency risk		+		+	+				
18	Stability of the resource base				+					
19	National and international stock market risk				+					
20	Payment position of the Bank*				+					
21	Financial stability				+					
22	Budget deficit				+			+		
23	Money supply M2 / money supply as % of GDP				+			+	+	
24	Changes in rates at the national and international IBC				+					
25	Distribution of loans by industry					+				
26	Share of customer funds denominated in foreign currency in all borrowed funds, %					+				
27	The factor of monetization						+			
29	The coefficient of dollarization, %						+			
30	Ratio of insolvent banks, %						+			
32	Share of manufacturing in industry, %							+		
33	Volume of investments							+		
34	Amount of debt							+		
35	Higher rate of growth of M2 over GDP, %							+		
36	Cost of Bank loans								+	
38	Yield 1 UAH. assets and equity*								+	+
39	Possibilities of using the Bank's internal reserves*								+	+
40	Prioritization of capital use*								+	+

\* Created by the authors

\*\*The indicator used to assess the financial security of commercial banks only

Methodical approach to assessing "strategic financial security of commercial banks" of Natocheyeva [6, p. 83–84] is based on indicators of internal, external, international financial security of commercial banks and allows to determine one of the five stages of financial security of banks: stable, not stable, threatening, critical, catastrophic.

According to V.I. Franchuk and S.I. Melnyk [13, p. 55–56] it is advisable to build a scale of assessment of the level of economic security of the bank using the formula of "golden division", which allows to build a gradation of economic security of the bank at levels: insufficient, critical, sufficient, optimal. At the same time, much attention is paid to the assets of the bank, which is the dominant component of determining the indicators proposed by the authors.

Methodical approaches of E. A. Andreeva [3], G. Yu. Khachaturian [8], V. I. Gaiduk [1], O. I. Baranovsky [9] are based on the isolation of certain indicators (indicators), which reflect the state of financial and economic security of banking activity, but the economic and mathematical modeling is not applied.

According to P. V. Kallaur [7, p. 29], financial security indicators should be grouped according to the degree of risk taking into account the economic standards of banking.

The model proposed by O. M. Kolodizev and A. M. Stayer [5, p. 69] is based on the calculation of taxonomic indicators of business activity, liquidity, capital adequacy of banks and management efficiency, as well as on cluster analysis, which makes it possible to rank banking institutions in terms of economic security.

Individual authors evaluate the financial security of the bank by comparing key indicators with their thresholds (Pestovskaya Z. S. [15]) or by analyzing the trend (Kovalenko V. V. [16]), without defining an integral indicator of bank security.

Tsyachna Y. S., Azizova K. M. and Rats O. M. noted that a large number of indicators used in the process of assessing the financial security of the bank leads to so-called "excess information", since most of them are often interdependent and characterize different sides of the same process or condition. In order to exclude from the initial system the indicators that characterize the financial and economic security of the bank and those that duplicate the information, as well as to highlight those indicators that carry the most important information, they recommend the use of factor analysis by the principal components by which the groups of isolated indicators stand out performance indicators. For the practical implementation of the principal component method, Statistica 6.0 application package is used. According to the rules of multivariate factor analysis, further studies use only those factors that explain at least 70% of the variance, and the magnitude of the factor loadings of individual significant indicators exceeds 0.7 by magnitude [17, p. 430–432].

In addition, the authors recommend that these partial indicators, identified by factor analysis by principal component method, should be reduced to an integral indicator of assessing the financial security of the bank in order to determine the directions of improving the

financial security of the bank, justify and make appropriate management decisions. It is advisable to carry out the clotting using the additive convolution method, normalizing the actual values of the partial indices taking into account the coefficients of significance, which are also calculated by means of normalization of factor loadings. It is proposed to calculate the actual quantitative value of the integral financial security (FS) indicator for banks on the basis of formula 1:

$$FS = \sum_{i=1}^n K_{sigi} \frac{X_{fi}}{X_{refi}}, \quad (1)$$

where  $K_{sigi}$  – the coefficient of significance of the  $i$ -th partial indicator characterizing the financial security of the bank;  $X_{fi}$  – the actual value of the  $i$ -th partial indicator that characterizes the bank's financial security;  $X_{refi}$  – the reference value of the  $i$ -th partial indicator characterizing the financial security of the bank;  $n$  – number of partial indicators characterizing the financial and economic security of the bank [17, p. 430–432].

The calculated integral estimation is of a rather general nature that allows to determine the nature of changes over time, as well as to determine the rating of banks on the results of calculations, but for more detailed information, in particular to determine the reasons for deviations of any content and to justify the directions of transformation of financial security of the bank into necessary aspect of improving bank management, it is advisable to conduct an integrated assessment in the context of groups of indicators [17, p. 430–432].

Taken into account all above, it should be noted that a significant number of indicators of the financial security of the bank creates a number of problems, among which the most important are: first, the complexity of calculations; second, the complexity of collecting information, since 2015, a number of data has not been published in the public domain.

The process of assessing the level of financial security of banks involves the use, in addition to quantitative models, of expert valuation methods based on the questionnaire of bank employees. Such an assessment involves the formulation of questionnaires and expert surveys on a periodic basis. Based on peer review approaches of A.O Epifanov (table 3) [4, p. 194–195], a questionnaire model for assessing the level of financial security of banks was proposed.

To fill in the questionnaire, you must alternately put a score of 0 or 1 depending on the answer to each of the 30 questions. Depending on the number of points is determined by a certain level of security:

- 25–30 points – high level of financial security of the Bank;
- 20–25 points-sufficient level of financial security of the Bank;
- 15–20 points – low level of financial security of the Bank.

If the assessment is below the critical level, it is necessary to conduct a more detailed comprehensive

analysis that will identify problem areas in the activities of the banking institution.

It should be noted that the questionnaire is formed on the basis of a list of internal and external threats as criteria

for assessing the level of financial security of banks presented in table 4 [4, p. 196].

**Table 3.** Questionnaire model for assessing the level of financial security of banks \*

No.	Criterion	Number of points per answer	
		Yes	No
1	2	3	4
1	Experience of the bank's management (Chairman and members of the Board) more than 5 years	1	0
2	Loss of key employees	0	1
3	The bank has a risk assessment department	1	0
4	Use of proven risk assessment methodologies in the bank's work	1	0
5	Diversified structure of assets and liabilities of the bank	1	0
6	Significant level of dependence on shareholders and insiders	0	1
7	Transparency of the bank's work for clients and counterparties	1	0
8	Availability of access to cheap resources	1	0
9	The bank is owned by a foreign parent company	1	0
10	Availability of long-term development strategy (from 3 years and more)	1	0
11	Loss of major customers	0	1
12	Deterioration of the Bank's financial condition	0	1
13	High-risk operations	0	1
14	Risk of changes in the business environment, for example, changes in the legal field	0	1
15	Negative impact of the external environment	0	1
16	The presence of macroeconomic crises in the country	0	1
17	Maturity balance of assets and liabilities	1	0
18	Balance of assets and liabilities by subjects	1	0
19	Increase in overdue debt	0	1
20	High level of problem loans	0	1
21	The growth of loan defaults	0	1
22	Increase in the share of high-risk assets	0	1
23	Disclosure of confidential information about the Bank	0	1
24	Low level of staff qualification	0	1
25	Low profitability (lower than the average for the banking sector and (or) the group to which the bank belongs)	0	1
26	Loss of confidence on the part of depositors (outflow of deposits from the Bank)	0	1
27	Regular failures and unstable operation of the bank's information system	0	1
28	The Bank has a plan of anti-crisis measures	1	0
29	High dependence of the bank's activities on the political situation in the country	0	1
30	Deterioration of the bank's business reputation	0	1
	Maximum points	30	

\* Created by the authors

\*\*For indicators containing a time interval analysis, the latter is taken as 12 months.

**Table 4.** Typical threats to the financial security of the bank that were taken into account in the formation of the questionnaire \*

No.	Types of external threats	Types of internal threats
1	Legislative regulation of the bank's activities	Loan portfolio quality
2	Monetary policy pursued by the Central Bank	Qualification of the bank's management
3	The variability of the external environment	Unbalanced structure of assets and liabilities
4	Crisis of confidence in the banking system	Dependence on insiders
5	Activity of competitors	Illegal actions of the personnel of the banking institution
6	Illegal actions against the bank	Inefficient activities of the bank
7	Negative macroeconomic environment	-
8	Unpredictable government policies	-

\* Created by the authors

Based on the analysis to assess the level of financial security of the Bank using quantitative methods, a modified methodological approach is developed, which is based on the method of coefficients and includes the main

banking indicators, taking into account the normative values of the indicators regulating banking activities (table 5).

**Table 5.** Indicators characterizing the efficiency of the Bank and the level of its security \*

Indicators	Calculation	Norm
Regulatory capital adequacy	Regulatory capital/ total assets and off-balance sheet instruments reduced by the amount of the respective reserves created for active operations and the amount of the loan collateral	Not less than 10%
Return on equity	Net profit/capital of the Bank	Not less than 15%
Return on assets	Net income / assets	Not less than 1,5%
The level of interest margin	Average loan interest rate-average Deposit interest rate	>5%
Liquidity (instant)	Highly liquid assets/current liabilities of the Bank	>20 %
Level of problem loans	(Problem (overdue) loans / loan portfolio)*100%	<5 %
Capital adequacy ratio	(Equity/(liability + equity)) * 100%	>10%
Financial leverage ratio	Liabilities/equity * 100%	100-300%

\*Source: [4, p. 197-199]

According to the research of existing methods of determining the level of financial security of banks [18], it is proved that they do not take into account the cost indicators of a banking institution. However, increasing the value of a bank to increase its investment attractiveness is an important task for the bank's management in a context of macroeconomic instability. The cost of the bank is a complex economic indicator that integrates the efficiency of its activity. Awareness of its importance in managing the bank is the key to the bank's financial stability, which significantly affects the level of financial security. However, the methodological principles of valuing banks on the basis of income, cost and comparative approaches in the underdeveloped financial market remain one of the least practically resolved issues, which significantly complicate the use of a cost-oriented approach in ensuring the financial security of the bank. Despite these difficulties, in the context of macroeconomic instability and intensification of banks' mergers and acquisitions, it is important to take into account the value-oriented components in measuring the integral index of financial security of banks by separating them into a separate component of monetary and monetary security.

Thus, for an objective evaluation of the level of financial security of banks proposed to use a multilevel model estimates the level of financial security of banks, which provides a comprehensive analysis of the financial condition of the Bank at the operational, tactical and strategic levels, allowing you to assess the real degree of threat to the financial security of the Bank, to identify key issues and apply measures for their elimination (fig. 1) [18]. The proposed model is based on the calculation of the integral indicator of the level of financial security of banks in the selected five functional components, namely: capital resource (0, 25), loan and investment (0, 20), security of income and expenses (0,15), currency (0,10) and money-money security Bank (0,30). By expert estimates set the weight of each group of indicators in integrated safety index (table 6).

The first component - capital and resource – is based on the analysis of the relationships between different groups of assets, liabilities and equity. The credit-investment component allows revealing opportunities and orientation of the bank in attracting financial resources; it gives an opportunity to assess the ability of the bank to fulfill its obligations to clients, creditors, investors,

shareholders and other counterparties in the analyzed periods. The component of income and expense security makes it possible to draw conclusions about the bank's profitability. The monetary component allows estimating the level of value generation by cash flows from operating, investment and financial activities.

Depending on the results obtained, the level of financial security of banks is determined by five levels:

1) optimal (0.80-1.00) - the level of financial security of the Bank, characterizing the effective functioning of the Bank;

2) sufficient (0.60-0.80) – the level of financial security of the Bank, which implies the weakening of one or more security components;

3) satisfactory (0.40-0.60) – the level of financial security of the Bank, allowing the Bank to perform its functions, but a possible tendency to reduce the level of financial security;

4) low (0.20-0.40) – the level of financial security of the Bank, which allows to perform certain functions and there is a further threat to the existence of the Bank;

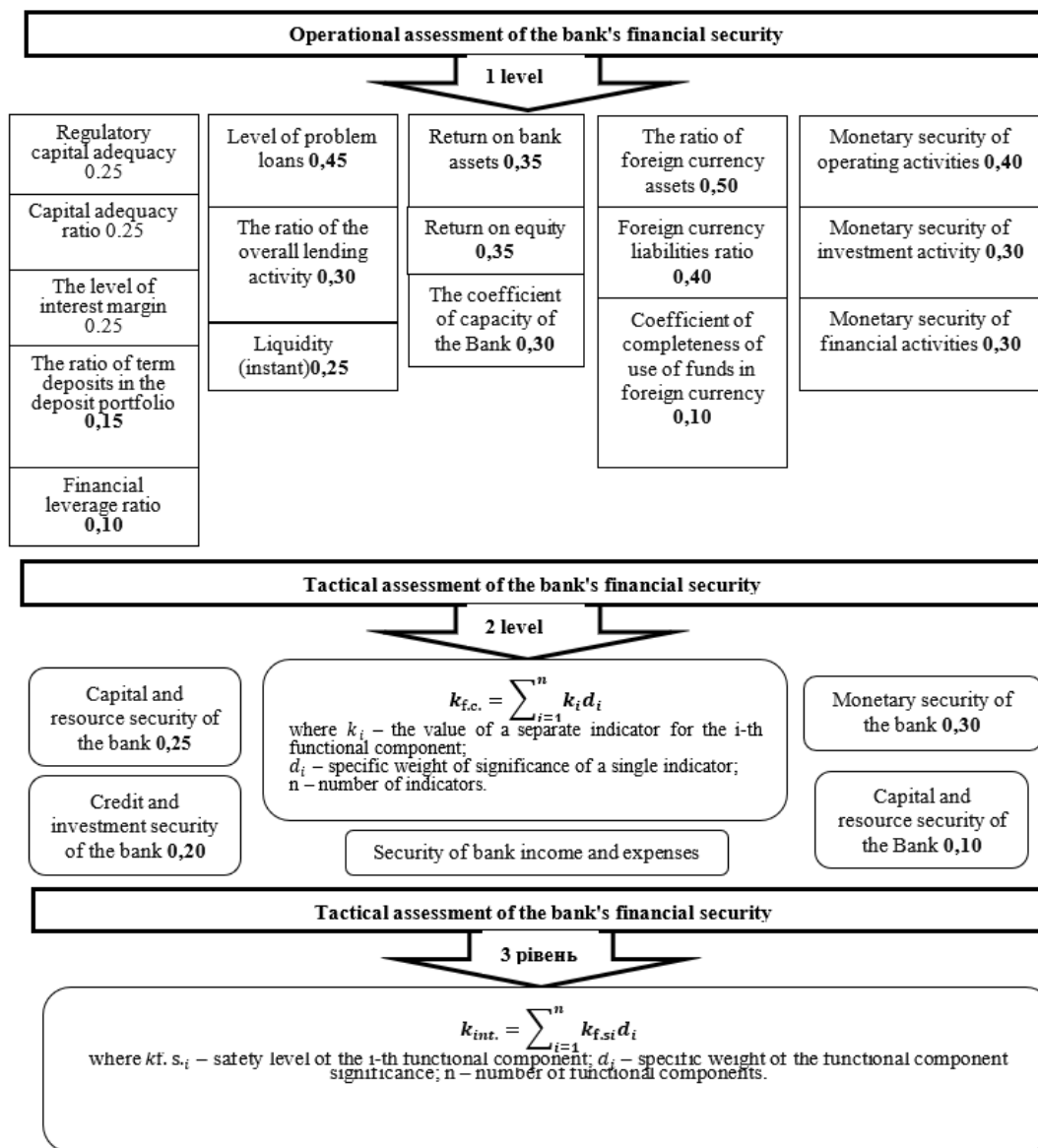
5) critical (0-0,20) – the level of financial security of the Bank, which characterizes unprofitable activities, the Bank is at the stage of bankruptcy or liquidation.

According to each level of financial security of banks, it is proposed to establish security zones of the Bank and develop cost-oriented management strategies corresponding to them:

- under optimal level of financial safety of banks, it is advisable to apply a strategy to maintain the momentum of growth, which provides for the preservation of the achieved level of security by maintaining a growth rate value. This strategy includes monitoring the rate of increase in value in order to prevent the emergence of possible threats and quickly neutralize their impact. Banks that choose this strategy are characterized by a high level of regulatory capital adequacy, capital adequacy ratio. To maintain the growth rate of value, a banking institution must maintain a high level of liquidity and return on assets;

- with a sufficient level of financial security of banks-a strategy to increase the rate of growth of value, which is aimed at increasing the growth rate of the value of the banking institution. This strategy is chosen by banks that are trying to maintain a leading position in the market, so they must have a high level of capital components (adequacy of regulatory capital, capital

adequacy ratio, return on equity) and liquidity, provided the level of interest margins is provided; that the average level of components of problem loans and



**Fig. 1.** A model for assessing the level of financial security of banks \*

\* Source: authors' development based on [18]

- with a satisfactory level of financial security for banks, a strategy to achieve the target of value, which aims to determine and achieve the desired value of a banking institution. As this strategy is aimed at achieving the target level of value, the institution needs to mobilize all available resources, which is manifested in a high level of regulatory capital adequacy, and to ensure the flexibility of the bank's activities. To quickly reorient an institution to other types of bank activity, it is necessary to achieve an average qualitative state of return on capital, liquidity, the level of bad loans and the ratio of capital adequacy;

- at low level of financial security of banks – a strategy of limited growth of value, which is aimed at ensuring the growth of value of a banking institution, which is carried out in conditions of scarce resources. Ensuring the growth of the bank's value requires an

average qualitative status of the components of capital (regulatory capital adequacy, capital adequacy ratio), return on capital, liquidity;

- at a critical level of financial security of banks – a strategy to achieve a positive increase in value, which involves determining the amount of value potential of the bank and the introduction of measures aimed at increasing the value of the bank. As this strategy is implemented by the banking institutions in crisis and in a crisis state, banks with this type of strategy are characterized by low quality of liquidity components, return on capital, high level of bad loans, low level of interest margin and average quality state of adequacy of regulatory capital and capital adequacy ratio.

According to the results of the conducted researches it can be argued that the determination of the main factors of influence on the value and security of the bank enables



to develop and implement adequate measures of influence external ones in the conditions of macroeconomic instability and to take into account the actions of instability.

**Table 6.** A set of indicators for assessing the level of financial security of commercial banks \*

Indicator name	Algorithm for calculation	Threshold value	The share of the functional component in the overall structure
<b>Capital and resource security of the bank (security of passive operations) (0,25)</b>			
Regulatory capital adequacy	Regulatory capital/ total assets and off-balance sheet instruments reduced by the amount of the respective reserves created for active operations and the amount of the loan collateral	>0,10	<b>0,25</b>
Capital adequacy ratio	(Equity/(liability + equity)) * 100%	>0,10	<b>0,25</b>
The level of interest margin	Average loan interest rate-average Deposit interest rate	>0,05	<b>0,25</b>
The ratio of term deposits in the deposit portfolio	Ratio of term deposits to total Deposit portfolio	<0,50	<b>0,15</b>
Financial leverage ratio	Liabilities/equity	0-3	<b>0,10</b>
<b>Credit and investment security of the bank (security of active operations) (0,20)</b>			
Level of problem loans	Ratio of problem loans to total loans	<0,05	<b>0,45</b>
The ratio of the overall lending activity	Loan portfolio to total assets ratio	<0,75	<b>0,30</b>
Liquidity	Highly liquid assets/current liabilities of the Bank	>0,20	<b>0,25</b>
<b>Security of income and expenses of the bank (0,15)</b>			
Return on bank assets	Net profit to Bank assets ratio	>0,01	<b>0,35</b>
Return on equity	Ratio of net profit to balance sheet capital of the Bank	>0,15	<b>0,35</b>
The coefficient of capacity of the bank	Ratio of total expenses to total income	<0,95	<b>0,30</b>
<b>Currency security (0,10)</b>			
The ratio of foreign currency assets	Ratio of foreign currency assets to total assets	<0,4	<b>0,50</b>
Foreign currency liabilities ratio	Ratio of foreign currency liabilities to total liabilities	<0,5	<b>0,40</b>
Coefficient of completeness of use of funds in foreign currency	The ratio of the volume of loans issued in foreign currency to the volume of borrowed funds in foreign currency	<0,9	<b>0,10</b>
<b>Monetary security of the bank (0,30)</b>			
Monetary security of operating activities	Ratio of the Bank's market value to operating cash flows	More than 0	<b>0,40</b>
Monetary security of investment activity	Ratio of the Bank's market value to investment cash flows	More than 0	<b>0,30</b>
Monetary security of financial activities	Ratio of the Bank's market value to financial cash flows	More than 0	<b>0,30</b>

\* Source: authors' development based on [18]

## Conclusions

Therefore, in the context of macroeconomic instability, the problem of measuring the financial security of banks becomes particularly relevant and significant. Adequate assessment of the true level of financial security of the parties depends on the timeliness and effectiveness of measures to prevent and prevent existing and potential threats to the banking system.

On the basis of a comprehensive analysis of the works of domestic and foreign scientists and practitioners on the problem of assessment and financial security of commercial banks found that still has not developed a single comprehensive model for assessing the financial security of banks. All existing models have a high level of kinship and lack consistency. Therefore, we propose a methodological approach to assessing the level of financial security of banks, based on the principles of value-based management using a system of indicators that are integrated with five functional components: capital

and resource, credit and investment, security of income and expenses, currency and monetary security of the bank. This approach makes it possible to quantify the impact of each group of indicators on the level of financial security of a banking institution, to determine its integral level and to carry out its operational, tactical and strategic assessment of the levels of financial security with the use of appropriate strategies cost-oriented management.

Thus, it is proved that with the help of an adequately selected model for assessing the financial security of banks it is possible to obtain a comprehensive assessment of the financial position of the bank and assess the degree of threat to its financial security. This will make it possible not only to prevent the occurrence of crisis situations at the initial stage, but also to apply timely methods to neutralize possible threats, as well as to implement an appropriate strategy for managing the bank's value in the conditions of macroeconomic instability.

## References

1. Hajduk, V. I., Vorokov, A. L., Hajduk, N. V. (2015), "Financial Security of Commercial Banks : Criteria and Indicators", *Scientific journal KubGAU*, No. 114 (10), available at : <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/06.pdf> (last accessed 02.08.2019).
2. Krupka, I. M. (2012), "Financial and Economic Security of Ukraine's Banking System and Perspectives of National Economy Development", *Business Inform*, No. 6, P. 168–175.
3. Andreeva, E. A. (2014), *Providing Economic Security of Russian Multidivisional Bank with Foreign Participation* : dissertation for the degree of candidate of economic sciences : 08.00.05, Moscow, 184 p.
4. Yepifanov, A. O., Plastun, O. L., Dombrodskiy, V. S. and others (2009), *Financial Security of Enterprises and Banking Institutions*: monograph, Sumy: DVNZ (State High Educational Institution) "Ukrainian Academy of Banking of the National Bank of Ukraine", 295 p.
5. Kolodizev, O. M., Shtaer, O. M. (2011), "Forming of Universal System of Bank's Economic Security Assessment", *Problems of Economics*, No. 2, P. 67–75.
6. Natocheeva, N. N. (2011), "Methodology of Providing Strategic Financial Security of Commercial Banks", *Economics. Taxes. Law*, No. 4, P. 79–88.
7. Kallaur, P. V. (2008), "System of Providing Sustainability of Banking Sector of Belarus Republic", *Money and Credit*, No. 6, P. 23–29.
8. Khachaturian, H. Yu. (2010), *Institutional Bases of Providing Economic Security of Banking System of Russian Federation under Present-day Conditions* : abstract of dissertation for the degree of candidate of economic sciences: 08.00.01, Moscow, 27 p.
9. Baranovskiy, O. I. (2006), "Banking Security: Problem of Measuring", *Economics and prognostication*, No. 1, P. 7–25.
10. Cherenkov, V. E. (2005), *Modern Directions and Mechanisms of Providing Economic Security of Banking System of Russia*: dissertation for the degree of candidate of economic sciences: 05.13.10. Moscow: Russian Academy of Public Service by President of Russian Federation, 174 p.
11. Vasylychenko, Z., Vasylychenko, I. (2006), "Theoretic Concept of Bank's Economic Security Assessment", *Banking*, No. 4, P. 36–45.
12. Riznyk, N. S. (2008), "Theoretical Approaches to Methodology Construction for Bank's Financial Security Diagnostics", *Financial System of Ukraine: Collection of Scientific Works of National University "Ostroh Academy"*, Issue 10, Part 3, P. 195–201.
13. Franchuk, V. I., Melnyk, S. I. (2012), "Scientific and Methodical Approaches to Commercial Bank Economic Security Level Assessment", *Scientific Bulletin of Lviv State University of Internal Affairs: Economic Series*, No. 1, P. 48–58.
14. Vasylychyshyn, O. B. (2016), "Analysis of Existing Models of Banks and Banking System Financial Security Assessment and Ways of Its Improvement", *Regional Economy*, No. 2, P. 156–164, available at : [http://ird.gov.ua/pe/re201602/re201602\\_156\\_VasylychyshynOB.pdf](http://ird.gov.ua/pe/re201602/re201602_156_VasylychyshynOB.pdf) (last accessed 28.07.2019).
15. Pestovska, Z. S. (2013), "Indicators of Banking Activity Financial Security: macro- and microeconomic levels", available at : <http://duan.edu.ua/uploads/finansy14-15/11137.doc> (last accessed 21.07.2019).
16. Kovalenko, V. V. (2016), "Philosophy of Banks Security in Context of Structural Imbalances in Ukrainian Economy", *Economic Forum*, No. 2, P. 256–262.
17. Tysiachna, Yu. S., Azizova, K. M., Rats, O. M. (2015), "Complex Technology of Benchmarking as an Instrument of Bank Financial Security Providing", *Actual Problems of Economy*, No. 5 (167), P. 427–437.
18. Baranovskiy, O. I., Barylyuk, M. R. (2017), "Integral Assessment of Commercial Bank Financial Security Level", *Scientific Light*, Vol. 1, No. 7, P. 34–45. available at : [http://dspace.ubs.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/716/1/baranovskiy\\_integral\\_assessment.pdf](http://dspace.ubs.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/716/1/baranovskiy_integral_assessment.pdf) (last accessed 25.07.2019).

Received 17.08.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Момот Тетяна Валеріївна** – доктор економічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, завідувач кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: tvmomot@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7397-3565>.

**Момот Татьяна Валерьевна** – доктор экономических наук, профессор, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. М. Бекетова, заведующая кафедрой финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

**Momot Tetiana** – Doctor of Sciences (Economics), Professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Head of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

**Родченко Світлана Сергіївна** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, старший викладач кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: svrodchenko@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8611-2796>.

**Родченко Светлана Сергеевна** – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. М. Бекетова, старший преподаватель кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

**Rodchenko Svetlana** – O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Senior Lecturer of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

## ОЦІНКА ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ БАНКІВ В УМОВАХ МАКРОЕКОНОМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

**Предметом** дослідження є сукупність критеріїв, показників й індикаторів оцінки стану фінансової безпеки банків та методичні підходи до її оцінки. **Метою** написання статті є систематизація теоретико-методичних положень та обґрунтування

практичних рекомендацій щодо оцінки рівня фінансової безпеки банків. Основним завданнями дослідження є вивчення та аналіз існуючих методичних підходів до оцінки рівня фінансової безпеки банків, виявлення переваг та недоліків кожної з них, модифікація на цій основі власного методичного підходу, включаючи критерії, показники, індикатори, ваги. У процесі дослідження використовувались такі методи: абстрактно-логічний аналіз – для теоретичного узагальнення й обґрунтування напрямів та результатів дослідження, системного та статистичного аналізу – для аналізу та систематизації методичних підходів до оцінки рівня фінансової безпеки банків, метод експертного аналізу – для встановлення коефіцієнтів значущості параметрів у запропонованих моделях, графічний метод – для наочного зображення і схематичного представлення теоретичних і практичних результатів дослідження. Відповідно до кожного рівня фінансової безпеки банків запропоновано зони безпеки банку та розроблено відповідні ним стратегії вартісно-орієнтованого управління. **Результати:** вивчено існуючі методи і моделі оцінки рівня фінансової безпеки комерційних банків; визначено переваги та недоліки кожної з них; узагальнено та запропоновано власний методичний підхід до оцінки (критерії, показники, індикатори, ваги та алгоритм) в умовах макроекономічної нестабільності. **Висновки.** На основі комплексного аналізу праць вітчизняних та іноземних науковців та практиків щодо проблеми оцінювання та забезпечення фінансової безпеки комерційних банків встановлено, що досі не розроблено єдиної комплексної моделі оцінки фінансової безпеки банків. Всі існуючі моделі мають високий рівень спорідненості та не мають системності. Запропоновано систему показників оцінки фінансової безпеки, що ґрунтується на використанні вартісно-орієнтованого підходу та охоплює показники, які інтегруються за п'ятьма функціональними компонентами: капітало-ресурсної, кредитно-інвестиційної, безпеки доходів та витрат, валютної та вартісно-грошової безпеки банку. Даний підхід дає змогу кількісно оцінити вплив кожної групи показників на рівень фінансової безпеки банківської установи, визначити інтегральний її рівень та здійснити її оперативну, тактичну й стратегічну оцінку. За встановленими зонами фінансової безпеки банків запропоновано вартісно-орієнтовані стратегії управління банками в умовах макроекономічної нестабільності.

**Ключові слова:** фінансова безпека банків; індикатори; методичний підхід до оцінки фінансової безпеки банків; функціональні компоненти фінансової безпеки банків; вартісно-орієнтована стратегія управління банками.

## ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БАНКОВ В УСЛОВИЯХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

**Предметом** исследования является совокупность критериев, показателей и индикаторов оценки состояния финансовой безопасности банков и методические подходы к ее оценке. **Целью** написания статьи является систематизация теоретико-методических положений и обоснование практических рекомендаций относительно оценки уровня финансовой безопасности банков. Основными заданиями исследования являются изучение и анализ существующих методических подходов к оценке уровня финансовой безопасности банков, выявление преимуществ и недостатков каждой из них, модификация на этой основе собственного методического подхода, включая критерии, показатели, индикаторы, вес. В процессе исследования использовались такие **методы:** абстрактно-логический анализ – для теоретического обобщения и обоснования направлений и результатов исследования, системного и статистического анализа – для анализа и систематизации методических подходов к оценке уровня финансовой безопасности банков, метод экспертного анализа – для установления коэффициентов значимости параметров в предложенных моделях, графический метод – для наглядного изображения и схематического представления теоретических и практических результатов исследования. В соответствии с каждым уровнем финансовой безопасности банков предложены зоны безопасности банка и разработаны соответствующие им стратегии стоимостно-ориентированного управления. **Результаты:** изучены существующие методы и модели оценки уровня финансовой безопасности коммерческих банков; определены преимущества и недостатки каждой из них; обобщен и предложен собственный методический подход к оценке (критерии, показатели, индикаторы, вес и алгоритм) в условиях макроэкономической нестабильности. **Выводы.** На основе комплексного анализа трудов отечественных и иностранных ученых и практиков относительно проблемы оценивания и обеспечения финансовой безопасности коммерческих банков установлено, что до сих пор не разработано единственной комплексной модели оценки финансовой безопасности банков. Все существующие модели имеют высокий уровень родства и не имеют системности. Предложена система показателей оценки финансовой безопасности, которая основывается на использовании стоимостно-ориентированного подхода и охватывает показатели, которые интегрируются за пятью функциональными компонентами: капитал-ресурсной, кредитно-инвестиционной, безопасности доходов и расходов, валютной и стоимостно-денежной безопасности банка. Данный подход дает возможность количественно оценить влияние каждой группы показателей на уровень финансовой безопасности банковского учреждения, определить интегральный ее уровень и осуществить ее оперативную, тактическую и стратегическую оценку. За установленными зонами финансовой безопасности банков предложены стоимостно-ориентированные стратегии управления банками в условиях макроэкономической нестабильности.

**Ключевые слова:** финансовая безопасность банков; индикаторы; методический подход к оценке финансовой безопасности банков; функциональные компоненты финансовой безопасности банков; стоимостно-ориентированная стратегия управления банками.

### Бібліографічні опису / Bibliographic descriptions

Momot T. V., Rodchenko S. S. Оцінка фінансової безпеки банків в умовах макроекономічної нестабільності. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 34–44. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.034>.

Momot, T., Rodchenko, S (2019), "Assessment of financial security of banks in conditions of macroeconomic instability", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 34–44. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.034>.

О. А. ХІЛУХА

## ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ В КОНТЕКСТІ КОРПОРАТИВНОГО РОЗВИТКУ ПЕРСОНАЛУ

**Предметом** дослідження виступають теоретичні та методологічні основи впровадження електронного навчання **Мета** роботи – дослідження особливостей впровадження електронного навчання в контексті корпоративного розвитку персоналу В статті вирішуються наступні **завдання**: визначення спектру методів корпоративного навчання та їх основних характеристик; дослідження еволюції електронного навчання; аналізування основних переваг змішаного навчання. У статті використано такі **методи** дослідження: структурно-порівняльного аналізу для визначення основних переваг у використанні кожного методу корпоративного навчання; історико-логічного аналізу для дослідження розвитку електронного навчання; процесного аналізу для визначення основних етапів впровадження електронного навчання. Отримано наступні **результати**: на основі аналізу методів корпоративного навчання визначено особливості отримання знань та набуття практичних навиків різними методами корпоративного навчання. На прикладі аналізування навчання персоналу Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів з'ясовано, що синхронне електронне навчання, асинхронне електронне навчання, змішане навчання та самостійне навчання вимагають значного рівня застосування електронних технологій. На основі дослідження еволюції технологій в електронному навчанні, встановлено, що основними технологіями електронне навчання є Web та Wireless-технології. Проаналізовано процес впровадження електронного навчання, який передбачає взаємодію викладача, студента та адміністратора у електронному середовищі. Визначено переваги використання електронного навчання, основною з яких є можливість регулювати витрати на таке навчання залежно від потреб підприємства. **Висновки**: закономірним наслідком процесу інформатизації суспільства є стрімкий розвиток інформаційних і комунікативних технологій і широкомасштабне застосування електронного навчання в процесі корпоративного розвитку персоналу. Електронні технології доцільно використовувати на усіх рівнях управління організацією як для самостійного так і стаціонарного навчання. Впровадження електронного навчання дозволить підприємствам залучити значну кількість персоналу без відриву їх від основної діяльності, регулювати витрати на його впровадження, навчати різні цільові групи персоналу на єдиній методологічній основі.

**Ключові слова**: методи; навчання; лекції; семінари; знання; уміння; навички.

### Вступ

В умовах переходу від індустріального суспільства до суспільства знань, в якому інституції, що виробляють знання займають вагоме місце в процесі формування інновацій, корпоративне навчання персоналу стає стратегічним напрямом розвитку підприємств, посилюється роль конвергентних технологій, створених на базі знань в таких сферах, як біотехнології, комп'ютерні, нанотехнології, залучаються висококваліфіковані фахівці, розвивається модель корпоративного університету, що поєднує його класичну концепцію з стратегічними цілями підприємств. Корпоративне навчання допомагає усунути невідповідність між вимогами ринку і знаннями, навиками працівників, а інтерес у їх застосування вимагає створення ефективних програм розвитку персоналу з використанням технологічних досягнень, що актуалізує методи навчання де процес вивчення здійснюється з використанням електронного навчального середовища та електронних навчальних технологій як із взаємодією із викладачем так і асинхронно, коли студент самостійно вивчає лекційний матеріал та виконує практичні завдання в режимі он-лайн.

### Аналіз проблеми та існуючих методів

Проблематиці електронного навчання в контексті корпоративного розвитку персоналу присвячені праці Ткаченко А. М., який зазначив, що використання інформаційних і електронних технологій є

обов'язковою вимогою для ефективного професійного розвитку персоналу [1].

Пучкова С. І. зазначила, що електронне навчання дає можливість навчати велику кількість працівників одночасно без відриву від їх основної діяльності [2].

Крижанівський Є. І. сформував принципи інноваційних технологій навчання, основними з яких є поєднання традиційних та інноваційних методів підвищення кваліфікації; здійснення стажування і перепідготовки шляхом запровадження технологій індивідуального навчання, Е-навчання, візних семінарів і курсів без відриву від виробничого процесу [3].

Пархоменко В. М. визначив переваги такого навчання оскільки поряд із самостійним вивченням навчального матеріалу, студент має змогу отримати знання під час відвідування лекцій та семінарів [4].

Бугайчук К. Л. розвинув сутність дистанційного та електронного навчання та визначив, що для його успішного здійснення потрібно подавати інформацію невеличкими дозами; формулювати завдання для перевірки, контролю й оцінки засвоєння кожної порції запропонованої інформації; пред'являти відповіді для самоконтролю; давати вказівки залежно від правильності відповіді [5].

Биков В. Ю. розвинув проектний підхід у професійній підготовці управлінських кадрів та визначив, що електронне навчання передбачає індивідуалізовану асинхронну та синхронну навчальну взаємодію. Уточнив категорію навчального середовища як штучно побудованої системи, структура і складові якої сприяють досягненню цілей навчального процесу і навчальної технології як

сукупності взаємовідносин між об'єктом, суб'єктом навчання та множиною елементів навчального середовища [6].

**Метою даної статті** є визначення ключових тенденцій і досвіду успішного впровадження стратегій електронного навчання. Для досягнення мети дослідження в статті розв'язано такі завдання:

- розвинуто основні характеристики методів корпоративного навчання;

- проаналізовано участь викладача та рівень технологічної оснащеності методів корпоративного навчання;

- досліджено еволюцію електронного навчання;

- досліджено основні етапи процесу впровадження електронного навчання;

- проаналізовано основні переваги та недоліки синхронного, асинхронного електронного та змішаного навчання.

### Вирішення завдання

Аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій, присвячених дослідженню феномену корпоративного навчання, дозволяє охарактеризувати його як напрямок діяльності підприємства, що забезпечує усунення невідповідності між вимогами до персоналу, рівнем його підготовки та забезпечує формування нових компетентностей відповідно до його професійних обов'язків в інтересах підприємства і працівника.

Не всі навички можуть бути відпрацьовані на практиці з використанням мультимедійного тренінгу і не всі знання можуть бути отримані в результаті опрацювання лекційного матеріалу, проте для будь-якого процесу корпоративного навчання, незалежно від його форми, важливе дотримання таких вимог:

1) отримання знань;

2) набуття практичних навичок;

3) контролювання правильності виконання теоретичних і практичних завдань;

4) зворотний зв'язок за результатами контролю (робота над помилками).

Спектр методів, що використовується в практиці корпоративного навчання і професійного розвитку персоналу широкий і різноманітний. Зазвичай виділяють його шість основних груп.

1. Самостійне навчання (Self learning).

2. Навчання безпосередньо в процесі роботи (On-the-job program).

3. Аудиторне навчання (Classroom).

4. Синхронне навчання із використанням електронних освітніх ресурсів (EOP) (Synchronous e-learning).

5. Асинхронне навчання з використанням EOP (Asynchronous e-learning).

6. Змішане навчання з одночасним використанням декількох методів (Blended learning) [7].

Визначимо особливості отримання знань та набуття практичних навичок із використанням різних методів навчання (табл. 1)

**Таблиця 1.** Корпоративне навчання із використанням різних способів отримання знань та набуття практичних навичок

Методи корпоративного навчання	Отримання знань	Набуття практичних навичок	Контролювання правильності виконання теоретичних і практичних завдань	Зворотний зв'язок за результатами контролю
1	2	3	4	5
Самостійне навчання	Самостійне опрацювання навчальних підручників і посібників	Самостійне виконання практичних завдань	Тестування теоретичних знань персоналу та перевірка практичних навичок на робочому місці	Визначення потреби у повторному навчанні
Навчання безпосередньо в процесі роботи	Отримання знань в результаті набуття досвіду виконання професійних обов'язків	Набуття практичних навичок в результаті виконання професійних обов'язків		
Аудиторне навчання	Вивчення матеріалу передбаченого навчальною програмою із взаємодією з викладачем	Виконання практичних завдань передбачених навчальною програмою із взаємодією з викладачем		
Синхронне навчання із використанням електронних освітніх ресурсів	Вивчення матеріалу передбаченого навчальною програмою із взаємодією з викладачем в електронному середовищі в режимі он-лайн, відповідно до розкладу занять	Виконання практичних завдань передбачених навчальною програмою із взаємодією з викладачем в електронному середовищі в режимі он-лайн, відповідно до розкладу занять	Тестування теоретичних знань персоналу та перевірка практичних навичок на робочому місці	Визначення потреби у повторному навчанні

## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Асинхронне навчання з використанням електронних освітніх ресурсів	Вивчення матеріалу передбаченого навчальною програмою із вільною взаємодією із викладачем в електронному середовищі в режимі офф-лайн та он-лайн	Виконання практичних завдань передбачених навчальною програмою із вільною взаємодією із викладачем в електронному середовищі в режимі офф-лайн та он-лайн	Тестування теоретичних знань персоналу та перевірка практичних навиків на робочому місці	Тестування теоретичних знань персоналу та перевірка практичних навиків на робочому місці
Змішане навчання	Отримання знань із використанням усіх методів корпоративного навчання	Набуття практичних навиків із використанням усіх методів корпоративного навчання		

Джерело. Сформовано автором

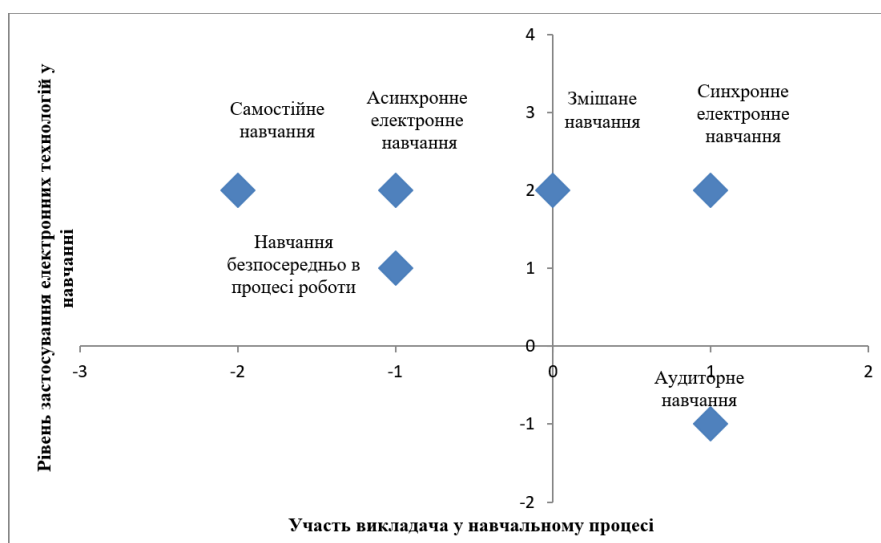
Оцінимо участь викладача та рівень застосування електронних технологій навчання кожного методу корпоративного навчання на прикладі Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів 17 фахівців, що пройшли навчання щодо додержання операторами ринку вимог законодавства стосовно постійно діючих процедур, що засновані на принципах системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках у 2017 році у м. Нововолинську експертним

методом за бальною системою. Участь викладача у навчальному процесі оцінимо за шкалою [-2; 2], -2 – мінімальна участь, а 2 – максимальна участь. Рівень технологічної оснащеності навчання оцінимо за шкалою [-4; 4], де -4 присвоюємо корпоративному методу навчання, де не використовуються електронні технології, а 4 – корпоративному методу із застосуванням електронних технологій (табл. 2, рис. 1) [0].

**Таблиця 2.** Аналізування участі викладача та рівня технологічної оснащеності методів корпоративного навчання на прикладі Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів

Методи корпоративного навчання	Участь викладача у навчальному процесі	Рівень технологічної оснащеності навчання
Самостійне навчання	-2	2
Навчання безпосередньо в процесі роботи	-1	1
Аудиторне навчання	1	-1
Синхронне навчання із використанням електронних освітніх ресурсів	1	2
Асинхронне навчання із використанням електронних освітніх ресурсів	-1	2
Змішане навчання з одночасним використанням декількох методів	0	2

Джерело. Сформовано автором, на основі [8].



**Рис. 1.** Аналізування участі викладача та рівня технологічної оснащеності методів корпоративного навчання на прикладі Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів

Джерело. Сформовано автором, на основі [8].

На основі аналізу даних табл. 2 та рис. 2 можемо зробити висновок, що синхронне електронне навчання та аудиторне навчання вимагають значної участі викладача у процесі його здійснення. Аудиторне навчання вимагає незначного рівня технологічної оснащеності (1;-1). Синхронне електронне навчання, асинхронне електронне навчання, змішане навчання та самостійне навчання вимагають значного рівня застосування електронних технологій у навчанні, тоді як навчання безпосередньо в процесі роботи вимагає помірною їх застосування (-2;1).

До самостійного навчання відносяться види навчальних занять, які не потребують безпосередньої присутності викладача та реалізуються персоналом компанії в індивідуальному режимі. Крім традиційних носіїв інформації, популярності набирають аудіо і відео-тренінги, мультимедійні програми навчання і тренінги.

Самостійне навчання має ряд переваг, таких як: низька вартість, свобода вибору місця і часу проведення навчання, наявність широкого асортименту паперових та електронних носіїв інформації, додатків. У разі використання таких методів персоналу потрібна не лише мотивація отримання знань, а й контролювання рівня засвоєння нових знань, рівень ефективності методів самостійного навчання, також залежить від того, хто і з якою метою їх використовує. Важливим моментом якості самостійного навчання є також якість сприйняття, засвоєння і запам'ятовування інформації.

Навчання на робочому місці є не лише найбільш доступним методом розвитку персоналу, а й найефективнішим, оскільки високий професійний рівень досягається поступово, а курси підвищення кваліфікації дають знання лише в окремих сферах. Важливішим є навчання в процесі професійної діяльності, коли працівник вчиться безпосередньо на практиці та виконує поставлені завдання. Тобто навчання на робочому місці підвищує рівень компетентності працівника без відриву від його професійної діяльності через безперервну практику і взаємодію з більш досвідченими наставниками.

Навчати працівника на робочому місці може або керівник, або більш досвідчені колеги. Цільовою аудиторією навчання на робочому місці є практично всі категорії персоналу: нові працівники в період адаптування до нового робочого місця; працівники компанії, які отримують знання і навички в новій для себе сфері. При цьому одними з найважливіших факторів успіху навчання на робочому місці є послідовність і системність. Тільки в цьому випадку можна досягнути позитивних результатів від процесу навчання у вигляді підвищення професійного рівня працівників.

Дослідження учених Віддета і Холіфорда [9] базується на навчанні на досвіді, яке складається з чотирьох етапів. Перший етап – отримання досвіду. На цьому етапі інструктори повинні надати працівнику, що навчається можливість для отримання досвіду. Другим етапом є осмислення досвіду, працівники яких навчають повинні осмислити подію.

Необхідно спонукати працівника, якого навчають до обмірковування того, що сталося, роздумів про те, як іншими способами можна було діяти в ситуації, порівнянні даної ситуації з іншими. Третій етап – висновки з досвіду. Осмислення досвіду є необхідним для того щоб зробити висновки і прийти до правильного рішення. Після формування правильних висновків, працівник повинен скласти план дій у разі виникнення подібної ситуації.

До аудиторного навчання відносяться методи такі як, лекції; семінари; конференції; форуми; тренінги; групові дискусії; ділові ігри тощо. У практиці багатьох компаній саме ці види навчання є найпоширенішим.

Для проведення лекцій, семінарів, круглих столів керівництво компаній запрошує вчених, кваліфікованих фахівців та зовнішніх викладачів. Найбільш широким попитом користуються спеціалізовані програми навчання і розвитку персоналу.

Перевагами традиційного навчання є робота в групі, що підвищує мотивацію тих хто навчається, в процесі занять персонал не тільки отримує інформацію від викладача, але й обмінюється досвідом і знаннями з іншими учасниками, взаємне комунікування дозволяє відпрацювати практичні навички та отримати зворотній зв'язок від викладача. За свідченням багатьох фахівців в сфері корпоративного навчання і підвищення кваліфікації персоналу методи традиційного навчання є одними з найбільш ефективних. Проте для цього необхідно дотримуватися таких умов: можливості зібрати персонал компанії для навчання в одному місці; наявність у персоналу компанії часу на навчання; проведення його компетентним викладачем.

Для великих корпоративних підприємств, використання традиційних методів навчання є проблематичним, що пов'язано з потребою значної матеріально-технічної основи для забезпечення гідних умов навчання та важливістю не порушувати принцип безперервності виробничого процесу, що вимагає впровадження в процес навчання персоналу методів електронного навчання.

Проблемою впровадження електронного навчання є дефіцит готових електронних курсів, а також витрати на створення електронного середовища та підтримку процесу навчання.

В Оксфордському словнику англійської мови електронне навчання визначено як навчання, що здійснюється у електронному середовищі, переважно із застосуванням інтернет-технологій [10].

Електронне навчання бере свій початок від навчання на базі ПК, яке здійснювалося з використанням автономного програмного забезпечення, CD-ROM або аналогічних технологій та було доступним з середини 1980-х років. Сьогодні таке навчання переважно використовує Web-технології та Wireless-технології (рис. 2).

На основі дослідження потреб ринку менеджер дає завдання адміністратору програмного

забезпечення створити та адаптувати електронне середовище для потреб підприємства (рис. 3).

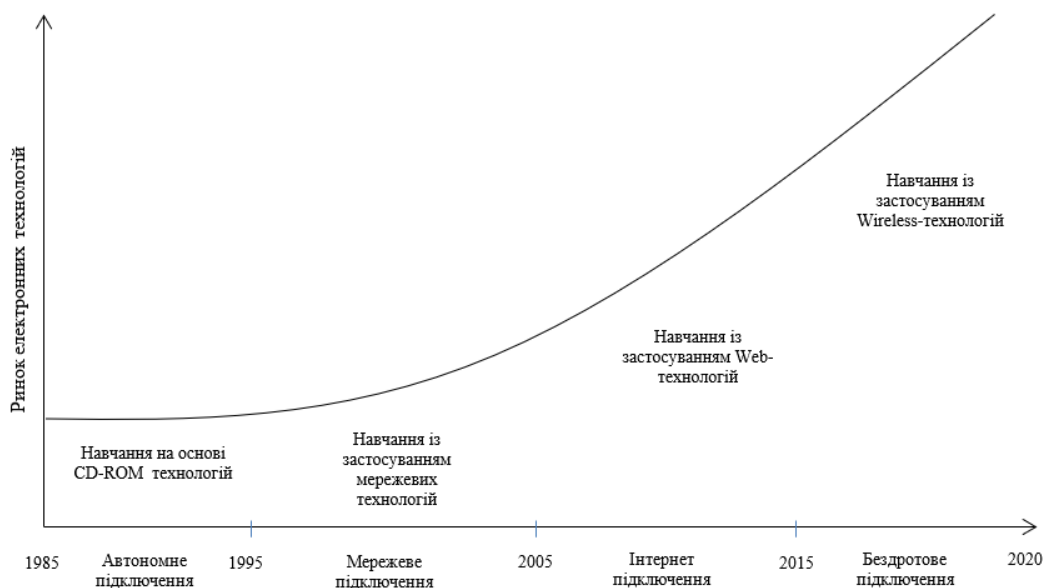


Рис. 2. Еволюція технології в електронному навчанні

Джерело. Сформовано автором на основі [6]

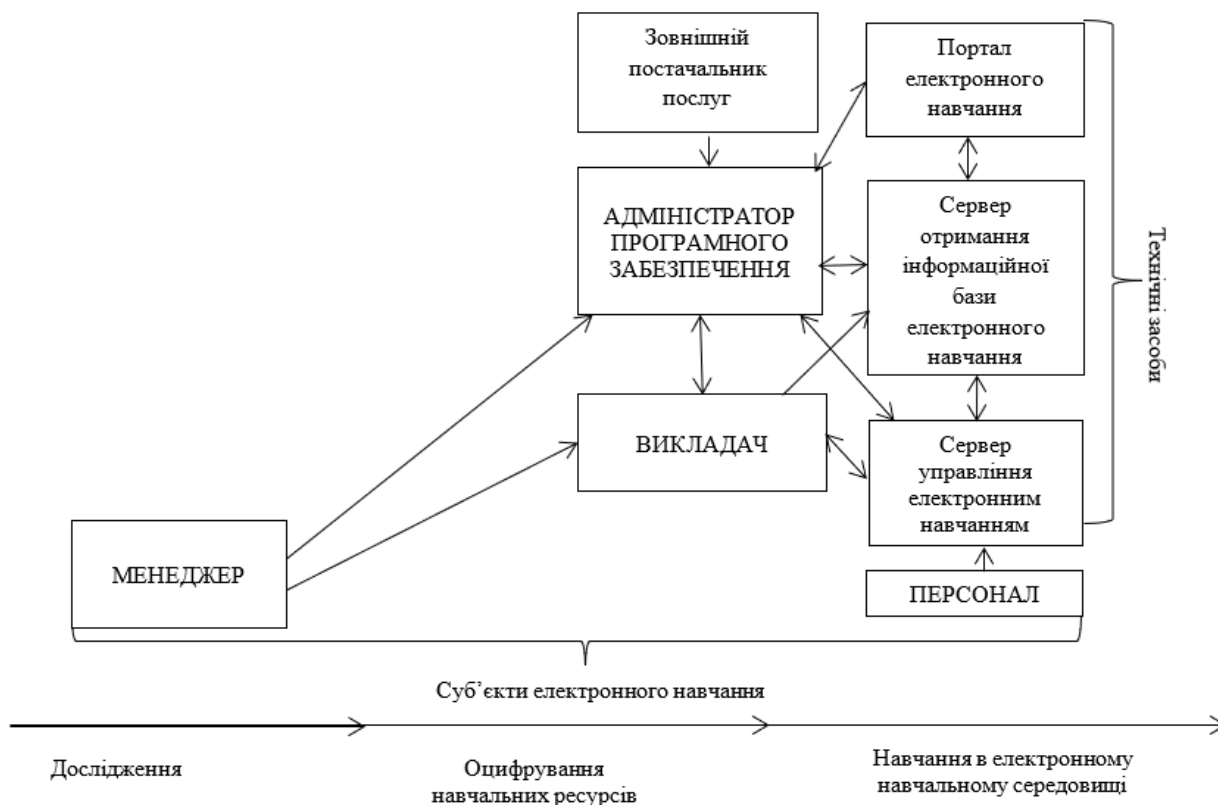


Рис. 3. Процес впровадження електронного навчання

Джерело. Сформовано автором

На етапі оцифрування знань викладач наповнює електронне середовище навчальним матеріалом, що включає лекційний матеріал, практичні завдання, тести тощо, створює контент для взаємодії із студентами через форуми, чати тощо. На етапі навчання відбувається взаємодія викладача, який управляє навчальним контентом, студента, який

виконує завдання, визначені навчальним курсом, і адміністратора навчального середовища, який здійснює адміністративну підтримку процесу електронного навчання.

Основними вимогами застосування e-learning є:  
- комп'ютерна грамотність викладачів і тих, хто навчається;



- розуміння особливостей використання середовища електронного навчання;

- формування електронних носіїв інформації;

- використання сучасних інформаційних технологій, для забезпечення ефективної взаємодії всіх учасників процесу навчання;

- формування та удосконалення наповнення вмісту електронного навчального середовища [0].

Електронне навчання поділяють на:

- електронне навчання із застосуванням синхронного програмне забезпечення, де персонал взаємодіє з викладачем в режимі он-лайн відповідно до розкладу занять. Електронне навчання називають "змішаним навчанням", якщо його синхронізують з традиційними методами, що базуються на аудиторному навчанні або коучингу.

- електронне навчання із застосуванням асинхронного програмне забезпечення (індивідуальні / самостійні) програми, де персонал самостійно виконує завдання у своєму власному ритмі та взаємодіє з викладачем в режимі оф-лайн та он-лайн за допомогою електронної пошти, чату, форуму вікі.

Синхронне електронне навчання є аналогом традиційної форми проведення занять за розкладом, але взаємодія учасників процесу відбувається в інформаційно-комунікативному середовищі на основі мережі Інтернет. Обов'язковим елементом синхронного електронного навчання є засоби моніторингу та контролю процесу навчання, що дозволяють забезпечити високий рівень засвоєння матеріалу персоналом.

При синхронному виконанні завдань персонал компанії може отримувати нові знання одночасно від керівника і викладача. Великі компанії часто проводять заняття з використанням відео- або конференц-зв'язку. При цьому сам процес навчання персоналу в Віртуальних класах та в робочих групах може бути синхронним (чат) або асинхронним (форум, вікі).

До позитивних факторів використання цих методів відноситься масовість навчання, можливість охопити віддалені філії компанії, а також "живе" комунікування, яке дозволяє подолати "синдром самотнього студента". Однак використання цих методів має ряд недоліків. Так, зокрема, їх використання ставить високі вимоги до технічної оснащеності, наявності комп'ютеризованих робочих місць, а також відрив від виробництва персоналу компанії в процесі корпоративного навчання. Тому їх використання можливе для обмеженої кількості персоналу, наприклад, топ-менеджерів або кадрового резерву.

В останні роки все більшої популярності набувають методи асинхронного навчання з використанням електронних освітніх ресурсів. Організація навчання за допомогою використання таких методів представлена різними інформаційно-освітніми порталами; системам навчання LMS Learning Management System (система управління навчанням) і LCMS Learning Content Management System (система управління навчальним контентом),

мережевими мультимедійними навчальними програмами з комп'ютеризованими системами оцінки рівня знань персоналу.

Основними перевагами асинхронного навчання є вільний вибір місця і часу навчання; масове навчання персоналу в стислі терміни; значне скорочення фінансових витрат у порівнянні з аудиторними заняттями, ефективний контроль рівня знань персоналу.

Основними недоліками електронного навчання є великі фінансові вкладення на етапі впровадження, незначне мотивування персоналу компанії, необхідність освоювати інтернет і комп'ютерні технології та нове програмне забезпечення, а також невеликий асортимент готових курсів, тому електронні курси, що відображають специфіку конкретної компанії, замовляють або формують самостійно.

На нашу думку, найефективнішим методом корпоративного навчання є змішане навчання (blended-learning), що полягає в оптимальному поєднанні електронного, традиційного і інтерактивного навчання, що забезпечить його максимальну ефективність за мінімального рівня витрат, наприклад електронний курс навчання, що поєднується з традиційними лекціями і діловими іграми, залучає персонал в процес "живої" взаємодії між собою і мотивує його до саморозвитку.

Отже, Перевагами використання методів змішаного навчання є :

- можливість комплексного використання традиційних і нових методів навчання персоналу;

- підвищення рівня мотивації персоналу компанії за рахунок впровадження різних форм і методів навчання [0];

- регулювання витрат на корпоративне навчання, що дозволяє кожній організації вибирати "економічні" способи розвитку персоналу, або ж більш витратні варіанти (для підвищення його результативності);

- скорочення годин на традиційну складову навчання, що зменшує час відволікання персоналу компанії від - виконання виробничих завдань;

- можливість навчання різних цільових груп персоналу на єдиній методологічній основі [0].

## Висновки

Науковою новизною дослідження є визначення особливостей отримання знань та набуття практичних навиків різними методами корпоративного навчання. Виявлено, що синхронне навчання із використанням електронних освітніх ресурсів передбачає вивчення матеріалу передбаченого навчальною програмою із взаємодією з викладачем в електронному середовищі в режимі он-лайн, відповідно до розкладу занять, а персонал, що навчається із використанням методів асинхронного навчання виконує практичні завдання передбачені навчальною програмою із вільною взаємодією із викладачем в електронному середовищі в режимі офф-лайн та он-лайн.

На прикладі аналізування навчання персоналу Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів з'ясовано, що синхронне електронне навчання та аудиторне навчання вимагають значної участі викладача у процесі його здійснення, а синхронне електронне навчання, асинхронне електронне навчання, змішане навчання та самостійне навчання вимагають значного рівня застосування електронних технологій.

Досліджено еволюцію технологій в електронному навчанні, встановлено, що раніше електронне навчання використовувало автономне програмне забезпечення з використанням CD-ROM технологій, тепер таке навчання використовує Web та Wireless-технології.

Проаналізовано процес впровадження електронного навчання, який передбачає, що на етапі дослідження, менеджер на основі аналізу потреб ринку здійснює пошук викладача, який наповнить електронне середовище навчальним матеріалом та створить контент для взаємодії із студентами та

управлятиме навчальним процесом і адміністратора навчального середовища, який створить і адаптує електронне середовище до потреб підприємства та здійснить адміністративну підтримку процесу електронного навчання.

Отже, кожен з розглянутих нами методів корпоративного навчання персоналу має свої переваги та недоліки і вимагає використання електронних технологій. Їх необхідно розглядати в розрізі окремої компанії і її персоналу. Більше того, для розв'язання конкретного завдання потрібна індивідуальна сукупність методів навчання, яка в результаті їх оптимального поєднання дозволить компанії забезпечити безперервний розвиток персоналу.

Важливо, щоб обрані методи навчання відповідали плану підприємства і використовувалися системно. Оскільки навчання і розвиток персоналу – не самоціль, а складову частину стратегії корпоративного підприємства, яка дозволяє забезпечити організації конкурентоспроможність на міжнародних ринках.

### Список літератури

1. Ткаченко А. М. Професійний розвиток персоналу – нагальне завдання сьогодення. *Економічний вісник Донбасу*. 2014. № 1. С. 194–197.
2. Пучкова С. І. Інновації у практиці управління персоналом на сучасних підприємствах. *Вісник соціально-економічних досліджень: зб. наук. пр. ред. М. І. Зверяков*. 2008. Вип. 34. С. 140–147.
3. Крижанівський Є. І., Андібур А. П., Данилюк-Черних І. М., Петренко В. П. Організація безперервної освіти персоналу нафтогазової галузі України – головна умова збереження і нарощування її конкурентоздатності. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 4. С. 3–8.
4. Пархоменко В. М. Розроблення програмного забезпечення системи підвищення кваліфікації персоналу митних органів України за комбінованою формою навчання (традиційна і дистанційна). *Вісник Академії митної служби України. Сер.: Економіка*. 2010. № 2. С. 52–57.
5. Бугайчук К. Л. Дистанційне та електронне навчання: сутність, особливості, співвідношення. *Вісник післядипломної освіти*. 2014. № 10. С. 17–27.
6. Биков В. Ю. Проектний підхід і дистанційне навчання у професійній підготовці управлінських кадрів. Кримські педагогічні читання : Матеріали Міжнародної наукової конференції. 2001. С. 30–50.
7. Баніт О. В. Корпоративне навчання як інноваційна технологія у системі внутрішньофірмової підготовки персоналу. *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2014. Т. 1, № 12. С. 94–98.
8. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів : веб-сайт. URL: <http://www.consumer.gov.ua/News/> (дата звернення: 20.04.2019).
9. Whiddett S., Hollyforde S. A practical guide to competencies: how to enhance individual and organizational performance. В. : London CIPD, 2003. 764 p.
10. Oxford English Dictionary: веб-сайт. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/> (дата звернення: 20.04.2019).
11. Кузьмін О. Є., Колодійчук А. В. Методологічні аспекти формування мотиваційних основ в управлінні персоналом. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Т. 21. № 2. С. 313–319.
12. Khilukha O., Levchuk A., Maksymchuk A. Corporate Culture: Technology of its Formation. *Economic journal of Lesia Ukrainka Eastern European National University*. 2017. Т. 3, № 11. С. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.29038/2411-4014-2017-03-47-52>.
13. Ліпич Л. Г., Пустьольга Л. С. Генезис розвитку теорій мотивації праці. *Science*. 2010. № 1. С. 17–19.
14. Мельник О. Г., Бодарецька О. Н. Типологія технологій мотивації персоналу машинобудівних підприємств. *Проблеми економіки*. 2015. № 3. С. 143–148.
15. Нижник В. М., Полінкевич О. М. Методи оцінки впливу факторів зовнішнього середовища на бізнес-процеси промислових підприємств. *Економічні науки. Сер.: Економіка та менеджмент*. 2012. № 9 (2). С. 334–345.
16. Малеева Ю. А., Персіянова О. Ю., Косенко В. В. Інформаційне та програмне забезпечення менеджера з персоналу ІТ – компанії. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2018. № 1 (3). С. 22–32. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.022>.

### References

1. Tkachenko, A. M. (2014), "Professional development of employees as nowadays urgent task", *Economic Bulletin Donbass*, No. 1, P. 194–197.
2. Puchkova, S. I. (2008), "Innovations in the practice of employees management at modern companies", *Bulletin of Social and Economic Research: Sb. sciences ed. ed. M.I. Zveryakov*, No. 34, P. 140–147.
3. Kryzhanivsky, E. I., Andybur, A. P., Danylyuk-Chernykh, I. M. & Petrenko, V. P. (2014), "Continuous education of the oil and gas industry employees in Ukraine as a main condition to maintain and increase its competitiveness", *The oil and gas industry of Ukraine*, No. 4, P. 3–8.

4. Parkhomenko, V. M. (2010), "Development the software system for improving the employees qualification of Ukraine Customs Service with blended learning methods (traditional and distance)", *Bulletin of the Academy of Customs Service of Ukraine. Series: Economics*, No. 2, P. 52–57.
5. Bugaychuk, K. L. (2014), "Distance and e-learning: the essence, features, relations", *Bulletin of Postgraduate Education*, No. 10, P. 17–27.
6. Bykov, V. Yu. (2001), "Project approach and distance learning in the manager professional training", *Crimean Pedagogical Readings: Materials of the International Scientific Conference*, P. 30–50.
7. Banit, O. V. (2014), "Corporate training as an innovative technology in the system of company training of employees", *Pedagogical innovations: ideas, realities, perspectives*, No. 1 (12), P. 94–98.
8. State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection, available at : <http://www.consumer.gov.ua/News/>
9. Whiddett, S., Hollyforde, S. (2003), *A practical guide to competencies: how to enhance individual and organisational performance*, London : CIPD Publishing, 764 p.
10. Oxford English Dictionary, available at : <https://en.oxforddictionaries.com/>
11. Kuzmin, O. Ye., Kolodiychuk, A. V. (2011), "The methodology of motivation in the management of employees", *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, No. 21 (2), P. 313–319.
12. Khilukha, O., Levchuk, A., Maksymchuk, A. (2017), "Corporate Culture: Technology of its Formation", *Economic journal of Lesia Ukrainka Eastern European National University*, No. 3 (11), P. 47–52. DOI: <https://doi.org/10.29038/2411-4014-2017-03-47-52>.
13. Lypych, L. G., Pustyugha, L. S. (2010), "The genesis of the development of theories of labor motivation", *Science*, No. 1, P. 17–19.
14. Melnik, O. G., Bodaretskaya, O. N. (2015), "Types of technologies of the employee's motivation in machine-building enterprises", *Problems of Economics*, No. 3, P. 143–148.
15. Nizhnik, V. M., Polinkevich, O. M. (2012), "Methods of estimating the influence of factors of the environment on business processes of industrial enterprises", *Economical sciences. Ser.: Economist management*, No. 9 (2), P. 334–345.
16. Malieieva, J., Persiyanova E., Kosenko V. (2018), "Information and software support of the hr manager of an IT-company", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (3), P. 22–32. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.022>.

Надійшла (Received) 26.07.2019

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Хилуха Оксана Анатоліївна** – кандидат економічних наук, доцент, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, доцент кафедри економіки, безпеки та інноваційної діяльності підприємства, Луцьк, Україна; e-mail: [oksanakhilukha@gmail.com](mailto:oksanakhilukha@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1228-7171>.

**Хилуха Оксана Анатольевна** – кандидат экономических наук, доцент, Восточноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, доцент кафедри економіки, безпеки та інноваційної діяльності підприємства, Луцьк, Україна.

**Khilukha Oksana** – PhD (Economics Sciences), Associate Professor, Lesia Ukrainka Eastern European National University, Associate Professor of the Department of Economics, Security and Innovation, Lutsk, Ukraine.

## ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ КОРПОРАТИВНОГО РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА

**Предметом** исследования в статье являются теоретические положения внедрения электронного обучения. **Цель** работы – исследование особенностей внедрения электронного обучения в контексте корпоративного развития персонала. В статье разрешаются следующие **задачи**: определено спектр методов корпоративного обучения и их основные характеристики; исследовано эволюции электронного обучения; установлено основные преимущества смешанного обучения. Получены следующие **результаты**: на основе анализа методов корпоративного обучения определены особенности получения знаний и приобретения практических навыков. На примере анализа обучения персонала Государственной службы Украины по вопросам безопасности пищевых продуктов и защиты потребителей установлено, что синхронное электронное обучение, асинхронное электронное обучение, смешанное обучение и самостоятельное обучение требуют значительного уровня применения электронных технологий. На основе исследования эволюции технологий в электронном обучении, установлено, что основными технологиями электронное обучение является Web и Wireless-технологии. Проанализирован процесс внедрения электронного обучения, который предусматривает взаимодействие преподавателя, студента и администратора в электронной среде. Определены преимущества использования электронного обучения, основным из которых является возможность регулировать затраты на такое обучение в зависимости от потребностей предприятия. **Выводы**: Закономерностью процесса информатизации общества является стремительное развитие информационных и коммуникационных технологий и широкомасштабное применение электронного обучения в процессе корпоративного развития персонала. Электронные технологии целесообразно использовать на всех уровнях управления организацией как для самостоятельного, так и для стационарного обучения. Внедрение электронного обучения позволит предприятиям привлечь значительное количество персонала без отрыва их от основной деятельности, регулировать затраты на его внедрение, обучать разные целевые группы персонала на единой методологической основе.

**Ключевые слова**: методы; обучение; лекции; семинары; знания; умения; навыки.

---

## FEATURES OF IMPLEMENTATION OF E-LEARNING IN THE CONTEXT OF CORPORATE DEVELOPMENT OF PERSONNEL

The **subject** of the study is theoretical and methodological foundations of the introduction of e-learning. The **purpose** of the work is to study the peculiarities of implementing e-learning in the context of corporate development. The following **tasks** are solved in the article: definition of the spectrum of corporate training methods and their main characteristics; study of the evolution of e-learning; analysis of the main benefits of mixed learning. The article uses the following research methods: structural-comparative analysis to determine the main advantages of using each method of corporate learning; historical-logical analysis for the study of e-learning development; process analysis to determine the main stages of the implementation of e-learning. The following **results** were obtained: based on the analysis of corporate learning methods, the peculiarities of obtaining knowledge and acquiring practical skills by various methods of corporate learning were determined. On the example of the analysis of the training of the personnel of the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection, it has been found that synchronous e-learning, asynchronous e-learning, mixed learning and self-study require a significant level of application of electronic technologies. Based on the study of the evolution of technology in e-learning, it has been established that the main technologies of e-learning are Web and Wireless technologies. The process of implementation of e-learning, that involves the interaction of the teacher, student and administrator in the electronic environment, is analyzed. The advantages of using e-learning are determined, the main of which is the ability to adjust the costs of such training depending on the needs of the enterprise. **Conclusions:** The natural consequence of the information society process is the rapid development of information and communication technologies and the widespread use of e-learning in the process of corporate development of personnel. It is expedient to use electronic technologies at all levels of management of the organization for both self-study and stationary training. The introduction of e-learning will allow enterprises to attract a significant number of staff without leaving their main activity, to regulate the costs of its implementation, to train different target groups of staff on a single methodological basis.

**Keywords:** methods; teaching; lectures; seminars; knowledge; abilities; skills.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Хілуха О. А. Особливості впровадження електронного навчання в контексті корпоративного розвитку персоналу. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.044>.

Khilukha, O. (2019), "Features of implementation of e-learning in the context of corporate development of personnel", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.044>.

---

Н. О. Чех, В. В. Панов, В. Л. Шпілько, К. С. Савенко

## ПОНЯТТЯ РЕГУЛЯТОРНОГО КОМПЛАЄНСУ: ЗНАЧЕННЯ ТА МІСЦЕ В СИСТЕМІ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА (НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ)

В умовах нестабільного економічного середовища та нормативно-правового поля головним завданням менеджменту підприємств стає пристосування до мінливих зовнішніх умов та зменшення прояву негативних факторів в їх діяльності. Динамічність вітчизняного законодавства та значний тиск регулюючих та контролюючих органів створюють необхідність впровадження системи регуляторного комплаєнсу, що дозволить забезпечити відповідність регуляторним вимогам, що ставляться перед підприємствами усіх типів та форм власності. **Предметом** дослідження у цій роботі є особливості діяльності підприємств водопостачання та водовідведення в частині дотримання відповідності нормам вітчизняного законодавства. Підприємства цієї галузі мають особливий статус: з однієї сторони як комунальних підприємств, діяльність яких регулюється органами місцевого самоврядування та державою, а з другої як підприємств, що є суб'єктами природних монополій, для них характерні певні особливості при забезпеченні їх фінансово-економічної безпеки, особливо в частині відповідності законодавчим вимогам. **Метою** статті є визначення особливостей регуляторного комплаєнсу та розробка концептуальних основ системи регуляторного комплаєнсу на прикладі підприємств водопостачання та водовідведення, діяльність яких в значній мірі регулюється нормативно-правовими актами. **Завданням** цього дослідження є розробка авторського підходу до розуміння концепції регуляторного комплаєнсу та комплаєнс-ризиків та розробка рекомендацій щодо формування системи регуляторного комплаєнсу підприємства. Використовуючи загальні логічно-аналітичні методи, ця стаття досліджує природу регуляторного комплаєнсу та особливостей регуляторних вимог до діяльності підприємств водопостачання та водовідведення. У **результаті** авторами приведено авторське розуміння цього терміну. Також розроблено концептуальну схему регуляторного комплаєнсу на підприємстві. Зроблено **висновки** щодо необхідності виділення регуляторного комплаєнсу як важливого елементу стратегії підприємства та складової його економічної безпеки.

**Ключові слова:** комплаєнс; регуляторний комплаєнс; комплаєнс-ризик; економічна безпека; ідентифікація ризиків; підприємства водопостачання та водовідведення.

### Вступ

Кожного дня підприємства відчувають посилений тиск з боку регуляторних та контролюючих органів та в цілому мінливого регуляторного середовища. Велика кількість нормативно-правових актів та документів, що регулюють господарські відносини, та динамічність змін законодавства, якого слід дотримуватись, змушують підприємства приділяти більшу увагу питанням відповідності. Це пов'язано з тим, що результатом недотримання можуть бути штрафи, репутаційні ризики, зниження ринкової ціни акцій, втрата клієнтів чи ліцензії, і як наслідок зниження рівня економічної безпеки та ефективності діяльності підприємства.

Особливо це стосується підприємств водопостачання та водовідведення, діяльність яких регулюється органами місцевого самоврядування та державою, та які є суб'єктами природних монополій. Держава визначає порядок ліцензування їх господарської діяльності та контролює дотримання ліцензійним умовам, встановлює тарифи на послуги та індивідуальні технологічні нормативи, здійснює контроль за якістю послуг, цільовим використанням коштів та ін.

Відповідно для підприємств водопостачання та водовідведення регуляторний комплаєнс стає важливою складовою забезпечення їх економічної безпеки. Дане поняття досить поширене в розвинутих країнах Європи та в США. Дослідження потребують особливості регуляторного комплаєнсу в українських реаліях.

### Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Категорія "комплаєнсу" відносно нова для української наукової думки, однак даному питанню присвячені роботи ряду вчених, таких як: А. Гаврікова, І. Пальцун, Ч. Ахуньянова, Н. Єрмакова, А. Дайле, Р. Манн, Е. Майер, П. Хорват, О. Шоляк та інші. Однак в роботах вітчизняних авторів комплаєнс розглядається в основному в межах протидії корупції або в фінансово-кредитній сфері. В результаті недостатньо дослідженими залишаються питання регуляторного комплаєнсу у інших сферах, які характеризуються значним регулюванням з боку держави.

**Метою** статті є визначення особливостей регуляторного комплаєнсу та розробка концептуальних основ системи регуляторного комплаєнсу на прикладі підприємств водопостачання та водовідведення, діяльність яких в значній мірі регулюється нормативно-правовими актами.

Для досягнення поставленої мети в дослідженні використовуються результати міжнародних опитувань та оглядів, проаналізовано відповідні дослідження відомих вчених, та застосовано логіко-аналітичні та візуальні загальні методи.

### Результати досліджень та їх обговорення

Усі підприємства повинні здійснювати свою діяльність у відповідності з рядом нормативно-правових актів. Їх кількість в значній мірі залежить від галузі, типу бізнесу та виду послуг. Однак є

законодавчі, вимог яких повинні дотримуватись усі підприємства без виключень. В Україні це: Конституція України, Господарський, Цивільний та Податковий кодекси України, Закон України "Про підприємництво", Закон України "Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні" та інші. Відповідність наявним регуляторним вимогам у сфері корпоративного, податкового та фінансового законодавства є ключовою для будь-якого бізнесу і її відсутність може в кінцевому результаті призвести до ліквідації організації.

Щоб забезпечити таку відповідність підприємства повинні впроваджувати в свою діяльність правила, кодекси професійної етики, стратегію та політику, які б могли гарантувати дотримання регуляторних вимог у щоденній практиці організації.

Згідно визначення Міжнародної асоціації комплаєнсу (International Compliance Association), комплаєнс - це здатність діяти у відповідності до встановлених правил, норм, вимог та внутрішніх стандартів [1].

"Положенням про організацію внутрішнього контролю в банках України" трактування поняття комплаєнс закріплено як "дотримання банком законодавчих актів, ринкових стандартів, а також стандартів та внутрішніх документів банку, у тому числі процедур". Комплаєнс-ризик при цьому визначено як "ризик юридичних санкцій, фінансових збитків або втрати репутації внаслідок невиконання банком законодавчих актів, ринкових стандартів, а також стандартів та внутрішніх документів банку" [2].

Об'єктами комплаєнс контролю найчастіше є:

- управління конфліктом інтересів, який може виникнути між організацією та клієнтами, з одного боку, та між організацією та її працівниками, з іншого боку;

- діяльність, пов'язана із запобіганням діяльності організації, яка б суперечила вимогам чинного законодавства;

- доступ та захист даних;

- моральні та етичні стандарти [3].

Ю. Бондаренко зазначає, що "Compliance – це невід'ємна частина корпоративної культури компанії, за кою виконання кожним співробітником власних посадових обов'язків, у тому числі прийняття рішень на всіх рівнях, повинно відповідати стандартам законності і сумлінності, встановленими компанією для ведення своєї діяльності" [4].

Е. Неівестна пропонує більш уточнене визначення комплаєнсу: "Комплаєнс – це сукупність вбудованих в кожний бізнес-процес організації функцій, спрямованих на дотримання внутрішніх стандартів ведення бізнесу, корпоративної етики та законодавчих і нормативних вимог з метою досягнення найвищої ефективності фінансово-господарської діяльності" [5].

С. Дж. Гріффіт наголошує, що комплаєнс – це сукупність внутрішніх процесів, за допомогою яких фірми адаптують свою поведінку до встановлених норм. Комплаєнс встановлює внутрішні механізми

попередження та виявлення порушення законодавства і регуляторних практик [6].

Однак дане дослідження зосереджує свою увагу на саме регуляторному комплаєнсі, оскільки, на думку авторів, даний напрямок комплаєнсу має особливе значення для забезпечення економічної безпеки підприємства. Саме відповідність законодавству та вимогам контролюючих органів дозволяє знизити ризики штрафів, судового переслідування та фінансових витрат. Для підприємств, які значно залежать від держави та знаходяться під постійним контролем своєї діяльності, регуляторний комплаєнс стає одним з ключових елементів стратегії організації та складовою забезпечення її економічної безпеки.

В цілому вимоги щодо регуляторного комплаєнсу можуть впливати із законодавчих та регуляторних актів (наприклад, Сарбайнс-Окслі, Базель II, НРПАА), стандартів та кодексів практики (наприклад, SCOR, ISO9000), а також договорів з діловими партнерами [7].

У цій роботі пропонується визначити регуляторний комплаєнс як відповідність організації законодавчим та регуляторним вимогам, стандартам та договірним умовам з метою запобігання ризикам юридичних санкцій, фінансових та репутаційних втрат, пов'язаних з недотриманням.

Незважаючи на складність визначення, в цілому регуляторний комплаєнс – це впевненість в тому, що організація слідує правилам своєї галузі. Тобто, уповноважений орган покладає на організацію певні обов'язки або вимагає відповідності регламентам, і їх невиконання призведе до негативних наслідків.

Актуальність регуляторного комплаєнсу – це насамперед наслідок регуляторних санкцій, що з'явилися внаслідок подій, що призвели до деяких найбільших скандалів в корпоративній історії, таких як Enron, WorldCom (США), НІН (Австралія) та Societ'e Generale (Франція).

Щоб дотримувались правил, повинні виконуватись декілька умов. Перша умова - цільова група повинна усвідомлювати правило і розуміти його. Так, відсутність чіткості в праві може призвести до ненавмисного недотримання. По-друге, цільова група повинна бути готовою виконувати правило. Економічні стимули та тиск контролюючих органів можуть мотивувати дотримання. Третя умова – цільова група здатна його виконувати. Для реалізації деяких регуляторних вимог політика організації повинна включати такі заходи, як збір необхідної інформації, технічну підтримку і відповідну систему регуляторного комплаєнс-контролю [7].

Однією з основних причин чому регуляторний комплаєнс не особливо використовується вітчизняними підприємствами є те що, він пов'язаний з затратами. Відповідність усім вимогам потребує, поперше, фінансових витрат. Якщо припустити, що за багатьох обставин на бізнес рішення щодо того, чи потрібно дотримуватись регуляторних вимог, впливає співвідношення витрат на відповідність до переваг дотримання, а ці витрати включають ймовірність виявлення порушення та штрафу, то великі витрати на

відповідність, ймовірно, знизять рівень відповідності. По-друге, приведення у відповідність до законодавства може виявитись дуже тривалим процесом, особливо якщо мова йде про зміни в технологіях чи отримання ліцензії. По-третє, регуляторний комплаєнс вимагає постійної уваги, особливо в умовах динамічності українського права. Відповідність, як і будь-які зміни законодавства, потребує постійного моніторингу, що передбачає створення посади комплаєнс-службовця (офіцера) або аутсорсинг цих функцій [8].

Вітчизняні підприємства згадують про комплаєнс тільки тоді, коли мова заходить про впровадження антикорупційної програми. Однак регуляторний комплаєнс включає дотримання вимог не тільки у цій сфері [9, 10].

Регуляторний комплаєнс передбачає дотримання юридичних вимог та зобов'язань щодо:

- діяльності організації (реєстрації, отримання дозволів, ведення бухгалтерського та податкового обліку та ін.);
- антимонопольного законодавства;
- трудового законодавства;
- боротьби з корупцією та врегулювання конфлікту інтересів;
- обробки персональних даних;
- забезпечення інформаційної та кібер безпеки;
- закупівель;
- охорони праці та пожежної безпеки;
- екологічної безпеки.

У розвинутих економіках регуляторний комплаєнс включає також вирішення стратегічних питань, таких як:

- прогнозування впливу зміни чи появи нових нормативних актів на стратегію, бізнес-модель та процеси в організації;
- визначення ролей, відповідальності та підзвітності між юридичними, комплаєнс, аудиторськими та діловими функціями;
- стимулювання змін в культурі регуляторного комплаєнсу;
- визначення та оцінка вартості відповідності та управління очікуванням ефективності;
- розробка інтегрованих комплаєнс-програм для кращого прогнозування світових тенденцій, підвищення ефективності та участі у вдосконаленні основних стратегій компанії [11].

Комплаєнс як дотримання правил історично сприймається як тягар, хоча сьогодні підприємства почали сприймати нормативно-правові акти як можливість вдосконалити свої бізнес-процеси та діяльність [12].

Загалом, схема відповідності повинна включати три взаємопов'язані, але чіткі точки зору на відповідність, а саме: коригуючі, ідентифікуючі та профілактичні.

Коригувальні заходи можуть бути вжиті з кількох причин, починаючи від введення нового регулювання, що вплине на всю організацію, до попадання організації під нагляд і ревізію контролюючого органу. Коригувальні заходи, що вживаються в

активний спосіб, вигідно позиціонують організацію серед регуляторів чи інших органів контролю.

Ідентифікуючі заходи вживаються за двома основними підходами. По-перше, це ретроспектива звітності, де традиційні аудити проводяться з метою "постфактум" виявлення шляхом ручних перевірок консультантами та / або за допомогою інструментів ІТ та бізнес-аналізу. Другий і більш сучасний підхід полягає у забезпеченні певного рівня автоматизації за допомогою автоматизованого виявлення. Основним питанням вищезазначених підходів є недостатня стійкість. Навіть з автоматизованим засобом виявлення важко кодифіковані сховища перевірок можуть швидко перерости в дуже великі масштаби, що робить надзвичайно важким підтримувати їх відповідність зміні законодавства та регуляторних вимог.

Профілактичні заходи повинні вживатись на постійній основі, вчасно передбачаючи потенційні зміни законодавства та завчасно починаючи впровадження необхідних змін в діяльність організації [13].

Мета реалізації даних заходів – запобігання комплаєнс-ризикам, тобто витратам (фінансовим, репутаційним), пов'язаним з невідповідністю. Найчастіше причини виникнення комплаєнс-ризиків на прикладі підприємств водопостачання та водовідведення – комунальних підприємств, діяльність яких регулюється органами місцевого самоврядування та державою, та які є суб'єктами природних монополій [14], наведена в табл. 1.

Розробка регуляторної комплаєнс політики дозволить забезпечити як дотримання вимог нормативно-правових актів, так і відповідність міжнародним стандартам. Вона засвідчує позицію організації щодо порушення чи ігнорування законодавчих норм та вимог.

Метою цієї політики є: створення ефективної системи управління комплаєнс-ризиками, декларація нульової толерантності до корупції, недопущення будь-яких порушень регуляторних вимог.

Існує ряд стандартних політик, які реалізують на практиці деякі напрямки комплаєнс-політики незалежно від географії та / або специфіки діяльності, а також в тій чи іншій мірі традиційно застосовуються в організаціях:

- кодекс корпоративної етики або кодекс корпоративної поведінки – (Code of Ethics) – як правило, це досить загальний документ, який зачіпає практично всі аспекти діяльності організації. У ньому йдеться про морально-етичних принципах, стандартах поведінки, пріоритети організації і обов'язки співробітників;

- політика про шахрайство (Anti-Fraud Policy) - політика протидії корпоративному шахрайству (розкрадання, що здійснюються як співробітниками компанії, так і її контрагентами) або вибудовування системи протидії корупції;

- політика протидії відмиванню доходів (Fight against Money Laundering and Terrorist Finan), отриманих злочинним шляхом, і фінансуванню

тероризму тим чи іншим чином реалізована у всіх фінансових і багатьох нефінансових організаціях розвинених і країн, що розвиваються. Вона перешкоджає проникненню злочинно нажитих доходів в легальний сектор економіки і попереджає

фінансування тероризму. На сьогоднішній день це один з найголовніших інструментів боротьби з легалізацією тінювих доходів і ґрунтується на нормах міжнародного права і рекомендаціях міжнародних груп;

**Таблиця 1.** Причини виникнення регуляторних комплаєнс-ризиків в діяльності підприємств водопостачання та водовідведення

Види порушень	Причини виникнення ризиків
1. Порушення загальних вимог законодавства	Відсутність дозволу на спеціальне водокористування або дозволу на користування надрами
	Відсутність ліцензії на господарську діяльність з централізованого водопостачання та водовідведення
	Порушення антимонопольного законодавства
	Неповідомлення про зміну реквізитів (місцезнаходження) підприємства чи його філії та зміни в матеріально-технічній базі
	Невідповідність (повна або часткова) продукту чи процесу вимогам законодавства
2. Порушення нормативних вимог контролюючих органів	Порушення порядку ведення бухгалтерського обліку, встановленого для підприємств, що провадять господарську діяльність з централізованого водопостачання та водовідведення
	Порушення відповідності фактичних витрат затвердженій контролюючим органом структурі тарифів
	Ненадання, несвоєчасне надання або надання недостовірної звітності контролюючим органам
3. Порушення ліцензійних умов щодо ведення господарської діяльності з централізованого водопостачання та водовідведення	Відсутність свідоцтва про уповноваження (атестацію) лабораторії, яка проводить лабораторно-виробничий контроль, або договори на проведення аналогічних робіт з атестованими лабораторіями інших організацій, у тому числі для водопостачання та водовідведення.
	Відсутність державного акту на право постійного користування або на право власності на землю
	Відсутність, невиконання або невідповідне використання коштів інвестиційної програми
	Відсутність укладених договорів із усіма споживачами про надання послуг водопостачання та водовідведення
	Порушення нормативів питного водопостачання та державних стандартів у сфері питної води та питного водопостачання;
	Порушення договірних умов скидання стічних вод
4. Порушення технічних вимог, встановлених законодавством	Відсутність технологічних регламентів з експлуатації об'єктів, споруд та мереж централізованого водопостачання та водовідведення
	Відсутність технічних проектів на розміщення водопровідних мереж, споруд та устаткування
	Відсутність приладів обліку в точках технологічного обліку в системі централізованого водопостачання та водовідведення
	Відсутність технічної документації та паспортів витратомірів і водо лічильників, картотеки водопровідних вводів, переліку субабонентів (орендарів), документації з питань обґрунтування, установлення та затвердження лімітів витрат води з комунального водопроводу промисловим і комунально-побутовим підприємствам
	Установлення несправедливих (некоректних) умов у договорах на надання послуг
5. Порушення норм законодавства, що стосуються захисту прав споживачів	Ненадання, несвоєчасне надання або надання недостовірної інформації клієнтам
	Порушення екологічних вимог та санітарного законодавства під час проектування, будівництва, реконструкції, введення в дію та експлуатації систем питного водопостачання та централізованого водовідведення

Джерело: складено авторами.

- політика прийняття і дарування подарунків (Gift policy), запрошень на заходи - її функція полягає в тому, щоб розмежувати поняття "подарунок" і "хабар" / "відкат" або, іншими словами, позначити межу, після якої подарунок стає підношенням з метою отримання можливості маніпулювання посадовою особою в своїх інтересах. Наявність таких політик особливо

актуально в країнах, де національними традиціями диктується необхідність такого роду взаємодії з регулюючими органами, партнерами і контрагентами. Політика, як правило, не забороняє дарування, а обмежує їх вартість і впроваджує процедури по здійсненню відповідного контролю;



- політика, яка регулює конфлікт інтересів (Conflict of interest management policy), задає етичні стандарти поведінки співробітників при виникненні конфлікту інтересів, а саме у випадках, коли: інтереси співробітника можуть суперечити інтересам компанії; інтереси одного клієнта можуть суперечити інтересам іншого клієнта і т.д. Зокрема, на працівників накладається зобов'язання сприяти виявленню та попередженню випадків виникнення конфлікту інтересів, а також декларується, що інтереси компанії повинні завжди бути вищими за особистих інтересів її окремих співробітників.

- політика "Китайської стіни" (Chinese walls) необхідна для розмежування інформаційного поля в діяльності організації, як правило фінансового сектора, з метою запобігання конфліктів інтересів і створення умов для чесної конкуренції. Ця політика реалізується практично у всіх передових інвестиційних компаніях, де особливо актуально таке розмежування, оскільки володіння непублічною інформацією про чиєсь фінансовий стан, інвестиційні плани, додаткові емісії може спричинити її використання, наприклад співробітниками іншого підрозділу з метою отримання додаткового прибутку. Зведення даного інформаційного бар'єру дозволяє організації не тільки запобігати виникненню конфлікту інтересів, а й обслуговувати всіх клієнтів без обмеження.

- політика "знай свого клієнта" (Know Your Customer) - термін означає, що підприємства повинні

ідентифікувати і встановити особу контрагента по своєму бізнесу (інвестора, постачальника, споживача, кредитора, страховика і т.п.) перш ніж проводити з ним бізнес операції. Вважається, що така практика перешкоджає відмиванню грошей, фінансуванню тероризму та ухилення від сплати податків;

- політика взаємодії з регулюючими органами. Питання ефективного і правильного взаємодії з регулюючими органами є досить актуальним на сьогоднішній день, оскільки навіть дуже законослухняні організації стикаються в такій ситуації з рядом практичних складнощів;

- політика конфіденційності інформації (Privacy policy) регулює нерозголошення даних про клієнтів і їх операції. Вона має на увазі не тільки формування загальної культури поводження з клієнтськими даними, але і організацію зберігання і дотримання певних стандартів при обробці персональних даних.

Виділяють також і інші політики, такі як політика належного вивчення клієнтів, контрагентів і постачальників товарів / послуг; принципи прийому і обробки скарг; політика навчання персоналу та інші внутрішні документи. При цьому кожна організація, в силу завдань, встановлених вищим керівництвом, акціонерами і кредиторами, може реалізовувати додаткові процеси в цій галузі, створюючи при цьому свою унікальну структуру комплаєнс політики [15].

Що ж до концептуальної основи системи регуляторного комплаєнсу її схема приведена на рис. 1.



**Рис. 1.** Концептуальна основа системи регуляторного комплаєнсу.

*Джерело: розроблено авторами.*

Першим етапом регуляторного комплаєнсу є процес модулювання, тобто формальне представлення вимог відповідності, витягнутих із регуляторних актів, у структурованій формі, яка робить їх машинними. Зазвичай такий аналіз законодавчих актів вимагає втручання регуляторних (наприклад, юридичних) та інших експертів (наприклад, бізнес-аналітиків). Належне юридичне розуміння тверджень (наприклад, зобов'язань, відповідальності, обов'язків, повноважень тощо), що містяться в регулятивних документах, та їх правильне нормативне тлумачення вимагають навичок, що стосуються сфери регламенту (юридичне тлумачення).

Крім зовнішніх експертів, обов'язковим вважаємо участь особи, яка б мала глибокі знання про саме підприємство, на яке впливає регулювання. Це потрібно для того, щоб пов'язати необхідне регулювання з елементами існуючої стратегії підприємства.

З формально змодельованими вимогами до регуляторного комплаєнсу можна за допомогою різних технологій, які залежать від рівня формалізму, провести перевірку відповідності моделі підприємства набору цих вимог.

Комплаєнс-перевірка передбачає прийняття рішення, чи відповідає діюча модель підприємства

регуляторним вимогам чи ні. Цей крок може включати надання доказів відповідності, а також доказів порушення, у разі невідповідності. Він може також включати локалізацію та / або пояснення невиявленого раніше порушення.

Комплаєнс-перевірка може бути чотирьох типів: перевірка відповідності, забезпечення, моніторинг та аудит.

Перевірка відповідності статично перевіряє, чи завжди існуюча модель організації буде відповідати вимогам регуляторного комплаєнсу незалежно від періоду, що розглядається. Даний етап можна класифікувати як проактивну техніку перевірки відповідності.

Забезпечення відповідності динамічно перевіряє, чи діюча модель підприємства близька до порушення регуляторних вимог і чи зможе відповідно відреагувати, використовуючи механізми, які змодифікують поведінку організації, щоб уникнути порушення (наприклад, не дозволяти доступ до певного ресурсу). Цей крок може включати надання підтвердження відповідності. Він може також включати локалізацію та / або пояснення не виявленого порушення. Проактивна техніка комплаєнс-перевірки.

Моніторинг відповідності - це пасивний варіант забезпечення дотримання відповідності та використовує механізми постійного спостереження за поточною неповною історією моделі підприємства з метою виявлення порушень, що вже мали місце. Воно відрізняється від забезпечення відповідності тим, що його завдання – ідентифікаційне, а не профілактичне (перевірити значення попереджувального) завдання.

Аудит відповідності - це перевірка відповідності, спостереження виконання єдиного завершеного бізнес-процесу, і вирішення, чи мали місце порушення відповідності чи ні. Таким чином, це може розглядатися як спрощена версія перевірки відповідності, коли модель яку слід перевірити, є єдиною послідовністю. Класифікується як пасивна техніка комплаєнс-перевірки.

Аналіз відповідності полягає у використанні звітності про відповідність та відстежування.

Головним завданням звітування про відповідність є створення документації та аналітики (візуальної), пов'язаних з результатами перевірки відповідності.

Відстежування порушення визначається як пояснення, відповідно, локалізація порушень. Мета цього етапу навести причини (події), що призвели до виникнення порушення, відповідно визначити елементи моделі бізнес-моделі, в яких мало місце порушення.

Введення в дію комплаєнсу полягає у використанні відбудови та вирішення проблеми відповідності.

Відбудова відповідності передбачає визначення та реалізацію механізмів динамічної реакції на виникнення порушення та відновлення відповідності

через управління, компенсацію або відшкодування комплаєнс-ризиків. Він використовується разом з забезпеченням дотримання вимог або моніторингом.

Механізми відбудови комплаєнсу є корисними як під час проектування, так і під час реалізації бізнес-процесу, щоб допомогти організації у вирішенні порушень за допомогою попередньо визначених специфікацій відновлення, іноді доступних з найкращих практик.

Завданням вирішення проблеми відповідності є здійснення коригувальних дій з усунення причин виникнення порушення з метою відбудови відповідності. Він бере участь у разі невдалої перевірки відповідності або аудиту.

Остання складова системи регуляторного комплаєнсу – це валідація відповідності, підтвердження дотримання формалізованих регуляторних вимог. Мета валідації полягає в отриманні відповіді на питання чи адекватно змодельована система регуляторного комплаєнсу.

Отже, система ефективного регуляторного комплаєнсу повинна охоплювати не лише контрольний потік, конкретний робочий процес чи потік даних, але й додаткові аспекти, такі як використання ресурсів, особливі характеристики організації, цілі, ризики, політика та правила тощо. Ми вважаємо, що цілісний (комплексний) підхід до регуляторного комплаєнсу підвищить шанси на прийняття організацією діючої моделі комплаєнсу.

---

## Висновки

---

В умовах, коли глобальні економічні виклики, посилений регуляторний тиск та зміна ландшафтів бізнесу призвели до більш жорстких норм у більшості основних галузей промисловості та країн у всьому світі, регуляторний комплаєнс набуває особливого значення для підприємств і організацій у будь-якій сфері. Це питання особливо актуальне для державних та комунальних підприємств, для яких вплив державного регулювання, регуляторів та нормативних актів набагато сильніший ніж для приватних підприємств та акціонерних товариств.

Ризики, які можуть бути результатом недотримання ключових законодавчих вимог, можуть бути дуже дорогими та критичними для організації. Наслідки невиконання варіюються від штрафних санкцій та штрафів до позбавлення волі, відкликання ліцензії, судових процесів та репутаційного ризику, які можуть індивідуально та / або в сукупності мати фундаментальний вплив на стійкість організації.

Підприємствам необхідно враховувати регуляторний комплаєнс як частину стратегії підприємства, так як елемент системи забезпечення його економічної безпеки. Правильно змодельована система регуляторного комплаєнсу дозволить організації постійно відслідковувати будь-які зміни законодавства, прогнозувати їх та ефективно керувати комплаєнс-ризиками.

## Список літератури

1. Гелеверя В. В., Хуторна М. Е. Організація ефективної системи комплаєнс-контролю в банку. *Фінансовий простір*. 2015. № 2 (18). С. 113–119.
2. Положення про організацію внутрішнього контролю в банках України : Постанова Правління НБУ № 867 від 29.12.2014. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v0867500-14> (дата звернення: 08.09.2019).
3. Момот Т. В., Коляда І. В. Комплаєнс-контроль у системі забезпечення фінансової безпеки банківських установ: стан, проблеми, перспективи. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2017. № 2 (2). С. 124–131. DOI: 10.30837/2522-9818.2017.2.124.
4. Бондаренко Ю. Эффективное управление compliance-рисками: системный подход и критический анализ. *Корпоративный юрист*. 2008. № 6. С. 31–34.
5. Неізнана О. В. Дослідження практики комплаєнс у страхових компаніях України. *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 3 (189). С. 267–273.
6. Griffith Sean J. Corporate Governance in an Era of Compliance. *William & Mary Law Review*. 2016. Vol. 57. No. 6; Fordham Law Legal Studies Research Paper. № 2766661. URL: <https://ssrn.com/abstract=2766661> (дата звернення: 08.09.2019).
7. Fiene, Richard (2016), Theory of Regulatory Compliance. DOI: 10.13140/RG.2.2.34971.67360.
8. Будь в тренді: чому компанії впроваджують у роботу комплаєнс. K.Fund Media. 24 травня 2018 р. URL: <https://kfund-media.com/bud-v-trendi-chomu-kompaniyivprovadzhuuyt-u-robotu-komplajens/> (дата звернення: 13.09.2019).
9. Волошенко А. В. Комплаєнс-практика как превентивный метод борьбы с коррупцией. *Актуальні проблеми економіки*. 2014. № 7. С. 405–413.
10. Сарахман О. М., Козьол В. Функціонування комплаєнс-контролю у вітчизняній банківській справі. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2015. Вип. 2. С. 87–90. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/sepspu> (дата звернення: 08.09.2019).
11. Miller Geoffrey P. The Law of Governance, Risk Management, and Compliance. *Compliance Trends Survey. Deloitte&Compliance Week, In Focus*. 2014. URL: <https://perma.cc/9KRW-JTWB> (дата звернення: 25.09.2019).
12. Пальцун І. М. Compliance-політика як складова корпоративної культури підприємства. *Торгівля та ринок України: Збірник наук. праць*. 2013. Вип. 35. С. 134–141.
13. Sadiq, Shazia & Governatori, Guido (2015), Managing Regulatory Compliance in Business Processes. *Handbook on Business Process Management 2: Strategic Alignment, Governance, People and Culture, Second Edition*. DOI: 10.1007/978-3-642-01982-1\_8
14. Про державне регулювання у сфері комунальних послуг: Закон від 09.07.2010 № 2479-VI. База даних "Законодавство України" // ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2479-17/> (дата звернення: 17.09.2019).
15. Перерва П. Г., Коциски Д., Верешне Шомоши М., Кобелева Т. А. Комплаєнс программа промышленного предприятия. Учебник. Харьков-Мишкольц : НТУ "ХПИ", 2019. 689 с.

## References

1. Gheleverja, V. V., Khutorna, M. E. (2015), "Organization of an effective system of compliance control in the bank" ["Orghanizacija efektyvnoji systemy komplajens-kontrolju u banku"], *Financial space*, No. 2, P. 113–119.
2. The regulation on the Organization of internal control in banks of Ukraine: Decree of the NBU from December 29 2014 № 867 [Polozhennia pro organizaciju vnutrishnjogo kontrolju v bankah Ukrainy: Postanova Pravlinnia NBU No. 867 vid 29.12.2014], available at : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v0867500-14> (last accessed September 08, 2019)
3. Momot, T. and Koliada, I. (2017), "Compliance control for ensuring the financial security of banking institutions: state, problems, prospects", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (2), P. 124–131. DOI: 10.30837/2522-9818.2017.2.124.
4. Bondarenko, Ju. (2008), "Effective compliance risk management: a systems approach and critical analysis" ["Effektivnoe upravlenie compliance-riskamy: sistemnyj podhod i kriticheskij analiz"], *Corporate lawyer*, No. 6, P. 31–32.
5. Neizvestna, O. V. (2017), "Research on compliance practices of insurance companies in Ukraine" ["Doslidzenia praktyky komplajens u strahovyh kompanijah Ukrainy"], *Current problems of the economy*, No. 3 (189), P. 267–273.
6. Griffith, S. J. (2016), "Corporate Governance in an Era of Compliance". *William & Mary Law Review*. Vol. 57. No 6; Fordham Law Legal Studies Research Paper. № 2766661, available at : <https://ssrn.com/abstract=2766661> (last accessed September 08, 2019).
7. Fiene, R. (2016), "Theory of Regulatory Compliance". DOI: 10.13140/RG.2.2.34971.67360
8. "Keep up to date: why companies put in place compliance. K.Fund Media" ["Bud` v trendi: chomu kompaniyi vprovadzhuuyt` u robotu komplajens"], May 24, 2018, available at : <https://kfund-media.com/bud-v-trendi-chomu-kompaniyivprovadzhuuyt-u-robotu-komplajens/> (last accessed September 13, 2019)
9. Voloshenko, A. V. (2014), "Compliance practice as a preventive method of combating corruption" ["Komplajens-praktika jak preventivnyy metod bor'by s korruptsiejz"], *Current problems of the economy*, No. 7, P. 405–413.
10. Sarakhman, O. M., Kozyol, V. (2015), "Functioning of compliance control in domestic banking" ["Funkcionuvannya komplajens-kontrolyu u vitchy`znyanij bankivsk`ij spravi"], *Socio-economic problems of the modern period of Ukraine*, Vol. 2, P. 87–90, available at : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/sepspu\\_2015\\_2\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/sepspu_2015_2_22) 2766661 (last accessed September 08, 2019).
11. Miller, G. P. (2014), "The Law of Governance, Risk Management, and Compliance", *Compliance Trends Survey. Deloitte&Compliance Week, In Focus*, available at : <https://perma.cc/9KRW-JTWB> (last accessed September 25, 2019).
12. Paltsun, I. M. (2013), "Compliance-politics as a component of corporate culture of the enterprise" ["Compliance-polity`ka yak skladova korporatyvnoyi kul`tury` pidpry`yemstva"], *Trade and Market of Ukraine*, No. 35, P. 134–141.
13. Sadiq, S. & Governatori, G. (2015), "Managing Regulatory Compliance in Business Processes", *Handbook on Business Process Management 2: Strategic Alignment, Governance, People and Culture, Second Edition*, DOI: 10.1007/978-3-642-01982-1\_8.
14. On State Regulation in the Field of Public Utilities: Law of Ukraine, July 24, 2010 No. 2479-VI [Pro derzhavne rehuliuвання u sferi komunalnykh posluh: Zakon Ukrainy vid 09.07.2010 № 2479-VI]. Database "Legislation of Ukraine", available at : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2479-17> (last accessed September 17, 2019).

15. Pererva, P. G., Kocziszky, Gy, Somosi, Veres M., Kobielieva, T. A. (2019), *Compliance program of an industrial enterprise* : Tutorial, Kharkov, Miskolc : NTU "KhPI", 689 p.

Надійшла (Received) 17.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Чех Наталія Олександрівна** – кандидат економічних наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, старший викладач кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: natariathebest@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5728-804X>.

**Чех Наталья Александровна** – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, старший преподаватель кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

**Chekh Nataliia** – PhD (Economics Sciences), O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Senior Lecturer of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Auditing, Kharkiv, Ukraine.

**Панов Віталій Володимирович** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, аспірант кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: office@vodokanal.kharkov.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2258-9827>.

**Панов Виталий Владимирович** – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, аспирант кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

**Panov Vitalij** – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Graduate Student of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

**Шпілько Валерій Леонідович** – Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, аспірант кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: shpilko\_v@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5217-1421>.

**Шпилько Валерий Леонидович** – Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, аспирант кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

**Shpilko Valerij** – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Graduate Student of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

**Савенко Ксенія Сергіївна** – кандидат економічних наук, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, доцент кафедри міжнародного бізнесу та економічного аналізу, Харків, Україна; e-mail: kseniasavenko13@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7458-1643>.

**Савенко Ксения Сергеевна** – кандидат экономических наук, Харьковский национальный экономический университет имени Семена Кузнеця, доцент кафедры международного бизнеса и экономического анализа, Харьков, Украина.

**Savenko Kseniia** – PhD (Economics Sciences), Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Associate Professor of the Department of International Business and Economic Analysis, Kharkiv, Ukraine.

## **ПОНЯТИЕ РЕГУЛЯТОРНОГО КОМПЛАЕНС: ЗНАЧЕНИЕ И МЕСТО В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ)**

В условиях нестабильной экономической среды и нормативно-правового поля главной задачей менеджмента предприятий становится приспособление к изменяющимся внешним условиям и уменьшения проявления негативных факторов в их деятельности. Динамичность отечественного законодательства и значительное давление регулирующих и контролирующих органов создают необходимость внедрения системы регуляторного комплаенс, что позволит обеспечить соответствие нормативным требованиям, которые ставятся перед предприятиями всех типов и форм собственности. **Предметом** исследования в данной работе являются особенности деятельности предприятий водоснабжения и водоотведения в части соблюдения соответствия нормам отечественного законодательства. Предприятия этой отрасли имеют особый статус: с одной стороны как коммунальных предприятий, деятельность которых регулируется органами местного самоуправления и государством, а с другой как предприятий, являющихся субъектами естественных монополий, для них характерны определенные особенности при обеспечении их финансово-экономической безопасности, особенно в части соответствия законодательным требованиям. **Целью** статьи является определение особенностей регуляторного комплаенс и разработка концептуальных основ системы регуляторного комплаенс на примере предприятий водоснабжения и водоотвода, деятельность которых в значительной степени регулируется нормативно-правовыми актами. **Задачей** данного исследования является разработка авторского подхода к пониманию концепции регуляторного комплаенс и комплаенс-рисков и разработка рекомендаций по формированию системы регуляторного комплаенс предприятия. Используя общие логико-аналитические **методы**, эта статья исследует природу регуляторного комплаенс и особенностей регуляторных требований к деятельности предприятий водоснабжения и водоотведения. В **результате** авторами приведены авторское понимание этого термина. Также разработана концептуальная схема регуляторного комплаенс на предприятии. Сделаны **выводы** о необходимости выделения регуляторного комплаенс как важного элемента стратегии предприятия и составляющей экономической безопасности.

**Ключевые слова:** комплаенс; регуляторный комплаенс; комплаенс-риск; экономическая безопасность; идентификация рисков; предприятия водоснабжения и водоотведения.

## THE CONCEPT OF REGULATORY COMPLIANCE: THE MEANING AND PLACE IN THE ECONOMIC SECURITY SYSTEM OF THE ENTERPRISE (EXAMPLE OF WATER SUPPLY AND SUPPLY)

In the conditions of unstable economic environment and legal framework, the main task of enterprise management is to adapt to changing external conditions and reduce the manifestation of negative factors in their activities. The dynamic nature of domestic legislation and the considerable pressure from regulators and regulators create the need to introduce a regulatory compliance system that will ensure compliance with regulatory requirements for businesses of all types and forms of ownership. The **subject** of research in this work is the peculiarities of the activity of water supply and sewerage companies in terms of compliance with the national legislation. Enterprises of this industry have a special status: on the one hand, as communal enterprises, whose activity is regulated by local governments and the state, and on the other, as enterprises that are subjects of natural monopolies, they are characterized by certain features in ensuring their financial and economic security, especially in terms of compliance. The **objective** of the article is to identify the features of regulatory compliance and to develop conceptual bases for the regulatory compliance system based on the example of water supply and sewerage companies, whose activities are largely governed by regulations. The **purpose** of this research is to develop an author's approach to understanding the concept of regulatory compliance and compliance risks and to develop recommendations for the formation of a regulatory compliance system for an enterprise. Using common logical-analytical **methods**, this article explores the nature of regulatory compliance and the specificities of regulatory requirements for the activities of water supply and sewerage companies. As a **result**, the authors provide an author's understanding of the term. A conceptual scheme of regulatory compliance at the enterprise has also been developed. **Conclusions** have been made regarding the need to highlight regulatory compliance as an important element of an enterprise's strategy and a component of its economic security, able to increase the efficiency of company's performance.

**Keywords:** compliance; regulatory compliance; compliance risk; economic security; risk identification; water supply and sewerage companies.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Чех Н. О., Панов В. В., Шпілько В. Л., Савенко К. С. Поняття регуляторного комплаєнсу: значення та місце в системі економічної безпеки підприємства (на прикладі підприємств водопостачання та водовідведення). *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.053>.

Chekh, N., Panov, V., Shpilko, V., Savenko, K. (2019), "The concept of regulatory compliance: the meaning and place in the economic security system of the enterprise (example of water supply and supply)", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 53–61. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.053>.

S. VELYKODNIY

**REENGINEERING OF OPEN SOFTWARE SYSTEM OF 3D MODELING BRL-CAD**

Computer Graphics is an up-to-date industry in the design and application of rapidly evolving computing systems. The **subject** of the work is designing a graphical user interface. The **purpose** of the work is to perform reengineering (evolutionary improvement while maintaining the positive qualities that are confirmed by the operation) of an open-source three-dimensional software system with inheritance of full functionality and principles of operation. BRL-CAD is a specialized open source cross-platform system that is a powerful 3D computer aided design system for bulk body modeling. The software system includes an interactive geometric editor, parallel ray tracing, rendering and geometric analysis. **Objectives:** To summarize the results of experimental studies at the level of representation of classes, components and use cases, which must be submitted using a unified modeling language – UML, with the processing and interpretation of results at the level of CASE-tool; to analyze the source code translation of the redesigned BRL-CAD graphical user interface. **Methods.** The process of designing or redesigning new software products is ineffective without using the UML methodology, but with its adherence – the speed of development is increased several times over. In this paper, we use the UML 2.5 methodology using the Enterprise Architect 14.0 CASE toolkit. **Results.** The main focus is on three diagrams: classes, use cases and components. Based on these diagrams, code generators and programmers continue to work, while other (auxiliary) diagrams are intended to explain some of the complex specifications of the project, which does not, however, diminish their relevance within the project. The present study summarizes the results of experimental studies; source code translation results are analyzed and summarized, the main one being the reduction in the complexity of creating open source software using the BRL-CAD example. **Conclusions.** BRL-CAD is acceptable for the experienced designer, but for the beginner or student, its application process will be very complicated. A thorough analysis of the environment revealed the presence of two modules contained in the structure of the system that help the potential user to quickly design and model. Also fundamental to the package is the ability to support the design and analysis of visual models based on complex objects, consisting of a large set of graphic primitives. The powerful side of the system is the extraordinary speed of visual means, ray tracer and rendering. Compared to analogs, it can be stated that the visualization process is one of the fastest among the existing ones.

**Keywords:** reengineering; software system; computer graphics; 3D modeling; diagram; CASE tool; class.

**Introduction**

Nowadays, there are a large number of software tools that perform a large number of specialized tasks. Some of them are tied to only one industry, others are used in large numbers, but the trend is by specializing in software as a whole.

One of the important components of computer aided design (CAD) is computer graphics, which is a collection of tools and techniques used to input, convert, and output from specialized graphic information environments. Computer Graphics is an up-to-date area of design and application of advanced computer systems. The term "computer graphics" means the computer processing of information and the output of results in the form of various graphic images. The data needed to display the results in a graphical format is created on the basis of graphical information. Particular interest in computer graphics began to emerge in connection with the intensive development and implementation of CAD not only in engineering, instrumentation, radio electronics, interior design, but also in other industries and training.

A distinctive part of the tasks of computer graphics is the processing of graphic databases (GDB), which are essentially "ordinary" databases, but which are based on mathematical algorithms for image recovery based on the generated statistical coordination data. Not every SAP is able to do this, but current trends simply require it. A large number of software systems (SS) are developed with a wide range of modeling characteristics, BRL-CAD is one of such SS.

**Formulation of the problem**

Graphic information is the most capacious and visual representation of a large amount of information, however, the practical application of machine graphics has long been constrained by the lack of appropriate equipment and mathematical support. The logic and formality of computer models allows us to identify the main factors that determine the properties of the object under study (or a whole class of objects), in particular, to investigate the response of a physical system, which is modeled on changes in its parameters and initial conditions.

Building a computer model is based on an abstraction of the specific nature of the phenomena or object under study and consists of two stages: first, creating a qualitative and then a quantitative model. Computer simulation itself is the conduct of a series of computational experiments on a PC, the purpose of which is to analyze, interpret and compare the simulation results with the actual behavior of the object of study and, if necessary, further refinement of the model.

The solution of the problems is impossible without deep penetration into the physical essence of the phenomena studied, the development and improvement of the relevant theoretical provisions, implementation of the achieved results in production. Geometric methods have long and successfully been used in many industries. An important role here should play new methods of geometric modeling and their implementation in computer graphics systems, which will allow to solve the problems of special disciplines.

Designing engineering, industrial, civil engineering and radio electronics is entering a new phase of its development, when, along with the increasing complexity

of projects, shortening the design time and reducing the number of designers should be ensured largely by the automation of design and computerization of engineering work.

One of the main advantages of 3D modeling is the rapid formation of drawings. It is possible to use the results of modeling in the further stages of product development - this is another advantage of solid state modeling [1]. Open-source software is software for which (source) software is available that provides the best conditions for learning about such software and for making further changes (improvements) to it [2].

Quite often, this concept is considered to be free software, which is not absolutely correct. The most significant difference is that free software licenses stipulate that all further modified versions of such software must also be distributed as free software, while most open source licenses grant complete freedom to the authors of the modified versions. As a result, free software is always open source software, but the opposite is not always true.

---

### Analysis of research and publications

---

When conducting research and publication analysis, particular attention was paid, in a scientific sense, to the methods used in dealing with complex graphical objects. The basic scientific geometrical methods used in graphical modeling of objects, processes, phenomena in engineering and tendencies of their development are considered below [3]. For the direction of scientific research solid modeling of objects that are formed (and change in time) under the influence of various external factors is selected.

Computer modeling is one of the effective methods of studying any complex systems that can be visualized. Computer models are easier and more convenient to explore because of their ability to perform so-called computational experiments [4], in cases where real experiments are complicated by financial or physical obstacles or may produce unpredictable results [5].

3D Object Description is a three-dimensional representation of an object. As a rule, these measurements are represented as  $X$ ,  $Y$ , and  $Z$  coordinates. It is possible to have data with identical  $X$  and  $Y$  coordinates with a different  $Z$  coordinate. For example, 3D is used for digital representation of ocean flows [6].

Solid-state modeling is the most sophisticated and reliable method of creating a copy of a real object, a natural way of expressing the essence of a product [7].

Rendering in computer graphics is the process of obtaining a model image using a computer program [8]. Here, the model is a description of three-dimensional objects (3D) in a strictly defined language or as a data structure. Such a description may include geometric data, position of the observer point, information about lighting. An image is a digital bitmap. Typically, rendering refers to the imposition of a texture on an already-finished solid-works model in mechanical engineering [9] and on a framework in engineering graphics.

Ray tracing in computer graphics is a way of creating an image of three-dimensional objects or scenes

by tracking the progress of a light beam through a point of screen and simulating the interaction of that beam with imaginary objects to be displayed [10]. This method allows to create extremely realistic images, usually of a much higher quality than the typical Scanline algorithm or Ray casting, but has a much higher computational complexity. For this reason, ray tracing algorithms are used where there are no significant restrictions on rendering time.

Boundary representation is a description of the boundaries of an object or the absolute analytical task of the faces that describe the body [11]. This method allows to create a high-quality image of a geometric solid to establish mutual alignment, you need to specify the borders or contours of objects, as well as sketches of different types of objects, and specify the lines of connection between these species. Methods for the determination of complex contours and vectorization of raster models were considered in [12].

There are methods of boundary (B-Rep) and constructive (C-Rep) representation for the creation of GDB [13]. In a B-Rep system, models are built from solid-state primitives. These primitives are determined by size, orientation, shape, and point of attachment. C-Rep construction tools are Boolean operations; they are based on algebraic set theory [14]. The most commonly used operations are difference, intersection, and union. Each of these methods for creating volumetric models has pros and cons compared to others. For systems with a C-Rep view, the advantage is the primary model formation. In addition, this presentation provides a more convenient description of the models in the GDB. The B-Rep method is relevant in the formation of complex structures that are very difficult to reproduce with the C-Rep method. The advantage of B-Rep systems is to simply change the boundary view into a frame model and reverse it. The reason is that the description of the boundaries is similar to the description of the frame model. For example, the design of injection molding and molding is a traditional area of solid, three-dimensional motion simulation. The most obvious difference from two-dimensional drawing is the accurate creation of a large-scale computer model.

---

### Highlighting the unsolved parts of a common problem. The goal of the work

---

BRL-CAD is a specialized open source cross-platform system. It is a powerful 3D CAD for bulk body modeling by CSG. This CAD includes an interactive geometric editor, parallel ray tracing, rendering, and geometric analysis. BRL-CAD has been in development for close to 40 years and has been deployed in the US military. The whole BRL project works from source code, so it can be used on any platform: GNU/Linux, MacOS, Solaris and Windows.

Here are some of the defining features of open source software and design technologies for GDB that we will rely on in the following sections of the overall study. Raw code (usually just "raw", also "source code", "program code", "program text", English: "source code") – any set of instructions or ads written in programming

---

language and in a form that can be read by a person. The source code allows the programmer to communicate with the computer using a limited set of instructions. A program code is a collection of files that are required to be converted from readable form to some type of computer executable code. There are two possible ways to execute raw code: translate to machine code using a compiler (designed for a specific computer architecture) or run directly from text using an interpreter.

One of the first CAD with such characteristics appeared because in 1979, ballistic research laboratory U.S. army (U.S. Army Ballistic Research Laboratory (BRL), now – United States Army Research Laboratory, expressed an urgent need for tools and means that could help in computer simulation and engineering analysis of combat weapon systems (tanks, missiles, planes, etc.) and their working conditions. When none of the CADs that existed at that time, was not ready to achieve this goal, the developers of BRL started to collect a Suite of utilities capable of interactively review and edit trees for geometric models. Programmers have begun to develop their own Suite of applications designed to display, edit, and combine geometric models. In this way was established BRL-CAD application package for solid modeling (constructive solid geometry – CSG).

The first public release was made in 1984. In December 2004, BRL-CAD became an open source project. It is very important that BRL-CAD is licensed under the \* BSD and GNU LGPL licenses. Since then, this CAD has been evolving and new opportunities are emerging.

Today, thanks to about a million lines of C code, BRL-CAD has become a powerful graphical simulation package that came the use of more than 2 thousand organizations around the world. BRL-CAD simultaneously supports two methods of user interaction: command-line and graphical user interface (GUI). The system also supports a variety of geometric tools with graphical information: a large set of traditional CSG primitive solids (APSDI, cones, tori), as well as a clear solid (from private collections) of the uniform b-spline surfaces nonuniform rational b-splines (NURBS), n-diverse geometry, the faceted mesh, and the like. All geometric objects may be combined using Boolean set-theoretic operations, including the CSG-unions and intersections.

The most important feature of a system is its ability to design and analyze realistic models based on complex objects consisting of a large set of primitive shapes. Boolean operations are used to construct complex objects: join, subtract, and intersect. Another powerful side of BRL-CAD is the speed of rendering tools and the ray tracer, which is one of the fastest among the existing ones. Finally, BRL-CAD users can design models with high precision, from subatomic to galactic scales on the principle of "seeing all the details all the time".

However, one of the big drawbacks of BRL-CAD, which is a huge problem for the user, is the lack of a clear graphical user interface for the product, which has been

anticipated and improved for several years in the perspective of the developer corporation of this software. In addition, the very linguistic support for the submission of GDB ("C") in the BRL-CAD CAD system requires the transition (re-engineering) into high-level languages ("C++" or "C#") [15].

From here it is possible to formulate the *purpose of the work* – to perform reengineering (evolutionary improvement while maintaining the positive qualities, which is confirmed by the operation) of the open-source three-dimensional design with inheritance of full functionality and principles of operation.

Achieving the goal is possible when performing a set of *established research objectives*: to summarize the results of experimental studies at the level of representation of classes, components and use cases (UC), which must be submitted using a unified modeling language – UML, with the processing and interpretation of results at the CASE level; analyze the source code translation of the redesigned BRL-CAD.

---

### Materials and methods

---

Today, the process of designing or redesigning new software products is not efficient without the use of the UML methodology, but with its observance – the speed of development is increasing several times [16]. To achieve this goal, use the UML 2.5 methodology [17] using the Enterprise Architect 14.0 CASE toolkit.

Use case diagram. In order to disassemble and create a chart, you need to decide on the actors and precedents of the chart, so let's start by looking at the main "exe" files of the software. There are only two of them: "Archer" and "MGED". These will be our actors. We will deal with adjusting their specifications later, and it is now important to determine the precedents that fit each one. To do this, we run each executable file and look at their capabilities. "MGED" is the main software module responsible for designing, modifying and tracing beams. It looks like that at a fig.1.

In addition to the console and GUI (graphical user interface) there are additional features in the top menu, we list the main:

- File – basic commands, including ray tracing;
- Edit – is responsible for changing simple and complex shapes using different methods;
- Create – create simple figures and complex hierarchies of simple figures;
- View – change the angle and viewpoint;
- Settings – general settings for work;
- Modes – modules (one of the unofficial mandatory features of free software), which are paid and free;
- Tools – tools for working with figures and graphics;
- Help – help files and manuals.

These are all functions that will be the first level of precedents in the diagram, so we will create them immediately (fig. 2).

---



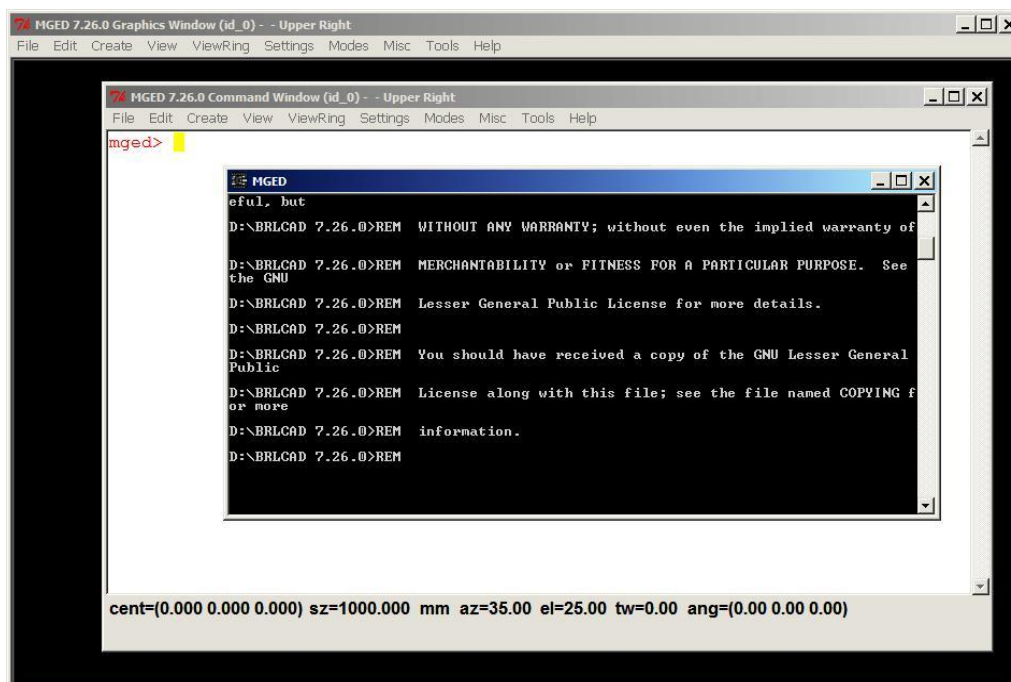


Fig. 1. Interface "MGED"

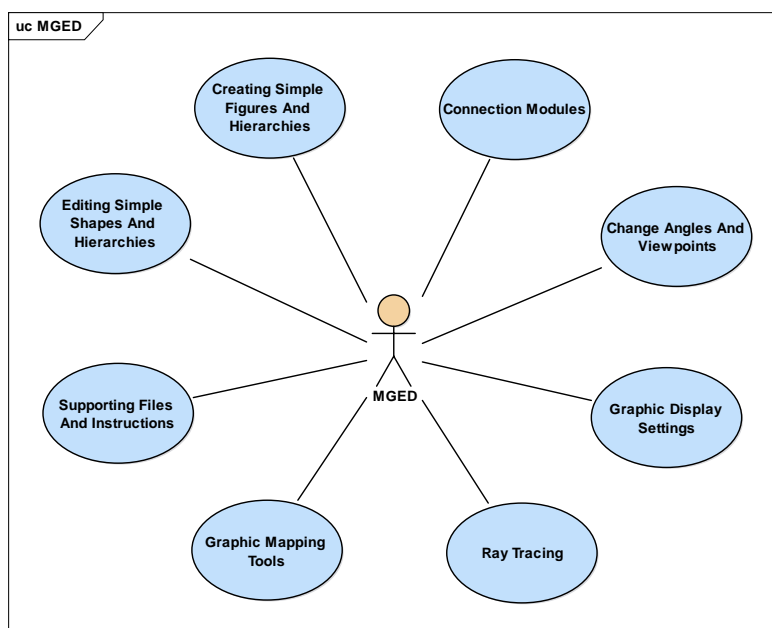


Fig. 2. The first level of precedents for "MGED"

At this stage of the work it is important to determine the type of actor and precedents and their relationship with each other [18]. All objects are user-interacting modules, and they have special stereotypes called "business use case" for precedent and "business actor" for diagram. In this particular case, we will show the business stereotype only for the actor, so it will be logical and clear from the links that all the following precedents are connected with it. We have decided on the stereotypes, so we go for connections.

The first level precedents are the user capabilities of this software product. There is a special type of use in the connections of this diagram, the essence of which is that it shows the use of the capabilities of any actor or precedent [19]. It describes this level in the most detail, so it shows

that precedents of the "simple figure" type are one of the advanced features of the "MGED" actor. The only difference between the precedents will be "External modules" – they are not required to work, so we will use another type of communication called "subscribe", which means "description". In essence, it helps to describe any module and in our case this module is the actor "MGED". After the arrangement of relations and stereotypes we get the result as in fig. 2.

The second layer of the UC-diagram will be the creation of a package diagram (fig. 3) containing these UC and realizing the capabilities of the first layer [20]. To do this, open the specification of each of the functions in the command graph and detail the commands as precedents. The type of connections used in the diagram:

"nesting" – shows the content and additional empowerment of actors;  
"compose" – composite connection;  
"realize" – implementation of functions.

However, if you implement all the precedents in the diagram, you will get an overload of elements, which is incorrect, so we consider each precedent of the first level as a package.

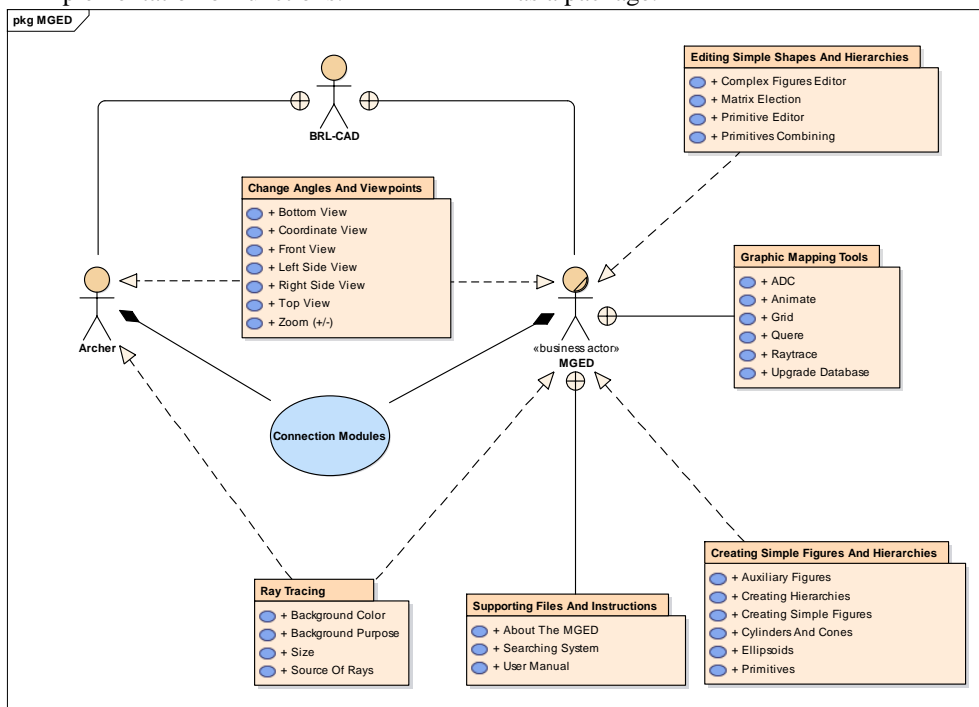


Fig. 3. Package diagram for MGED

The last step, small but not least, is to set the specifications for the actors – all the actors are software modules that are involved with the user, that is, they represent the interface. For this type of modules there is a special specification called "business", we will use it. This concludes the construction of the UC-diagram.

Generic steps for developing a new product architecture. To develop the architecture of a new

product, we use three main diagrams: classes, components, and UC.

Step 1. First of all, it is necessary to determine the functionality of the future SS, how much it will differ from the original product, what changes will be made. Therefore, according to the principle of diagramming already used [21], we construct new UC that are functionally integrated into packages (fig. 4).

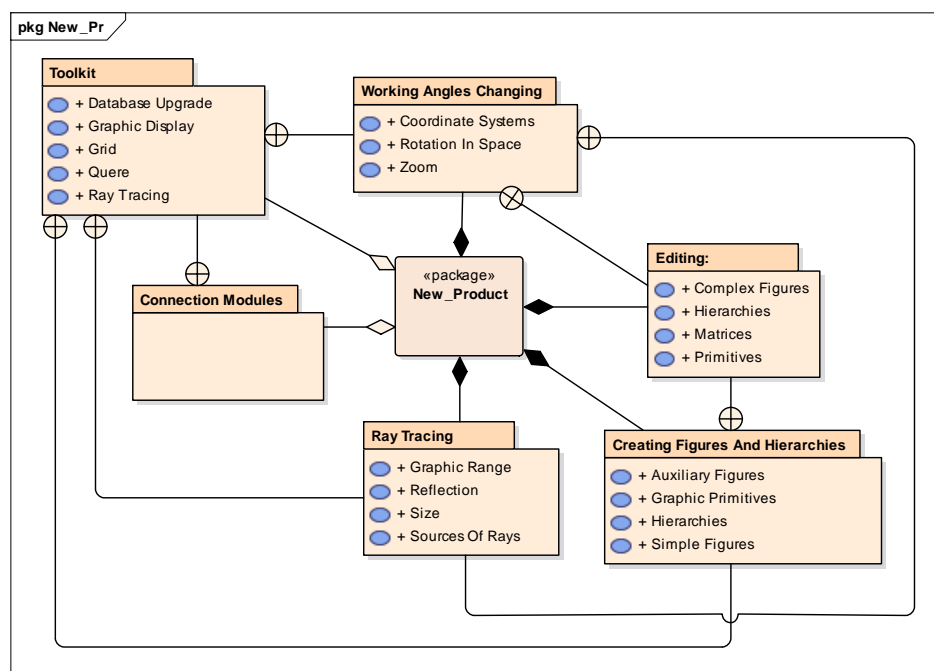


Fig. 4. Package diagram containing the UC of a new product

In the process of developing this diagram, it was decided that the functionality of the central module ("New\_Product") should be left approximately the same as it was, and all additional complex functions should be included with the help of external modules. This allows you to not overload the SS with unnecessary commands, which will have a good effect on its performance level.

The packages responsible for performing the functions have the appropriate names: "Changing the Working Angles", "Edit", "Creating Shapes and Hierarchies", "Ray Tracing". They refer to the central module "New\_Product" as composite dependencies. Each of these packages has UC directly related to the function of the specific package. The packages that are responsible for connecting the additional tools also have the appropriate tools named: "Tools", "Connection modules" and the relation to the central module "New\_Product" in the form of aggregations. Also, the toolkit package includes UC, with the help of which graphical, logical, informational and other transformations and changes are performed (fig. 4).

Consider the chart using a relation of "Nesting" type, it means a hierarchical arrangement within one package function calls another. That is, if to take for a basis diagram in fig. 4, then, for example, the function "Edit" is called only after creating the shape or hierarchy (package "Creating shapes and hierarchies") or also "Edit" is also available as a component of changes after activation of the

package "Changing the working angles". Also call functions of the package "Ray Tracing" is available after activation of the package "Changing the working angles", which, in turn, is visualized result (result) package "Toolkit" that is a set of software modules (package "plugins") which is the corresponding ratio "Nesting".

Analyzing the package diagram further, it should be added that the Toolkit uses the "Nesting" relations to include the "Ray Tracing" and "Create Shapes and Hierarchies" packages, which means that the functions of these two packages are only possible using the appropriate toolkit.

Step 2. After defining the functionality of the software, the next step is to draw up a working class diagram. The class diagram is made according to the specification of the new language and the successful solutions of the primary software product. As a result, the sketch diagram of the new software product looks like the one in fig. 5. Unfortunately, the number of classes and, accordingly, the size of the diagram is so large that the author is not able to present it in full view within the A4 sheet. If to decompose the diagram, the complete representation of the class model is lost, so we give only its sketchy representation (fig. 5). The main purpose of the sketch of the diagram: not to show the filling of classes, but to illustrate a model of hierarchical relations of boundary combinations of classes of a new software product.

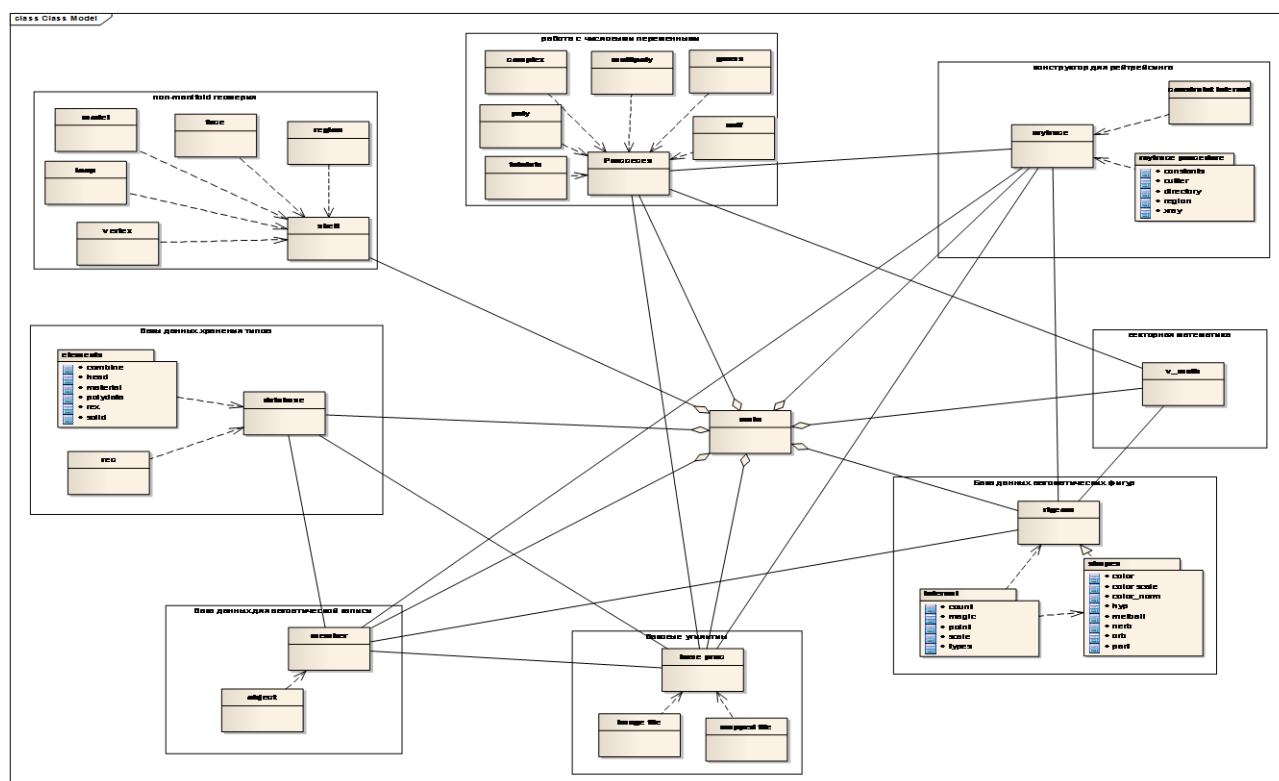


Fig. 5. A complete diagram of the hierarchy of classes of a new software product

The architectural changes made to this diagram sketch began with a full visual breakdown of the modules. Each unique module is assembled into its own separate rectangle – boundary, which will undergo the entire process of calculation. Another feature: there is a central

class "Main", which is responsible for the interaction between the modules. Each module has its own boundary class, which interacts with all other parts of the SS and closed computing systems and databases. This method

was chosen to minimize the number of connection errors and to help programmers improve the product.

*Step 3.* The class diagram is modeled; we go to the code generation process. It will be unnecessary to dwell on the details of the technical implementation of the generation process, so we will illustrate only the final result (fig. 6). After code generation, for example, take the

class "main" (fig. 7). To understand how well the code is generated, let's look at the number of links to plugins. Comparing them with the class diagram, we come to the conclusion that everything is right. This development of the architecture of the new software product can be considered complete.

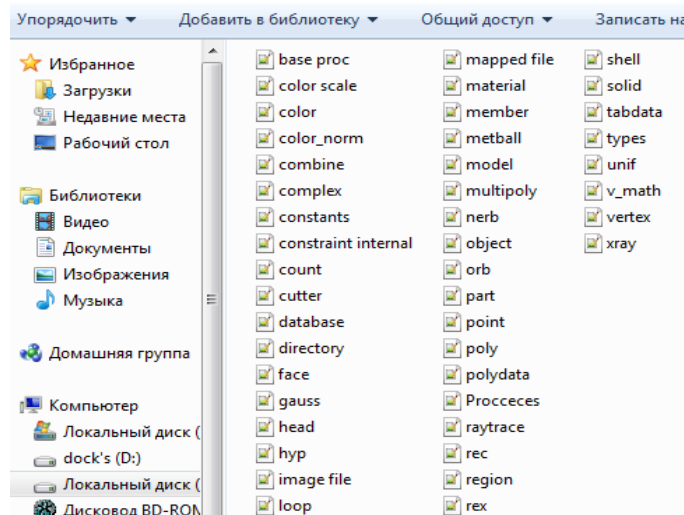


Fig. 6. Location of the code

```

12 public class main {
13
14     public rtgeom m_rtgeom;
15     public database m_database;
16     public raytrace m_raytrace ;
17     public Procceses m_Procceses;
18     public raytrace m_raytrace ;
19     public shell m_shell;
20     public v_math m_v_math;
21     public base proc m_base proc;
22     public member m_member;
23
24     public main() {
25
26     }
27
28     ~main() {
29
30     }
31
32     public virtual void Dispose() {
33
34     }
35
36 } //end main

```

C# source file length: 674 lines: 36 Ln: 21 Col: 34 Sel: 0 | 0 Dos\Windows ANSI INS

Fig. 7. Program code of the class "main"

## Research results and discussion

*Results.* This article summarizes the research on the reengineering of open-ended CAD using the BRL-CAD example. The study was performed and its results were simulated using the UML 2.5 methodology using the Enterprise Architect 14.0 CASE tool. The UML methodology is quite voluminous and several diagrams that are used to design a new software product have been considered in the project.

The main focus is on three diagrams: classes, UC and components. This is due to the fact that directly on the basis of these diagrams, code generation and further work

of programmers takes place, while other (auxiliary) diagrams are intended to explain some complex specifications of the project, which does not however diminish their significance within the project.

Summarizing the results achieved, it can be stated that at this study:

a) the results of experimental studies at the level of representation of classes, components and UC are presented, which are presented using the unified modeling language – UML, with the processing and interpretation of results at the level of CASE tools;

b) the results of source code translation were analyzed and summarized, the main of which was to

reduce the complexity of creating an open-source software using the CAD of BRL-CAD type.

*Discussion.* In the most progressive countries of the world, new products have not been developed from scratch for a long time, and tools are being used to help create the structure you need much faster and more efficiently. The UML methodology and related software are for this purpose – to increase development efficiency and to structure data. This methodology has been actively used recently (close to 10 – 15 years), but very quickly integrated into the overall structure of the development. The convenience of the existing SS reengineering methodology is that it is not rigidly tied to any of the development methods and is flexible to use.

The development of a UML methodology for reverse engineering is characteristic of the West and parts of Europe. At the beginning of the research (that is, in 2009), our country's specialists have just started working on the active exploitation of this methodology as it is presented now.

The open and free BRL-CAD was a great experimental model for the job. The advantage of such systems is that they are licensed under a free license and there are no legal problems with copying, modification and other software-related actions. It should also be noted that since the code is open source, the developers tried to make it even understandable - this is facilitated by a large number of comments in the code.

### Conclusions and prospects for further development

*Conclusions.* BRL-CAD is acceptable for the experienced designer, but for the beginner or student, its application process will be very complicated. The WAN does not have any materials in Ukrainian or Russian that at least superficially describe the operation of the system in the "user manual" mode. The English language

materials are superficial and contain only a few dozen console commands.

A detailed analysis of the environment revealed the presence of two modules contained in the structure of the CAD, which help the potential user of the system to quickly construct the necessary GDB. Also fundamental to the package is the ability to support the design and analysis of visual models based on complex objects consisting of a large set of graphic primitives.

In general, when writing this article, the goal was achieved, which was to perform reengineering (evolutionary improvement while maintaining the positive qualities that are confirmed by the operation) of open-source 3D design with inheritance of full functionality and principles of operation.

After research, we can conclude: the powerful side of the system is the extreme speed of visualization tools, ray tracer and rendering. Compared to its counterparts, one can claim another advantage of BRL-CAD, namely: the visualization process is one of the fastest among the existing.

*Perspectives.* The last advantage is the broad prospects for the application of BRL-CAD in various fields: military, industrial or educational applications, such as design and analysis systems in the fields of engineering, mechanical units, architectural structures, molecular structures, etc.

The prospects for the study also include reengineering: the BRL-CAD utility tool group, the CAD graphics libraries, the command-and-use system, file naming conventions, and geometry. Still need improvement: simple-body creation processes, logical operations, combined-body operations, rendering and ray tracing.

The author wishes to express his gratitude to the developer company of the BRL-CAD 3D modeling software for the possibility of open use and testing of source files, assemblies and systems, as well as for support of cross-platform methodology.

### References

- Potemkin, A. V. (2002), *3D Solid Modeling [Trehmernoje tverdotel'noe modelirovanie]*, Komp'yuter-Press, Moscow, 296 p.
- Velykodniy, S. S., Tymofieieva, O. S., Zaitseva-Velykodna, S. S., Nyamtsu, K. Ye. (2018), "Comparative properties analysis of open, free and commercial software" ["Porivnialnyi analiz vlastyvostei vidkrytoho, vilnoho ta komertsiinoho programnoho zabezpechennia"], *Information Technology And Computer Engineering*, No. 1 (41), P. 21–27.
- Velykodniy, S. S. (2014), "Methods of software systems reengineering" ["Metody reinzhynirynhu prohrannykh system "], *Instrumentation Technologies*, Spec. No, P. 65–68.
- Velykodniy, S. S. (2019), "Method of presenting the assessment for reengineering of software systems with the project coefficients help" ["Metod predstavleniia otsinky reinzhynirynhu prohrannykh system za dopomohoiu proektnykh koefitsientiv"], *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.034>
- Norenkov, I. P. (2000), *Computer Aided Design [Avtomatizirovanoe proektirovanie]*, MGTU im. N. E. Bauman, Moscow, 188 p.
- Li, Dzh., Uer, B. (2002), *Three-dimensional graphics and animation. Ed. 2nd [Trehmernaya grafika i animatsiya. Izd. 2-e]*, Vil'yams, Moscow, 640 p.
- Kontsevich, V. G. (2007), *Solid Modeling Engineering Products in Autodesk Inventor [Tverdotel'noe modelirovanie mashinostroitel'nykh izdeliy v Autodesk Inventor]*, DiaSoftYuP, DMK Press, Kiev, Moscow, 672 p.
- Khern, D., Beyker, M. P. (2005), *Computer Graphics And OpenGL Standard. Ed. 3rd [Komp'yuternaya grafika i standart OpenGL. Izd. 3-e]*, Vil'yams, Moscow, 1168 p.
- Nevlyudov, I. Sh., Velykodniy, S. S., Omarov, M. A. (2010), "Use Of CAD / CAM / CAE / CAPP In The Formation Of Control Programs For CNC Machines" ["Ispol'zovanie CAD/CAM/CAE/CAPP pri formirovanii upravlyayushchikh programm dlya stankov s ChPU"], *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, No. 2/2 (44), P. 37–44.
- Endzhel, E. (2001), *Interactive Computer Graphics. Introductory Course Based On OpenGL. Ed. 2nd [Interaktivnaya komp'yuternaya grafika. Vvodnyy kurs na baze OpenGL. Izd. 2-e]*, Vil'yams, Moscow, 592 p.

11. Snuk, G. (2007), *Real-Time 3D Landscapes In C ++ And DirectX 9. Ed. 2nd* [3D-landshafy v real'nom vremeni na C++ i DirectX 9. Izd. 2-e], Kudits-press, Moscow, 368 p.
12. Bondy, J. A., Murty, U. S. R. (2008), *Graph Theory*, Springer, San Francisco, 655 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>
13. Velykodniy, S. S., Burlachenko, Zh. V., Zaitseva-Velykodna S. S. (2019), "Graphic databases reengineering in BRL-CAD open source computer-aided design environment. Modeling of the structural part" ["Reinzhyrnyrnh hrafichnykh baz danykh u seredovyshchi vidkrytoi systemy avtomatyzovanoho proektuvannia BRL-CAD. Modeliuvannia strukturnoi chastyny"], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, No. 3 (116), P. 130–139. DOI: 10.30929/1995-0519.2019.3.130-139
14. Jungnickel, D. (2013), *Graphs, Networks and Algorithms. 4th Ed.*, Springer, Berlin, 677 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32278-5>
15. Velykodniy, S. S., Burlachenko, Zh. V., Zaitseva-Velykodna S. S. (2019), "Graphic databases reengineering in BRL-CAD open source computer-aided design environment. Modeling of the behavior part" ["Reinzhyrnyrnh hrafichnykh baz danykh u seredovyshchi vidkrytoi systemy avtomatyzovanoho proektuvannia BRL-CAD. Modeliuvannia povedinkovoi chastyny"], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, No. 2 (115), P. 117–126. DOI: 10.30929/1995-0519.2019.2.117-126
16. Troelsen, E. (2011), *C # 2010 Programming Language And .Net 4 Platform* [Yazyk programmirovaniya C# 2010 i platforma .NET 4], Vil'yams, Moscow, 1392 p.
17. Object Management Group (2013), *Unified Modeling Language (OMG UML). Version 2.5*, OMG Group, 831 p.
18. Weikens, T., Oestereich, B. (2006), *UML 2 Certification Guide: Fundamental & Intermediate. Exams Morgan Kaufmann*, The MK/OMG Press, 320 p. ISBN: 0123735858
19. Babich, A. V. (2016), *Introduction to UML [Vvedenie v UML]*, NOU INTUIT, Moscow, 209 p. ISBN: 978-5-94774-878-9
20. Samek, M. (2008), *Practical UML Statecharts in C / C++: Event-Driven Programming for Embedded Systems Newnes. 2nd Ed.*, 728 p. ISBN: 0750687061
21. Yang, H. (2005), *Advances In UML And XML-based Software Evolution*, Idea Group Publishing, 362 p.

Received 20.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Великодний Станіслав Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет, професор кафедри автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища, Одеса, Україна; e-mail: velykodniy@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8590-7610>.

**Великодний Станіслав Сергеевич** – кандидат технических наук, доцент, Одесский государственный экологический университет, профессор кафедры автоматизированных систем мониторинга окружающей среды, Одесса, Украина.

**Velykodniy Stanislav** – PhD (Computer Science), Associate Professor, Odessa State Environmental University, Professor of the Department of Automated Environmental Monitoring Systems, Odessa, Ukraine.

## РЕІНЖІНІРИНГ ВІДКРИТОЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ BRL-CAD

Комп'ютерна графіка – актуальна галузь проектування та застосування засобів обчислювальних систем, що інтенсивно розвиваються у останній час. **Предмет** роботи – проектування графічного інтерфейсу користувача. **Мета** роботи – виконати реінжиніринг (еволюційне удосконалення зі збереженням позитивних якостей, що підтверджені експлуатацією) відкритої програмної системи тривимірного проектування із наслідуванням повного функціоналу та принципів роботи. BRL-CAD – це спеціалізована крос-платформова система з відкритим кодом, що являє собою потужну 3D систему автоматизованого проектування для моделювання об'ємних тіл. Програмна система включає в себе інтерактивний геометричний редактор, паралельне трасування променів, рендеринг та геометричний аналіз. **Завдання:** узагальнити результати експериментальних досліджень на рівні представлення класів, компонентів та варіантів використання, які необхідно подати за допомогою уніфікованої мови моделювання – UML, із обробкою та інтерпретацією результатів на рівні CASE-засобу; виконати аналіз перекладу вихідного коду перепроєктованого графічного інтерфейсу користувача BRL-CAD. **Методи.** Процес проектування чи перепроєктування нових програмних продуктів є неефективним без використання UML-методології, але при її дотриманні – швидкість розробки підвищується у рази. У роботі, використовується методологія UML 2.5 із використанням CASE-інструментарію Enterprise Architect 14.0. **Результати.** Основний акцент поставлено на три діаграми: класів, варіантів використання та компонентів. На підставі цих діаграм, відбувається генерація коду та подальша робота програмістів, у той час як інші (допоміжні) діаграми призначено для пояснення деяких складних специфікацій проекту, що втім не зменшує їх значущість у рамках проекту. У поданому дослідженні виконано узагальнення результатів експериментальних досліджень; проаналізовано та узагальнено результати перекладу вихідного коду, головним з яких стало скорочення працездатності створення відкритого програмного продукту на прикладі BRL-CAD. **Висновки.** BRL-CAD є прийнятною у застосуванні для досвідченого проєктувальника, проте для початківця або студента процес її застосування виявиться дуже ускладненим. При детальному аналізі середовища було виявлено наявність двох модулів, що містяться у структурі системи, які допомагають потенційному користувачеві швидко конструювати та моделювати. Також фундаментальною властивістю пакету можна назвати здатність підтримувати конструювання та аналіз візуальних моделей на основі складних об'єктів, що складаються із великого набору графічних примітивів. Потужний бік системи – це надзвичайна швидкість засобів візуалізації, трасування променів та рендерингу. Після порівняння з аналогами, можна стверджувати, що процес візуалізації є одним із найшвидших серед існуючих.

**Ключові слова:** реінжиніринг; програмна система; комп'ютерна графіка; тривимірне моделювання; діаграма; CASE-засіб; клас.

## РЕИНЖИНИРИНГ ОТКРЫТОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ BRL-CAD

Компьютерная графика – актуальная отрасль проектирования и применения средств вычислительных систем, интенсивно развивающихся в последнее время. **Предмет** работы – проектирование графического интерфейса пользователя. **Цель** работы – выполнить реинжиниринг (эволюционное усовершенствование с сохранением положительных качеств, подтвержденными эксплуатацией) открытой программной системы трехмерного проектирования с наследованием полного функционала и принципов работы. BRL-CAD – это специализированная кроссплатформенная система с открытым кодом, представляющая собою мощную 3D систему автоматизированного проектирования для моделирования объемных тел. Программная система включает в себя интерактивный геометрический редактор, параллельную трассировку лучей, рендеринг и геометрический анализ. **Задачи:** обобщить результаты экспериментальных исследований на уровне представления классов, компонентов и вариантов использования, которые необходимо представить с помощью унифицированного языка моделирования – UML, с обработкой и интерпретацией результатов на уровне CASE-средства; выполнить анализ перевода исходного кода перепроектированного графического интерфейса пользователя BRL-CAD. **Методы.** Процесс проектирования или перепроектирования новых программных продуктов является неэффективным без использования UML-методологии, однако при ее соблюдении – скорость разработки повышается в разы. В работе используется методология UML 2.5 с использованием CASE-инструментария Enterprise Architect 14.0. **Результаты.** Основной акцент поставлен на три диаграммы: классов, вариантов использования и компонентов. На основании этих диаграмм, происходит генерация кода и дальнейшая работа программистов, в то время как другие (вспомогательные) диаграммы предназначены для объяснения некоторых сложных спецификаций проекта, однако это не уменьшает их значимость в рамках проекта. В предлагаемом исследовании выполнено обобщение результатов экспериментальных исследований; проанализированы и обобщены результаты перевода исходного кода, главным из которых стало сокращение трудоёмкости создания открытого программного продукта на примере BRL-CAD. **Выводы.** BRL-CAD является приемлемой в применении для опытного проектировщика, однако для начинающего или студента процесс её применения окажется очень сложным. При детальном анализе среды было выявлено наличие двух модулей, содержащихся в структуре системы, которые помогают потенциальному пользователю быстро конструировать и моделировать. Также фундаментальным свойством пакета можно назвать способность поддерживать конструирования и анализ визуальных моделей на основе сложных объектов, состоящих из большого набора графических примитивов. Мощная сторона системы – это чрезвычайная скорость средств визуализации, трассировщика лучей и рендеринга. После сравнения с аналогами, можно утверждать, что процесс визуализации является одним из самых быстрых среди существующих.

**Ключевые слова:** реинжиниринг; программная система; компьютерная графика; трехмерное моделирование; диаграмма; CASE-средство; класс.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Великодний С. С. Реінжиніринг відкритої програмної системи тривимірного моделювання BRL-CAD. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.062>.

Velykodniy, S. (2019), "Reengineering of open software system of 3D modeling BRL-CAD", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 62–71. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.062>.

YU. DAVYDOVSKIY, O. REVA, O. ARTIUKH, V. KOSENKO

**SIMULATION OF COMPUTER NETWORK LOAD PARAMETERS OVER A GIVEN PERIOD OF TIME**

The article deals with the processes of data transmission on computer networks in terms of functional and non-functional indicators of network performance. The **purpose** of the work is to formalize the characteristics of the computer network that are taken into account in the simulation method and to demonstrate the operation of the method using a test case. The following **tasks** are solved in the article: substantiation of necessity of application of modeling methods during modernization of computer networks; determining the characteristics of a computer network that affect data transmission processes; formalization of indicators that will be directly applied in the modeling process; description of the test case for the model; iterative simulation of network operation. The following **research methods** are used: basics of system analysis, models of network functioning, simulation modeling method. The following **results** were obtained: a computer network considered for functional and non-functional performance characteristics, highlighted characteristics that affect the quality of service delivery, and those that affect the cost of the network topology built. Formulas for calculating the amount of information resource of a network are presented. Formulas for calculating the amount of information resource of a network are presented. The list of basic network characteristics that should be taken into account when modeling network load is justified. Test bench for model work is described. An illustrative example of using a test-based simulation method is calculated. **Conclusions:** It is concluded that taking into account a large number of network performance indicators will overload the modeling process and it is decided to choose universal indicators of a computer network, which would not depend on the topology of its construction or the type of protocol used. The ability to create a simulation model of a computer network for use in predicting network behaviour when changing the number of requests has been confirmed. Further development of the method will allow us to predict the times of network congestion requests to improve the efficiency of the computer network being upgraded.

**Keywords:** computer network; simulation; system dynamics; osi model; traffic.

**Introduction**

The popularity of Internet telephony has led to the transition to the introduction of services such as video conferencing. This has opened up new horizons for the development of network technologies in the form of "streaming" (streaming) services that allow the transmission of video without loss of quality in online mode to the computers of millions of viewers simultaneously [1]. This creates a huge need to upgrade existing networks both at the software and physical levels. Any network upgrade is a complex and costly process, so solving the problem of reducing the cost of network upgrades is vital for any business looking to optimize their costs [2].

**Analysis of recent research and publications**

According to various sources such as internetworldstats.com [3], Cisco [4], Nokia and others, the growth of computer network traffic show a tenfold growth trend over the last decade, with the upward trend increasing year by year. This trend creates the conditions for the development of such areas of research as the analytics of computer networks and network traffic [5, 6].

Network simulations are based on simulation models, which are divided into four main types: discrete event models, system dynamics models, dynamic systems modeling, and modeling agents. [7].

System dynamics is a powerful tool for the study of dynamic processes, which allows simulating complex feedback systems [8]. Discrete-event modeling is used if the state of the system changes instantly at appropriate intervals [9]. Dynamic systems' modeling allows us to describe processes in the form of algebraic equations, algorithms, block diagrams and differential equations

[10, 11]. Modeling agents are used to portray decentralized, intelligent systems to obtain information about the interaction of its components [12].

**Highlighting unresolved parts of a common problem. The goal of the work**

However, modeling the behaviour of computer networks (CNs) over a period of time is an urgent and unresolved problem. Within the specified subject area, it is possible to analyze the network from different perspectives on its functional properties. One such feature is network load over a period of time. According to the results of a previous study, network traffic is a predictable value over time, so it can be used as a fixed value [13]. This opens up the possibility to apply not only agent modeling to computer networks but also methods of constructing simulation models.

The purpose of the article is to formalize the characteristics of a computer network, which are taken into account in the simulation method, and to demonstrate the operation of the method using a test example. An illustrative example of how this method works will partially simulate the behaviour of a computer network, which in turn will help solve complex business issues related to the allocation of resources for network upgrades [2].

The following tasks are solved:

- substantiation of necessity of application of modeling methods during modernization of computer networks;
- determining the characteristics of a computer network that affect data transmission processes;
- formalization of indicators that will be directly applied in the modeling process;
- a description of a test case for the model;



- iterative simulation of network operation.

### Materials and methods

When analyzing the effectiveness of CN, it is necessary to consider comprehensively all the factors that affect the quality of its functioning [14]. Let us denote the total set of partial indicators  $Q$ . It consists of subsets of different sets of metrics  $Q_j$  (both technical and cost):

$$Q = \bigcup_{j=1}^5 Q_j, \quad (1)$$

where  $Q_1$  – a group of indicators of the evaluation of the functioning of the CN technical equipment;  $Q_2$  – a set of indicators for evaluating the functioning of the CN system software;  $Q_3$  – a group of indicators for estimating the cost of sharing information between nodes;  $Q_4$  – a group of cost estimators for upgrading and extending CN nodes;  $Q_5$  – a group of indicators of costs for the adaptation of CN software.

Comprehensive consideration of all possible indicators is difficult, so to evaluate the main indicators, it is proposed to select of one main indicator  $Q_{Oj} \in Q_j$  in each subset  $Q_j$ .

Thus, when it comes to user load, it is important to consider the following characteristics of a computer network, namely:

- the capacity of the communication channels;
- delays in data transmission;
- quality of service;
- the number of errors during transmission;
- the cost of building communication channels;
- cost of network nodes.

It is especially important to consider the importance of the network topology as well as the quality and type of communication nodes. Network nodes refer to routers. Industrial routers have the following specifications:

- transmission standard: 3G, 4G (LTE), etc.;
- download speed from the network;
- download speed to the network;
- number of connection ports;
- wireless connection;
- presence of Firewall;
- VPN availability [15].

Also, from a business perspective, routers have a number of physical characteristics that do not affect the data transfer process but significantly affect the cost of a particular device. Physical characteristics are taken into account as follows:

- the operating temperature of the device;
- security of the device from physical impact;
- the size of the device.

All this is important to consider when choosing a particular communication device. For the provider, choosing to route and switching devices is the most difficult and important. Since it is not enough to choose the "best" of the possible options, it is worth choosing the

best ones. This allows you to use the most profitable equipment and minimize the cost of purchasing and maintaining it.

As it was previously stated, the network is not a standalone system because it works with the input stream - the data transfer requirements. Therefore, the amount of data that must be transmitted over time and at a particular time is an integral feature of a computer network. For further consideration, we can state that:

- the input stream is statistically predictable;
- its frequency can be proven over a period of time;
- its structure is not unique and a certain trend persists despite the geographical location of users;
- the use of the input stream allows building simulation behaviour of the transport network [12].

Because the features of a computer network can be represented by a set of seven levels of OSI, the characteristics are subdivided into those that relate to each individual layer. A generic characteristic that is inherent in each layer and depends on the architecture, physical and protocol characteristics of the network is an Information Resource (IR). It is measured by the number of  $N$ -level information units provided by the network per time unit [16]. Denote the information resource (IR) provided by the  $N$ -level network

$$R^{(N)} = r^{(N)}(p^{(N)}), \quad (2)$$

where  $r^{(N)}$  and  $p^{(N)}$  – respectively, the nodal and communication parameters of the network at the level  $N$ .

Since the network model is based on the first four levels of the OSI model, let's look at the characteristics of these levels.

At the physical level, the following characteristics can be distinguished:

- $V$  – data transfer speed;
- $l$  – the size of the data block;
- $P$  – probability of data error/distortion.

Then the volume of IR at the physical level [17]:

$$R^{(1)} = \frac{V(1-P)}{8l}. \quad (3)$$

Define the characteristics of the channel layer:

- $l$  – the number of bytes in the frame;
- $t^m$  – switching time of modems;
- $p$  – the probability of distortion of the frame;
- $t^d$  – time to receive confirmation of frame sending;
- $n$  – number of physical connections.

Then the size of the information resource at the channel layer:

$$R^{(2)} = \frac{8l(1-p)E \sum_{i=1}^n R_i^{(1)} \sum_{i=1}^n V_i}{2t^m + t^d + 70(6+l)}, \quad (4)$$

where  $E$ -frame size.

At the network level, the most important feature is the protocol structure. This layer virtual channel provides a formula-based IR network [18]:

$$R^{(3)} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j^{(2)} l_j - U_i^{(2)} m}{E_p^{(3)} - U_p^{(3)}}, \quad (5)$$

where  $m$  – the number of second-tier channels that provide frames to the virtual channel  $j$ ;

$U_i^{(2)}$  – characteristics of the network channel;  $E_p^{(3)}$ ,  $U_p^{(3)}$  – characteristics of the structure of the main protocol packet.

The transport layer is responsible for the communication of the network ports. The transport station has a volume of resources

$$R^{(4)} = Ent \left( \frac{\sum_{r=1}^k [R^{(3)} (E_i^{(3)} - U_i^{(3)})] - l_4 k}{E_p^{(4)} + 7} - 2e_4 \right), \quad (6)$$

where  $k$  – the number of buffered packets of the transport station;  $l_4$  – the standard size of the transport box management team;  $e_4$  – the number of unit packets allocated to manage and compile higher levels.

The generalized structure of characteristics associated with certain levels of the OSI model is shown in fig.1.

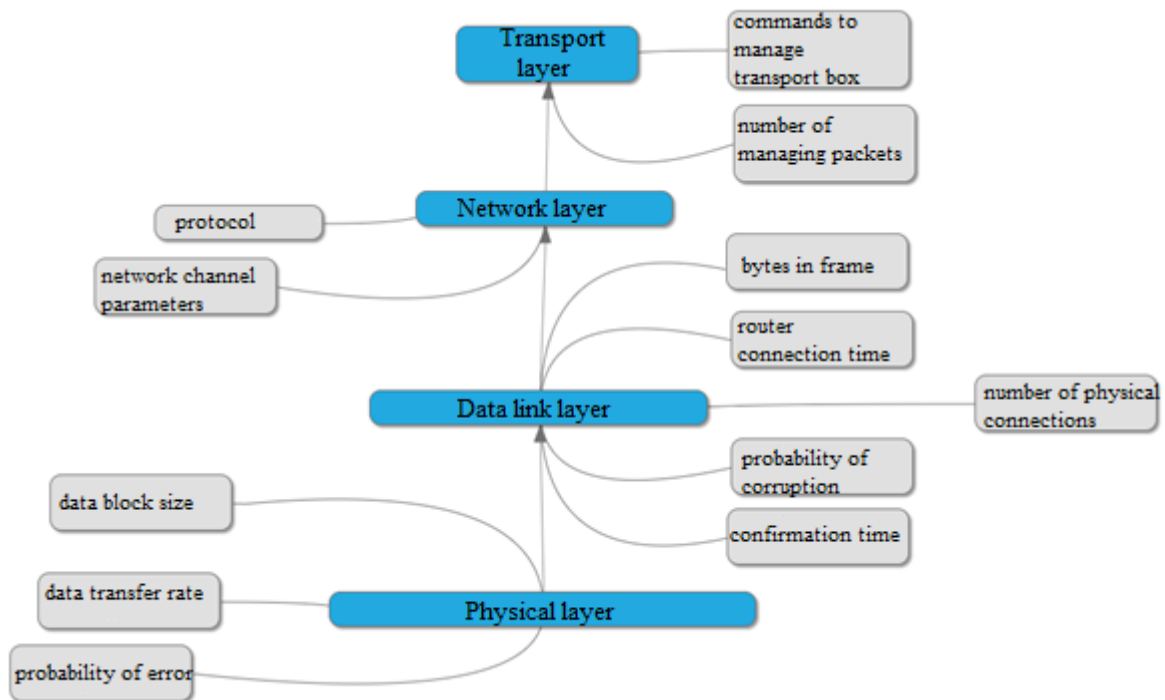


Fig. 1. Characteristics of the lower levels of the OSI model

However, all these characteristics are specific and complicate the modeling process. To simplify the model, it was decided to use abstractions of these characteristics that aggregate several properties at once, or even ignore some of them. The general characteristics of the transport network that will be used for the simulation are given below.

1) Bandwidth is the most important feature of a channel, but it does not characterize other network components. The bandwidth alone is not suitable for modeling network behaviour since it is not used in this way to provide services to end-users. Usually, the term Channel Capacity is used to estimate connection speed [19].

2) Channel power is theoretically the maximum bitrate for data transmission over a communication channel. Because of data transmission errors, using the maximum channel power, the concept of Shannon's channel capacity was introduced, which is theoretically the maximum bitrate for transmitting data to a communication channel without significant errors. Although in fact the Shannon channel power may be

exceeded, this usually results in higher losses and does not require a higher transmission rate, this phenomenon is also known as the Shannon law.

Channel power ( $C$ ) will be further determined by the formula:

$$C = B \log_2 (1 + SNR), \quad (7)$$

where  $B$  – channel bandwidth,  $SNR$  – signal noise ratio (the higher this characteristic, the less noise affects the channel characteristics).

As the channel power is directly proportional to bandwidth, it is often referred to as digital bandwidth. In the future, the bandwidth will mean the Shannon channel power.

3) Latency is an indicator of poor service quality. Delays occur when an attempt is made to transmit data over the bandwidth of a channel. Too much delay causes network congestion, which in turn leads to packets being lost or even blocking the connection. In [2] it is stated that the delay can be calculated using the bandwidth and volume requirements for transmission by the specified

channel. The delay on the channel  $s$  is defined by the following formula:

$$d_c = \frac{1}{B_c - df_c}, \quad (8)$$

where  $B_c$  – channel bandwidth  $c$ ;  $df_c$  – channel input stream  $c$ .

4) Quality of service is an agreement on the provision of data transmission services over a network. The term also means the probability of a data packet between two nodes in the network. Usually, the quality of service depends on bandwidth, delay, and jitter and packet loss. Most of the quality of service depends on such network services as:

- streaming multimedia programs;
- VoIP telephony;

- remote control;
- and other.

5) The volume of errors during transmission is a generalized parameter that aggregates all kinds of errors that occur during data transmission, such as packet loss, data corruption, etc.

### Research results and their discussion

Here is an example of modeling computer network behavior using the method of predicting the above characteristics [2].

1. The first step in the method is to describe the network topology, that is, the geographical location of the nodes and communication channels. Consider a simplified version of the network topology shown in fig. 2.

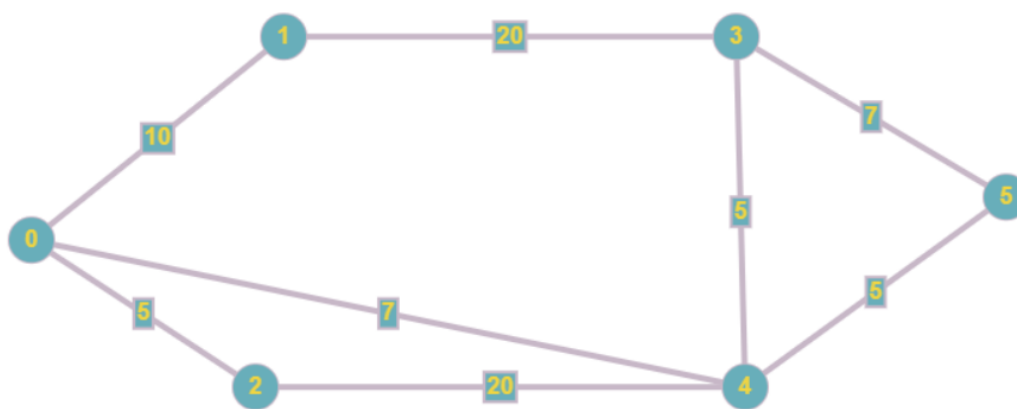


Fig. 2. Test topology of the network

Fig. 2 shows a test layout of a computer network in its original state. The nodes of the graph are the computer network routers and the edges are the communication channels, respectively. Each of the edges is indicated by its maximum channel capacity.

2. The next step is to select the input for modeling. We choose the structure of the input data according to the

average load on computer networks in the world [12]. Fig. 3 illustrates the structure of computer network traffic throughout the day. An indirect traffic structure was also built on the basis of information from the world's largest hubs.

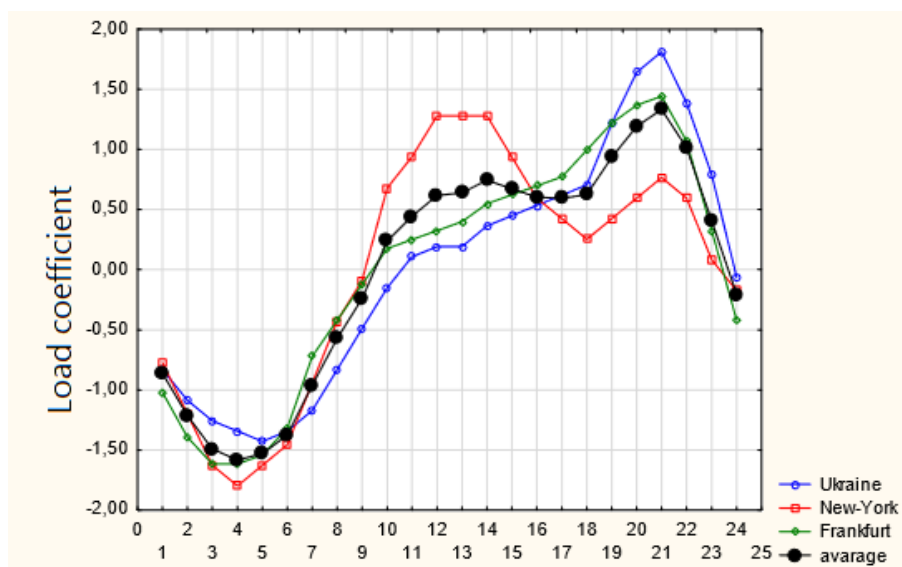


Fig. 3. Average daily computer network traffic

In the future, we will consider as the main requirement for data transmission the amount of information that must be transmitted within the specified period of time. Taken into account that the test layout shows the absolute values, and in fig. 3 relative, before using they must be bound to the absolute values of the coefficients in fig. 3. We assume that the value of -2.00 equals 0 data transmission requirements and the value of

+2.00 equals 120 data transmission requirements. One transfer requirement is equal to 1Mbit / s bitrate.

For the most ostentatious demonstration of the method, taking into account the differences in network traffic, we take as a basis the time interval from 10 hours to 22, conditionally simplifying it to five iterations of modeling, where each iteration represents the peak value of traffic dynamics (fig. 4).

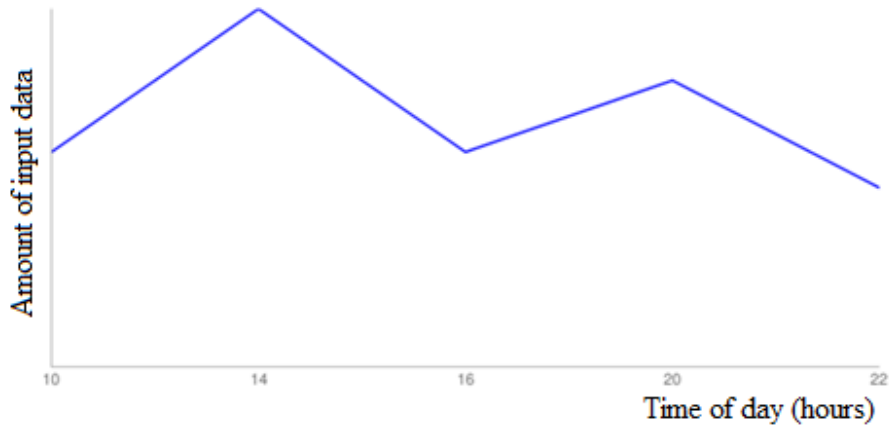


Fig 4. Structure of input data for modeling

3. Distribution of requests for transfer of data by directions. Directions for data transmission will share this load among themselves and can be presented as a table of distribution of requests for data transmission (table 1).

Table 1. Distribution of requests for transfer of data

Direction	10 am	2 pm	4 pm	8 pm	10 pm
1	5	7	3	7	5
2	1	3	3	1	

According to Table 1, there will be two data sessions during the simulation, with the second session ending at 8 pm.

Let the first direction go from zero to the fifth node, and the second direction from the first to the fourth.

4. Construction of the first variant of data transmission routes. At the beginning of the modeling, two routes will be constructed using the Dijkstra algorithm (fig. 5). The solid line shows the route of the first direction, and the dotted line indicates the second, respectively.

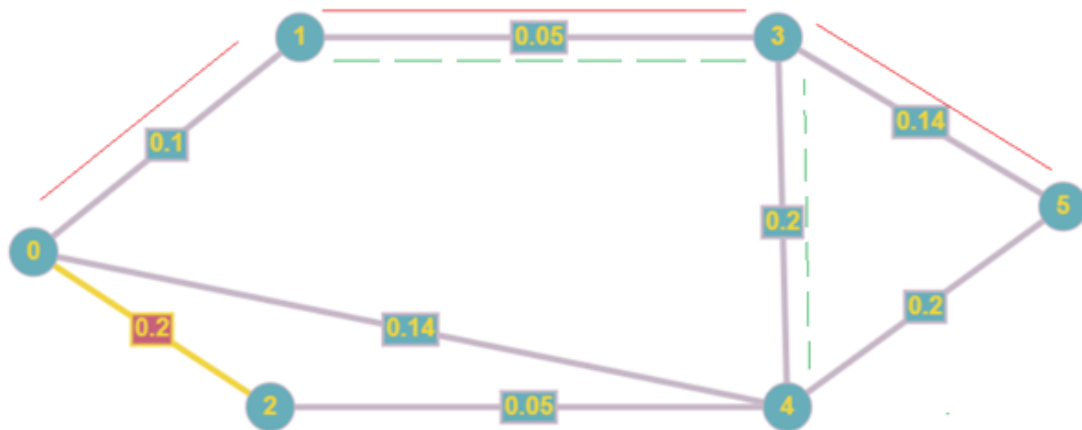


Fig 5. Data transmission routes at the first iteration

5. The next step is to saturate the specified edges with the data transmission requirements of table 1. According to the algorithm, the requirements are distributed taking into account the "popularity" of the data transmission route. Popularity is the frequency of use of a route during a single data session. The higher is the

popularity, the greater is the proportion of the request will be passed along this route. Since only one route was found in the first iteration for each transmission direction, it will pass 100% of each request.

The state of the network after saturation is shown in fig. 6.

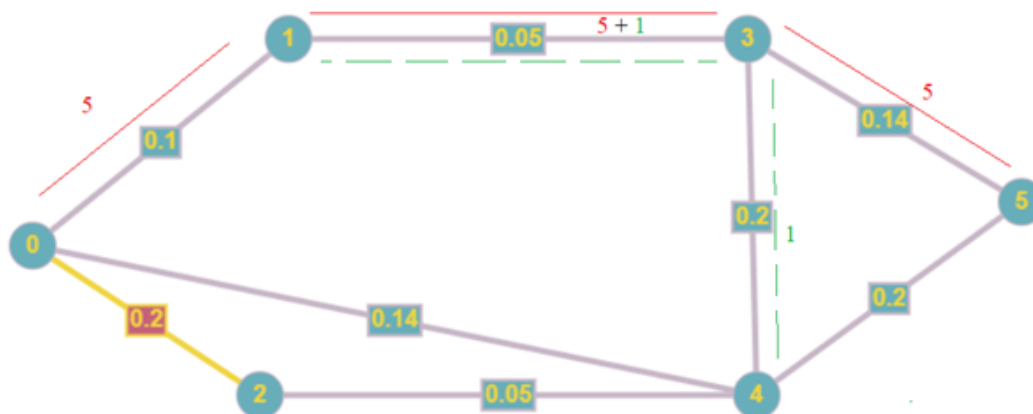


Fig 6. A network saturated with data transfer requirements

Thus, this state of the network is the initial information for the next iteration calculations.

6. It is also important to adjust the table of distribution of requests for data transmission according to the probable losses on the link layer of the transport network. Consider a conditional loss ratio of 15% [Statistical estimation of TCP packet loss rate from sampled ACK packets] from the specified level of data transfer requirements. On this basis, table 1 after the first iteration will look as shown in table 2.

Table 2. Distribution of data requests after the first iteration

Direction	10 am	2 pm	4 pm	8 pm	10 pm
1	5	7.75	3	7	5
2	1	3.15	3	1	

The state of the network at the second iteration of the simulation (according to the formula of calculation of delays on the communication channels) is shown in fig. 7.

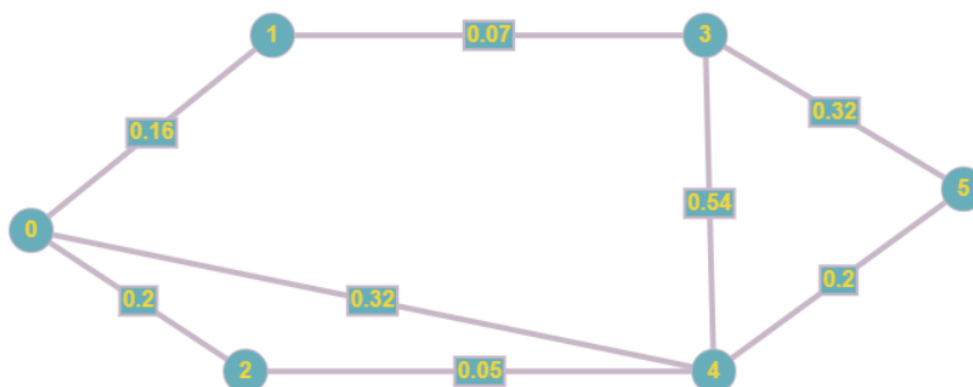


Fig. 7. Network before the second modelling iteration

At this stage, the Dijkstra algorithm is again applied, but since we look for  $i$  routes at every  $i$ -th iteration, we

will now look for two routes for each direction of data transfer (fig. 8).

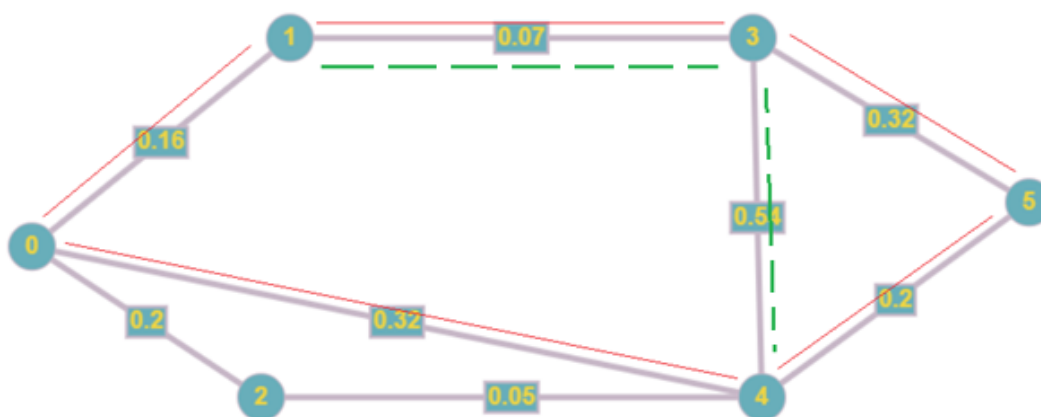


Fig. 8. Data transmission routes on the second iteration

As can be seen from fig. 8, the routes for the second transfer direction remained unchanged, route 1 - 3 - 4 remained the shortest, but for the first direction two routes were constructed, 0 - 1 - 3 - 5 remained unchanged from the first iteration, and the new route 0 - 4 - 5.

7. Next, we move to saturation of the network with data transfer requirements, but now the requirements for the first direction will be divided into two routes (fig. 9).



Fig. 9. The network saturated with data transfer requirements

The last step in this iteration will be the redistribution of table 2 according to the channel layer losses (table 3).

Table 3. Distribution of data requests after the second iteration

Direction	10 am	2 pm	4 pm	8 pm	10 pm
1	5	7.75	4,1625	7	5
2	1	3.15	3,4725	1	

All subsequent iterations of the model can be calculated in the same way.

## Conclusions

The main features of computer network performance were discussed. To simplify the simulation and to make the method more versatile, the characteristics were

## References

1. Reva, A., Davydovskiy, Yu. (2018), "Method of the network topology transformation to quasihomogeneous structure", *Radioelectronic and computer systems*, No. 2, P. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.32620/reks.2018.2>
2. Davydovskiy, Yu., Reva, A., Malyeyeva, O. (2018), "Method of modelling the parameters of data communication network for its upgrading", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (6), P. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.015>
3. *Internet World Stats: Usage and Population Statistics*, URL: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
4. Cisco VNI, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022", URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.html>
5. Zhuang, Y., Cappos, J., Rappaport, T., McGeer, R. Future Internet Bandwidth Trends: An Investigation on Current and Future Disruptive Technologies. Secure Systems Lab, Dept. Comput. Sci. Eng., Polytech. Inst. New York Univ., New York, NY, USA, Tech. Rep. TRCSE-2013-0411/01/2013, URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Future-Internet-Bandwidth-Trends%3A-An-Investigation-Zhuang-Rappaport/5b8d6b99770c8e4045b40ed3f3a5aea1ff202fd2>
6. Lakhina, A., Papagiannaki, K., Crovella, M., Diot, C. (2004), "Structural Analysis of Network Traffic Flows", *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, No. 32 (1), P. 61–72
7. Nevliudov, I., Tsybmal, O., Bronnikov, A. (2018), "Intelligent means in the system of managing manufacturing agent", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (3), P. 33–47. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.033>
8. Averin, G. V. (2014), *Systemodynamics*, Donetsk : Donbass, 403 p.
9. *The AnyLogic Company. Discrete Event Simulation*, URL: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation/discrete-event-simulation/>

10. Kovalenko, A., Kuchuk, H., Ruban, I. (2018), "Using time scales while approximating the length of computer networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (4), P. 12–18. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012>
11. Kosenko, V., Persiyanova, E., Belotsky, O., Maleyeva, O. (2017), "Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (2), P. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.2.048>
12. Wilensky, U., William, R. (2015), *An Introduction to Agent-Based Modeling*, MIT Press, 504 p.
13. Malyeyeva, O., Davydovskiy, Y., Kosenko, V. (2019), "Statistical analysis of data on the traffic intensity of Internet networks for the different periods of time", *Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2019)*, P. 897–910.
14. Poshtarenko, V. M., Andreev, A. Yu., Amal, M. (2013), "Service quality assurance at critical sections of a multiservice network", *Newsletter of the National Technical University*, No. 60, P. 94–100.
15. *Mathematical foundations of the theory of telecommunication systems*, in general. ed. V. V. Popovsky, Kharkiv : SMIT Company LLC, 2006, 564 p.
16. *Modems and routers for IP-based networks*, URL: <https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/industrial-remote-communication/remote-networks/Pages/modems-routers-ip-based-networks.aspx>
17. Kozlov, S. V., Ostrikov, Yu. P., Sukhanov, A. L. (2014), "Optimal distribution of information and computing resources based on a two-level criterion", *Management of large systems: Sat tr*, P. 71–84.
18. Pyatibratov, A. P., Gudyno, L. P., Kirichenko, A. A. (2016), *Computing systems, networks and telecommunications*, Moscow : Publishing house: "Prospect", 332 p.
19. Saleem Bhatti, "Channel capacity", *Lecture notes for M.Sc. Data Communication Networks and Distributed Systems D51 -- Basic Communications and Networks*. URL: <https://web.archive.org/web/20070821212637/http://www.cs.ucl.ac.uk:80/staff/S.Bhatti/D51-notes/node31.html>

Received 22.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Давидовський Юрій Костянтинівич** – Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського "ХАІ", аспірант кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: [davidovskiy2350@gmail.com](mailto:davidovskiy2350@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2813-4169>.

**Давыдовский Юрий Константинович** – Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", аспірант кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна.

**Davydovskiy Yurii** – National Aerospace N. E. Zhukovskiy University "Kharkiv Aviation Institute", Graduate Student of the Department of Computer Science and Information Technology, Kharkov, Ukraine.

**Рева Олександр Анатолійович** – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського "ХАІ", доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: [o.reva@khai.edu](mailto:o.reva@khai.edu); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1933-1064>.

**Рева Александр Анатольевич** – кандидат технических наук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна.

**Reva Oleksandr** – PhD (Engineering Sciences), National Aerospace N. E. Zhukovskiy University "Kharkov Aviation Institute", Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Technology, Kharkov, Ukraine.

**Артюх Олеся Володимирівна** – Харківський радіотехнічний коледж, викладач іноземної мови, Харків, Україна; email: [olesia.artiuh@gmail.com](mailto:olesia.artiuh@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4929-7541>.

**Артюх Олеся Владимировна** – Харьковский радиотехнический колледж, преподаватель иностранного языка, Харьков, Украина.

**Artiukh Olesia** – Kharkiv School of Radio Engineering, Foreign Language Teacher, Kharkiv, Ukraine.

**Косенко Віктор Васильович** – доктор технічних наук, доцент, Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", помічник директора з наукової роботи, Харків, Україна; email: [kosv.v@ukr.ua](mailto:kosv.v@ukr.ua); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4905-8508>.

**Косенко Виктор Васильевич** – доктор технических наук, доцент, Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", помощник директора по научной работе, Харьков, Украина.

**Kosenko Viktor** – Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, State Enterprise "National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Assistant Director for Research, Kharkiv, Ukraine.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПРОТЯГОМ ЗАДАНОГО ПЕРІОДУ ЧАСУ

**Предметом** дослідження в статті є процеси передачі даних в комп'ютерних мережах з погляду на функціональні та нефункціональні показники якості роботи мережі. **Мета** роботи – формалізація характеристик комп'ютерної мережі, які враховуються в методі моделювання та демонстрація роботи методу за допомогою тестового прикладу. В статті вилучаються наступні **завдання**: обґрунтування необхідності застосування методів моделювання під час модернізації комп'ютерних мереж; визначення характеристик комп'ютерної мережі, які мають вплив на процеси передачі даних; формалізація показників, які будуть безпосередньо застосовуватися в процесі моделювання; опис тестового прикладу для

роботи моделі; ітеративне імітаційне моделювання роботи мережі. Використовуються такі методи дослідження: основи системного аналізу, моделі функціонування мережі, метод імітаційного моделювання. Отримано наступні **результати**: комп'ютерна мережа розглянута з боку функціональних та нефункціональних характеристик ефективності, виділені характеристики, які впливають на якість надання послуг, а також такі, що впливають на вартість побудованої мережевої топології. Представлені формули обчислення обсягу інформаційного ресурсу мережі. Обгрунтовано перелік основних характеристик мережі, які мають бути ураховані при моделюванні навантаження мережі. Описаний тестовий стенд для роботи моделі. Розрахований ілюстративний пример використання методу моделювання на основі тестових даних. **Висновки**: Зроблено висновок, що ураховання великої множини показників ефективності мережі перевантажить процес моделювання та прийнято рішення обрати загально-універсальні показники комп'ютерної мережі, які б не залежали від топології її побудови, або типу протоколу, який використовується. Підтверджено можливість створення імітаційної моделі роботи комп'ютерної мережі для її використання при прогнозуванні поведінки мережі під час зміни кількості запитів. Подальший розвиток методу дозволить прогнозувати моменти перевантаження мережі запитами для підвищення ефективності використання комп'ютерної мережі, що модернізується.

**Ключові слова**: комп'ютерна мережа; імітаційне моделювання; системна динаміка; модель OSI; трафік.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ В ТЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО ПЕРИОДА ВРЕМЕНИ

**Предметом** исследования в статье являются процессы передачи данных в компьютерных сетях с точки зрения на функциональные и нефункциональные показатели качества работы сети. **Цель** работы – формализация характеристик компьютерной сети, которые учитываются в методе моделирования и демонстрация работы метода с помощью тестового примера. В статье решаются следующие **задачи**: обоснование необходимости применения методов моделирования при модернизации компьютерных сетей; определения характеристик компьютерной сети, которые влияют на процессы передачи данных; формализация показателей, которые будут непосредственно применяться в процессе моделирования; описание тестового примера для работы модели; итеративное имитационное моделирование работы сети. Используются такие **методы** исследования: основы системного анализа, модели функционирования сети, метод имитационного моделирования. Получены следующие **результаты**: компьютерная сеть рассмотрена со стороны функциональных и нефункциональных характеристик эффективности, выделенные характеристики, которые влияют на качество предоставления услуг, а также те, которые влияют на стоимость построенной сетевой топологии. Представленные формулы вычисления объема информационного ресурса сети. Обоснованно перечень основных характеристик сети, которые должны быть учтены при моделировании нагрузки сети. Описанный тестовый стенд для работы модели. Рассчитан иллюстративный пример использования метода моделирования на основе тестовых данных. **Выводы**: сделан вывод, что учет большого множества показателей эффективности сети перегрузит процесс моделирования и принято решение избрать обще-универсальные показатели компьютерной сети, которые бы не зависели от топологии ее построения, или типа протокола, который используется. Подтверждена возможность создания имитационной модели работы компьютерной сети для ее использования при прогнозировании поведения сети при изменении количества запросов. Дальнейшее развитие метода позволит прогнозировать моменты перегрузки сети запросами для повышения эффективности использования компьютерной сети, которая модернизируется.

**Ключевые слова**: компьютерная сеть; имитационное моделирование; системная динамика; модель OSI; трафик.

### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Давидовський Ю. К., Рева О. А., Артюх О. В., Косенко В. В. Моделювання параметрів навантаження комп'ютерної мережі протягом заданого періоду часу. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.072>.

Davydovskiy, Yu., Reva, O., Artiukh, O., Kosenko, V. (2019), "Simulation of computer network load parameters over a given period of time", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.072>.



A. YELIZYEVA, R. ARTIUKH, E. PERSIYANOVA

## TARGET AND SYSTEM ASPECTS OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT PROGRAM

The **subjects** of research in the article are programs and projects for the development of transport infrastructure with the allocation of the logistics system. The **purpose** is to develop a systematic representation of the process of development of a logistic transport system, taking into account the goals of the transport infrastructure development program. The following **tasks** are solved in the article: systematization of the goals and objectives of the transport infrastructure development program, analysis of the features of the logistic transport system and processes of its development management, development of a generalized formalized presentation of the logistic transport system and the process of its development. To solve these problems, we use **methods** of system analysis, set theory, hypercomplex matrices. The following **results** were obtained. The principles of sustainable development of transport infrastructure are analyzed. The article presents the systematization of the goals and objectives of the transport infrastructure development program and outlines the basic principles of its sustainable development. The tasks of development of the logistic system in the transport infrastructure of the country are considered. A logistic transport system is presented in the form of a graph, where vertices are its elements and connections are information and material flows. When determining the acceptable level of the parameter of development of the logistics transport system, such types of coordination problems arise when making management decisions, such as integral, deterministic and range. In a formalized form, the logistic transport system is presented as a set of system invariants that determine its properties: complexity, dynamism and structural. There are three phases of uncertainty change taking into account the development of the system. The hypercomplex matrix of the system allows you to define its elements and their connections. **Conclusions:** The analysis of the research subject revealed that the issues related to the choice of system concept and methodological tools for the formation of distributed logistics infrastructure remain unsettled, and the problems of transport infrastructure of Ukraine are highlighted. Based on the proposed graph analytic representation of the logistic transport system, it is possible to analyze its structure.

**Keywords:** transport infrastructure; sustainable development; logistics system; hypercomplex matrix; system submission; phases of development.

### Introduction

Reforming the transport structure of the country requires the use of innovative mechanisms in project and program management [1], in which considerable attention is paid to change, risk, quality, resources, communications, and so on. To date, successful projects and programs in Ukraine are mostly innovative and infrastructural.

The transport sector plays an important role in the socio-economic development of the country, because a developed transport system is a prerequisite for economic growth, improving the competitiveness of the national economy and the quality of life of the population. However, the level of safety, quality and efficiency of passenger and cargo transportation, energy efficiency, man-made environmental load do not meet current requirements. There is a lag in the development of the transport network, especially in the development of public roads on the pace of motorization of the country. In particular, the development of the transport infrastructure development program of Kyiv for 2019 - 2023 is projected to increase the number of vehicles registered in the capital by 60% by 2025. The traffic and operational conditions of the roads are unsatisfactory: 51.1% do not meet the requirements for equality, 39.2% – for durability. Transport is a source of emissions of one-third of harmful substances in Ukraine. For example, in cities, 90% of the emissions of harmful substances are made by road transport.

Other problems include the following: mismatch of the transport network to the existing pass-through; unsatisfactory conditions for all road users, lack of transport efficiency of bridge crossings to the needs of

residents; undeveloped rail and land transport system; poor quality of the suburban train; low average speed of public transport; lack of a unified parking space, etc. These disadvantages are caused by such external and internal current political and economic conditions; lack of developed logistics infrastructure; outdated technologies and forms of transport management.

### Analysis of recent research and publications

The works of such scientists as Vinnikov V., Kotlubai O., Novikova A., Preiger D., Rybchuk A., Khakhlyuk A. and others are devoted to the study of problems of functioning of transport systems and their development. Some aspects of the functioning of the transport system of Ukraine have been analyzed.

The main methodological provisions of the development strategy development were developed and published in the works of G. Mintzberg, M. Porter and other foreign and domestic scientists [2–4]. Many domestic scholars have been engaged in scientific research on the development of economic and mathematical models of transport system development [5–9]. Modelling problems of transport systems are solved in [10, 11].

Published articles and monographs focus on solving partial, unrelated goals of transport system management [12]. In addition, there is no problem of creating a distributed logistics infrastructure and management, there is no discussion of the choice of system concept and methodological tools for solving these problems [13]. Problems of a systemic nature for substantiating the intellectual components of logistics infrastructure are considered, which will ensure that effective decisions are made [14]. When designing innovative transportation

projects, the accumulation and use of knowledge in the form of successful past projects are not fully taken into account [15]. Due attention has not been paid to modern forms of management, such as the intellectualization and virtualization of management of socio-technical systems [16]. Little attention has been paid to the systematic integration of transport systems in the wide range of problems associated with reforming and developing the country's distributed infrastructure and making effective decisions [17].

### **Highlighting unresolved parts of a common problem. The goal of the work**

It should be noted that the question of finding and justifying the directions of development of the potential of transport systems in Ukraine in the context of the impact of external crisis phenomena and economic development trends is still unresolved and urgent. It is necessary to create a new approach to the management of transport infrastructure development programs (TIDPs), which is based on the formation of intellectual decision-making environment, risk-oriented management methods in transport innovations, effective methods of managing virtual complex systems, which will ensure sustainable development of logistics infrastructure countries and integration into the world transport system.

The purpose of the article is to develop a systematic representation of the process of development of logistics transport system, taking into account the goals of the program of development of transport infrastructure.

The tasks are solved:

- systematization of the goals and objectives of the transport infrastructure development program,
- analysis of the features of the logistics transport system and the processes of managing its development,
- development of a generalized formalized representation of the logistics transport system and its development process.

### **Materials and methods**

Consider defining the program in terms of project management standards. The Program [18] is a series of related projects that are coordinated to achieve the benefits and degree of manageability that are not available when managed individually. According to the P2M body of knowledge, the program is a commitment that the project team organically combines to achieve a coherent mission [19].

Individual projects are combined based on the strategic mission of the program. Structurally grouped projects need to address a range of issues related to the various tasks and methods of their implementation. However, the program has a longer duration and uncertainty than these project totals.

The basic attributes of the program include [20]: multiplicity, scalability, complexity, uncertainty. Multiplicity of the program means that its set of projects has several different goals and objectives. Callability is a hallmark of a program in size and structure. The

complexity of the program arises from the interaction between projects, from the combination and overlapping of their life cycles, from the uncertainty of the conditions of implementation [18].

The term "Program Management" in notation (PMBOK Guide 5rd Edition [19]) is defined as centralized coordinated program management that aims to achieve the benefits and strategic goals of the program. Program management provides the ability of the governing body (organization) to adapt to changes in the external environment to accomplish the mission of the program, by optimizing the relationship between projects. Individual projects are grouped into a program to increase its effectiveness if they have certain characteristics that benefit from group project management [20].

The development program is the planning of the future transport infrastructure for 5 – 10 years [21]. The main goals of this development are the following [22]:

- the formation of single transport space, i.e. the creation of a transport system without "bottlenecks", which provides transport accessibility throughout the territory;
- reduction of transport costs and cost of services due to the development of the transport network, efficient logistics with the use of optimal transport schemes and the movement of freight flows;
- increase of transport mobility of the population;
- ensuring the safety of transport activities.

Note that transport infrastructure (TI) is characterized by the following [23]:

- significant impact on the socio-economic development of the territory. Developed transport infrastructure provides mobility of material and labour resources, expands trade opportunities, makes the area attractive for investment, housing and work;
- high capital consumption, especially of routes (road and rail). Public-private partnership is usually used as a tool for implementing or improving the quality of individual projects;
- long terms of creation and operation. Infrastructure projects have been developed and implemented sometimes for decades. In many cases, selecting a project option, examining it and agreeing with it, as well as making all the necessary land decisions can take longer than building the road;
- the need to take into account a set of conflicting public, public and private interests in the implementation of infrastructure projects.

To date, sustainable development principles have been formulated, which can be grouped into four categories in relation to TIDPs (table 1) [24–27].

On the basis of the development program, specific investment and business projects are developed [28]. In assessing the feasibility and decision making of the project structure, account should be taken of the uncertainty associated with the scientific and technical risk of road construction and modernization. The multiplicity of factors and the different degree of their influence in the implementation of programs causes a variation in the ways to achieve the goals of the program. As a result, there is a need to justify

and select the "best" of some of the alternative (component projects) programs.

**Table 1.** Basic principles of sustainable development of transport infrastructure

Principle	Essence	Direction of development
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- promotion of socio-economic development of regions;</li> <li>- ensuring the freedom of people's mobility and choice of transport, taking into account a balanced tariff policy;</li> <li>- coordination of planning of construction of transport infrastructure objects with the general scheme of planning of the territory of Ukraine, long-term plans of land resources use and deployment of productive forces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- development of transport infrastructure and modernization of rolling stock to ensure increased mobility of the population and accelerate the movement of freight flows</li> </ul>
<b>Economical</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ensuring a favorable business environment for all individuals and legal entities operating in the transport services market;</li> <li>- ensuring the advance development of transport infrastructure;</li> <li>- the need for antitrust policy;</li> <li>- liberalization of pricing in potentially competitive markets for transport services;</li> <li>- attracting investment and encouraging private sector involvement on the basis of fairness, transparency and stability;</li> <li>- transparency of regulation of the transport system;</li> <li>- use of transport resources in accordance with market demand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ensuring the competitiveness and quality of transport services for the economy; ensuring accessibility and quality of transport services to the population;</li> <li>- integration into the European Union and development of export of transport services</li> </ul>
<b>Financial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- the concentration of financial resources on the basis of determining priorities in accordance with the formulated goals and requirements for the economic efficiency of their use;</li> <li>- functioning of transport enterprises on the basis of self-sufficiency;</li> <li>- joint financing of transport infrastructure; financing investment projects on the basis of income or revenue stream from project implementation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- improving the efficiency of public administration and developing a competitive environment</li> </ul>
<b>Ecological</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a priority of environmental safety requirements, mandatory observance of environmental standards and standards in transport activities;</li> <li>- the prevention of environmental pollution and the negative impact on human health due to the intensive development of road transport;</li> <li>- putting into effect the economic mechanism of nature management and nature conservation activities;</li> <li>- adoption and implementation of international legislation on the transport of dangerous goods;</li> <li>- promotion of priority development of energy-saving and environmentally friendly modes of transport and intermodal technologies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- increase of environmental friendliness, the energy efficiency of transport processes and safety of transportation of passengers and cargo</li> </ul>

The problem is the choice between different projects implemented at the expense of the budget. In this case, there is a need to choose between territories or settlements that will be serviced by new roads, and therefore receive certain socio-economic benefits or have a number of negative consequences - land alienation, environmental pollution of the surrounding territories, etc. Selection of infrastructure projects to be implemented is based on strategic goals and main development priorities, bottlenecks of existing and potential projects.

Consider the essence of TIDP, which involves the implementation of a portfolio of innovative projects. Planning for the development of transport infrastructure consists of a set of construction, technical, organizational, planning, economic and social measures [29]. In general, a planned program consists of a number of units, such as:

- design, construction, development of new ways;
- modernization and repair of existing roads;

- planning of the implementation of advanced transportation technologies;
- planning of measures for improvement of management, systems of planning and organization of traffic;
- plan for modernization and replacement of obsolete transport warehouse.

The programming documents defining the development strategy may reflect the following main measures for the implementation of this strategy [30]:

- formation of scientific and technical department and development of innovative potential in order to ensure the program's realization;
- technical re-equipment and modernization of transport in carrying out a common scientific and technological and technological policy to ensure the implementation of the program;

- improving the system and mechanism for managing the development of transport infrastructure.

Thus, in the process of TI development, it is assumed not a single, one-time transformation, but a set, a complex of changes. Development is a link to quality transformations. The main content of development is significant changes in functioning.

The structure and content of the TIDP can be described as follows:

- 1) conceptual framework of the program-the section reveals the methodological basis and methodological techniques of strategic planning, organizational, economic and social factors of development;
- 2) analytics-provides for the following tasks:
  - the formulation of the mission, goals, objectives of TI;
  - analysis of internal and external environment;
  - risk assessment of TI development activities;
- 3) strategic directions and innovative projects-section includes:
  - list of strategic directions of development;
  - target indicators for the achievement of the TI development goals with an indication of the planned time frame for their achievement and a breakdown by possible scenarios;
  - innovative project;
- 4) program implementation mechanism:
  - information on financial and resource support of the program;
  - program implementation schedule;
  - comprehensive assessment of TI potential.

On the one hand, the content of the development program (goals, objectives, mechanisms) should be assessed in terms of feasibility, but on the other hand, these assessments (in the analytical section) should already be taken into account in the development of the program.

The methodology of transport infrastructure development program management includes a set of models and methods of intelligent program management, including:

- forecasting and planning of development of transport systems in conditions of incomplete certainty;
- management and implementation of innovative renewal programs of logistics infrastructure;
- distributed intelligent management and effective decision-making in the logistics of transportation;
- logistics management of cargo flows in integrated heterogeneous transport systems (road, rail, air and other modes of transport).

A reliable assessment of costs and profits on a comparative basis for all infrastructure projects will avoid inefficiencies and identify priority projects to align investment costs with available investment resources. Long-term traffic forecasts will help to identify priority components of the transport strategy, develop plans and make rational decisions. A comparative analysis of projected traffic volumes by type of cargo and infrastructure capacity will identify existing and possible long-term bottlenecks.

Table 2 gives an overview of models and methods of project management of transport infrastructure development.

**Table 2.** Overview of models and methods of project management of transport infrastructure development

Stage	Models	Methods
<b>Strategic planning</b>	defining the main strategies of TIDP	SWOT analysis
	models for assessing the level of competitiveness of a transport organization	probabilistic approach
	models for determining the rating of transport security of regions	cluster analysis; utility theory
<b>Investment Planning</b>	models of the project life cycle; a generalized model of discounting cash flows of investment projects	
<b>Innovations Planning</b>	modelling of assessment of the level of innovative development of regions	cluster analysis
	vehicle upgrade model	Markov chains
<b>Risk assessment</b>	probabilistic risk assessment models	
	models of investment project selection	linear and nonlinear programming; heuristic methods of analysis of variants
<b>Prediction of TIDP indicators</b>	multifactorial models	
	adaptive models	precedent theory

## Results of the studies and their discussion

### 1. Features of logistic transport system and development management processes

The development of a logistics system in the transport infrastructure means the following tasks are solved:

- 1) creation (modernization) of logistical commodity distribution centres in the main directions of transportation and at the junctions, including the creation of

terminal-logistics centres at the intersection of major highways, in railway junctions, in river ports, and in general the formation of an integrated system of logistics centres;

- 2) development and implementation of innovative intelligent transport systems with the use of navigation systems that ensure the quality of transport services. Creation of unified information services of cooperation of transport, logistic, forwarding, customs and other controlling bodies;

3) creation of a market of competitive complex logistics services;

4) improving the legal basis for the development of logistics. Implementation of information standards and electronic document flow;

5) development of infrastructure of multimodal logistics centres for container transportation;

6) creation of competitive transport corridors on the basis of technically and technologically integrated logistics infrastructure, as well as systems of coordination of business processes in the supply chains.

The main elements of a logistic transport system (LTS) are:

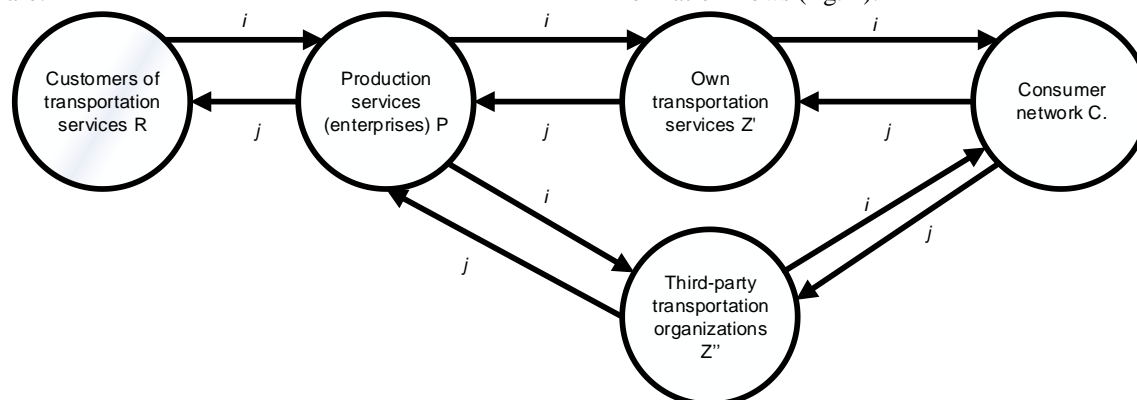


Fig. 1. Presentation of LTS elements in the form of a bidirectional graph

Thus, such an LTS representation reflects each individual transaction in cargo handling and delivery of the final product, from suppliers producing materials to a supplier of a particular enterprise, and ending with its customers.

The development of LTS can only be ensured by the joint activity of organizational elements of the system. For this, the mechanisms of interaction between all elements of the logistics chain should be taken into account. This chain can be represented as a system consisting of a set of ordered elements that perform certain functions and relationships that are regulated according to the purpose of obtaining and selling the required product or service. The main problem of this system is the regulation and coordination of processes and operations in the interactions between the elements [31].

In the transport infrastructure, the dynamics and uncertainty of the logistical process factors are important. LTS is the basis of changes in transportation processes, determines the diversity and complexity of the infrastructure and requires management development. LTS maintains correspondence between increasing market demands and logistical infrastructure activities.

At a certain stage, the functioning of the LTS increases its needs and thereby forms the goals of the TIDP, determines the ways to achieve them. A passive organizational and technical system must be considered as active and purposeful, which must be developed. Thus, LTS belonging to the class of organizational and technical systems (OTS) is a purposeful, artificial, active system.

The main properties of LTS are as follows:

- customers of transport services ( $R$ ),
- production services (enterprises) ( $P$ ),
- services involved in the movement of goods from the place of production to the place of consumption ( $Z$ ), which are divided into own services ( $Z'$ ) and third parties ( $Z''$ ).

- consumer network ( $C$ ).

All components are connected by direct and inverse material flows and relations in the form of information flows, i.e. graphically the supply chain can be represented as a network  $S$ , whose vertices are elements ( $R, P, Z, C$ ), and links ( $i, j$ ) between them correspond to material and information flows (fig. 1).

- integrity – changing any element affects other elements, resulting in a change in the structure and properties of the system as a whole;

- integrative – the system has properties that are missing from its elements. But elements can also have properties that are not inherent in the system as a whole.

The current trend in OTS management is proactive (warning) management. "Being proactive is about anticipating events, initiating change, striving to hold the fate of the organization in your hands" [32].

Proactive management uses methods of forecasting, monitoring, planning, analysis, modelling of complex dynamic systems and optimization of management decisions [33].

Intelligent information technologies are used to make managerial decisions, which can help predict OTS behaviour. This requires the formation and analysis of models for the development of situations, taking into account both current and previously accumulated data.

Anticipation and prevention are the basic principles of proactive problem management. While doing this, an analysis of possible risks and errors, planning corrective actions are necessary. In addition to the prediction, proactive control is also used, the purpose of which is to detect deviations from the current state of the LTS from the predicted one. Management decisions are made based on the results of proactive control aimed at preventing adverse development of LTS.

The problem with managing the development of the system is to translate the object from some current state to desired. That is, the necessary conditions for development management are:

- determining the quantitative and qualitative composition of the characteristics of the state space in which management is implemented;
- determination of the current and task of the desired state of the control object in this space;
- formation of managerial influence.

Thus, one of the tasks to be solved in the management of LTS development is to identify the state space and to implement methods for identifying their characteristics.

A system of indicators characterizing the status of LTS subsystems and their interconnections is needed. Indicators of Sustainable Development were developed by the Commission for Sustainable Development [34]. There is a system for evaluating organizational and technical systems using a stable functioning index, which is calculated as the sum of indices for three dimensions: economic, technological and social with appropriate weighting factors [35].

A specific list of indicators should be developed for the LTS to reflect the peculiarities of its functioning. This list is the basis for a comparative assessment of options in the strategic decision-making process for system development. The complex structure of LTS indicators makes it possible to use a flexible, adaptive model for their evaluation.

There is a challenge to manage the decisions that are made at different levels of coordination in order to be able to optimize the management of the system as a whole. Consider the following types of matching problems when determining the acceptable parameter level:

1) integrated matching – the development program specifies the planned coefficient  $K$  for a specific time period  $T$  and possible standards for resources  $R$ . So, we have:

$$\int_0^T [R(t) - R^*] dt \leq K; \quad (1)$$

2) deterministic matching – a requirement for equality is set in each time interval:

$$E(t) = K \quad (2)$$

for the matched parameter  $E$ ;

3) the range matching is determined by the belonging of the agreed parameter  $K$  to the specified range:

$$K(t) \in [K_{\min}, K_{\max}]. \quad (3)$$

## 2. Formalized presentation of the LTS development process

In terms of the LTS system approach, the system is a complex organizational and technical system and has the following features [37]:

1) complexity – the presence in the LTS of heterogeneous elements that provide the required diversity of system elements, determined by the conditions of formation;

2) dynamic – the ability of LTS elements to interact, as well as the implementation of interaction outside the system;

3) structural, integrity [36].

We define LTS as a system  $S$  that includes a set of system invariants  $\{S_n\}$  that determine the properties of the system. System invariants can be obtained from the initial state of the system  $S_0$  by the set of operators  $\{P_n\}$ , that is:

$$\begin{aligned} S_1 &= P_1 S_0; \\ S_2 &= P_2 S_0; \\ &\dots\dots\dots \\ S_n &= P_n S_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Denote these system properties of LTS as follows:

- complexity ( $S_1$ );
- dynamic ( $S_2$ );
- structural ( $S_3$ ).

In this case, the complexity is ensured by the variety of entities that create the system (logistics centres, vehicles, management organizations, etc.):

$$S_1 = P_1 S_0 = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad (5)$$

where  $S_1$  is the property of complexity;  $P_1$  – operation of transfer and numbering;  $S_0$  is the original representation of the LTS to which the operation  $P_1$  is applied;  $a_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – groups of elements, varied in content.

The dynamic property reflects the processes of interaction between the elements:

$$S_2 = P_2 S_0 = \{Y_{in}\}, \quad (6)$$

where  $S_2$  is the dynamic realized through transport and information interaction between system elements;  $P_2$  – identifying communication channels and their characteristics (e.g., trunk line or information channel);  $S_0$  – initial LTS, which is considered from the point of view of interaction;  $Y_{ij}$  ( $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$ ) – characteristic of interaction between the  $i$ -th and the  $j$ -th elements.

We define the structural property:

$$S_3 = P_3 S_0, \quad (7)$$

where  $S_3$  is the structure shown in the graph of the relationship of the elements of the LTS;  $P_3$  is the operator of determining the relationships of a graph;  $S_0$  – LTS, which is considered at a certain point in time from the standpoint of structure formation.

Therefore, system  $S$  is determined by the sequence of operations:

$$\{P_n\} = P_1 P_2 P_3. \quad (8)$$

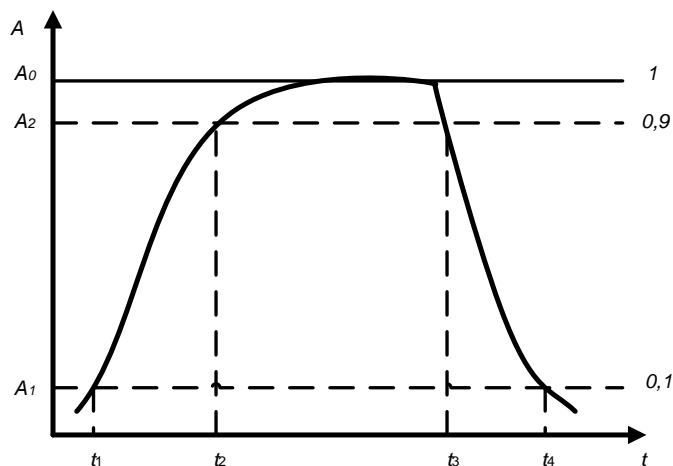
Given (4) we obtain:

$$S = (P_1 S_0)(P_2 S_0)(P_3 S_0). \quad (9)$$

Based on the proposed graph analytic representation of the LTS model, it is possible to analyze its structure. Consider the uncertainty property of the LTS graph

analytic model, which we will call the uncertainty of system implementation. Let uncertainty be determined by characteristic  $A$ , which is measured on a continuous scale from 0 to 1 and changes with time. The time scale reflects the process of changing the system that corresponds to the dynamic property. For example, if the system model does

not display any of its properties, then the estimate  $A = 0$ , if the system with sufficient certainty reflects half of its properties, then the estimate  $A = 0.5$ , and if the system is fully displayed, then  $A = 1$ . In Fig. 2 levels  $A = \{0, 1; 0.9; 1\}$  are selected. Horizontally we set aside time  $t$ .



**Fig. 2.** Changing uncertainties with the evolution of the system

Consider the individual phases of changing the uncertainty of system implementation.

The first phase:  $\Delta t_1 = (t_2 - t_1)$  – conditional start ( $t_1$ ) and end ( $t_2$ ) of the process of formation (development) of the system, which is determined by levels  $A_1$  and  $A_2$ , which are close to the lower and upper thresholds of the uncertainty of system implementation. The source of uncertainty is the process of development itself, that is, at this stage the same element of the system can be displayed in different variants. Note that the level  $A_0 = 1$ , which can theoretically be achieved in an infinitely long time, corresponds to the state of complete determination of the model of the system obtained in the process of system implementation.

The second phase:  $\Delta t_2 = (t_3 - t_2)$  – stationary existence of the formed system.

The third phase:  $\Delta t_3 = (t_4 - t_3)$  – the destruction (decay, disintegration) of the system.

The pre-system state ( $t < t_1$ ) reflects the properties of the system environment  $S_0$ .

The post-system state ( $t > t_4$ ) reflects the properties of  $S_0$  after the complete destruction of the system.

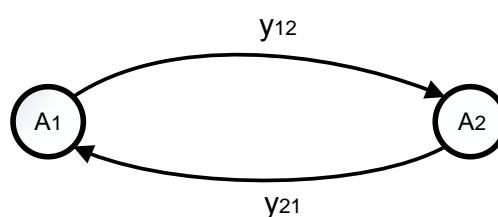
The LTS, which is considered in terms of system approach, can be reflected by a set of its individual models (system representations), which can be written in the form:

$$A \Rightarrow \lim_{\substack{t \rightarrow \infty \\ n = \text{const}}} \sum \{S_n^{(t)}\}, \quad (10)$$

where  $A$  – system (object) that is displayed;  $S_n^{(t)}$  – a system model of object  $A$  at time  $t$ ;  $n$  – the number of invariants in the system model.

The dynamic system can be defined in a discrete or continuous view. Since the planning of the development program is carried out for a specific period, and the change of the development indicators occurs at discrete (control) moments of time, it is more appropriate for the LTS to discrete view of the process of its development.

We will use a matrix method for describing LTS based on the use of hypercomplex matrices [37]. Let us write a hypercomplex matrix for the simplest system shown in fig. 3, where  $A_1$  and  $A_2$  are elements of the system and  $y_{12}$  and  $y_{21}$  are the interactions between these elements.



**Fig. 3.** The simplest connected system

We obtain a matrix of the structure of the system  $S$ :

$$|S| = \begin{bmatrix} A_1 & y_{12} \\ y_{21} & A_2 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

on the main diagonal of which elements reflecting the presence and properties of the elements of the system  $S$ :

$$a_{nn} = A_n(S), \quad (12)$$

where  $a_{nn}$  – a diagonal element of the matrix standing at the intersection of the  $n$ -th column and the  $n$ -th row;  $A_n(S)$  –  $n$ -th element of the system  $S$ .

To the left and to the right of the main diagonal are elements of the matrix, which reflect the interaction between the elements of the system and are determined by the rule:

$$a_{nm} = y_{nm}(S), n \neq m, \quad (13)$$

where  $a_{nm}$  – the element of the matrix that stands at the intersection of the  $n$ -th row and the  $m$ -th column;  $y_{nm}$  – interaction of the element  $A_n$  with the element  $A_m$  of the system  $S$  in the direction from  $A_n$  to  $A_m$ .

The order of the matrix is determined by the number of elements and hierarchical levels of system  $S$ . In this case, the order of the matrix  $N = 2$ .

In dynamic LTS, the elements of the matrix  $Y$  depend on time, reflecting the development process:

$$[A_{nm} = A(t), y_{nm} = y(t)] \Rightarrow S = S(t). \quad (14)$$

According to the steps of uncertainty change (Fig. 2), we write down the conditions under which the matrix  $Y$  will reflect the main phases of the development process:

- phase of development

$$\frac{d(S(t))}{dt} > 0. \quad (15)$$

Differentiation is performed by all system invariants;

- steady-state mode is defined as follows:

$$\frac{d(S(t))}{dt} = 0; \quad (16)$$

- the decay phase is defined as follows:

$$\frac{d(S(t))}{dt} < 0. \quad (17)$$

Analyzing the hypercomplex matrix of the system under study, it is possible to construct the system implementation process curve corresponding to this system.

## Conclusions

In the article, the basic principles of sustainable development of transport infrastructure are analyzed and the description of the mathematical apparatus of formation and research of projects of development of transport infrastructure is given. The targeted aspects of the transport infrastructure development program are considered. On this basis, a systematic representation of a logistic transport system containing a set of system invariants defining its properties was proposed. A method of describing the structure of LTS based on the use of hypercomplex matrices, which allows taking into account interactions between elements of the system. In dynamic LTS, elements of a hypercomplex matrix depend on time, which reflects the main phases of the development process.

The scientific novelty of the article is a generalized formalized representation of LTS that can be used to analyze and optimize its structure. Of practical importance is the ability to form transport infrastructure within the development program by using a graphical analytical representation of the LTS, which reflects the elements and information and material links between them.

## References

- Porter, Michael. E. (2001), *Competition* / trans. from English: pos. Moscow, 495 p.
- Mintzberg, G., Quinn, J. B. (2001), *Goshal S. Strategic process. Concept. Problems*, St. Petersburg, 688 p.
- Drucker, P. F. (2004), *Encyclopedia of Management* / trans. from English, 432 p.
- Gritsenko, S. I. (2009), *Transport and logistics clusters in Ukraine: ways of formation and development*: monograph, St. Petersburg, 218 p.
- Kosenko, V., Gopejenko, V. i Persiyanova, E. (2019), "Models and applied information technology for supply logistics in the context of demand swings", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.059>
- Bludova, T. V. (2006), *Transit potential of Ukraine: formation and development*, Kyiv, 274 p.
- Lytvynenko, D., Dorokhina, A. and Artiukh, R. (2019), "Analyzing the interests and interaction of the participants of a transport system development project", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 69-74. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.069>
- Bushuyev, S., Bushuiev, D. and Kozyr, B. (2019), "Development project management capability of the infrastructure program. Chernobyl case", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2(8), P. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015>
- Shevchuk, Ya. V. (2011), *Motor transport infrastructure: theory and methods of modern regional research*: monograph. Uzhgorod, 376 p.
- Nagurney, A., Smith, John F. (2006), *Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows and Profits*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, England, 448 p.
- Taylor, M. A. and D'este, G. M. (2004), "Critical Infrastructure and Transport Network Vulnerability: Developing a Method for Diagnosis and Assessment", *Proceedings of the Second International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR)*, A. Nicholson and A. Dantas, editors, Christchurch, New Zealand, P. 96–102.
- Fan, Y, Khattak, A J, Shay, E. (2007), "Intelligent Transportation Systems: What Do Publications and Patents Tell Us?", *Journal of Intelligent Transportation Systems*, No. 11:2, P. 91–103.
- Bereznyak, N. V, Kvasha, T. K. (2012), *Novitskaya GVP processes of integration of information infrastructure of innovation activity: analytical review*, Kyiv, 93 p.
- Gaykov, A. R., Baranov, O. V., Baranov, V. Yu. (2014), "Intelligent transport systems in Ukraine", *Bulletin of NTU "KPI"*, No. 9 (1052), P. 106–112.



15. Prokofiev, D. V. (2010), "Principles and methodology of building an integrated information system for managing the functioning of logistics centers", *Logistics and supply chain management*, No. 6 (41), P. 11–23.
16. Yarkina, N. M. (2014), "Enterprise management as an economic category (theoretical aspects)", *Countries and Regions Ser. : Economics and Entrepreneurship*, No. 1 (76), P. 130–136.
17. Filatova, T. V. (2013), "Management decision making as a factor in improving the efficiency of railway transport", *Bulletin of Economics of Transport and Industry*, No. 42, P. 182–186.
18. Danchenko, O. B., Lepsky, V. V. (2017), "Modern models and methods of project management, project portfolios and programs", *Management of complex systems development*, No. 29, P. 46–54.
19. *The standard for Program Management. Global standard. PMI*. URL: <http://www.pmi.org> (last accessed 27.07.2019).
20. *A Guidebook of Project & Program Management for Enterprise Innovation. Volume I. Translation*. URL: <http://www.pmaj.or.jp> (last accessed 27.07.2019).
21. Stadnik, V. V., Yokhna, M. A. (2011), *Strategic management of enterprise innovation development*, Khmelnytsky, 332 p.
22. *On approval of the Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2020*, URL: [http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2010/07/Order\\_KMU\\_Transport\\_strategy\\_UA-2020.pdf](http://climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2010/07/Order_KMU_Transport_strategy_UA-2020.pdf) (last accessed 15.06.19).
23. Dimarchuk, S. M. (2002), "Formation of regional transport and logistics systems. Problems of rational use of socio-economic and natural-resource potential of the region", *Employment, Labor and Social Infrastructure series*, No. 3, P. 163–170.
24. Pashchenko, Yu. E., Nikiforuk, O. I. (2008), *Ukraine's transport and road complex in the processes of international integration: monograph*, Nizhyn : Aspect-Polygraph, 192 p.
25. Preiger D., Sobkevich O., Emelyanova O. *Prospective ways and mechanisms of integration of the market of transport services of Ukraine to EU countries. Analytical note*. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/475/> (last accessed 29.05.19).
26. *Strategy for the development of railway transport for the period up to 2020. Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 16.12.2009 № 1555-p*, URL: [www.ugmk.info/download/1261743310](http://www.ugmk.info/download/1261743310) (last accessed 03.06.19).
27. *Ukraine's transport strategy for the period up to 2020*, URL: <http://www.mtu.gov.ua> (last accessed 03.06.19).
28. Kosenko, V. (2018), "Decision support system in planning investment projects", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (6), P. 113–119. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.113>
29. Dashchenko, N. M. *Development of logistics centers at the present stage*, URL: [http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/2009\\_6/09dnmcp.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Upsal/2009_6/09dnmcp.pdf) (last accessed 30.06.19)
30. The main activities for the implementation of the enterprise development strategy for the medium and long term, URL: <http://www.kbptula.ru/ru/about/o-predpriyatii/strategiya-razvitiya> (last accessed 3.06.2019).
31. Busheyev, S. D., Kozyr, B. Yu. (2011), "Innovative mechanisms for managing programs of development of maritime transport clusters", *Management of complex systems development*, No. 7, P. 5–7.
32. Danko, M. (2007), "Reorganization of enterprises in the context of formation of corporate structures", *Ukraine economy*, No. 1, P. 64–70.
33. Daft, R. (2008), *Management* / trans. from English 6th ed. SPb. : Peter, 864 p.
34. *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*, United Nations, New York, 94 p.
35. Maljuta, A. N. (1990), *Patterns of system development*, Kyiv, 136 p.
36. Bir, S. T. (2006), *Cybernetics and Management* / Per. from English V. Ya. Altayev; under the editorship of A. B. Chelyustkin, 2nd ed., Moscow, 280 p.
37. Fleishman, B. S. (1982), *Fundamentals of systemology*, Moscow, 368 p.

Received 26.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Слізєва Аліна Володимирівна** – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, м. Харків, Україна; e-mail: [alina.yelizeva@gmail.com](mailto:alina.yelizeva@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8228-9383>.

**Елизєва Аліна Владимировна** – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського "ХАІ", доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, г. Харьков, Україна.

**Yelizyeva Alina** – PhD (Technical Sciences), National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"; Docent of the Department of Computer Sciences and Information Technologies, Kharkiv, Ukraine.

**Артюх Роман Володимирович** – кандидат технічних наук, Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", директор, Харків, Україна; e-mail: [roman.artjuh77@gmail.com](mailto:roman.artjuh77@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5129-2221>.

**Артюх Роман Владимирович** – кандидат технічних наук, Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", директор, Харьков, Украина.

**Artiukh Roman** – PhD (Engineering Sciences), State Enterprise "National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Director, Kharkiv, Ukraine.

**Персіянова Олена Юрійівна** – Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", інженер науково-дослідного відділу, Харків, Україна; e-mail: [persikqw@gmail.com](mailto:persikqw@gmail.com); ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-4653>.

**Персиянова Елена Юрьевна** – Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", инженер научно-исследовательского отдела, Харьков, Украина.

**Persiyanova Elena** – State Enterprise "Southern National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Research Engineer, Kharkiv, Ukraine.

## ЦІЛЬОВІ ТА СИСТЕМНІ АСПЕКТИ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**Предметом** дослідження в статті є програми та проекти розвитку транспортної інфраструктури з виділенням логістичної системи. **Мета** – розробка системного уявлення процесу розвитку логістичної транспортної системи з урахуванням цілей програми розвитку транспортної інфраструктури. В статті вирішені наступні **завдання**: систематизація цілей та завдань програми розвитку транспортної інфраструктури, проведення аналізу особливостей логістичної транспортної системи та процесів управління її розвитком, розробка узагальненого формалізованого подання логістичної транспортної системи та процесу її розвитку. Для вирішення вказаних завдань використовуються **методи** системного аналізу, теорія множин, гіперкомплексних матриць. Отримані такі **результати**. Проаналізовані принципи стійкого розвитку транспортної інфраструктури. В статті запропонована систематизація цілей та завдань програми розвитку транспортної інфраструктури та виділені основні принципи її стійкого розвитку. Розглянуто завдання розвитку логістичної системи в транспортній інфраструктурі країни. Запропоновано подання логістичної транспортної системи у виді графа, де вершинами є її елементи, а зв'язками є інформаційні й матеріальні потоки. При визначенні припустимого рівня параметра розвитку логістичної транспортної системи виникають такі види задач узгодження при прийнятті управлінських рішень, як інтегральне, детерміноване та діапазонне. У формалізованому виді логістична транспортна система подається як набір системних інваріант, які визначають її властивості: комплексності, динамічності й структурності. Визначені три фази змінення невизначеності з урахуванням розвитку системи. Гіперкомплексна матриця системи дозволяє визначити її елементи й зв'язки між ними. **Висновки**: проведений аналіз предмету дослідження показав, що залишаються невирішеними питання, пов'язані з вибором системної концепції і методологічного інструментарію для формування розподіленої логістичної інфраструктури, виділені проблеми транспортної інфраструктури України. На основі запропонованого графоаналітичного подання логістичної транспортної системи можна проводити аналіз її структури.

**Ключові слова**: транспортна інфраструктура; стійкий розвиток; логістична система; гіперкомплексна матриця; системне подання; фази розвитку.

## ЦЕЛЕВЫЕ И СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

**Предметом** исследования в статье являются программы и проекты развития транспортной инфраструктуры с выделением логистической системы. **Цель** – разработка системного представления процесса развития логистической транспортной системы с учетом целей программы развития транспортной инфраструктуры. В статье решены следующие **задачи**: систематизация целей и задач программы развития транспортной инфраструктуры, анализ особенностей логистической транспортной системы и процессов управления ее развитием, разработка обобщенного формализованного представления логистической транспортной системы и процесса ее развития. Для решения указанных задач используются методы системного анализа, теория множеств, гиперкомплексных матриц. Получены следующие **результаты**. Проанализированы принципы устойчивого развития транспортной инфраструктуры. В статье предложена систематизация целей и задач программы развития транспортной инфраструктуры и выделены основные принципы ее устойчивого развития. Рассмотрены задачи развития логистической системы в транспортной инфраструктуре страны. Предложено представление логистической транспортной системы в виде графа, где вершинами являются ее элементы, а связями являются информационные и материальные потоки. При определении допустимого уровня параметров развития логистической транспортной системы возникают такие виды задач согласования управленческих решений, как интегральное, детерминированное и диапазонное. В формализованном виде логистическая транспортная система представляется как набор системных инвариант, которые определяют ее свойства: комплексности, динамичности и структурности. Определены три фазы изменения неопределенности в процессе развития системы. Гиперкомплексная матрица системы позволяет определить ее элементы и связи между ними. **Выводы**: проведенный анализ объекта исследования показал, что остаются нерешенными вопросы, связанные с выбором системной концепции и методологического инструментария для формирования распределенной логистической инфраструктуры, выделены проблемы транспортной инфраструктуры Украины. На основе предложенного графоаналитического представления логистической транспортной системы можно проводить анализ ее структуры.

**Ключевые слова**: транспортная инфраструктура; устойчивое развитие; логистическая система; гиперкомплексная матрица; системное представление; фазы развития.

### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Слізєва А. В., Артюх Р. В., Персіянова О. Ю. Цільові та системні аспекти програми розвитку транспортної інфраструктури. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.081>.

Yelizyeva, A., Artiukh, R., Persiyanova, E. (2019), "Target and system aspects of the transport infrastructure development program", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 81–90. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.081>.

Д. П. Литвиненко, О. В. Малєєва

## КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД БАЛАНСУВАННЯ ТА ГАРМОНІЗАЦІЇ ІНТЕРЕСІВ СТЕЙКХОЛДЕРІВ У ПРОЕКТАХ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

**Предметом** дослідження в статті є процеси управління зацікавленими сторонами проекту. Розглядаються складові змісту проектів розвитку транспортних систем, зокрема інтереси стейкхолдерів. **Мета** роботи – розробка методу балансування та гармонізації інтересів стейкхолдерів у проектах розвитку транспортних систем. В статті вирішуються наступні завдання: розгляд особливостей управління проектами розвитку транспортних систем, виділення основних зацікавлених сторін для проектів розвитку транспортних систем та аналіз їх інтересів, розробка методу балансування інтересів стейкхолдерів, розробка формалізованого уявлення взаємозв'язку інтересів стейкхолдерів та цілей проекту. Застосовані методи: методології управління проектами, теорія стейкхолдерів, теорія цінностей, системний підхід, матричні моделі, модель Мітчела. Отримано наступні результати: Проаналізовано вимоги стандартів з управління проектами стосовно ціннісного підходу і управління зацікавленими сторонами проекту. Розглянуто основні характеристики проекту розвитку транспортних систем: вплив на характер соціально-економічного розвитку регіону, значна вартість, довготривалість, взаємодія державних органів та приватних фірм. Визначено множину зацікавлених сторін проекту розвитку транспортних систем. Проаналізовано специфічні характеристики щодо управління транспортними проектами різними зацікавленими сторонами, такі як очікування, цілі, ролі, ступінь відповідальності та відповідні дії. Запропоновано комплексний метод балансування інтересів стейкхолдерів. Надано формалізоване уявлення взаємозв'язку інтересів стейкхолдерів та цілей проекту у вигляді матричних моделей. Висновки: при формуванні методу балансування та гармонізації інтересів стейкхолдерів слід застосовувати ціннісний підхід, тобто враховувати інтереси стейкхолдерів, які впливають на виконання робіт проекту протягом всіх етапів життєвого циклу. Запропонований метод встановлює чіткий алгоритм дій для досягнення потрібного результату. Розробка моделей взаємозв'язку дозволить формалізувати та структурно представити основні складові етапів роботи зі стейкхолдерами проекту. В подальшому, дана робота дозволить продовжити наукові дослідження в напрямку розробки моделей та методів дослідження комунікацій та ризиків проекту.

**Ключові слова:** управління проектами; стейкхолдери; транспортна система; модель взаємодії; матричні моделі.

### Вступ

Результати останніх досліджень вказують, що проектний підхід в управлінні організаціями на фоні успішності його застосування у найрізноманітніших сферах, продовжує систематично та швидко розвиватися. Розвиваються та знаходять нові можливості для застосування системи знань, технології, що, в свою чергу, дозволяє вирішувати завдання створення цінностей, а, також, допомагає вирішувати поставлені завдання у умовах обмеженості у часі та інших видах ресурсів [1]. В пошуках подальших шляхів розвитку теоретичних базисів проектного управління вчені найчастіше погоджуються в тому, що цей шлях повинен базуватися на моделях та методах аналізу структурних властивостей систем проектного управління [2, 3, 4].

Тим не менш, складність нинішнього економічного періоду піднімає питання щодо перспективності створення нових концепцій управління проектами, які могли б вирішити важливі та актуальні на сьогодні проблеми управління з урахуванням тенденцій глобалізації, інтелектуалізації, діджиталізації та змогли б дати активний поштовх для економіки.

Сучасні підходи, в свою чергу, не завжди здатні успішно вплинути на проекти, що застосовуються у специфічних галузях промисловості та будівництва. А швидкоплинність наукових змін вимагає від сучасних методів управління значної гнучкості та інваріантності, яка б дозволила застосовувати методи проектного підходу у будь якій галузі. В такій ситуації

створюється необхідність розробки нових та модифікованих методів управління проектами у окремих галузях.

В сучасних умовах поглиблення інтеграційних процесів з Європейським Союзом, розривом економічних зв'язків з Російською Федерацією та окупацією частини українських територій, перед державою стоїть завдання перебудови основних транспортних напрямків з орієнтацією на нові економічні умови. А глобалізація економіки, в свою чергу, диктує нові умови існування транспортних коридорів, які тепер вже не обмежуються регіоном, а мають враховувати загальносвітові тенденції. Як показує досвід передових країн світу, розвинена та сучасна транспортна інфраструктура може забезпечувати до 30% валового внутрішнього продукту країни. В той же час зменшення на 1% логістичних витрат компанії може призвести до 10% росту продаж продукції цієї компанії [5]. В таких умовах Україні вкрай необхідно нарощувати свій транспортний потенціал, розбудовуючи та удосконалюючи транспортну інфраструктуру. Для цього важливо застосовувати найсучасніші методи та технології проектного менеджменту під час формування та реалізації проектів розвитку транспортних систем. Використання передових розробок у напрямку управління проектами дозволить державі підвищити темпи та якість виконання проектів, що в свою чергу приведе до якісного економічного стрибка та дозволить пришвидшити темпи загального економічного та соціального розвитку як всередині держави, так і регіону в цілому.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнім часом, у наукових публікаціях, присвячених проектному управлінню, часто висловлюється думка, що пріоритетною метою під час управління проектом має бути не збільшення фінансового прибутку, а створення через проекти нових людських цінностей та задоволення тим самим потреб зацікавлених сторін, які або беруть участь у виконанні проекту, або є користувачами продукту проекту [6]. Така ціннісно-орієнтована модель займає особливе місце у проектах розвитку транспортних систем, адже транспортні системи розбудовуються часто не як прибуткові об'єкти, а як продукт, що задовольняє потреби бізнесу та загалом населення регіону [7]. І саме задоволення потреб користувачів має стати каталізатором їх економічного розвитку, що і є ціллю державної діяльності у сфері розбудови інфраструктури. Тим не менш, в управлінні проектами не завжди звертають увагу на цю особливість галузі.

Концептуальні питання управління проектами широко представлені та описані у міжнародних стандартах PMI [8], але, з одного боку, ці стандарти не є незмінними і постійно розвиваються, а з іншого боку така широта описаних стандартів не може бути єдиною для різноманіття галузей, в яких вони застосовуються. Саме тому в кожному конкретному випадку керівники проектів часто модифікують та видозмінюють стандарти згідно власних потреб та вимог галузі.

Проблемами розвитку інфраструктури та особливостями таких проектів в своїх роботах займаються А. М. Пасічник [9], В. І. Якунін [10], П. Гласберген [11], Pantaleo D. Rwelamila [12] та інші. Автори виділяють значну важливість інфраструктурних проектів у політичному та економічному сегменті сучасного світу. А також звертають особливу увагу на зростаючу роль населення, як стейкхолдера інфраструктурного проекту, та на доцільність ціннісного підходу при реалізації проектів розвитку інфраструктури.

Методологічні основи управління проектами викладено в найбільш успішному і популярному стандарті РМВОК [8], який намагається зібрати в собі всі найкращі та найактуальніші практики та постійно оновлювати свою концепцію управління проектами. Недоліком цієї роботи можна вважати зосередженість на узагальненнях та свідоме відкидання нестандартних та не прийнятих точок зору. В певній мірі таку позицію можна вважати і перевагою. Питаннями концептуалізації галузі також займалися вчені: Дж. Конрой [13], К. Цветков [14], О. Лебедева [15], С. Бушуев [16] та інші вітчизняні та закордонні вчені. Таким чином, можна вважати, що сфера досліджень хоч і має вже сформовану базу, але продовжує розвиватися. Тим не менш, вчені найчастіше намагаються узагальнити моделі управління проектом, які б ефективно використовувались у більшості проектів, тоді, як мало хто намагався підлаштувати їх до окремої галузі, в рамках якої і виконується проект.

Останнім часом, в Україні та у світі набуває все більшого поширення ціннісно-орієнтований підхід до управління, який, зокрема, застосовується і в управлінні проектами. Цей підхід ґрунтується на теорії "зацікавлених сторін" і вказує, що основна мета будь якого проекту – це задоволення інтересів та цілей усіх, або певних, зацікавлених сторін проекту [17].

### Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Мета роботи

Таким чином, якщо будувати концепцію управління проектами на сучасних підходах та тенденціях, то особливу увагу потрібно звернути саме на питанні ідентифікації та оцінюванні зацікавлених сторін проекту.

Метою статті є розробка методу балансування та гармонізації інтересів стейкхолдерів у проектах розвитку транспортних систем. Системний та ціннісний підхід, задіяний у статті, допомагають систематизувати сучасні методи у лаконічну та дієву концепцію, яку буде зручно застосовувати на практиці.

В статті вирішуються такі завдання:

- розгляд особливостей управління проектами розвитку транспортних систем,
- виділення основних зацікавлених сторін для проектів розвитку транспортних систем та аналіз їх інтересів,
- розробка методу балансування інтересів стейкхолдерів,
- розробка формалізованого уявлення взаємозв'язку інтересів стейкхолдерів та цілей проекту.

### Матеріали та методи

Проекти розвитку транспортних систем мають ряд особливостей, одна з яких – інтерес держави та громадськості. Тому що, найчастіше, проект даного типу є важливим фактором для розвитку не так конкретної компанії, як регіону в цілому, а іноді може мати навіть міжнародний вплив. Крім того, під час виконання таких проектів нерідко відбуваються значні зміни звичного для місцевих жителів простору, а іноді навіть доводиться проводити спеціальні роботи з переселення населення для виконання робіт. Такі зміни можуть нести як соціальні так і екологічні ризики. Саме тому роль та інтерес громадськості, як зацікавленої сторони, у таких проектах, може мати визначальний характер, а суспільство, регіональні громадські організації та локальні лідери можуть мати неабиякий вплив на проект. Історія знає факти, коли через протест місцевого населення доводилося відміняти величезні за обсягом інвестицій проекти, що відбувалися вже на етапі будівництва. Саме тому роль суспільства не варто недооцінювати і брати до уваги вже на перших етапах проекту. Концепція "громадської цінності" була розроблена М. Муром ще

в 1995 р. і з тих пір широко обговорюється в наукових роботах по всьому світу [18].

Іншим особливим учасником проекту розвитку транспортних систем є представництво влади у регіоні чи державі. Саме політичні та адміністративні представники відіграють роль комунікаційного містка між громадськістю та представниками бізнесу, така їх роль дарована демократичними особливостями політики України, а також їх представницькою функцією. Урядові представники мають здійснювати підтримку проекту на всіх етапах життєвого циклу, а також захищати інтереси одних зацікавлених сторін відносно інших. Основним інтересом мають служити інтереси громади, але також не варто виключати державний інтерес та захист законності, регламентності, екологічності та економічної доцільності будівництва. А також захист інвесторів, особливо, якщо ці інвестори є представниками іншого регіону чи країни, а значить знаходяться у вразливому становищі через чужість регіону та умов перебування. Правильне налагодження комунікацій з суспільством, спрощення та допомога у отриманні дозвільних документів, загальна позитивна політична воля щодо проекту може значно знизити велику кількість ризиків, що притаманні проекту розвитку транспортних систем. Саме тому питанню участі державних органів на різних етапах життєвого циклу потрібно віддати належну увагу.

Іншим важливим стейкхолдером проекту розвитку транспортних систем є контролюючий орган, яких може бути декілька [19, 20]. Він тісно взаємодіє з державними органами та забезпечує інтереси держави у сфері як вимог якості будівництва та документації, так і вимог щодо дотримання екологічної та виробничої безпеки. Останнім часом великого значення набуває і екологічна безпека та забезпечення екологічних норм під час виконання проекту. Правильна оцінка вимог контролюючих органів на початкових етапах планування може значно пришвидшити процес виконання робіт та запобігти призупинення робіт при порушеннях певних норм.

Серед інших важливих стейкхолдерів також слід виділити інвестора проекту, керівника проекту та його команду, а також підрядників, субпідрядників, генконтракторів та генпостачальників. Всі вони, загалом, виконують стандартні функції та мають більш стандартні інтереси в проекті.

Таким чином зацікавлені сторони проекту розвитку транспортних систем можуть бути поділені на такі групи, як органи влади та контролю, суспільство та місцеві жителі, інвестори та власники проекту, виконавці проекту та постачальники проекту. Всі ці сторони мають тим чи іншим чином взаємодіяти та мати прямий контакт з менеджером проекту та його командою (рис. 1).



Рис. 1. Основні групи стейкхолдерів (зацікавлених сторін)

Слід зауважити, що інтереси вказаних груп можуть бути суперечливими між собою, а також не на всіх етапах життєвого циклу відповідати цілям проекту [21]. Тому виникає завдання балансування інтересів різних груп і гармонізації інтересів з цілями проекту.

### Результати досліджень та їх обговорення

Проаналізувавши існуючі методичні підходи до управління зацікавленими сторонами можна запропонувати комплексний метод балансування

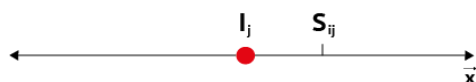
інтересів стейкхолдерів, який передбачає наступні етапи:

- визначити закономірності та вплив середовища проекту, а також обрати експертів, які будуть залучені до визначення списку стейкхолдерів, а також оцінці їх впливу, сили, влади та інших характеристик. Для цього на початковому етапі важливо обрати методи, що будуть використані, а також обрати єдину шкалу мір для вказаних оцінок;

- визначити максимально повне коло зацікавлених сторін проекту. Для цього пропонується використовувати метод мозкового штурму команди

проекту, а також опитування первісно визначених стейкхолдерів. При цьому можна спиратися на групування, приведені на рис. 1, але важливо враховувати можливі відмінності та додаткові вимоги проекту;

- визначити інтереси стейкхолдерів. Інтереси стейкхолдерів варто визначати керуючись шкалою "інтереси-загрози". Інтереси стейкхолдерів іноді можуть бути спрямовані різновекторно відносно один одного (рис. 2). Для візуалізації пропонується використовувати метод "карти зацікавлених сторін".



**Рис. 2.** Позичонування стейкхолдерів відносно інтересу до проекту,

де  $x$  – умовна шкала виміру інтересу до проекту,  $I$  – точка "нульового" інтересу на етапі життєвого циклу  $j$ ,

$S_{ij}$  – ступінь зацікавленості  $i$ -го стейкхолдера на етапі  $j$

- визначити важливості кожного стейкхолдера з точки зору зовнішніх, внутрішніх факторів проекту та з огляду на цілі проекту. Також важливо враховувати галузеву специфіку проекту. Для цього необхідно користуватися єдиною системою шкал та висновками експертів;

- визначити ступінь впливу зацікавлених сторін з точки зору їх власних характеристик, спираючись на актуальний стан та можливості самих стейкхолдерів. На цьому етапі, в залежності від проекту, пропонується застосування методів "матриці стейкхолдерів" або "моделі А. Мендлоу";

- визначити емоційну прихильність стейкхолдерів до проекту. Така прихильність може значно відрізнятися від інтересів сторін. Якісне виконання цього етапу дозволить більш чітко налаштувати взаємодію зі стейкхолдерами на різних етапах проекту. На цьому етапі пропонується використовувати модель Мітчела. (рис. 3). За цією моделлю зацікавлені сторони класифікують за трьома атрибутами: влада, законність та терміновість. Залежно від величини наявності кожної із них виділяють сім груп: бездіяльна, домінуюча, контролююча, залежна, вимагаюча, небезпечна та категорична. Наявність певного атрибуту не носить постійного характеру: сторони можуть його набувати або втрачати через якийсь час.



**Рис. 3.** Модель Мітчела

- побудувати матрицю балансу інтересів стейкхолдерів. При цьому на етапі бажано провести групування стейкхолдерів та визначити інтереси окремих груп. Розрахунок загального рівня збалансованості інтересів стейкхолдерів на основі матриці відповідності дозволяє побачити вузькі місця у задоволенні інтересів, так і передбачити труднощі їхньої взаємодії;

- визначити відношення цілей проекту до інтересів стейкхолдерів. Як і у випадку з інтересами стейкхолдерів відносно один одного, такі відношення теж можуть відрізнятися рівнем взаємозацікавленості та можуть мати протилежні вектори. Для визначення відповідностей пропонується використовувати матричний метод та заповнювати дані за допомогою консультацій з експертами проекту;

- визначення тактики та стратегії взаємодії з кожним стейкхолдером та їх групою. Стратегія має опиратися на вище визначені показники зацікавленості та важливості впливу кожної сторони. Інструменти управління проектом можуть бути залучені для покращення ситуації з однією з груп стейкхолдерів, або використання ресурсів одного стейкхолдера для задоволення потреб іншого. Таким чином можна покращувати показники та вирівнювати матрицю балансу інтересів;

- включення заходів із зацікавленими сторонами до календарного плану проекту, а також урахування отриманої інформації під час планування чи коригування плану проекту загалом.

Для формалізації запропонованого методу слід визначити ряд множин. Загальну множину стейкхолдерів проекту позначимо  $S = \{S_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Множину інтересів окремих груп стейкхолдерів позначимо  $I = \{I_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ .

Ступінь зацікавленості кожного стейкхолдера вимірюється величиною  $x_{ij}$ , причому  $x_{ij} \in [-1, 1]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . (табл. 1).

**Таблиця 1.** Матриця зацікавленості стейкхолдерів

	$I_1$	$I_2$	...	$I_m$
$S_1$	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1m}$
$S_2$	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2m}$
...	...		...	...
$S_n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nm}$

На основі величин  $x_{ij}$  проводимо кластеризацію стейкхолдерів, тобто групуємо їх за інтересами. Для кожної групи інтересів визначаємо більш зацікавлених, менш зацікавлених та протидіючих осіб.

Множину етапів ЖЦ проекту позначимо  $E = \{e_l\}$ ,  $l = \overline{1, t}$ . Коефіцієнти впливу стейкхолдерів на проект (на конкретному етапі життєвого циклу) позначимо значеннями матриці  $K = \|k_{il}\|$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $l = \overline{1, t}$  де  $k_{il}$  – ступінь впливу  $i$ -го стейкхолдера на  $l$ -му етапі ЖЦ проекту,  $t$  – кількість етапів ЖЦ проекту,  $k_{il} \in [0, 1]$ , (табл. 2).

**Таблиця 2.** Матриця впливу стейкхолдерів на етапах життєвого циклу проекту

	$E_1$	$E_2$	...	$E_t$
$S_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	...	$k_{1t}$
$S_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	...	$k_{2t}$
...	...	...	...	...
$S_n$	$k_{n1}$	$k_{n2}$	...	$k_{nt}$

Таким чином, процедуру гармонізації інтересів груп стейкхолдерів з урахуванням ступеню їх інтересів та впливу на проект формально можна представити у вигляді відображення

$$\{s_1(k_{11}, x_{11}), \dots, s_i(k_{il}, x_{ij}), \dots, s_n(k_{nt}, x_{nm})\} \Rightarrow I.$$

Характеристики стейкхолдерів можна доповнити оцінками емоціональної схильності  $G = \{g_i\}$ , де кожен елемент має три підмножини  $g_i = \{g_{i1}, g_{i2}, g_{i3}\}$ ,  $g_{i1}$  – ступінь емоціональної схильності  $i$ -го стейкхолдера до використання своєї влади,  $g_{i2}$  – до термінового вирішення завдань проекту,  $g_{i3}$  – до застосування легітимних засобів,  $g_{ik} \in [0, 1]$ . Тоді

$$\{s_i(k_{il}, x_{ij}, e_{ik})\} \Rightarrow I', \quad i = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, t}, \quad j = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, 3}.$$

Процедура гармонізації відбувається на основі оцінок задоволеності інтересів стейкхолдерів (табл. 1).

Цілі проекту позначимо множною  $C = \{C_1, C_2 \dots C_p\}$ . Ступінь відповідності інтересів груп стейкхолдерів цілям проекту позначимо величинами  $y_{hj}$ ,  $h = \overline{1, p}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $y_{hj} \in [0, 1]$  (табл. 3).

Так як за кожною групою інтересів закріплено множину стейкхолдерів з оцінками їх зацікавленості, влади та емоціональних характеристик, можна вирішити завдання оцінки ступеню реалізованості цілей проекту та приймати рішення по залученню додаткових учасників проекту або нейтралізації протидіючих сторін на певних етапах життєвого циклу.

Під час виконання проекту потрібно не забувати, що первісні показники можуть змінюватися, тому деякі з етапів потрібно буде переглядати і повторювати розрахунки. Переглядати показники стейкхолдерів пропонується на кожному з етапів життєвого циклу проекту. Під час перегляду цих показників необхідно підходити до цього питання комплексно та систематично.

**Таблиця 3.** Матриця відповідності інтересів стейкхолдерів цілям проекту

	$I_1$	$I_2$	...	$I_m$
$C_1$	$y_{11}$	$y_{12}$	...	$y_{1m}$
$C_2$	$y_{21}$	$y_{22}$	...	$y_{2m}$
...	...	...	...	...
$C_p$	$y_{p1}$	$y_{p2}$	...	$y_{pm}$

Не виключено, що карта стейкхолдерів, їх наявність чи відсутність, влада, інтерес та інші характеристики будуть різнитися в кожному проекті в силу різноманітності умов, кон'юнктури, цілей та очікувань та інших причин. Але вказана послідовність кроків може мати універсальний характер і мати місце в більшості проектів розвитку транспортних систем.

### Висновки та перспективи подальшого розвитку

Розгляд основних особливостей проектів розвитку транспортних систем і відмінностей їх відносно проектів інших галузей дозволив визначити коло зацікавлених сторін з огляду на специфіку вказаних проектів.

Запропоновано комплексний метод балансування інтересів стейкхолдерів. Метод систематизовано та поділено на чіткі етапи. Метод базується на основних здобутках сучасної науки управління проектами та орієнтований на задіяння найбільш актуальних та дієвих методів аналізу та оцінювання зацікавлених сторін проекту.

Надано формалізоване уявлення взаємозв'язку інтересів стейкхолдерів та цілей проекту у вигляді матричних моделей. Розробка моделей взаємозв'язку дозволить формалізувати та структурно представити основні складові етапів роботи зі стейкхолдерами проекту. Запропонований метод встановлює послідовність дій для досягнення потрібного результату.

В подальшому, дана робота дозволить продовжити наукові розробки моделей та методів дослідження комунікацій та ризиків проекту.

## Список літератури

1. Project management institute 2013 annual report : web-site. URL: <http://www.pmi.org/About-Us/~media/PDF/Publications/PMI-2013-Annual-Report-Web.ashx> (last accessed 21.08.2019).
2. Bushuyev S. D., Sochnev V. S. "Entropy Measurement as a Project Control tool International". *Journal of Project Management*. Elsevier. 1999. No. 17 (6). P. 343–350.
3. Руководство по управлению инновационными проектами и программами / пер. с англ. под ред. С. Бушуева. К. : Науковий світ. 2009. 173 с.
4. Данчук В. Д., Лемешко Ю. С., Лемешко Т. А. Концепція системно-синергетичного підходу в управлінні проектами. *Вісник НТУ*. 2012. № 26. С. 128–133.
5. Прокофьева Т. А., Лопаткин О. М. Экономические предпосылки создания интегрированных транспортно-распределительных систем. *Бюллетень транспортной информации*. 2003. № 2 (3). С. 18–25.
6. Бушуев С. Д., Бушуева Н. С. Формування цінності в діяльності проектно-орієнтованих організацій. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2009. № 3 (31). С. 5–14.
7. Вайсман В., Гогунський В. В. Нова методологія створення інноваційного розвитку проектно-керованих організацій. *Економіст*. 2011. № 8 (298). С. 11–13.
8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK guide), Sixth edition, USA: PMI Inc. 2017. 735 p.
9. Пасічник А. М., Лебідь І. Г., Кутирєв В. В. Транспортно-логістична інфраструктура України: проблеми та перспективи розвитку. *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. 2012. Вип. 10. С. 192–198.
10. Якунин В. И. Роль инфраструктурных проектов в современной политике. *Политическая наука. Спецвыпуск*. 2017. С. 15–40.
11. Glasbergen P., Driessen P. P. J. Interactive Planning of Infrastructure: The Changing Role of Dutch Project Management. *Environment and Planning. Government and Policy*. 2005. No. 23 (2). P. 263–277.
12. Mutajwaa P., Rwelamila D. Project management competence in public sector infrastructure organisations. *Construction Management and Economics*. 2007. P. 55–66. DOI: 10.1080/01446190601099210
13. Conroy G., Soltan H. ConSERV, a project specific risk management concept. *International Journal of Project Management*. 1998. Vol. 16. Issue 6. P. 353–366. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00012-X.
14. Tsvetkov K., Project Management Concept. *International Balkan and Near Eastern Social Science Congress-Russe (April 08-09, 2017)*. Russe, Bulgaria. ISSN:2149-9314, P. 169–179.
15. Лебедева О. Управлінням процесом проектування в середовищі розподілених САПР. *Вісник НУ "Львівська політехніка"*. 2007. № 591. С. 16–21.
16. Бушуев С, Бушуев Д., Козир Б. Развитие потенциала управления проектами инфраструктурных программ. Чернобыльский кейс. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015>
17. Rappaport A. Creating shareholder value: The new standard for business performance. The Free Press. 1998. 205 p.
18. Moore M.H. Creating Public Value Strategic Management in Government. Harvard University Press. 1995. 402 p.
19. Левицький А. Узгодження інтересів зацікавлених сторін при реалізації соціальних проектів: аналіз проблемного поля. *Актуальні проблеми державного управління*. 2012. Вип. 4. С. 98–101.
20. Смачило В. В., Колмакова О. М., Коломієць Ю. В. Процедура аналізу стейкхолдерів підприємства. *Економіка та суспільство*. 2017. № 12. URL: <http://economyandsociety.in.ua/journal-12/19-stati-12/1334-smachilo-v-v-kolmakova-o-m-kolomiets-yu-v>
21. Литвиненко Д., Дорохина А, Артюх Р. Аналіз інтересів ті взаємодії учасників проекту розвитку транспортних систем. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 1 (7). С. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.069>.

## References

1. Project management institute 2013 annual report, available at : <http://www.pmi.org/About-Us/~media/PDF/Publications/PMI-2013-Annual-Report-Web.ashx> (last accessed 21.08.2019).
2. Bushuyev, S. D., Sochnev, V. S.(1999), "Entropy Measurement as a Project Control tool International", *Journal of Project Management*, Elsevier, No. 17 (6), P. 343–350.
3. *Innovation Project and Programs Management Guide [Rukovodstvo po upravljeniju innovacyonnymi proektami i programami]*, Kyiv, Science world (2009), 173 p.
4. Danchuk, V. D., Lemeshko, U. S., Lemeshko, T. A. (2012), "Concept of system-synergetic approach in project management" ["Konceptia systemno-synergetychnogo pidhodu v upravlinni proektamy"], *Bulletin of NTU*, No. 26, P. 128–133.
5. Prokofieva, T. A., Lopatkin, O. M. (2003), "Economic prerequisites for the creation of integrated transport and distribution systems" ["Ekonomicheskie predposylki sozdaniya integrirovanyx transportno-raspridelitelnyx system"], *Transport Newsletter*, No. 2 (3), P. 18–25.
6. Bushuev, S. D., Bushuev, N. S. (2009), "Formation of value in activities of project-oriented organizations" ["Formuvannya cinnosti v dijalnosti proektno-orientovnyx organizacij"], *Project management and production development*, No. 3 (31), P. 5–14.
7. Wysman, V., Gogunskiy, V. (2011), "New methodology of the creation innovative development of the project-driven organizations" ["Nova metodologiya stvorenniya innovaciynogo rozvytku proektno-kerovanyh organizacij"], *Economist*, No. 8 (298), P. 11–13.
8. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOKguide)* (2017), Sixth edition, USA: PMI Inc, 735p.
9. Pasichnyk, A. M., Lebid, I. G. Kutyriov, V. V. (2012), "Transport and logistic infrastructure of Ukraine: problems and perspective of grows" ["Transportno-logistychna infrastruktura Ukrainy: problemy ta perspektyvy rozvytku"], *Project management, systematic analyze and logistics*, Edition 10.
10. Yakunin, V. I. (2017), "Infrastructure projects role in modern politics" ["Rol infrastrukturyh proektov v sovremennoi politike"], *Politics science. Special edition*, P. 15–40.



11. Glasbergen, P., Driessen, P. P. J. (2005), "Interactive Planning of Infrastructure: The Changing Role of Dutch Project Management. Environment and Planning", Government and Policy, No. 23 (2), P. 263–277.
12. Mutajwaa, P., Rwelamila, D. (2007), "Project management competence in public sector infrastructure organisations", *Construction Management and Economics*, P. 55–66. DOI: 10.1080/01446190601099210
13. Conroy, G., Soltan, H. (1998), "ConSERV, a project specific risk management concept", *International Journal of Project Management*, Vol. 16, Issue 6, P. 353–366. DOI: 10.1016/S0263-7863(98)00012-X
14. Tsvetkov, K. (2017), "Project Management Concept", *International Balkan and Near Eastern Social Science Congress-Russe (April 08-09, 2017)*, Russe, Bulgaria, ISSN:2149-9314, P. 169–179.
15. Lebedeva, O. (2007), "Managing of the projecting processes in an environment of distributed CAD-workstations" ["Upravlinnya procesom proektuvannya v seredovyschi rozpodilynyh SAPR"], *Gazette NU "Lviv Polytechnic"*, No. 591, P. 16–21.
16. Bushuyev, S., Bushuiiev, D., & Kozyr, B. (2019), "Development project management capability of the infrastructure programs. Chernobyl Case" ["Rozyvotok potentsialu upravlinnia proektamy infrastrukturykh prohram. Chornobyl'skyi keis"], *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015>
17. Rappaport, A. (1998), *Creating shareholder value: The new standard for business performance*, The Free Press, 205 p.
18. Moore, M. H. (1995), *Creating Public Value Strategic Management in Government*, Harvard University Press, 402 p.
19. Levycky, A. (2012), "Reconciling stakeholders interest in social projects: The problem field analysis" ["Uzghodzhennia interesiv zatsikavlenykh storin pry realizatsii sotsialnykh proektiv: analiz problemnoho polia"], *Actual problems in government*, Vol. 4, P. 98–101.
20. Smachylo, V. V., Komakov, O. M., Kolomic, Yu. V. (2017), "Enterprise stakeholders analysis flow" ["Procedura analizu steikhoderiv pidpryemstva"], *Economics and society*, No. 12. URL: <http://economyandsociety.in.ua/journal-12/19-stati-12/1334-smachilo-v-v-kolmakova-o-m-kolomiets-yu-v>
21. Lytvynenko, D., Dorokhina, A. and Artiukh, R. (2019), "Analysing of interests and interactions of the participants of a transport systems development project" ["Analiz interesiv ti vzayemodiyi uchastykiv proektu rozvytku transportnykh system"], *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 69–74. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.069>.

Надійшла (Received) 30.08.2019

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Литвиненко Дмитро Петрович** – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", аспірант кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна, e-mail: newboroshno@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5766-0139>.

**Литвиненко Дмитрий Петрович** – Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", аспирант кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

**Lytvynenko Dmytro** – National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Graduate Student of the Department of Computer Science and Information Technology, Kharkiv, Ukraine.

**Малєєва Ольга Володимирівна** – доктор технічних наук, професор, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", професор кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: o.malejeva@khai.edu; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9336-4182>.

**Малєєва Ольга Владимировна** – доктор технических наук, профессор, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", профессор кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

**Malyejeva Olga** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Professor of the Department of Computer Science and Information Technology, Kharkiv, Ukraine.

## КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД БАЛАНСИРОВКИ И ГАРМОНИЗАЦИИ ИНТЕРЕСОВ СТЕЙКХОЛДЕРОВ В ПРОЕКТАХ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

**Предметом** исследования в статье являются процессы управления заинтересованными сторонами проекта. Рассматриваются составляющие содержания проектов развития транспортных систем, в частности интересы стейкхолдеров. **Цель работы** – разработка метода балансировки и гармонизации интересов стейкхолдеров в проектах развития транспортных систем. В статье решаются следующие **задачи**: рассмотрение особенностей управления проектами развития транспортных систем, выделение основных заинтересованных сторон для проектов развития транспортных систем и анализ их интересов, разработка метода балансировки интересов стейкхолдеров, разработка формализованного представления взаимосвязи интересов стейкхолдеров и целей проекта. Применены **методы**: методологии управления проектами, теория стейкхолдеров, теория ценностей, системный подход, матричные модели, модель Митчелла. Получены следующие **результаты**: Проанализированы требования стандартов по управлению проектами относительно ценностного подхода и управления заинтересованными сторона проекта. Рассмотрены основные характеристики проекта развития транспортных систем: влияние на характер социально-экономического развития региона, высокая стоимость, продолжительность, взаимодействие государственных органов и частных фирм. Определено множество заинтересованных сторон проекта развития транспортных систем. Проанализированы специфические характеристики управления транспортными проектами различными заинтересованными сторонами, такие как ожидание, цели, роли, степень ответственности и соответствующие действия. Предложен комплексный метод балансировки интересов стейкхолдеров. Сформировано формализованное представление взаимосвязи интересов стейкхолдеров и целей проекта в виде матричных моделей. **Выводы**: при разработке метода балансировки и гармонизации интересов стейкхолдеров следует применять ценностный подход, то есть учитывать интересы стейкхолдеров, которые влияют на выполнение работ проекта в течение всех этапов жизненного цикла. Предложенный метод устанавливает четкий алгоритм действий для достижения нужного результата. Разработка моделей взаимосвязи

позволит формализовать и структурно представить основные составляющие этапов работы со стейкхолдерами проекта. В дальнейшем, данная работа позволит продолжить научные исследования в направлении разработки моделей и методов исследования коммуникаций и рисков проекта.

**Ключевые слова:** управление проектами; стейкхолдеры; транспортная система; модель взаимодействия; матричные модели.

## A COMPREHENSIVE METHOD OF BALANCING AND HARMONIZING THE INTERESTS OF STAKEHOLDERS IN TRANSPORT SYSTEMS DEVELOPMENT PROJECTS

The **subject** of the study is the stakeholder management processes of the project. The components of the content of transport systems development projects, in particular, the interests of stakeholders, are considered. The **purpose** of the work is to develop a method of balancing and harmonizing the interests of stakeholders in transport systems development projects. The following **tasks** are solved in the article: consideration of the peculiarities of transport system development project management, identification of the main stakeholders for transport system development projects and analysis of their interests, development of a method of balancing the interests of stakeholders, development of a formalized representation of the relationship of interests of stakeholders and project goals. **Methods** applied: project management methodologies, stakeholder theory, value theory, systematic approach, matrix models, Mitchell model. The following **results** were obtained: The requirements of the standards for project management relative value approach and management of project stakeholders were analyzed. The main characteristics of the project development of transport systems: implications for the nature of the socio-economic development of the region, a significant cost, durability, interaction of state bodies and private firms were studied. Numerous stakeholders in the project development of transport systems were identified. Analysis of the specific characteristics management of transport projects the different stakeholders, such as expectations, goals, roles, responsibility and appropriate action was done. The complex method of balancing stakeholder interests was proposed. The formalized representation of the relationship between stakeholder interests and project objectives in the form of matrix models was formed. **Conclusions:** In formulating the method of balancing and harmonizing the interests of stakeholders, a value approach should be applied, that is, the interests of stakeholders that affect the performance of the project throughout the life cycle. The proposed method establishes a clear algorithm for action to achieve the desired result. The development of interaction models will allow formalizing and structurally presenting the main components of the project's work with stakeholders. In the future, this work will allow continuing scientific research in the direction of development of models and methods of research of communications and risks of the project.

**Keywords:** project management; stakeholders; transport system; interaction model; matrix models.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Литвиненко Д. П., Малеева О. В. Комплексний метод балансування та гармонізації інтересів стейкхолдерів у проектах розвитку транспортних систем. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.091>.

Lytvynenko, D., Malyeyeva, O. (2019), "A comprehensive method of balancing and harmonizing the interests of stakeholders in transport systems development projects", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.091>.

---

V. PITERSKA, O. LOHINOV, L. LOHINOVA

## MECHANISM FOR FORMING AN EFFECTIVE PORTFOLIO OF RESEARCH PROJECTS OF INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

The **subject** matter of the article is the methods, models and mechanisms of forming a portfolio of research projects of higher education institutions. The **goal** of the work is to develop a mechanism for managing a portfolio of research projects of a higher education institution based on the commercialization of the results of scientific activities of the university based on a risk management system. The following **tasks** were solved in the article: analysis of the scientific management model of higher education institutions, the study of modern methods of managing portfolios of research projects of universities, the development of a mechanism for the formation of an effective portfolio of research projects of higher education institutions taking into account risks and the commercialization of scientific results. The following **methods** used are – project and portfolio management methods, systems theory and systems analysis, risk management methods. The following **results** were obtained – the mechanism for creating a portfolio of research projects taking into account the strategic goals of a higher education institution was developed, a consolidated plan for the implementation of scientific projects of a portfolio was created, a mechanism for managing a portfolio of research projects of a higher education institution was developed based on a grouping of projects according to risk criteria and the commercialization of scientific results. **Conclusions:** using the portfolio management mechanism will allow higher education institutions to form balanced portfolios of scientific projects, thereby more effectively implementing innovative programs taking into account risk criteria and the commercialization of scientific results. The most difficult task of the scientific project management system is the task of forming a portfolio of research projects. The portfolio of research projects of a higher education institution is valuable if it allows you to develop activities aimed at creating and strengthening competitive advantages. However, the university's capabilities in terms of forming a portfolio of research projects are limited by available resources, as well as by the increasing complexity of developing the latest technologies that require the involvement of third-party organizations, because the possibilities of establishing a higher education for independent conduct and processing of the results of scientific activities are limited. At the stage of selection of research projects, a list of current projects is formed; an analysis of research projects in the portfolio is carried out for compliance with the strategic goals of the institution of higher education. By grouping research projects in a portfolio and forming the necessary criteria for the projects to correspond to a particular group (direction) of scientific research, the projects are linked both with each other and with the goals of a higher education institution, and the transparency of the formed portfolio of research projects is increased. At the stage of balancing research projects, resources are allocated in accordance with the directions of research projects and the objectives of the portfolio of projects of higher education institutions. At the same time, the portfolio should increase the share of research projects with high value for higher education institutions and the share of projects designed to bring higher education institutions dividends from the commercialization of scientific results (patent implementation) and reduce the share of high-cost research projects, as well as projects with high risks. The following criteria are used as the main criteria in balancing the portfolio of research projects of higher education institutions in work: expenses for the implementation of research projects; the value of projects for higher education institutions; project risk; proportion of projects in the portfolio.

**Keywords:** research project; project management; higher education institution; portfolio management.

### Introduction

The modern reform of higher education suggests that within the new concept of University education and the evaluation system of indicators of efficiency of higher education institutions one of the defining factors of competitiveness of institutions of higher education is the intensification of scientific-research activities scientific-pedagogical staff [1]. This necessitates the creation of conditions for the development of scientific research activities in the institution of higher education, namely: commercialization of scientific activities of institutions of higher education, improving the quality of scientific training and the level of implementation of scientific results, the accumulation of research capacity of higher education institutions, participation in international and national research programmes and grants. Thus, the priorities for the development of institutions of higher education should be efficient management of research activities of the University on the basis of the implementation of planning, organization, control, coordination and intensification of research work with the University in General and structural subdivisions (institutes, faculties), teaching staff of departments, graduate students and students.

The indicators of the effectiveness of the higher education institution's scientific activity characterize the impact of the results of the scientific activity in three aspects: the influence of the results of the scientific projects of the higher education institution on the development of science (scientific effect); influence on the educational process (scientific-educational effect); influence on practical activity of organizations (scientific-business effect).

The institution of higher education is characterized by the following scientific projects: strategic scientific projects, which main purpose is the development of the organization, increasing the competitiveness of the higher education institution in the market, modernization and improvement of existing processes, production capacities of business structures; basic scientific projects within the framework of which the tasks on the basic (educational, methodical, organizational) activity of the higher education institution are solved. The process of implementation of scientific projects in a higher education institution has several features, the main of which are the following: specific hierarchical structure of the system of management of scientific activity of a higher education institution; priority in the implementation of scientific projects on the request of the super-system (for example,

the Ministry of Education and Science or other agency); non-commercial nature and budget financing of most scientific projects; a significant degree of external uncertainty in determining the goals of implementing long-term and medium-term scientific projects, as well as in the content requirements of the supersystem by the structure and content of training of specialists; the distribution of most of the scientific potential by educational and scientific units (faculty and department). The main purpose of managing scientific projects in a higher education institution is to provide the required level of quality of results with fixed (or changing) parameters of the social contract for the training of specialists and basic types of resource provision of a higher education institution (material, technical, financial, organizational, personnel, scientific) -methodical, regulatory and informational) [2]. Currently, integrated systems of scientific activity of higher education institutions have, as a rule, not one, but a whole set of scientific projects in many areas of scientific activity in order to increase their level of competitiveness. Due to the multiplicity of projects, which are not always coordinated, there is a need to systematize the activities of the higher education institution in order to use resources more effectively and achieve the strategic goals set in the framework of the implementation of innovative programs.

#### **Analysis of recent research and publications**

The institution of higher education must adhere to the following principles of implementation of scientific projects within the framework of innovative programs, which cover the goals, directions, methods of selection, planning and implementation of scientific projects at the university, namely: relevance of scientific projects to the goals and priorities of the higher education institution's strategy; monitoring the goals and instruments of the higher education institution's scientific activities in order to make timely changes under the influence of a dynamic external environment; the focus of research projects on enhancing the competitiveness of higher education institutions, which places particular emphasis on the criteria of "risk" and "commercialization of scientific results" in the implementation of the mission of the innovation program; focus on creating long-term competitive advantages in the future, which requires analysis of markets in which higher education institutions compete in the implementation of innovative activities, as well as the competencies of enterprises in the field of technology and resource potential of the University, taking into account the transfer of research results to business structures; taking into account the dynamics of the external and internal environment, which requires ensuring the conformity of the decisions made by the higher education institution, the criteria for prospective selectivity, the timing of the implementation of the results of scientific projects and the methods of creating promising innovative products.

The solution of actual problems of development of organizations taking into account the methodology of project management is presented in [3]. The concept of

project, portfolio, and program management as a basis for effective development of information society is given in [4].

Models for assessing the effectiveness of a project-oriented organization's project portfolio, as well as a method for forming a target space for project-oriented organizations' movement, are proposed in [5].

In [6] models and methods of project management in conditions of risk and uncertainty have been developed. Simulation of risk situations in Economics and business is given in [7]. Methods of risk assessment in innovation projects presented and developed in [8, 9]. In [10, 11] has developed a methodological framework the risk-based approach to resource management projects and programs of technological development and mechanisms of realization of strategy of diversification based on competence management of the company and its employees. The results of the study in [12], has become a compositional and modular approach to generate models of project portfolio management in the implementation of investment and innovation. Model of the initiation of the process of formation of a portfolio of projects for the development of complex socio-economic systems is developed in [13].

Modern management methods portfolios of projects and project management office are presented in [14]. Model of portfolio optimization projects of the enterprise for the planned period and the method of content optimization project on criteria profit, time, cost, quality, risks developed in [15]. A model of optimal portfolio selection of projects and artists on the basis of expert technology, as well as methods for aggregation in project management is given in [16]. The processes of project portfolio management are described in [17]. Modern methods of management of portfolios of projects are presented in [18]. Assessment components of the portfolio based on nitroformate of the model performed in [26]. Mathematical foundations of project management and portfolio of high-tech industries is given in [19]. Development of a model organizational structure of the University by means of the project management system carried out in [20-22]. Experience in the development of indicators of scientific activity of universities in the real socio-economic conditions is studied in [23, 24]. Development of methods of assessment, measurement, analysis of the development of the scientific and technical level of the industry, as well as models of project portfolio management under uncertainty is presented in [25, 26].

The most complex task of the scientific project management system is the task of forming a portfolio of scientific projects. A portfolio of higher education institution research projects is of value if it enables the development of activities aimed at creating and strengthening competitive advantage. However, the university's capacity to formulate a portfolio of research projects is limited by the resources available, as well as the increasing complexity of developing new technologies that require the involvement of third-party organizations, since the capacity of a higher education institution to independently conduct and process research outputs is limited.

The management of the portfolio of higher education institution's research projects should ensure the implementation of the following functions: collection of initial information on scientific projects that may be included in the portfolio of the higher education institution; formation of a portfolio of scientific projects of a higher education institution that is capable of achieving the goals of the organization, taking into account available resources; evaluation and ranking of scientific projects in accordance with established criteria based on available information; ensuring the balance of the portfolio, i.e. achieving a balance between short-term and long-term projects, between the risks of scientific projects and their profitability (commercialization of scientific results); monitoring of planning and implementation of scientific projects selected in the portfolio; analysis of the effectiveness of the portfolio of scientific projects and finding ways to improve it; comparing the possibilities of new scientific projects with each other and in relation to the scientific projects already included in the portfolio, taking into account the resources of the institution of higher education in terms of the implementation of additional projects; providing information and recommendations to managers at all levels (institutes, faculties, departments) for making management decisions.

**The purpose of** this article is to develop a mechanism for managing the portfolio of higher education institution's research projects based on the commercialization of the results of the university's scientific activities, taking into account the risk management system.

### **Presentation of the main material**

At the stage of selection of scientific projects, a list of current projects is formed; analysis of scientific projects in the portfolio is conducted in accordance with the strategic goals of the institution of higher education.

At this stage, in the established form and approved by the management of the institution of higher education in order, the structural units in certain terms (start of work on submitting initiatives and proposals for current scientific projects, carried out by means of the order of the head of the institution of higher education) submit their initiatives to view formed structural unit (for example, in the scientific and technical council of another collegial body), which in turn consolidates these proposals, conducts qualitative and quantitative (with the help of experts involved) and Aliso all research projects for compliance with their strategic objectives of the institution of higher education.

The initial set of scientific projects is divided into subsets of equivalent scientific projects. Research projects in these subsets may be of varying degrees of completion, the cost of research projects may be different, and resources may be used at different levels.

It is advisable to find a portfolio of research projects from an initial set of competing projects that contain only

one research project from each subset that satisfies all the constraints and requirements for resource utilization, maximizing beneficial outcome and minimizing risk.

At the grouping stage, portfolio components are allocated to research projects and grouped together in accordance with the goals of portfolio management. Such goals include enhancing the competitiveness of a higher education institution, reducing portfolio risk, and achieving portfolio compliance with the strategic goals of the university. In this case, scientific projects in one area of research should have an appropriate set of criteria that can be used to judge the achievement of goals and effectiveness of management.

By grouping scientific projects into portfolios and forming the necessary project compliance criteria for a particular research group (project), projects are linked both to one another and to the goals of the institution of higher education, as well as to increase the transparency of existing portfolios of scientific projects.

At the stage of balancing scientific projects, resources are allocated according to the directions of scientific projects and the goals of the portfolio of the institution of higher education.

Balancing the portfolio of research projects involves identifying the most significant differences between the indicators of the portfolio groups and their "smoothing".

At the same time, the portfolio should increase the share of high value scientific projects for higher education institutions and the share of projects designed to bring higher education institutions dividends from the commercialization of scientific results (realization of patents) and reduce the share of high-cost scientific projects as well as high-risk projects.

Taking into account the minimization of costs and risks, the relationship between scientific projects of a higher education institution is determined (fig. 1).

It is important to consider the projects in the light of their relevance to the mission of the innovation program and the strategic goals of the higher education institution.

### **Research results**

So, as the main criteria for balancing the portfolio of research projects of institutions of higher education can use the following criteria: costs for the implementation of the projects; the value of projects for institutions of higher education; risk of project; the share of projects in the portfolio. Within the balancing portfolio of research projects are determined the differences between groups and measures for their smoothing. Table 1 and fig. 2 show the differences in the portfolio of research projects of institutions of higher education. Fig.2 shows that the largest share in total portfolio is high-risk research projects Group 6 with a significant amount of funding, but the lowest level of commercialization of scientific results and value to the business. In this situation it is recommended to reduce funding by reducing work and costs.

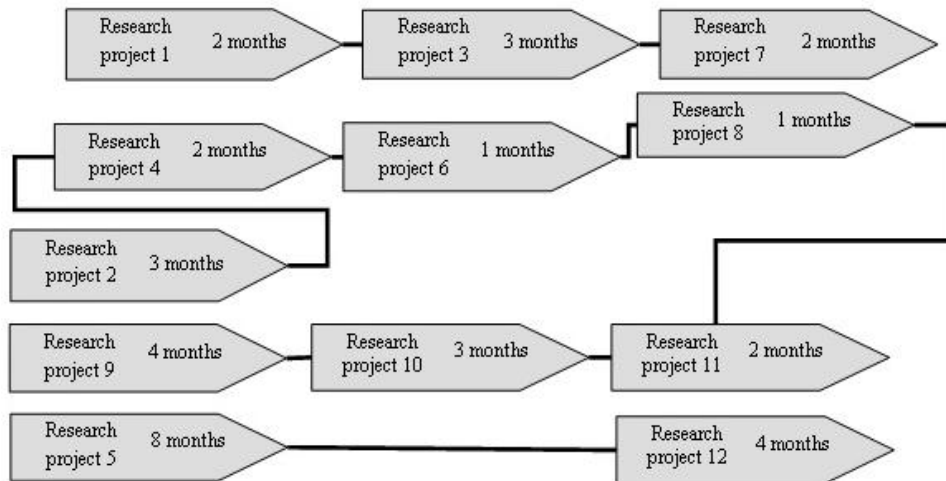


Fig. 1. Relationships between research projects

Table 1. Indicators characterizing scientific projects of a higher education institution

Portfolio	Total costs for the implementation of research projects in the group	Average grade of research projects in a group according to the criterion "Commercialization of scientific results of a higher education institution"	Average score of research projects in a group according to the criterion "Risk of a group of scientific projects"	Share of the group's scientific projects in the portfolio of higher education institution
Group 1	20	50	40	15
Group 2	40	80	20	10
Group 3	80	60	60	25
Group 4	100	10	80	30
Group 5	120	90	50	15
Group 6	140	50	70	5

- Total costs for the implementation of research projects in the group
- ▨ Average grade of research projects in the group on the criterion "Commercialization of scientific results of the higher education institution"
- The average score of scientific projects in a group according to the criterion "Risk of a group of research projects"
- ▨ Part of the group's research projects in the portfolio of the higher education institution

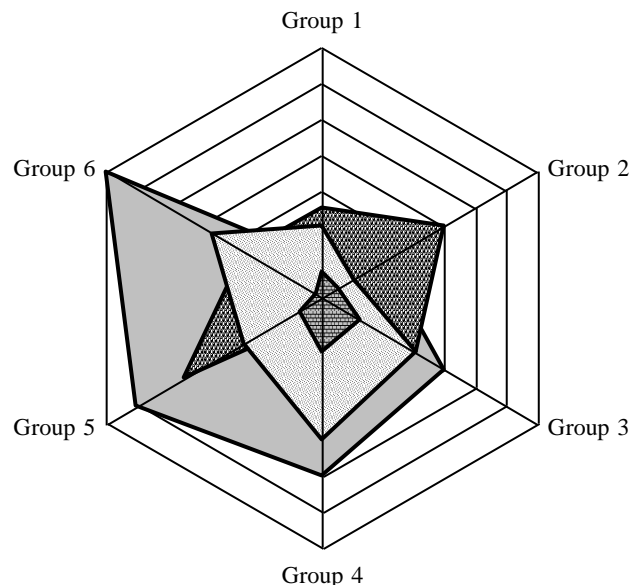


Fig. 2. Distribution of indicators by groups of scientific projects of higher education institution

Group 5 research projects are also associated with high risks and costs, and projects of this group are extremely important for a higher education institution, confirming the high weight of the group's scientific projects under the criterion of "commercialization of scientific results", which will further the ability of higher education institutions to implement business patented ideas.

In this case, it is necessary to offset such research projects with other projects with moderate risks and significant commercial effect achieved in the short term.

A significant aspect of portfolio balancing is the planning of resource provision for research projects. At the same time, it is important to take into account the timeframes for the implementation of individual scientific projects by higher education institutions within the portfolio and the times when the need for project

financing, material, human resources, and infrastructure support emerges.

For example, the planning of financial support for a portfolio of higher education institution's research projects should be conducted in accordance with established budgetary constraints that affect the financing of the project in any period.

For visual representation, a schedule of implementation of scientific projects of the portfolio (fig. 3-7) is attached, linked to the calendar plan, indicating the time of occurrence of resource needs and sources of their

satisfaction, for example, and sources of funding, suppliers of material, information, and other resources.

At the same time, every moment of time is associated with a specific contractor, which seems very valuable for further monitoring and evaluation of the effectiveness of the implementation of scientific projects of the portfolio of higher education institutions.

The result of planning is a consolidated plan for the implementation of scientific projects of the portfolio, indicating its duration, resources used and contractors.

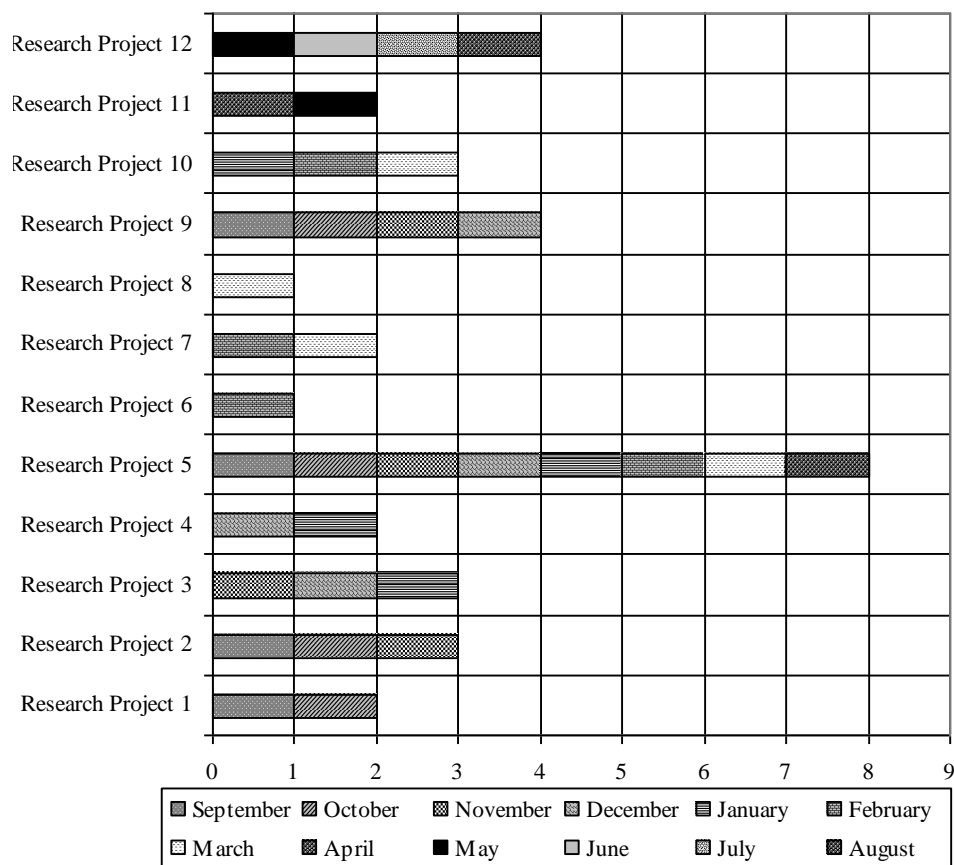


Fig. 3. Schedule of implementation of scientific projects in the portfolio of higher education institutions

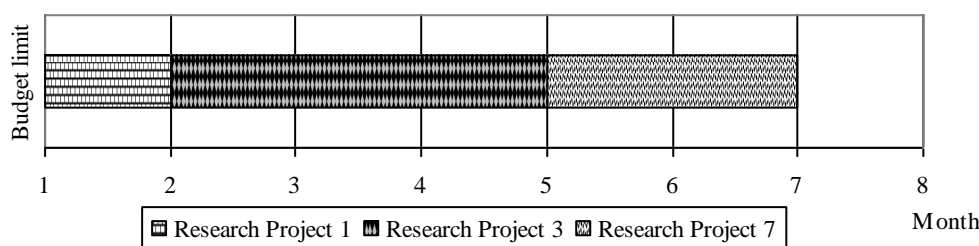


Fig. 4. Schedule of implementation of scientific projects 1-3-7

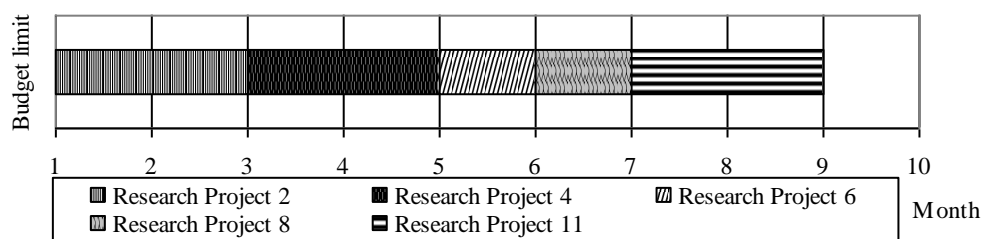


Fig. 5. Schedule of implementation of scientific projects 2-4-6-8-11

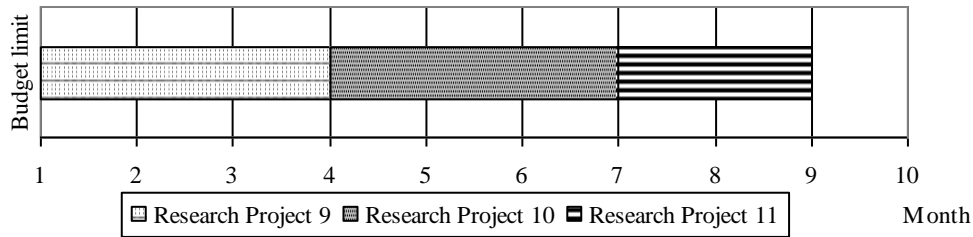


Fig.6. Schedule of implementation of scientific projects 9-10-11

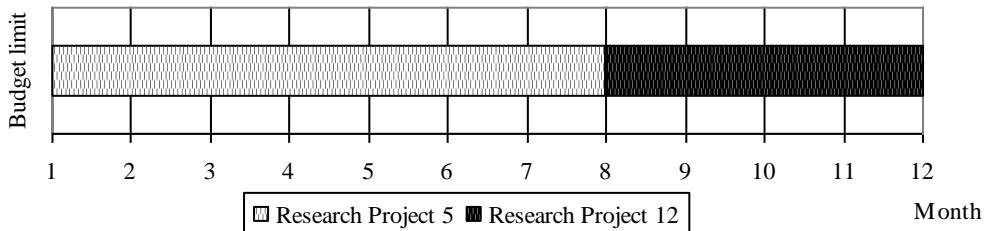


Fig.7. Schedule of implementation of scientific projects 5-12

At the stage of analyzing the effectiveness of a portfolio of scientific projects, criteria and indicators are developed, which assesses scientific projects, and then qualitative and quantitative assessment is made. The most important criteria for qualitative analysis of portfolio projects are risks, project cost (including financial, material, staffing and other costs) and commercialization of the results of higher education institution research projects. At the same time, projects in one area of portfolio research are compared to each other by a single set of criteria, which was identified at the stage of project selection and adjusted at the current stage. Each criterion is assigned a weight on the basis of which an assessment is made and a list of the most effective projects is drawn up. A balanced portfolio of higher education institution research projects should generally include projects in all areas of research.

Depending on the degree of maturity of portfolio management in a higher education institution, two approaches are defined in terms of solving the problem of evaluation and selection of scientific projects for inclusion in the portfolio.

In the first case, the institution of higher education may already have a well-developed technology of project portfolio formation. In this case, the aim is to analyze current and planned scientific projects for relevance and relevance to the strategic goals of the institution of higher education. The output of such an analysis makes it possible to make decisions about adjusting certain parameters of scientific projects, increasing their attractiveness or making decisions about changing the composition of the portfolio of scientific projects (excluding less attractive scientific projects and incorporating new, developed initiatives).

In the second case, the institution of higher education forms the portfolio of scientific projects for the first time. With this approach, the goal is to analyze the initiatives that are coming in to ensure the relevance and relevance of the university's strategic goals. The baseline data, in this case, make it possible to make a decision on the composition of the portfolio of scientific projects (the

portfolio includes only attractive initiatives that meet the previously defined criteria). As the portfolio of scientific projects includes only recommended projects and in the absence of experience in forming a portfolio of scientific projects, there is a risk of falling into the portfolio of projects that do not meet certain criteria and goals of the institution of higher education. But this step is an opportunity to gain experience to form the portfolio of scientific projects more correctly next time.

In the future, using qualitative and quantitative analysis, selected the necessary research projects for a portfolio of institutions of higher education. Is an assessment of the current projects, comparing them with "custom designs" and the decision on the inclusion of selected research projects in the future portfolio. This is the most difficult stage because some of the projects will be required to withdraw for reasons of their unreasonableness. In the analysis of research projects, we should not forget about the key factors of the project portfolio. The goal of each research project must meet the strategic objectives of the institution of higher education. Time, budget, resources for research projects must be consistent with the strategic plan of the institution of higher education. Final and intermediate results of ongoing research projects will or can be used to implement strategic research projects.

Qualitative analysis is needed to select those research projects that are relevant first and foremost to the goals and strategy of the higher education institution. For example, the criteria for qualitative analysis are the innovative attractiveness, the importance of the implemented scientific project for business structures.

The result of the quantitative analysis is a feasibility study, financial and economic analysis (including key performance indicators of the project (for example, SPP). Quantitative analysis involves the evaluation of selected at the stage of qualitative analysis of research projects within the portfolio in terms of indicators characterizing the commercial efficiency and investment attractiveness of the research project.



The main criteria for the qualitative analysis of research projects of higher education institutions are the risks, cost and value of the project for business structures (the possibility of obtaining a patent). The results of

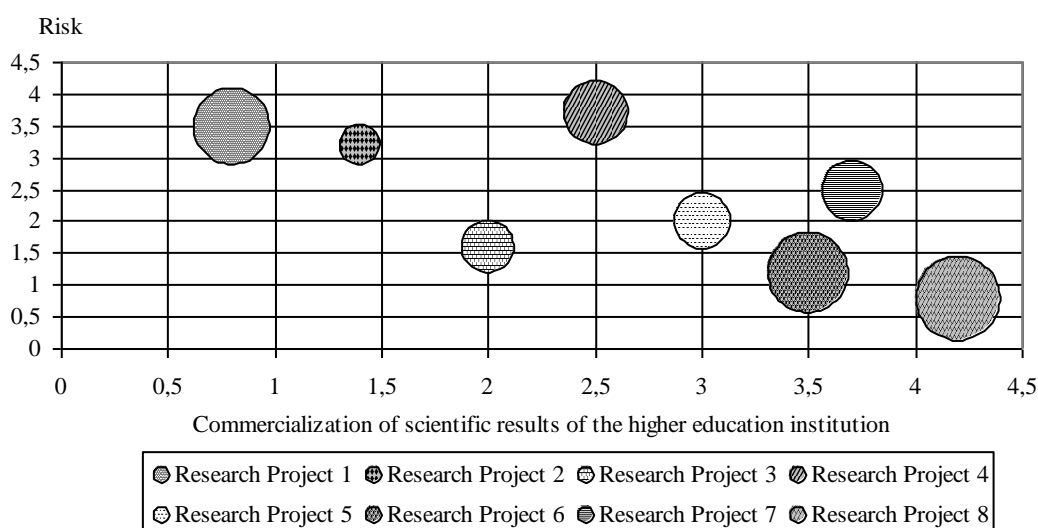
qualitative analysis of scientific projects of higher education institutions will be presented in tables 5.4 and fig. 8.

**Table 2.** Qualitative analysis of research projects of higher education institutions

Research project	Risk	Expences	Commercialization of scientific results of the higher education institution
Research project 1	3,5	3,5	0,8
Research project 2	3,2	1	1,4
Research project 3	1,6	1,7	2,0
Research project 4	3,7	2,5	2,5
Research project 5	2	1,8	3
Research project 6	1,2	3,8	3,5
Research project 7	2,5	2,2	3,7
Research project 8	0,8	4	4,2

Within the framework of this analysis, the scientific projects of one group (direction) of research included in the project portfolio are compared according to a single set of criteria. For each criterion, weighted indicators are determined. With the help of certain weights, a list of

"recommended scientific projects" is compiled. The diameter of the circles depends on the cost of the scientific project – the larger is the diameter, so the larger is the circle.



**Fig. 8.** Analysis of scientific projects for the purpose of portfolio formation

As can be seen from fig. 8 scientific projects "2" are valuable for a moderate-cost institution of higher education, but at the same time it is quite risky. The most costly is the 8th project, albeit with a moderate level of risk. The level of commercialization of scientific results for the scientific project "1" is small, the risk and costs are high. It is not necessary to exclude projects such as "1" from the portfolio of a higher education institution immediately. You can first try to change the basic parameters of a scientific project, such as changing goals (reorient it), or other ways to increase attractiveness. Scientific project "5", with its moderate costs and risks, is attractive to business, in which case it is clear that such projects should be included in the portfolio of a higher education institution, thus providing a possible implementation of patented ideas. Thus, by processing the entire portfolio of scientific projects, we will be able to filter out unattractive projects and concentrate the project portfolio on the most important projects.

At the stage of monitoring the portfolio of scientific projects, higher education institutions have ongoing portfolio management through the proposed systems of innovation program management, risk management. In this case, this stage should provide: maximum return on invested resources; minimizing risks; improvement of mutual understanding within the performers of the scientific project and coherence of actions between different participants; improving the accuracy of decisions; effective allocation of resources between higher education institution's research projects.

## Conclusions

The use of a portfolio project management mechanism will allow higher education institutions to form balanced portfolios of research projects, thereby more effectively implementing innovative programs. Mechanisms of forming a portfolio of scientific projects of a higher education institution will ensure rapid

adaptation of organizations to unstable economic conditions, as well as an adequate response to the risks that inevitably accompany innovation. Application of project portfolio management methodology allows determining the degree of correspondence of investments in scientific projects to the strategic goals of the higher education institution within the framework of the unified

mission of the innovation program. By applying portfolio management methods, higher education institutions can better assess the risks of research projects, the benefits derived from their implementation, monitor project implementation and predict the development of the organization.

## References

1. Malyshkin, N. "University research management" ["Upravleniye nauchno- issledovatel'skoy deyatel'nost'yu v vuze"], available at : <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-nauchno-issledovatel'skoy-deyatelnostyu-v-vuze> (last accessed 18.06.2019).
2. Piterska, V., Lohinov, O., Lohinova, L., (2019), "Portfolio method of scientific activity management of higher education institutions" ["Portfel'nyy metod upravleniya nauchnoy deyatel'nost'yu zavedeniya vysshego obrazovaniya"], *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 86–96. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.086>
3. Chumachenko, I., Docenko, N. (2011), "Formation of the holistic value of innovative projects and programs" ["Formirovaniye kholisticheskoy tsennosti innovatsionnykh proyektov i programm"], *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1 (5), P. 14–16.
4. Bushuyev, S., Verenyh, O. (2018), *Organizational maturity and project: Program and portfolio success* (Book Chapter), Developing Organizational Maturity for Effective Project Management, P. 2–24.
5. Pavlov, A., Chernov, S., Koshkin, K. (2006), *Mathematical bases of project management of high-tech industries* [Matematicheskiye osnovy upravleniya proyektami naukoymkikh proizvodstv], Nikolaev, NUK, 200 p.
6. Chernov, S. (2005), "Synergistic effect of project management in high-tech production", *Project Management and Production Development*, East-Ukrainian National University, Vol. 3. P. 57–62.
7. Bushuyev, S., Bushuev, D., Bushuyeva, N., Kozyr, B. (2018), "Information technologies for project management competences development on the basis of global trends", *Information technology and learning tools*, Vol. 68, No. 6, P. 218–234. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2684>
8. Piterska, V., Rudenko, S., Shakhov, A. (2018), "Development of the Method of Forming of the Architecture of the Innovation Program in the System "University-State-Business", *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*, Vol. 7 (4.3), P. 232–239. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19793>
9. Vanyushkin, A. (2008), "Basis for the formation of a portfolio of high-risk projects" ["Osnovaniya dlya formirovaniya portfelya vysokoriskovykh proyektov"], *Project Management and Production Development*, No. 1 (25), P. 54–61.
10. Dulfer, E. (2002), *Projekte und Projektmanagement im internationalen Kontext, Eine Einfuhrung, in: Projektmanagement international*, Stuttgart, P. 2–30.
11. Kosenko, V., Gopejenko, V. and Persiyanova, E. (2019), "Models and applied information technology for supply logistics in the context of demand swings", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 59–68. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.059>
12. Piterska, V., Kolesnikov, O., Lukianov, D., Kolesnikova, K., Gogunskii, V., Olekh, T., Shakhov, A., Rudenko, S. (2018), "Development of the Markovian model for the life cycle of a project's benefits", *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5/4 (95), P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145252>
13. Kononenko, I. (2012), "Optimization of the project content according to the criteria of profit, time, cost, quality, risks" ["Optimizatsiya soderzhaniya proyekta po kriteriyam pribyl', vremya, stoimost', kachestvo, riski"], *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, No. 1/10 (55), P. 13–15.
14. Kononenko, I. (2010), "Model and method for optimizing enterprise project portfolios for the planning period" ["Model' i metod optimizatsii portfeley proyektov predpriyatiya dlya planovogo perioda "], *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, No. 1/2 (43), P. 9–11.
15. O'Connell, D. (2011), *Harvesting External Innovation. Managing External Relationships and Intellectual Property*, DATA-public, P. 21–26.
16. Piterska, V., Shakhov, A. (2018), "Development of the Methodological Proposals for the Use of Innovative Risk-Based Mechanism in Transport System", *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*, Vol. 7 (4.3), P. 257–261. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.20129>
17. Kosenko, V., Persiyanova, E., Belotsky, O. and Malyeyeva, O. (2017), "Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (2), P. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.2.048>
18. Bushuyeva, N. (2007), *Models and methods of proactive management of organizational development programs* [Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programmami organizatsionnogo razvitiya], Kiev, Naukovii svit, 270 p.
19. Bushuyev, S., Murzabekova, A., Murzabekova, S., Khusainova, M. (2017), "Develop breakthrough competence of project managers based on entrepreneurship energy", *Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017*, P. 11–16. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8099420
20. Fonstein N. (2009), "Technology Transfer and Effective Implementation of Innovations", *ANH*, P. 175–196.
21. Shakhov, A., Piterskaya, V. (2008), "Optimization of Tariff Regulation of Customs-Transport Activities of Ukraine" ["Optimizatsiya tarifnogo regulirovaniya tamozhenno+transportnoy deyatel'nosti Ukrainy"], *Method for Special Management of Transport Systems Development*, No. 14, P. 183–196.
22. Eveleens C. (2010), "Innovation management; a literature review of innovation process models and their implications", *Working Paper HAN University of Applied Sciences*, Vol. 23, P. 112–121.
23. Chumachenko, I., Docenko, N., Kosenko, N., Sabadosh, L. (2011), "Formation of an adaptive project team" ["Formirovaniye adaptivnoy komandy proyekta"], *Project management and development of production*, Vol. (38), P. 67–71.

24. Piterskaya, V. (2016), "Application of a project-oriented approach in the management of innovation activities" ["Zastosuvannya proektno-oriyentovanoho pidkhodu v upravlinni innovatsiynoyu diyal'nistyu"], *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, Vol. 1 (1173), P. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2016.1173.7>
25. Tanaka, K. (2014), "The integration of engineering and program management with the marine economy", *Shipbuilding and Marine Infrastructure*, Vol. 1 (1), P. 5–9. DOI: <https://dx.doi.org/10.15589/smi20140108>
26. Piterskaya, V., (2012), "On the problems of the development of scientific and technological parks in Ukraine" ["O problemakh razvitiya nauchno-tehnologicheskikh parkov v Ukraine"], *Problems of technology*, No. 3, P. 104–114.

Received 17.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Пітерська Варвара Михайлівна** – доктор технічних наук, доцент, Одеський національний морський університет, професор кафедри експлуатації портів і технології вантажних робіт, Одеса, Україна; e-mail: varuwa@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5849-9033>.

**Питерская Варвара Михайловна** – доктор технических наук, доцент, Одесский национальный морской университет, профессор кафедры эксплуатации портов и технологии грузовых работ, Одесса, Украина.

**Piterska Varvara** – Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, Odessa National Maritime University, Professor of the Department of Port Operations and Cargo Works Technology, Odessa, Ukraine.

**Логінов Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, Одеський національний морський університет, доцент кафедри морського права, Одеса, Україна; e-mail: ologinov@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4540-731X>.

**Логинов Олег Владимирович** – кандидат технических наук, Одесский национальный морской университет, доцент кафедры морского права, Одесса, Украина.

**Lohinov Oleh** – PhD (Engineering Sciences), Odessa National Maritime University, Associate Professor of the Department of Maritime Law, Odessa, Ukraine.

**Логінова Лілія Володимирівна** – Одеський національний морський університет, старший викладач кафедри філології, Одеса, Україна; e-mail: llv2003@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2263-9457>.

**Логинова Лилия Владимировна** – Одесский национальный морской университет, старший преподаватель кафедры филологии, Одесса, Украина.

**Lohinova Liliia** – Odessa National Maritime University, Senior Lecturer of the Department of Philology, Odessa, Ukraine.

## МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ПОРТФЕЛЮ НАУКОВИХ ПРОЕКТІВ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

**Предметом** дослідження в статті є методи, моделі і механізми формування портфелю наукових проектів закладу вищої освіти. **Мета** роботи – розробка механізму управління портфелем наукових проектів закладу вищої освіти на основі комерціалізації результатів наукової діяльності університету з урахуванням системи управління ризиками. В статті вирішуються наступні **завдання**: аналіз моделі управління науковою діяльністю закладів вищої освіти, дослідження сучасних методів управління портфелями проектів науково-дослідної діяльності університетів, розробка механізму формування ефективного портфелю наукових проектів закладу вищої освіти з урахуванням ризиків та ймовірності комерціалізації наукових результатів. Використовуються такі **методи**: методи управління проектами і портфелями, теорія систем і системного аналізу, методи управління ризиками. Отримано наступні **результати**: розроблено механізм формування портфелю наукових проектів з урахуванням стратегічних цілей закладу вищої освіти, створено консолідований план реалізації наукових проектів портфеля, розроблено механізм управління портфелем наукових проектів закладу вищої освіти на основі групування проектів за критеріями ризику та ймовірності комерціалізації наукових результатів. **Висновок**: Використання механізму портфельного управління дозволить закладам вищої освіти формувати збалансовані портфелі наукових проектів, тим самим більш ефективно здійснюючи реалізацію інноваційних програм з урахуванням критеріїв ризику та ймовірності комерціалізації наукових результатів. Найбільш складною задачею системи управління науковими проектами є задача формування портфелю наукових проектів. Портфель наукових проектів закладу вищої освіти має цінність, якщо дозволяє розвивати діяльність, спрямовану на створення і зміцнення конкурентних переваг. Однак можливості університету в частині формування портфеля наукових проектів обмежені доступними ресурсами, а також зростаючою складністю розробки новітніх технологій, які потребують залучення сторонніх організацій, адже можливості закладу вищої освіти для самостійного проведення і опрацювання результатів наукової діяльності є обмеженими. На етапі відбору наукових проектів формується список поточних проектів, проводиться аналіз наукових проектів в портфелі на відповідність стратегічним цілям закладу вищої освіти. За допомогою групування наукових проектів в портфелі і формування необхідних критеріїв відповідності проектів тій чи іншій групі (напряму) наукових досліджень, проекти пов'язуються як між собою так і з цілями закладу вищої освіти, а також підвищується прозорість сформованих портфелів наукових проектів. На етапі балансування наукових проектів відбувається розподіл ресурсів відповідно до напрямів наукових проектів і цілей портфеля проектів закладу вищої освіти. При цьому в портфелі повинна збільшитися частка наукових проектів з високою цінністю для закладу вищої освіти і частка проектів, покликаних принести закладу вищої освіти дивіденди від комерціалізації наукових результатів (реалізації патентів) і знизитися частка високвитратних наукових проектів, а також проектів з високими ризиками. В якості основних критеріїв при балансуванні портфеля наукових проектів закладу вищої освіти в роботі використовуються наступні критерії: витрати на реалізацію наукових проектів; цінність проекту для закладу вищої освіти; ризик проектів; частка проектів в портфелі.

**Ключові слова**: науковий проект; управління проектами; заклад вищої освіти; портфельне управління.

## МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ЗАВЕДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Предметом** исследования в статье являются методы, модели и механизмы формирования портфеля научных проектов учреждения высшего образования. **Цель** работы – разработка механизма управления портфелем научных проектов учреждения высшего образования на основе коммерциализации результатов научной деятельности университета на основе системы управления рисками. В статье решаются следующие **задачи**: анализ модели управления научной деятельностью учреждений высшего образования, исследование современных методов управления портфелями проектов научно-исследовательской деятельности университетов, разработка механизма формирования эффективного портфеля научных проектов учреждения высшего образования с учетом рисков и вероятности коммерциализации научных результатов. Используются следующие **методы**: методы управления проектами и портфелями, теория систем и системного анализа, методы управления рисками. Получены следующие **результаты**: разработан механизм формирования портфеля научных проектов с учетом стратегических целей учреждения высшего образования, создан консолидированный план реализации научных проектов портфеля, разработан механизм управления портфелем научных проектов учреждения высшего образования на основе группировки проектов по критериям риска и вероятности коммерциализации научных результатов. **Выводы**: Использование механизма портфельного управления позволит учреждениям высшего образования формировать сбалансированные портфели научных проектов, тем самым более эффективно осуществлять реализацию инновационных программ с учетом критериев риска и вероятности коммерциализации научных результатов. Наиболее сложной задачей системы управления научными проектами является задача формирования портфеля научных проектов. Портфель научных проектов учреждения высшего образования имеет ценность, если позволяет развивать деятельность, направленную на создание и укрепление конкурентных преимуществ. Однако возможности университета в части формирования портфеля научных проектов ограничены доступными ресурсами, а также возрастающей сложностью разработки новейших технологий, требующих привлечения сторонних организаций, ведь возможности учреждения высшего образования для самостоятельного проведения и обработки результатов научной деятельности ограничены. На этапе отбора научных проектов формируется список текущих проектов, проводится анализ научных результатов в портфеле на соответствие стратегическим целям учреждения высшего образования. С помощью группировки научных проектов в портфеле и формирования необходимых критериев соответствия проектов той или иной группе (направлению) научных исследований, проекты связываются как между собой, так и с целями учреждения высшего образования, а также повышается прозрачность сформированных портфелей научных проектов. На этапе балансировки научных проектов происходит распределение ресурсов в соответствии с направлениями научных проектов и целями портфеля проектов учреждения высшего образования. При этом в портфеле должна увеличиться доля научных проектов с высокой ценностью для учреждения высшего образования и доля проектов, призванных принести учреждения высшего образования дивиденды от коммерциализации научных результатов (реализации патентов) и снизиться доля высокозатратных научных проектов, а также проектов с высокими рисками. В качестве основных критериев при балансировке портфеля научных проектов учреждения высшего образования в работе используются следующие критерии: расходы на реализацию научных проектов; ценность проектов для учреждения высшего образования; риск проектов; доля проектов в портфеле.

**Ключевые слова:** научный проект; управление проектами; заведение высшего образования; портфельное управления.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Пітерська В. М., Логінов О. В., Логінова Л. В. Механізм формування ефективного портфелю наукових проектів закладу вищої освіти. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 99–108. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.099>.

Piterska, V., Lohinov, O., Lohinova, L. (2019), "Mechanism for forming an effective portfolio of research projects of institution of higher education", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 99–108. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.099>.

И. В. ЧАЙКОВСКИЙ

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ РЕШЕНИЙ ПО КОНТРОЛЮ И АНАЛИЗУ ПЕРЕВОЗОК И РАБОТЫ ФЛОТА

**Предметом** исследования в статье является содержание и последовательность реализации функций контроля и анализа транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов. **Цель** – повышение эффективности контроля и анализа процесса перевозки грузов и процессов работы флота, путем системного рассмотрения структуры уровней исходя из комплекса задач функций контроля и анализа при формировании управленческих решений. **Задачи:** рассмотреть с системных позиций транспортный процесс перевозки грузов и технологические процессы работы судов; представить последовательность реализации функций учета контроля и анализа системы перевозок и работы флота с целью формирования их содержательной части при анализе процессов перевозки и работы флота; структурировать входящую и исходящую информацию по результатам контроля и анализа транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов по уровням принятия решений, с целью выявления возможных резервов повышения эффективности системы управления процессом перевозки грузов и процессами работы флота. **Методы:** общенаучные методы, такие как системный и структурный анализ. **Результаты:** в статье представлена, разработанная автором концептуальная модель формирования решений по контролю и анализу процесса перевозки грузов и процессов работы судов. Исследование, выполнено исходя из структурного представления уровней принятия управленческих решений по временным горизонтам их реализации. На основании результатов контроля и анализа процессов перевозки и работы флота было сформировано структурно-функциональную схему принятия решений исходя из временных горизонтов планирования. **Выводы:** при проведении анализа системы перевозок и работы флота с целью построения концептуальной модели принятия решений по контролю и анализу транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов был определен состав и взаимосвязь задач контроля и анализа. Исходя из того, что план перевозок является первичным, определяющим объем и содержание работы на данный отрезок времени и основанный на потенциально-возможных перевозочных ресурсах тоннажа, в качестве объекта дальнейшего исследования, определяющего порядок и последовательность реализации плана перевозок, было рассмотрено процесс работы флота.

**Ключевые слова:** контроль; анализ; транспортный процесс перевозки грузов; технологический процесс работы судов.

### Введение

Любой вид хозяйственной деятельности является не случайный набор и объединение множеств отдельных, внутренне несвязанных между собой составляющих, а представляет собой их системное отображение.

В частности "Система перевозок и работы флота" не является исключением. Это есть неизолированная с многочисленными связями система, которая включает в себя составляющие в виде отдельных элементов – флота, портов, судоремонтных заводов и других служб.

Каждая производственная система состоит из отдельных подсистем низших уровней, при этом сама может являться одной из подсистем высшего порядка в рамках той же сложной системы управления.

Каждой производственной системе свойственно выделение объекта и субъекта управления, т.е. разделение на управляемую и управляющую подсистемы. Эти подсистемы связаны между собой внутренней информацией, поступающей от объекта к субъекту управления и, кроме этой информации, управляющая система для принятия решений, также использует внешнюю информацию в виде сведений о работе связанных с ней смежных систем.

В качестве объекта управления в "Системе перевозок и работы флота" выступают транспортный процесс перевозки грузов и технологические процессы работы судов.

Основными показателями качества системы, в том числе "Системы перевозок и работы флота" является ее производительность и устойчивость,

которые базируются на управляемости и регулируемости системы. Разделение понятий на "управляемость" и "регулируемость" есть достаточно условным по отношению к решениям и действиям, которые принимаются на разных иерархических уровнях системы. Таким образом, влияние на объект управления с различных ступеней иерархической структуры системы может быть рассмотрено как с позиций управления (нижестоящим подразделением), так и с позиций регулирования (вышестоящим подразделением).

До недавнего времени ведущая роль принадлежала активным функциям управления, как таковым, которые отвечают за формирование планов перевозок и работы флота на определенные промежутки времени и обеспечивают устойчивое нормальное функционирование транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов в установленном режиме в реальных условиях, сложившихся на данный момент [1, 2].

Однако, в связи со сложившимися кризисными обстоятельствами, как на рынке транспортных услуг, так и в целом мировой экономики, функции учета, контроля и анализа, несмотря на то, что они формируют информационную базу для принятия решений выходят на первый план [3].

### Анализ публикаций

Проведенный анализ публикаций показал, что большинство авторов и исследователей указывают на ведущую роль таких функций управления, как

контроль и анализ [4–6]. Так как, именно эти функции являются неотъемлемой частью любого управления и играют базовую роль в управлении любой отрасли хозяйствования и в частности производственной деятельностью морской транспортной отрасли. Однако каждый из них рассматривает лишь отдельные аспекты важности этих функций.

Большая часть работ посвящена рассмотрению вопросов организации и управления работой флота, ограничиваясь только активными функциями, часть с них была ориентирована на специализированный флот, в частности линейные, балкерные и речные перевозки [6–8].

**Цель работы.** Целью данной статьи является повышение эффективности контроля и анализа процесса перевозки грузов и процессов работы флота, путем системного рассмотрения структуры уровней исходя из комплекса задач функций контроля и анализа при формировании управленческих решений.

### Изложение основного материала

Исходя из основных задач управляющей системы [9, 10], функциям управления принадлежит одно из ведущих мест в управленческом контуре.

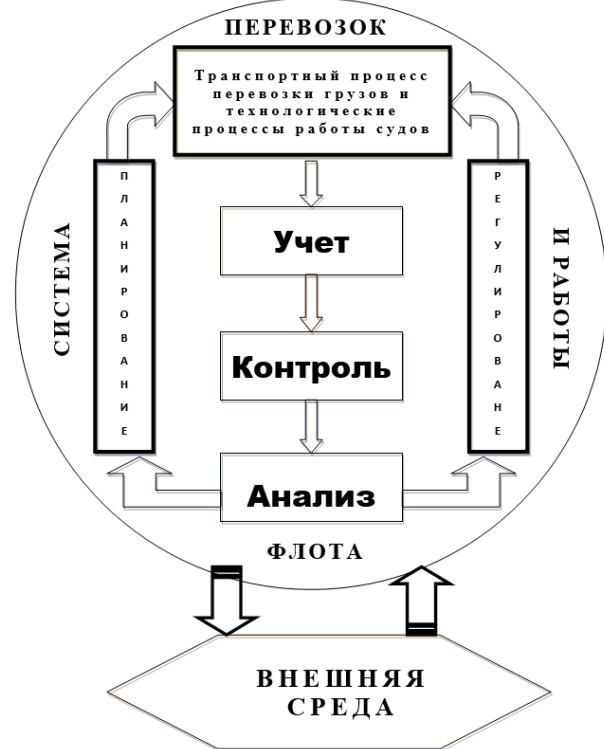
В данной работе будем исходить из понимания понятия "управления", которое представлено в работах [6, 11, 12].

Процесс управления включает сбор, передачу, обработку и изучение информации, принятие решений и обеспечение определенного воздействия на объект управления в соответствии с принятым решением. Решения разрабатываются, обосновываются и принимаются исходя из анализа информации в виде комплекса соответствующих сведений, благодаря которым уменьшается неопределенность системы [10, 13].

Функции, использующие прямой поток информации, от управляющей к управляемой системе, сосредоточены на переработке, разработке и обосновании управленческих решений, логично называют активными функциями управления, к которым относятся планирование и регулирование. Причем, последовательность их выполнения неоднозначна, в связи с их тесным взаимным пересечением и взаимным дополнением друг друга [13].

Противоположный поток информации, то есть, реакция управляемой системы на соответствующее влияние управляющей, отражающий данные о результатах управленческого воздействия. Переработка информации такого содержания непосредственно не оказывает влияния на процесс управления и сосредоточена в пассивных функциях управления, таких как учет, контроль и анализ, реализация которых осуществляется именно в этой последовательности.

Состав и содержание функций управления может быть представлено в следующем виде (рис. 1).



**Рис. 1.** Системное представление управленческого контура перевозок и работы флота. Приведенная схема дает представление о месте и роли учета, контроля и анализа в системе управления перевозок и работы флота.

Функция учета сосредоточена на разработке способов отображения информации, которая получена по обратным связям от объекта управления, ее обработки, представления и накопления. Данные учета используются в контроле и анализе транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов, то есть, являются базой для реализации последующих функций управления – контроля и анализа.

По объему выполняемой работы функция учета является одной из наиболее трудоемких функций управления. Отображая состояние объекта управления с помощью системы показателей, данная функция дает возможность лицам, принимающим управленческие решения получать разностороннее и полное представление о ходе производственного процесса.

Функция контроля, как специфическая функция управления, проявляется на разных этапах принятия решений и имеет достаточно сложную структуру [14, 15].

Исходя из самой сути контроля, как функции управления, ее существование является объективно необходимо, поскольку, это есть система наблюдений и проверки процесса функционирования соответствующего объекта с целью устранения его отклонений от заданных параметров, направление процесса управления по установленным идеальным моделям и корректировка поведения подконтрольного объекта.

Реализация основных задач контроля дает возможность получать разностороннюю оценку процесса перевозки грузов по отдельным судам, группам судов, видам плавания, направлениям перевозок, основным грузовладельцам и т.д. Кроме этого, по основным показателям использования тоннажа, оценивать технологические процессы работы отдельных судов и флота в целом.

Информация, поступающая от функции контроля, дает возможность субъекту управления осуществлять разработку и принятие управленческих решений, направленных на усовершенствование процесса перевозки и процессов работы судов и повышение эффективности работы флота в целом.

Используя соответствующие методы и приемы контроля, осуществляется обработка полученной информации, результаты которой используются для анализа и разработки регулировочных решений [16, 17].

Основной задачей функции анализа является выявление факторов влияния на отклонения транспортного процесса перевозки и технологических процессов работы судов от заданных параметров и выражение количественной оценки влияния, как каждого фактора, так и их совокупности на конечный результат с целью усовершенствования перевозочного процесса.

Функции контроля и анализа играют важную роль на завершающих этапах управления, формируя базу для принятия управленческих решений, целью которых является оптимизация процесса перевозки и работы флота, путем выявления и реализации резервов, которые возникают в той или иной эксплуатационной ситуации при выполнении планов перевозок и работы флота.

Таким образом, функции контроля и анализа создают возможности для перехода от экстенсивного до интенсивного пути развития системы перевозок и работы флота вследствие принятия качественных управленческих решений.

Поскольку "Система перевозок и работы флота" характеризуется изменчивостью и нетипичностью входящей информации по своему содержанию, степени интегрированности, уровням ее обработки и принятия соответствующих управленческих решений, возникает необходимость в комплексном рассмотрении общей структуры управления с учетом получаемых результатов по временным горизонтам.

Исходя из результатов работ [7, 13] с целью их усовершенствования, опираясь на содержание и результаты контроля и анализа транспортного процесса перевозки и технологических процессов работы судов, сформированы следующие уровни (рис. 2).

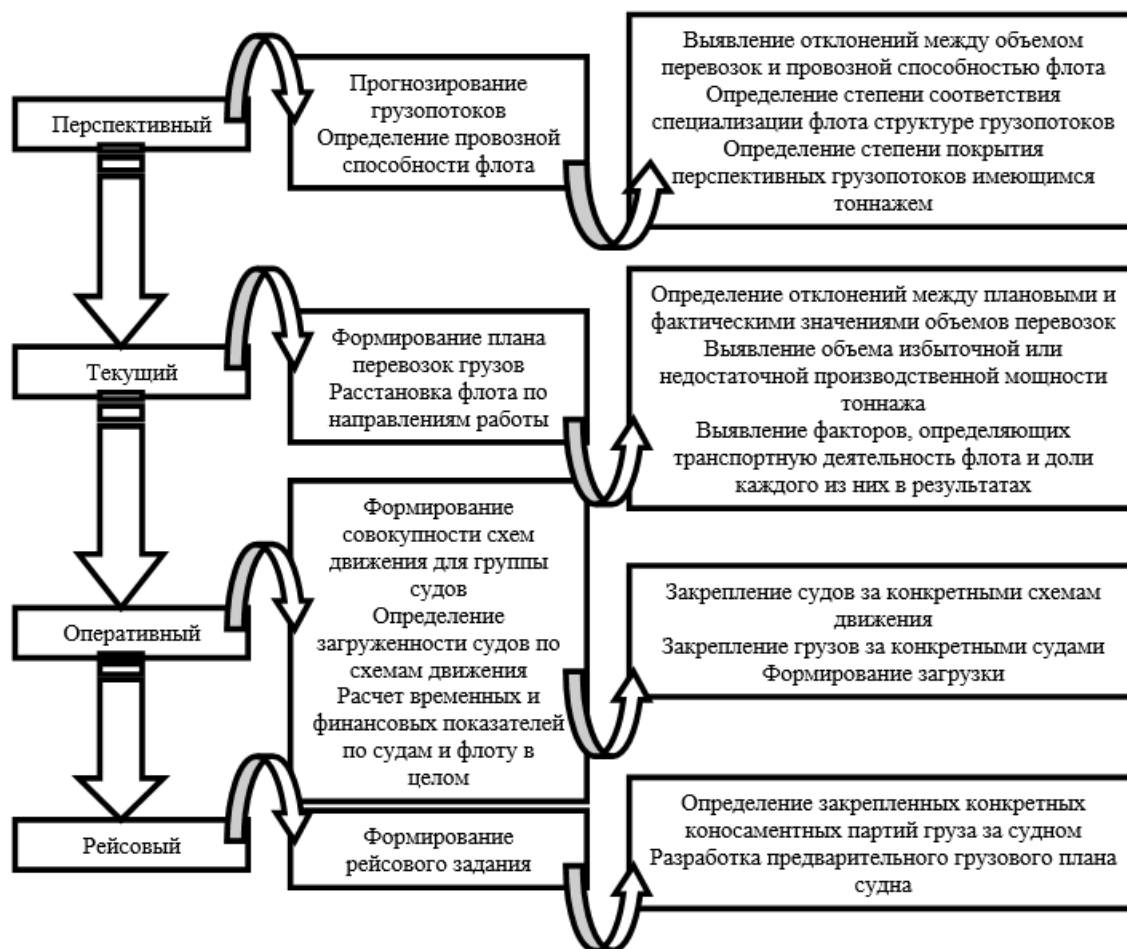


Рис. 2. Временные горизонты планирования и соответствующий им состав и результаты контроля и анализа перевозок и работы флота

Как представлено на рис. 2, каждому уровню в зависимости от временного горизонта планирования соответствует определенный набор задач и соответствующие им результаты. Причем, исходящая информация в виде результатов контроля и анализа перевозок и работы флота вышестоящего уровня является входящей информацией для последующей ее обработки на нижестоящем уровне принятия решения.

На перспективном уровне принятия решений (рис. 3) исходная информация представлена в виде двух составляющих, которые могут быть представлены с достаточной для формирования плана перевозок и работы флота степенью точности:

- информация о перевозочных ресурсах флота;
- информация об объемах и направлениях перевозок.

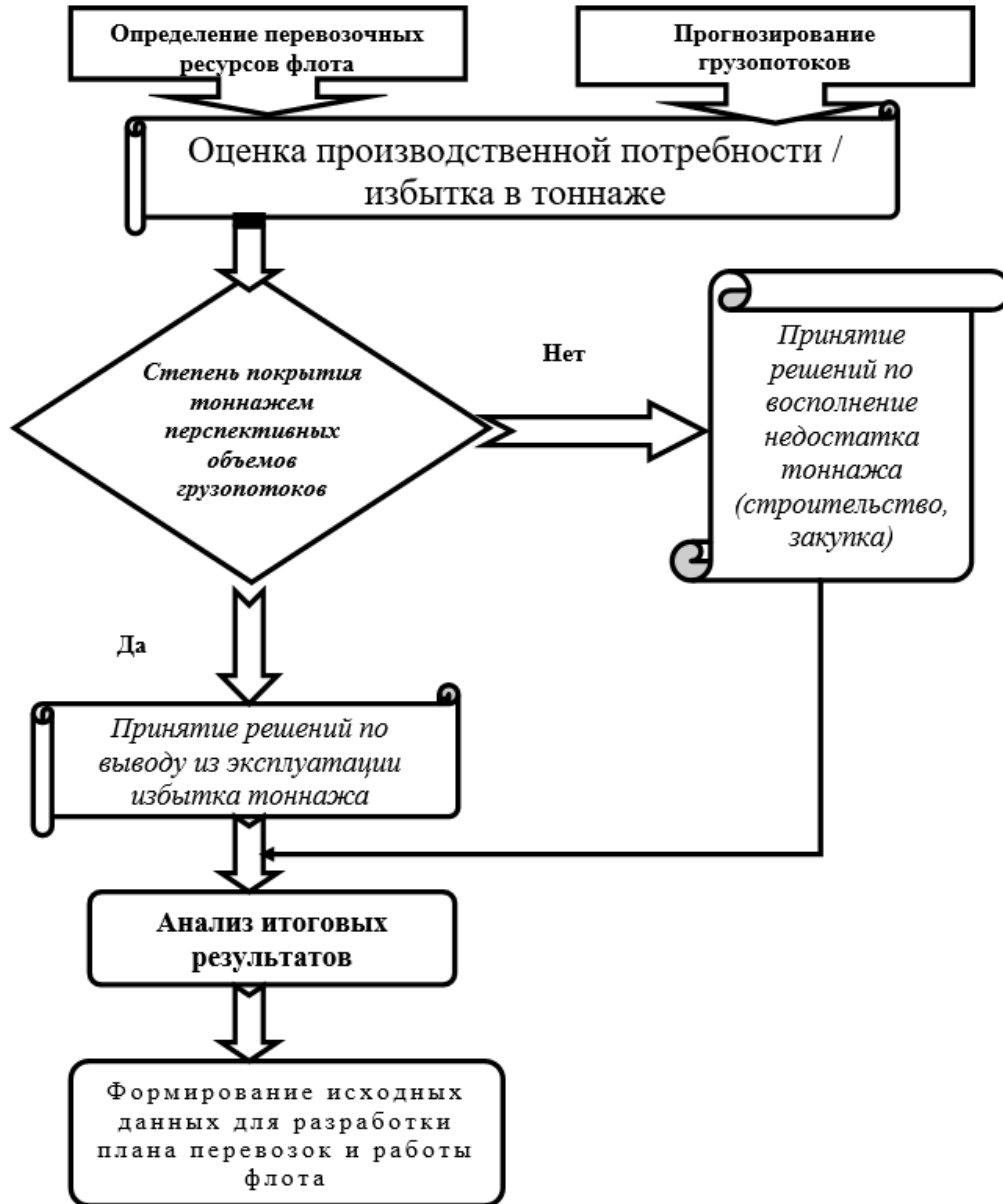


Рис. 3. Структура модели перспективного уровня принятия решений по контролю и анализу работы флота

На данном уровне по результатам оценки степени покрытия имеющимся тоннажем прогнозных объемов грузопотоков, принимаются дальнейшие решения по формированию плана перевозок и работы флота.

На текущем уровне (рис. 4) в зависимости от оценки производственной способности флота по выполнению плана перевозок, принимаются соответствующие решения с учетом, как степени

покрытия тоннажа, так и степени покрытия объема перевозок.

При наличии провозной способности флота, незадействованной в реализации плана перевозок грузов, принимается решение об отфрахтовании избытка тоннажа.

При обнаружении объемов перевозок, неохваченных планом работы флота, принимается решение о привлечении нехватки тоннажа на условиях аренды.



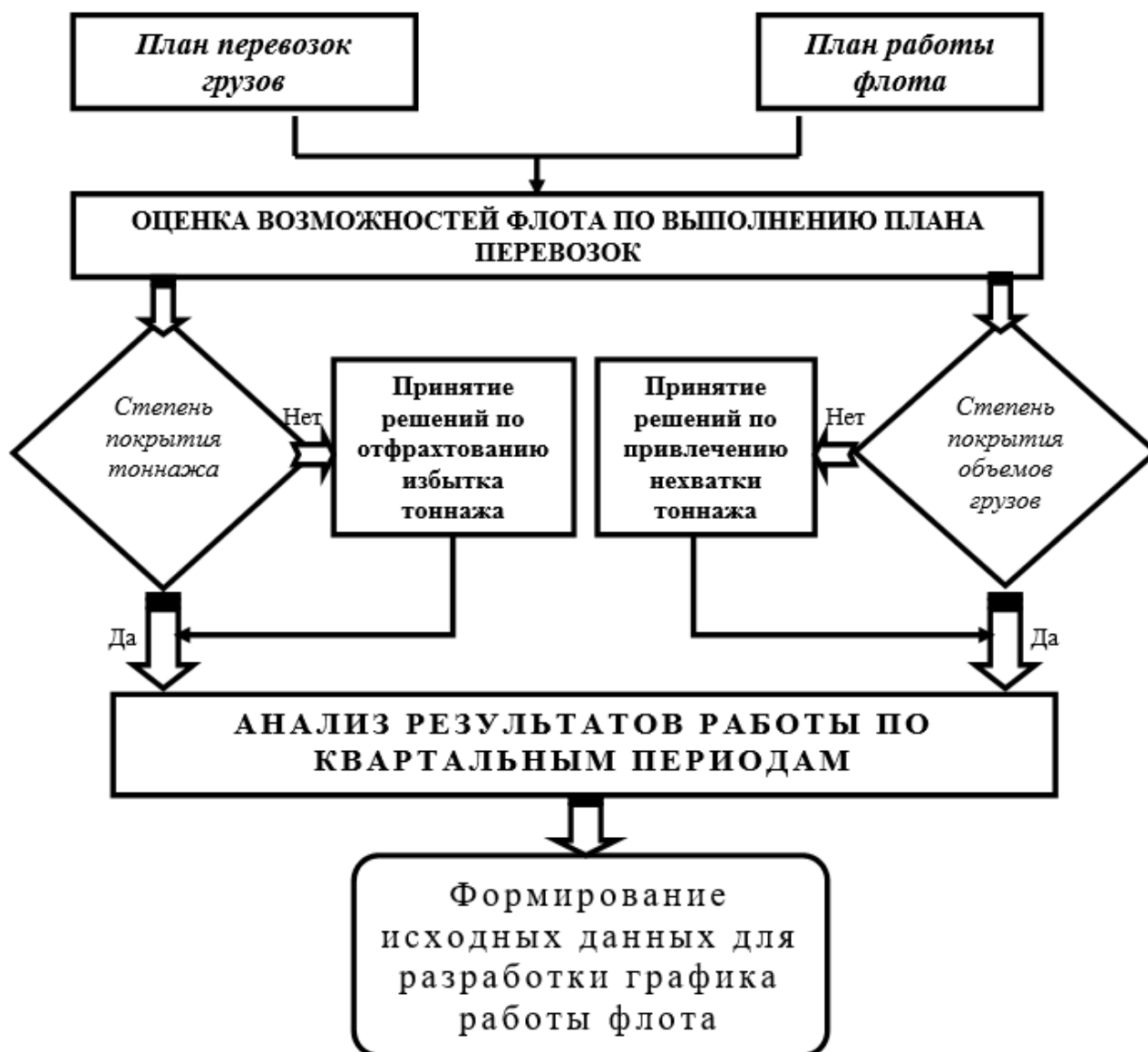


Рис. 4. Структура модели текущего уровня принятия решений по контролю и анализу работы флота

Определение состава и взаимосвязи задач контроля и анализа, в частности оперативного (рейсового) выполнено на основе исследования структуры объекта управления и системы планирования работы флота.

Объектом в системе управления является процесс работы флота  $P$ , который представляет собой совокупность процессов работы отдельных транспортных судов  $P_i$  (рис. 5).

$$P = \bigcup_{i \in I} P_i, \quad (i \in I), \quad (1)$$

где  $I$  – множество транспортных судов флота.

Процесс работы каждого судна в составе флота конечен и определен двумя событиями и соответствующими им датами: принятия на баланс ( $\alpha_i$ ) и списания с баланса ( $\delta_i$ ).

$$P_i \rightarrow [\alpha_i, \delta_i]. \quad (2)$$

Таким образом, говоря о работе флота в конкретный временной интервал  $t$ , подразумевают процесс работы определенной группы судов  $I'$ , для которых выполняется следующее соотношение:

$$I' = \{i / i \in I' \Rightarrow t \in [\alpha_i, \delta_i]\}. \quad (3)$$

В течение времени нахождения в составе флота судами выполняется целый ряд работ, разделяющихся на работы в эксплуатации и внеэксплуатации. Основной работой, отражающей эксплуатационное назначение транспортных судов является перевозка грузов и пассажиров.

Процесс перевозки осуществляется в результате выполнения отдельных технологических процессов работы судов – рейсов. Поэтому каждый процесс  $P_i$  может быть разбит на ряд технологических процессов  $P_{ik}$ .

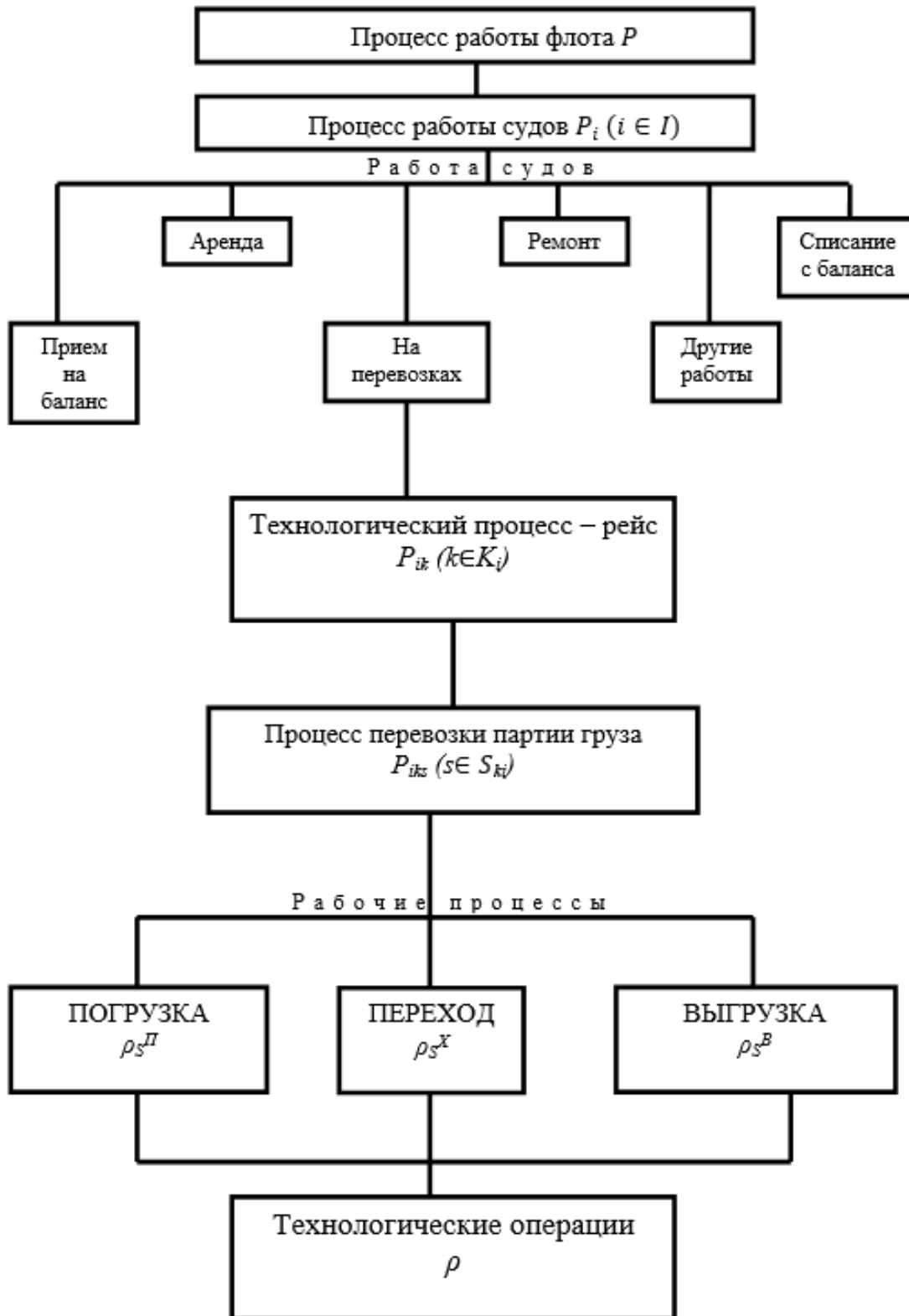


Рис. 5. Структура производственного процесса работы флота

Рейсы, в свою очередь, представляют собой совокупность последовательно и параллельно выполняемых перевозок отдельных партий груза  $P_{iks}$ .

$$P_{ik} = \bigcup_{s \in S_{ik}} P_{iks}. \quad (4)$$

Каждая перевозка осуществляется в результате выполнения трех рабочих процессов:  $\rho_s^П$  – погрузки,  $\rho_s^X$  – перехода и  $\rho_s^В$  – выгрузки.

$$P_{iks} \rightarrow (\rho_s^П, \rho_s^X, \rho_s^В). \quad (5)$$

Выделенные рабочие процессы дальше распадаются на отдельные последовательно и параллельно выполняемые операции  $\rho$ . Операции представляют собой наименьшие элементы технологического процесса работы судов, имеющие самостоятельное значение.

Исходя из вышеизложенного, процесс работы флота  $P$ , представляет собой иерархически взаимосвязанную систему процессов различных уровней. При этом, процессы различных уровней связаны между собой отношениями включения, на одном уровне, начиная с процесса работы судна, отношениями следования и совмещения во времени.

Несмотря на существующее разнообразие форм, задач и методов контроля и анализа, ученые продолжают заниматься их исследованием, поскольку именно эти функции играют важную роль на этапах заключительного управления. Именно эти функции управления, формируют базу для принятия управленческих решений по дальнейшему совершенствованию транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы судов с акцентом на способность гибко реагировать на изменения внешней среды, тем самым

обеспечивая выполнение необходимого условия эффективности системы управления процессом перевозки грузов и работы флота.

### Выводы

Контроль и анализ, проводимый в процессе работы флота с принятой в системе частотой, требует наличия "сечения" процесса работы флота, т.е. данных о процессе работы каждого судна. Это разбиение, контролируемого процесса определяет и соответствующее разбиение системы контроля на две составляющие: ряд подсистем по каждому судну и по флоту в целом. Результаты работы отдельных судов, обобщаются на вышестоящих уровнях и позволяют обеспечить наилучшее, с точки зрения всей системы выполнение графика, а, следовательно, и планов работы флота.

Системный подход позволяет структурировать состав и последовательность операций контроля и анализа на разных уровнях принятия решений. Совокупность представленных схем позволяет получить концептуальную модель принятия решений по контролю и анализу перевозок и работы судов.

### Список литературы

1. Huyen T. P. Improving marketing strategies of sea freight forwarding services – thin Hong joint stock company, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences Degree Programme in Innovative Business Services. 2015. 69 p.
2. Notteboom T., Rodrigue J-P. Containerization, Box Logistics and Global Supply Chains: The Integration of Ports and Liner Shipping Networks. *Maritime Economics & Logistics*. 2008. Vol. 10, No. 1–2, P. 152–174.
3. Ducruet C. Maritime networks: spatial structures and time dynamics. London and New York: Routledge Studies in Transport Analysis. 2015.
4. Берневек Т. И. Характеристика основных видов проектов пополнения флота. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2017. № 4. С. 54–58.
5. Онищенко С. П., Вишневецкая О. Д. Метод оценки отклонений результатов выполнения судном рейса под влиянием факторов риска. *Вісник Національного технічного університету "ХПИ"*. 2016. № 7. С. 25–32.
6. Шибаев О. Г. та ін. Організація транспортного процесу та управління роботою флоту на ринку міжнародного судноплавства: монографія. Одеса, 2016. 176 с.
7. Шибаев А. Г., Щербина О. В. Состав и последовательность операций при организации работы баржебуксирных судов. *Научный журнал "Вісник СНУ ім. В. Даля"*. 2018. № 2 (243). С. 266–271.
8. Дрожжин О. Л., Тихоніна І. І. Транзитні перспективи при транспортуванні контейнерних вантажів на напрямку Далекий Схід – Країни ЄС. Соціальні трансформації: Сім'я, шлюб, молодь, середній клас та інноваційний менеджмент у країнах Нового Шовкового шляху: монографія. Одеса, 2016. С. 71–74.
9. Кириллова Е. В. Управление работой судна и судовой менеджмент: этимология понятий, генезис развития теории и практики. *Вісник Одеського національного морського університету: зб. наук. праць*. Одеса, 2013. Вип. 3 (39). С. 210–219.
10. Кириллова Е. В. Устойчивость в деятельности судоходной компании. *Сб. научн. тр. SWorld*. Иваново, 2014. Вып. 2, т. 1. С. 42–55.
11. Вишневецкий Д. О. Методичні основи організації роботи універсальних суден на міжнародних лініях: дис. канд. техн. наук. Одеса, 2016. 171 с.
12. Кириллов Ю. І. Організація та управління роботою суден в контейнерній транспортно-технологічній системі: автореф. дис. канд. техн. наук. Одеса, 2013. 24 с.
13. Кириллова О. В. Теоретичні основи управління роботою флоту у транспортно-технологічних системах: дис. д-ра техн. наук. Одеса, 2017. 470 с.
14. Notteboom T., Lam J. Dealing with uncertainty and volatility in shipping and ports. *Maritime Policy & Management*. 2014. No. 41 (7), P. 611–614.
15. Alizadeh A., Nomikos N. Shipping derivatives and risk management. 2009. *Springer*. DOI: 10.1057/97802302355809
16. Carruthers R., Kunaka Ch. Trade and transport corridor management toolkit (English). Washington DC, 2014. World Bank Group. DOI: 10.1596/978-1-4648-0143-3
17. Shyshou A., Gribkovskaia I., Barcelo J. A simulation study of the fleetsizing problem a risinginoff shore an chorhandling operations. *European Journal of Operational Research*. 2010. No. 203. P. 230–240.

### References

1. Huyen, T. P. (2015), *Improving marketing strategies of sea freight forwarding services – thin Hong joint stock company*, Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences Degree Programme in Innovative Business Services, 69 p.

2. Notteboom, T., Rodrigue, J.-P. (2008), "Containerization, Box Logistics and Global Supply Chains: The Integration of Ports and Liner Shipping Networks", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 10, No. 1–2, P. 152–174.
3. Ducruet, C. (2015), *Maritime networks: spatial structures and time dynamics*. London and New York: Routledge Studies in Transport Analysis.
4. Bernevek, T. I. (2017), "Characterization of the main types of fleet replenishment projects" ["Karakteristika osnovnykh vidov proektov popolneniya flota"], *Newsletter of the Ukrainian National University of Volodymyr Dahl*, No. 4, P. 54–58.
5. Onishchenko, S. P., Vishnevskaya, O. D. (2016), "A method for assessing deviations of a vessel's voyage performance under the influence of risk factors" ["Metod otsenki otklonenii rezul'tatov vypolneniya sudnom reisa pod vliyaniem faktorov riska"], *Newsletter of the National Technological University "KhPI"*, No. 7, P. 25–32.
6. Shibaev, O. G. et al. (2016), Organization of the transport process and fleet management in the international shipping market : a monograph [Orghanizatsiia transportnogo procesu ta upravlinnja robotuju flotu na rynku mizhnarodnogo sudnoplavstva : monohrafija], Odessa, 176 p.
7. Shibaev, A. G., Shcherbina, O. V. (2018), "Composition and sequence of operations in the organization of work of barge-towing vessels" ["Sostav i posledovatel'nost' operatsii pri organizatsii raboty barzhebukirsirnykh sudov"], *Scientific journal "Bulletin of V. Dahl SNU"*, No. 2 (243), P. 266–271.
8. Drozhzhin, A. L., Tikhonina, I. I. (2016), "Transit perspectives on container cargo transportation in the Far East - EU countries" ["Tranzytni perspektyvy pry transportuvanni kontejnernykh vantazhiv na naprjamku Dalekyj Skhid – Krajiny JeS"], *Social Transformations: Family, Marriage, Youth, Middle Class and Innovation Management in the New Silk Road: a Monograph*, Odessa, P. 71–74.
9. Kirillova, E. V. (2013), "Ship management and ship management: the etymology of concepts, the genesis of theory and practice" ["Upravlenie rabotoi sudna i sudovoi menedzhment: etimologiya ponyatii, genezis razvitiya teorii i praktiki"], *Bulletin of the Odessa National Maritime University: Coll. Sciences*. Wash, Odessa, Issue. 3 (39), P. 210–219.
10. Kirillova, E. V. (2014), "Sustainability in the activities of the shipping company" ["Ustoichivost' v deyatelnosti sudokhodnoi kompanii"], *Sat scientific tr SWorld*, Ivanovo, Issue. 2, vol. 1, P. 42–55.
11. Vishnevsky, D. O. (2016), Methodical bases of the organization of work of universal vessels on international lines : dis. Cand. tech. Sciences [Metodychni osnovy orghanizatsiji roboty universalnykh suden na mizhnarodnykh liniyakh : dys. kand. tekhn. nauk], Odessa, 171 p.
12. Kirillov, Y. I. (2013), Organization and management of vessels in container transport and technological system : abstract. diss. Cand. tech. Sciences [Orghanizatsiia ta upravlinnja robotuju suden v kontejnernij transportno-tehnologichnij systemi : avtoref. dys. kand. tekhn. nauk], Odessa, 24 p.
13. Kirillova, O. V. (2017), Theoretical bases of fleet management in transport and technological systems : diss. Dr. Techn. Sciences. [Teoretichni osnovi upravlinnja robotuju flotu u transportno-tehnologichnih sistemah : dis. d-ra tehn. nauk], Odessa, 470 p.
14. Notteboom, T., Lam, J. (2014), "Dealing with uncertainty and volatility in shipping and ports", *Maritime Policy & Management*, No. 41 (7), P. 611–614.
15. Alizadeh, A., Nomikos, N. (2009), "Shipping derivatives and risk management", *Springer*. DOI: 10.1057/97802302355809
16. Carruthers, R., Kunaka, Ch. (2014), "Trade and transport corridor management toolkit (English)", Washington DC; World Bank Group. DOI:10.1596/978-1-4648-0143-3
17. Shyshou, A., Gribkovskaia, I., Barcelo, J. A. (2010), "A simulation study of the fleetsizing problem a risinginoff shore an chorhandling operations", *European Journal of Operational Research*, No. 203, Vol. 1, P. 230–240.

Поступила (Received) 22.08.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Чайковский Иван Васильевич** – Одесский национальный морской университет, старший преподаватель кафедры эксплуатации флота и технологии морских перевозок, Одесса, Украина; e-mail: chaikovski\_ivan@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5066-8952>.

**Чайковський Іван Васильович** – Одеський національний морський університет, старший викладач кафедри експлуатації флоту і технології морських перевезень, Одеса, Україна.

**Tchaikovsky Ivan** – Odessa National Maritime University, Senior Lecturer of the Department of Fleet Operation and Shipping Technology, Odessa, Ukraine.

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ РІШЕНЬ З КОНТРОЛЮ І АНАЛІЗУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І РОБОТИ ФЛОТУ

**Предметом** дослідження в статті є зміст і послідовність реалізації функцій контролю і аналізу транспортного процесу перевезення вантажів і технологічних процесів роботи суден. **Мета** – підвищення ефективності контролю і аналізу процесу перевезення вантажів і процесів роботи флоту, шляхом системного розгляду структури рівнів виходячи з комплексу завдань функцій контролю і аналізу при формуванні управлінських рішень. **Завдання:** розглянути з системних позицій транспортний процес перевезення вантажів і технологічні процеси роботи суден; навести послідовність реалізації функцій обліку контролю та аналізу системи перевезень і роботи флоту з метою формування їх змістовної частини при аналізі процесів перевезення та роботи флоту; структурувати вхідну і вихідну інформацію за результатами контролю та аналізу транспортного процесу перевезення вантажів і технологічних процесів роботи суден за рівнями прийняття рішень, з метою виявлення можливих резервів підвищення ефективності системи управління процесом перевезення вантажів і процесами роботи флоту. **Методи:** загальнонаукові методи, такі як системний і структурний аналіз. **Результати:** в статті представлена, розроблена автором концептуальна модель формування рішень з контролю і аналізу процесу перевезення вантажів і процесів роботи суден. Дослідження, виконане виходячи зі структурного представлення рівнів прийняття управлінських рішень за часовими

горизонтами їх реалізації. На підставі результатів контролю і аналізу процесів перевезення та роботи флоту було сформовано структурно-функціональну схему прийняття рішень виходячи з часових горизонтів планування. **Висновки:** при проведенні аналізу системи перевезень і роботи флоту з метою побудови концептуальної моделі прийняття рішень з контролю і аналізу транспортного процесу перевезення вантажів і технологічних процесів роботи суден було визначено склад і взаємозв'язок завдань контролю і аналізу. Виходячи з того, що план перевезень є первинним, що визначає обсяг і зміст роботи на даний відрізок часу і заснований на потенційно-можливих перевізних ресурсах тоннажу, як об'єкт подальшого дослідження, що визначає порядок і послідовність реалізації плану перевезень, було розглянуто процес роботи флоту.

**Ключові слова:** контроль; аналіз; транспортний процес перевезення вантажів; технологічний процес роботи суден.

## CONCEPTUAL MODEL OF DECISION MAKING FOR CONTROL AND ANALYSIS OF TRANSPORTATION AND OPERATION OF THE FLEET

The **subject** of the research in the article is the content and sequence of the implementation of the functions of control and analysis of the transport process of cargo transportation and technological processes of ship operation. The **goal** is the efficiency increasing of control and analysis of the process of transportation of goods and the processes of the fleet, by systematically reviewing the structure of levels based on a set of tasks of control and analysis functions in the formation of management decisions. **Tasks:** to consider from a systemic point of view the transport process of cargo transportation and the technological processes of ship operation; present a sequence of implementation of the accounting and control functions of the transportation system and fleet operation in order to form their content in the analysis of the transportation processes and fleet operations; to structure incoming and outgoing information according to the results of monitoring and analysis of the transport process of cargo transportation and technological processes of ship operation by decision-making levels, in order to identify possible reserves for increasing the efficiency of the system for managing the process of cargo transportation and fleet operation processes. **Methods:** general scientific methods, such as systems and structural analysis. **Results:** the article presents a conceptual model developed by the author for the formation of decisions on the control and analysis of the process of cargo transportation and the processes of ship operation. The study was performed on the basis of the structural representation of the levels of managerial decision-making by the time horizons of their implementation. Based on the results of monitoring and analysis of the transportation and operation of the fleet, a structural and functional decision-making scheme was formed based on the planning time horizons. **Conclusions:** during the analysis of the transportation system and fleet operation with the aim of constructing a conceptual decision-making model for monitoring and analyzing the transport process of cargo transportation and technological processes of ship operation, the composition and relationship of control and analysis tasks was determined. Based on the fact that the transportation plan is primary, determining the volume and content of work for a given period of time and based on the potential transportation resources of the tonnage, the fleet operation process was considered as an object of further research determining the order and sequence of implementation of the transportation plan.

**Keywords:** control; analysis; transport process of cargo transportation; technological process of ship operation.

### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Чайковський І. В. Концептуальна модель формування рішень з контролю і аналізу перевезень і роботи флоту. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 109–117. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.109>.

Tchaikovsky, I. (2019), "Conceptual model of decision making for control and analysis of transportation and operation of the fleet", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 109–117. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.109>.

V. SHAPOVALOV, A. PERMYAKOV, A. KLOCHKO

## MODELING OF A DUPLEX MILLER AND CONDITIONS OF FORMATION OF TREATMENT OF WHEEL PAIRS OF MAIN ELECTRIC CARS, DUAL CARS, ELECTRO SECTIONS

The **subject** matter of the research in the article is the process of restoring the quality and accuracy of the working surface of the wheelsets of the main electric locomotives, electric sections. The **purpose** of the work is to develop a modeling method for a special shaped cutter with increased productivity, designed to process the profile of locomotive railway wheels taking into account the shaping processes, which is based on the theory of modeling the high-speed milling process through the shaping efficiency coefficient. The article solves the following **tasks**: substantiation of the importance of upgrading the most promising designs of "duplex" mills, taking into account the reduction of vibrations due to chip crushing, to increase tool wear resistance, machining accuracy, reduce tool readjustment time and, accordingly, reduce equipment downtime, increase processing productivity, determine the mathematical apparatus for calculating model parameters; development of a method for modeling and optimization of shaping processes in the processing of locomotive wheel sets. Such **methods** were used: fundamentals of system analysis, simulation method. The following **results** were obtained: the design of a "duplex" milling cutter with a predicted increase in resistance and increase in processing productivity due to modeling of forming processes with a decrease in the sliding angle by three to five times, which was not previously taken into account when designating and selecting cutting parameters, is provided. It is concluded that the model design of the cutter, taking into account "duplex" and the tribological process of modeling shaping during processing, can increase the resistance of the cutters and ensure the full operation of all cups of the cutter. The forming component of the cutting conditions was evaluated taking into account the coefficient of efficiency of the process of forming the surface layer of the machined wheel. The conclusion was made about the need to create new processes of shaping the design and modernization of tools. Various ways of modeling tool systems are considered. A method for creating a "duplex" cutter model is defined. A "duplex" mill is considered and design features of the algorithm for creating such tools are given. The functioning of the shaping parameters during the processing of locomotive wheelsets is formalized in the form of separate mathematical models and formulas, on the basis of which a method for modeling the process of increasing productivity and increasing the resistance of mills is described. **Findings**: Thus, a new method was created for modeling the process of shaping when machining wheel sets of locomotives with a "duplex" cutter with minimizing the cost of operating the tool and reducing the sliding angle on the arc of cutting the cutter cup with an increase in the quality and accuracy of processing, which makes it possible to significantly reduce the cost of preparing the production and increase processing efficiency.

**Keywords**: restoration of quality and accuracy; wheelsets; mainline electric locomotives; modeling; shaping; shaping efficiency coefficient; "duplex" mill; optimization; mill stability; processing efficiency.

### Introduction

Restoring the quality and accuracy of the working surface of the wheelsets of the main electric locomotives, electric sections and diesel locomotives is a rather complicated and expensive technological operation.

During operation, wheelsets of rolling stock are subject to significant static and dynamic loads, as well as thermal effects during braking, which lead to thermo mechanical damage to the rim. Damage also causes a change in the structure of the metal, in particular, leads to a sharp increase in the hardness of individual sections of the processing surface. The average mileage of wheelsets with wheels of high hardness is up to 280 thousand km to the first turning, and wheels with standard hardness 110 thousand km.

### Analysis of publications and problem statement

The process of restoring locomotive wheelsets consists in machining the flanges of the wheel with the raceway and for more than 60 years has been carried out by the developed design of the cutter with cutting carbide cups mounted in cutters. The consumption of special shaped milling cutters used when turning solid wheels in comparison with the processing of standard wheels increases by 3-5 times, and the productivity of machining decreases by 2-3 times. Processing and restoration of

wheel pairs of rolling stock of cars is carried out by rolling out on special wheel-turning machines of model KZh 1836M by the method of turning simultaneously with two calipers with carbide plates and does not cause such processing difficulties as when restoring wheel pairs of main locomotives of electric locomotives, diesel locomotives, electric sections.

To restore the wheelsets, special two-spindle wheel milling machines of the mod are used. KZh-20, KZh-20TF1 (manufacturer - PrJSC Kramatorsk Heavy Machine Tool Plant) and prefabricated shaped mills equipped with carbide cutting elements - cups  $\phi 12$ mm. Milling cutters for wheel milling machines are produced in Belarus (Gomel "Electromechanical Plant"), Russia (St. Petersburg, EFSI). Cutting cups are located on one side of the cutters and completely cover the entire track and wheel flange [1, 2, 3].

In order to increase the efficiency of the wheelset recovery process, it is necessary to solve the following problems: justification of the importance of upgrading the most promising designs of "duplex" mills, taking into account vibration reduction due to chip crushing, to increase tool wear resistance, machining accuracy, reduce tool readjustment time and, accordingly, reduce equipment downtime, improve processing performance, the definition of the mathematical apparatus for calculating model parameters; development of a modeling method and optimization of shaping processes in the

processing of locomotive wheel sets using system analysis methods and simulation methods.

### Justification of the importance of increasing the efficiency of shaping wheelsets

The wheels are machined on the machine (fig. 1) without rolling out at the same time by two mills - left and right (fig. 2), which differs from each other by the location

of the shaped profiles of the cutters and the direction of the bevels at their ends.

The known design of a special shaped cutter (fig. 3), designed for processing the profile of railway wheels of locomotives, contains a housing in the longitudinal inclined grooves of which flat cutters are placed at an angle  $\tau = 15^\circ$  (fig. 4) with a shaped profile along which cylindrical nests are installed; and cutting elements in the form of carbide cups  $\varnothing 12\text{mm}$  are fixed with screws (fig. 5). Cutters in the cutter body are fixed with end caps using wedges and screws [2, 3, 4, 5].



Fig. 1. Processing wheels without rolling out on a machine model KZh-20TF1

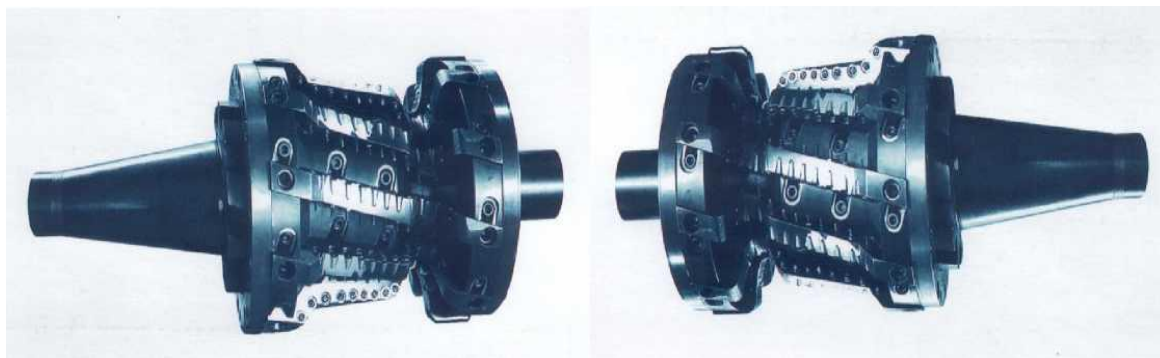


Fig. 2. Set of mills for installation on the machine mod. KZh-20TF1

At the ends of the cutters, one bevel is made at an angle to the front plane equal to the angle of inclination of the cutter in the case ( $\tau=15^\circ$ ).

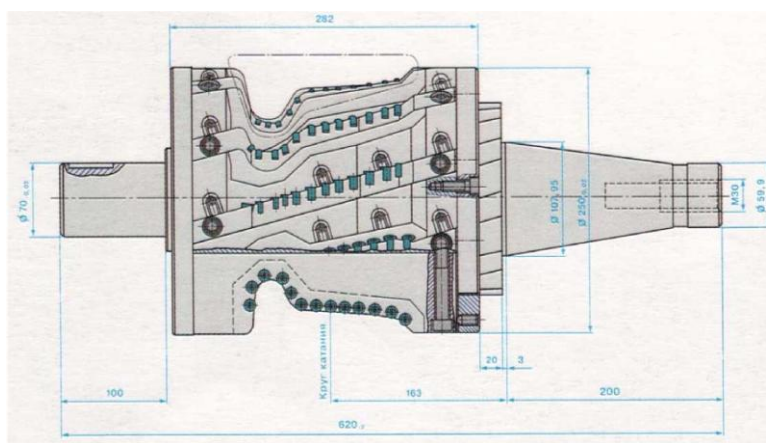


Fig. 3. Known design of a special shaped mill



Fig. 4. Mill cutters with carbide cutting cups-rollers

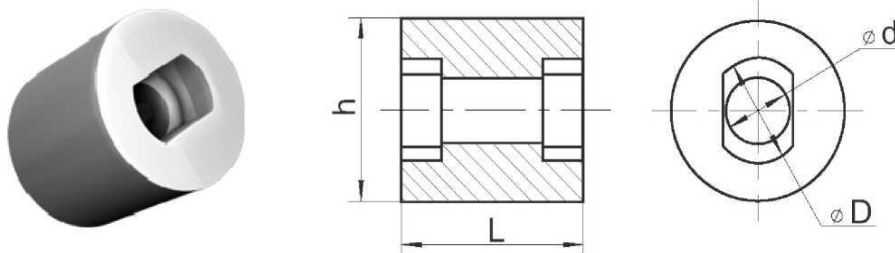


Fig. 5. Carbide cutting roller cups

The dimensions of the cup-rollers are given in table 1.

Table 1. The dimensions of the cup-rollers

Product designation	Dimensions, mm			
	L	D	d	h
RNUX 1212 M0 TN	12	6,5	4,2	12

The design of the mill provides 10 cutters, in each (fig. 4) of which 12–13 cutting cups-rollers are placed. Cups in each of the cutters are shifted in axial and radial directions in order to ensure optimal cutting conditions and obtain the necessary bandage profile. Thus, each of 120–126 cups has an individual, different position from others.

The advantage of the mill is that the long shaped edge is replaced by separate small circular edges-sectors of the cutting elements - cups  $\varnothing 12$ mm, installed overlapping from cutter to cutter to ensure smooth bending around the shaped profile of the wheel bandage. This design of the mill provides a vibration-free milling process and provides chip crushing. In addition, turning carbide cutting elements - cups  $\varnothing 12$ mm in the middle of their wear around the axis, and also reinstalling them on the reverse end, increases the total tool life by 8-10 times. [1, 5, 6, 7]

The round shape of the cutting edge of a relatively large curvature causes errors in the machined profile in the

range of 0.2–0.5 mm, and the roughness of the machined surface exceeds  $Ra = 10 \mu\text{m}$ . Radial run out of bandages in a circle reaches 0.3–0.5mm.

Hertel (Germany) proposed similar milling cutters with a diameter of the cutting element - cup  $\varnothing 25$ mm. However, a decrease in the curvature of the cutting edge and an increase in its length led, under conditions of thin but wide chips, to the appearance of tool vibrations during the cutting process. In addition, the Hertel mills are cantilevered in the machine, as except for the cone, the second supporting neck. They are not widely used in the CIS countries.

The technology of milling with shaped mills provides for the removal of the entire allowance in one revolution of the wheel. The process of operation of the tool occurs in fairly severe conditions due to unfree cutting and variable hardness of individual sections of the machined surface of the wheel bandages.

The disadvantage of the considered design of the mill is that the blades relatively quickly (after processing an average of 8 pairs of wheels) fail (fig. 6) due to the intensive abrasion of the sections of their outer surface-based rollers located between the cutting elements. Changing the mill requires a significant amount of working time, as the manufacture of new cutters due to their complex design is characterized by a long cycle. This, in turn, leads to equipment standstill and reduced processing performance.

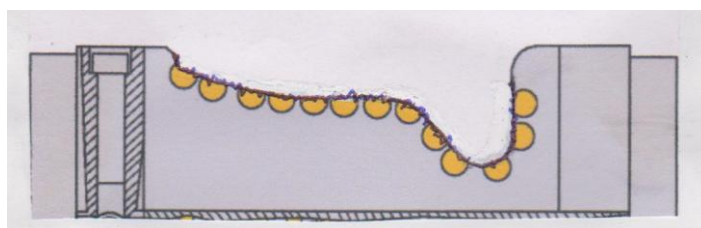


Fig. 6. Typical wear of the rollers and their bearing surfaces in rails



### A method for modeling the characteristics of "duplex" milling cutters and the processes of forming wheel sets

In the proposed new design of the mill, called "duplex" [1, 2] on shaped cutters, additional shaped profiles are provided, each of which is made on the opposite side of the corresponding cutter, and the nests for the cutting sections of the additional and main profiles are

located in the same plane so that their axes form an angle in the case. Also, an additional bevel is made at each end of the cutter, the angle of inclination of which to the main bevel is also equal to the double angle of inclination of the cutters in the case. In addition, the largest recess of each additional shaped profile is made in the opposite direction to the main direction and at the opposite end of the cutter [1, 5, 7, 8, 9].

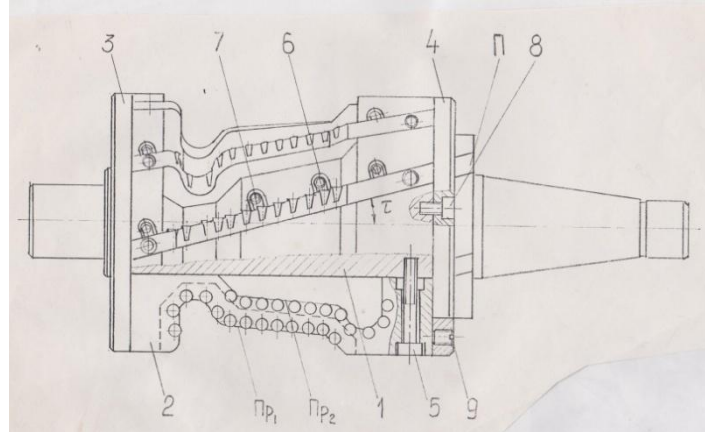


Fig. 7. New duplex design of carbide shaped mill [11]

The essence of the new design of the mill is illustrated by drawings, where fig. 7 shows a general view of the cutter; in fig. 8 – the main view of the cutter with an additional profile, in fig. 9 and fig. 10 – the cross section of the cutters at the axes of the nests and chamfers at the ends of the cutters directed under each other.

The milling cutter (fig. 7) consists of a case 1 with inclined grooves at an angle  $\tau$ , in which cutters 2 with a

main shaped profile  $Pr_1$  and an additional profile  $Pr_2$  are placed. Cutters 2 are fixed in the case using end caps 3 and 4, transverse screws 5, plate wedges 6 and pressure screws 7.

In the end cover 4, holes are provided for screws 8, fastening it to the mill body 1 and screws 9, pressing cutters 2 to the base ring 3 [1, 3, 10, 11, 12].

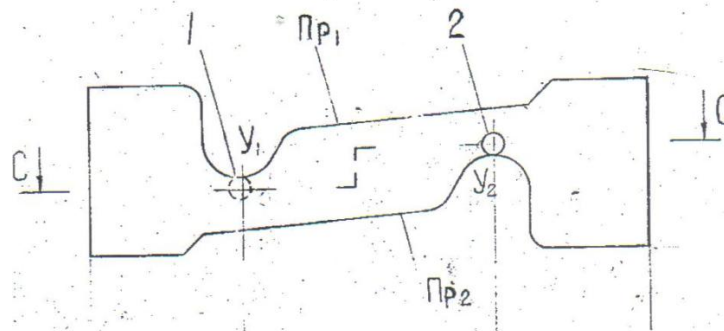


Fig. 8. The main view of the cutter with an additional profile

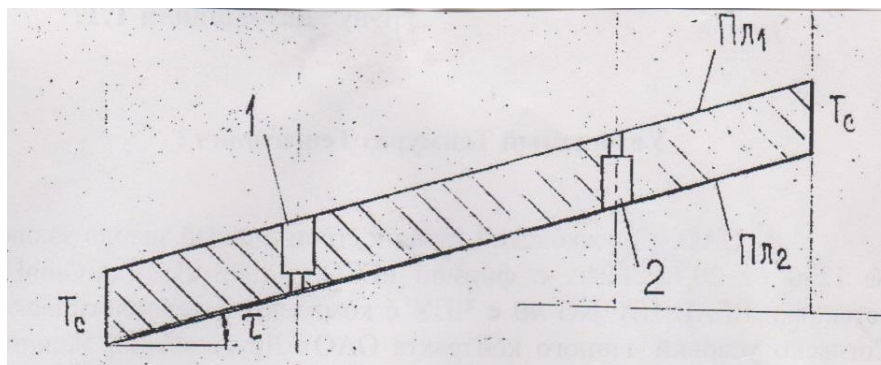
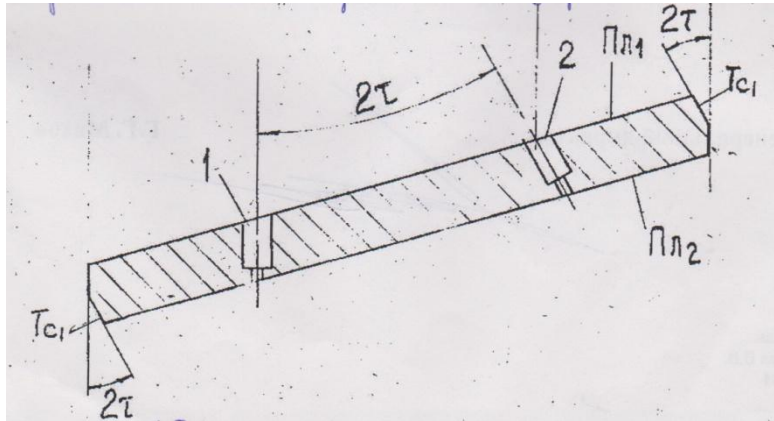


Fig. 9. The cross section of the cutter with the axis of the nests and chamfers at the ends of the cutter

Cylindrical nests 1 and 2 (fig. 8, fig. 9 and fig. 10) for cutting elements – cups f12mm are made along the main shaped profile Pr1 and additional Pr2, and the largest

recess of the additional profile U2 is made in relation to the recess of the main profile in the opposite direction and at the opposite end of the cutter.



**Fig. 10.** The cross section of the cutter with the axis of the nests and chamfers at the ends of the cutter, directed at an angle of  $2\tau$  to each other

To ensure the use of cutters with an additional profile Pr2 in the case of the same cutter, for example, the maiden or right, the sockets 2 of the additional profile (fig. 9 and fig. 10) are made on the plane ПП1, i.e. in the same place as the cutters in the case –  $2\tau$ . In addition, at each end of the cutter, an additional bevel Tc1 is made, which is also inclined to the nests 1 of the main profile Pr1, but their axes are located at an angle to the axes of the nests 1, equal to the double angle of inclination of the cutters with respect to the main bevel Tc at an angle of  $2\tau$ . Thus, after failure of the cutters along the Pr1 profile, they can be reinstalled in the housing of the same cutter to work along the Pr2 profile based on the Tc1 bevels.

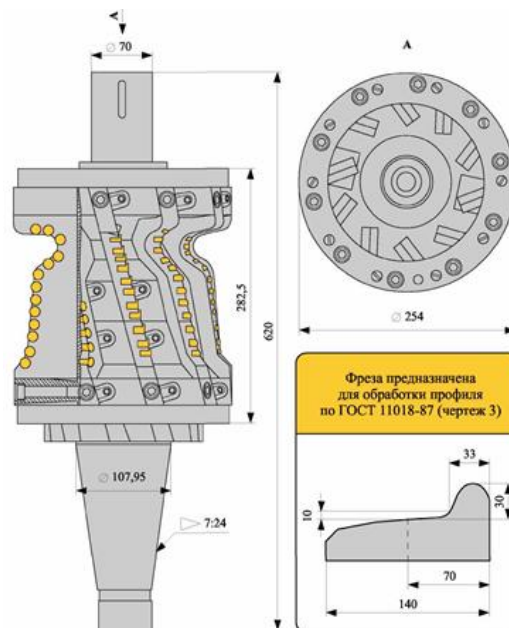
The execution of nests for cups f12mm in an additional profile on the same plane with the nests of the main profile, but with an inclination of their axes at an

angle of  $2\tau$ , provides after reinstalling the cutters in the housing the location of the front cutting surfaces of the cups f12mm of both profiles.

Performing additional bevels on the ends of the cutters at an angle of  $2\tau$  to the main bevels allows, after reinstalling the cutters in the case to work with an additional profile, to ensure the necessary fit of the ends of the cutters to the end caps, namely, along the plane, and not along the sharp edge.

The exclusion from the specified combination of at least one of the listed structural elements will not allow achieving the planned result.

The proposed design of the mill (fig. 11) can significantly reduce the tool changeover time and, accordingly, reduce equipment downtime, increase processing productivity.



**Fig. 11.** Duplex design of carbide shaped milling cutter for machining a wheel profile according to GOST 11018-87 (drawing 3)

The selection and designation of the most effective cutting modes is based on the theory of modeling the

process of high-speed milling [8, 12, 13, 14, 15, 16] through the efficiency of shaping  $K_p$ . (1)

$$K_{\rho} = \frac{\sin \Psi_{\max} - \sin \Psi_{SK}}{\sin \Psi_{\max}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Substituting the technological processing parameters in (1), we obtain an expression of the coefficient of formation efficiency, convenient for theoretical and experimental studies:

$$K_{\rho} = \left( \frac{\arcsin \left( K_c \cdot \frac{\rho \cdot 10^3 \cdot V \cdot Z}{S_{\min i} \cdot \pi \cdot d_{fr} \cdot \sin \phi} \right)}{\arcsin \frac{2 \cdot \sqrt{t \cdot (d_{fr} - t)}}{d_{fr}}} \right) \cdot 100\%. \quad (2)$$

where  $K_c = 0,5$  when machining with carbide cutting cup RNUX 1212 M0 TN without coolant.

During milling, the variable thickness of the cut-off layer  $a_i$  is defined as the distance between two consecutive trajectories of the cup point  $\phi 12\text{mm}$ , measured in the direction of the mill radius and determining the instantaneous position of the contact angle. The thickness of the cut is simplified by the formula (3):

$$a_i = S_{Z\min} \cdot \sin \Psi_{sl} \cdot \sin \phi, \quad (3)$$

where  $S_{Z\min}$  – minimum feed to the cutting edge of the cup  $\phi 12\text{mm}$  (tooth of a duplex carbide shaped mill) at which the process of milling the wheel, flange begins.

Thus, the start of milling without coolant begins when  $a_i > 0,5\rho$ . Then, given the value  $S_{Z\min}$ , the sliding angle is determined  $\Psi_{sl}$ .

Sliding occurs at a certain sliding angle  $\Psi_{sl}$  until plastic deformations go directly from cutting from micro cutting, i.e. when the thickness of the cut does not reach a certain depth, relative to the introduction of a cup  $\phi 12\text{mm}$  having a radius of rounding of the cutting edge  $\rho$ .

Thus, improving the quality of the surface layer of locomotive wheelsets, reducing roughness, significantly increasing productivity and regulated durability of a duplex carbide shaped mill is ensured by establishing a fixed feed rate at which the ratio of the initial cut thickness to the rounding radius of the cutting edge of the mill corresponds to the smallest sliding angle.

*Sample.* When milling wheelsets with a duplex carbide shaped mill with a diameter of  $D = 250$  mm, the number of cutters  $z = 10$ , a cutting speed of 3 m/s, and a minute feed  $S_{\min} = 230$  mm/min. feed per tooth,  $S_z = 0.1$  mm/tooth, radius of the cutting blade  $\rho = 0.25$  mm, angle of inclination of the cutter in the cutter body  $\phi = 20^\circ$ :

$$\Psi_{sl\min} = \arcsin 0,453216 \approx 27^\circ;$$

$$a = 0,1 \cdot \sin 27^\circ \cdot \sin 20^\circ = 0.016 \text{ mm.}$$

When gear hobbing with different values of  $\rho$ , the minimum slip angles are obtained:

$$\rho = 0.25 \text{ mm, } S_{Z\min} = 0,1 \text{ mm/tooth, } \Psi_{sl\min} = 27^\circ;$$

$$\rho = 0.25 \text{ mm, } S_{Z\min} = 0,5 \text{ mm/tooth, } \Psi_{sl\min} = 5^\circ 12';$$

$$\rho = 0.1 \text{ mm, } S_{Z\min} = 0,5 \text{ mm/tooth, } \Psi_{sl\min} = 5^\circ 26'.$$

Thus, an increase in the machining performance of the wheel flanges with the smallest sliding angle is achieved in the above example for  $\rho = 0.25$  mm,  $S_{Z\min} = 0,5$  mm/tooth,  $\Psi_{sl\min} = 5^\circ 12'$ .

The use of the developed technological regulations for the selection and assignment of processing parameters during high-speed milling, taking into account the required parameters of the surface layer of locomotive wheels, establishes optimal milling conditions under which full participation of all mill teeth is ensured.

Determination of minimum sliding angles when machining wheels by milling, based on the physicochemical processes of friction mechanics, can significantly increase the efficiency of the process of forming wheels and the operational properties of their surfaces.

Theoretical and experimental studies allow us to determine the optimal sliding angles  $\Psi_{sl}$ , at which the milling process is stable, the necessary conditions for tool life and the quality of the machined surface with respect to the largest contact angle of the cutter tooth  $\Psi_{\max}$  with the machined wheel.

The presence of additional shaped profiles on the mill cutters allows for quick readjustment of the tool without removing it from the machine by reinstalling the cutters in the case to use additional shaped profiles and this significantly reduces equipment downtime and increases processing productivity.

## Conclusions

1. The possibility of modeling the design of the mill is shown, which ensures the milling process without vibrations due to chip crushing.

2. By choosing this method of processing with a "duplex" mill, it is possible to significantly increase the tool wear resistance, reduce vibration loads, and improve processing accuracy.

3. The arrangement of insert cutters of the provided additional shaped profiles is shown, each of which is made on the opposite side of the corresponding cutter.

4. The proposed design of the "duplex" mill can significantly reduce the tool changeover time and, accordingly, reduce equipment downtime, increase processing productivity.

5. The selection and designation of the most effective cutting modes is based on the theory of modeling the process of high-speed milling through the coefficient of efficiency of forming  $K_{\rho}$ .

6. Determination of minimum sliding angles when machining wheels by milling, based on the physicochemical processes of friction mechanics, can significantly increase the efficiency of the process of forming wheels and the operational properties of their surfaces.

7. The conducted theoretical and experimental studies allow us to regulate the optimal sliding angles  $\Psi_{sl}$ , at which the stability of the milling process is ensured.

## References

1. Shapovalov, V. F., Lishaev, G. P., Anastasov, S. A. et al. (1995), Pat. 25406A B23 C 5/00, Ukraine, Combined shaped milling cutter, 12/23/93; publ. 05/29/95, Bull. No. 21, 5 p.
2. Belovol, A. V., Klochko, A. A., Naboka, E. V., Skorkin, A. O., Silk, A. N. (2016), *Simulation modeling in the problems of engineering production* in 2 volumes, Vol. 1: textbook. allowance, Kharkiv : NTU "KhPI", 400 p. ISBN 978-966-593-749-4
3. Fadeev, V. A., Silkova, O. N., Hitsan, V. D., Klochko, A. A. (2015), "Integration technological preparation of an industrial enterprise PLM – decision", *News of NTU "KhPI". Seriya: Technologies in machine-assisted suction*, No. 4 (1113), P. 4–10.
4. Shelkovoy, A., Klochko, A., Naboka, E. (2015), *Simulation in the problems of mechanical assembly production*, Saarbrücken, Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 528 p.
5. Timofeev, Yu. V., Klochko, A. A., Shapovalov, V. F. (2010), "Technology of gear hobbing of hardened large-modular wheels with special worm milling cutters with minimizing parameters of the main cutting edges", *Scientific notes: mizhvuz. zb.*, Lutsk, Vol. 29, P. 209–216.
6. Stepanov, M. S., Klochko, A. A., Kravtsov, A. N. (2015), "Multicriteria regulation of the parameters of the surface layer of parts", *Physical and computer technology. Proceedings of the 21st International Scientific and Practical Conference. December 24–25, 2015, Kharkov, D. : Lira*, P. 68–76.
7. Timofeev, Yu. V., Klochko, A. A., Shapovalov, V. F. (2011), "New technology for high-speed machining of hardened large-modular gears with special disk cutters", *News of SevNTU. Series "Mashinoprikladobuduvannya that transport"*, Sevastopol, Vol. 118, P. 139–144.
8. Mironenko, E. V., Shapovalov, V. F., Klochko, A. A., Broadsword, S. Yu., Ostapovich, E. V. (2015), "Design and technological methods for increasing productivity and quality of gear processing of large gears", *News of NTU "KhPI". Seriya: Technologies in machine-assisted suction*, No. 4 (1113), P. 28–32.
9. Ravskaya, N. S., Ohrimenko, O. A., Melnichuk, P. P., Nicola, T. P. (2013), *The basics of shaping on top with mechanical testing*, Navalny postnik with the stamp of the Ministry of Education and Science of Ukraine (No. 1 / 11-5203, March 12, 2013), Kyiv : SKD-Druk.
10. Joseph Stokes (2008), *The Theory and Application of the HVOF Thermal Spray Process*, Dublin City University. 206 p.
11. Shapovalov, V. F., Permyakov, A. A., Klochko, A. A., Lyshenko, A. N. (2017), "High-speed hobbing of hardened gears", *Vazhke machine blowing. Problems and prospects for development: materials of the fifteenth Mizhmar. science. conf.*, Kramatorsk : DDMA, P. 96.
12. Sudhansu Ranjan Das, Amaresh Kumar, Debabrata Dhupal (2013), "Effect of Machining Parameters on Surface Roughness in Machining of Hardened AISI 4340 Steel Using Coated Carbide Inserts", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 2, No. 4, P. 445–453.
13. Kane, M. M., Suslov, A. G., Gorlenko, O. A. et al. (2010), *Quality management of engineering products*, Moscow : Mechanical Engineering, 416 p.
14. Johny Shaيدا Shaik, K.Rajasekhara Babu (2012), "Prediction of surface roughness in hard turning by using fuzzy logic", *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, Issue 2, Vol. 5, P. 38–49.
15. Shelkova, A. N., Permyakov, A. A., Klochko, A. A., Antsyferova, O. A., Shapovalov, V. F. (2017), "Technological possibilities of gear processing of high-precision large-sized gears", *Complex safety management of technological processes of systems (KZYATPS - 2017): materials of additional technologies of the VII international scientific-practical conference*, Chernigiv : ChNTU, Vol. 1, P. 163–164.
16. Klochko, A., Shelkovoy, A., Shapovalov, V., Belovol, A., Antsyferova, O. (2017), "Technology of repair and restoration of large-modular golden gear wheels by high-speed wood processing", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (2), P. 38–47. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.2.038>.

Received 19.08.2019

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Шаповалов Віктор Федорович** – кандидат технічних наук, ВАТ "Науково-дослідний проектно-технологічний інститут машинобудування", старший науковий співробітник, Краматорськ, Україна; e-mail: [shapovalov42@ukr.net](mailto:shapovalov42@ukr.net); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2688-8242>.

**Шаповалов Виктор Федорович** – кандидат технических наук, ОАО "Научно-исследовательский проектно-технологический институт машиностроения", старший научный сотрудник, Краматорск, Украина.

**Shapovalov Victor** – PhD (Engineering Sciences), ОАО "Research and Design Institute of Mechanical Engineering", Senior Researcher, Kramatorsk, Ukraine.

**Пермяков Олександр Анатольович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", завідувач кафедри технологія машинобудування та металорізальні верстати, Харків, Україна; e-mail: [perm\\_a@i.ua](mailto:perm_a@i.ua); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9589-0194>.

**Пермяков Александр Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", заведующий кафедрой технология машиностроения и металлорежущих станков, Харьков, Украина.

**Permyakov Alexandr** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Head of the Department of Technology of Mechanical Engineering and Metal-Cutting Machines", Kharkiv, Ukraine.

**Клочко Олександр Олександрович** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів, Харків, Україна; e-mail: [ukrstanko21@ukr.net](mailto:ukrstanko21@ukr.net); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2841-9455>.

**Клочко Александр Александрович** – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", профессор кафедры технологии машиностроения и металлорежущих станков, Харьков, Украина.

**Klochko Alexander** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor of the Department of Technology of Machine Building and Metal Cutting Machine, Kharkiv, Ukraine.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДУПЛЕКСНОЇ ФРЕЗИ І УМОВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ОБРОБКИ КОЛІСНИХ ПАР МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ, ТЕПЛОВОЗІВ, ЕЛЕКТРОСЕКЦІЙ

**Предметом** дослідження в статті є процес відновлення якості і точності робочої поверхні колісних пар магістральних електровозів, електросекцій. **Мета** роботи – розробка методу моделювання спеціальної фасонної фрези з підвищеною продуктивності, призначеної для обробки профілю залізничних коліс локомотивів з урахуванням процесів формоутворення, яка базується на теорії моделювання процесу швидкісного фрезерування через коефіцієнт ефективності формоутворення. У статті вирішуються наступні **завдання**: обґрунтування важливості модернізації найбільш перспективних конструкцій "дуплексних" фрез з урахуванням зниження вібрацій за рахунок дроблення стружки, підвищити зносостійкість інструменту, точність обробки, знизити час переналагодження інструмента і, відповідно, знизилася не простої обладнання, підвищити продуктивність обробки, визначення математичного апарату для обчислення параметрів моделі; розробка методу моделювання та оптимізації процесів формоутворення при обробці колісних пар локомотивів. Використовуються такі **методи**: основи системного аналізу, метод імітаційного моделювання. Отримані наступні **результати**: надано конструкція "дуплексної" фрези про прогнозованим підвищенням стійкості і підвищенням продуктивності обробки за рахунок моделювання процесів формоутворення при зменшенні кута ковзання в три-п'ять разів, що раніше не враховувалася при призначенні і виборі параметрів різання. Зроблено висновок, що моделювання конструкції фрези з урахуванням "дуплексності" і трибологічних процесів моделювання формоутворення при обробці дозволяють підвищити стійкість фрез і забезпечити повну роботу всіх чашок фрези. Була оцінена формотворна складова режимів різання з урахуванням коефіцієнта ефективності процесу формування поверхневого шару оброблюваного колеса. Зроблено висновок про потребу створення нових процесів формоутворення проектування і модернізації інструментів. Розглянуто різні способи моделювання інструментальних систем; визначений спосіб створення моделі "дуплексної" фрези. Розглянуто "дуплексна" фреза і приведені конструктивні особливості алгоритму створення таких інструментів. Функціонування параметрів формоутворення при обробці колісних пар локомотивів формалізовано у вигляді окремих математичних моделей і формул, на основі яких описаний метод моделювання процесу підвищення продуктивності і підвищення стійкості фрез. **Висновки**: таким чином, створений новий метод моделювання процесу формоутворення при обробці колісних пар локомотивів "дуплексної" фрезою з мінімізацією витрат на експлуатацію інструменту і зниження кута ковзання на дузі різання чашки фрези з підвищенням якості і точності обробки, що дає можливість значно знизити витрати на підготовку виробництва і підвищити ефективність обробки.

**Ключові слова**: відновлення якості і точності; колісні пари; магістральні електровози; моделювання; формоутворення; коефіцієнт ефективності формоутворення; "дуплексна" фреза; оптимізація; стійкість фрези; ефективність обробки.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДУПЛЕКСНОЙ ФРЕЗЫ И УСЛОВИЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ, ТЕПЛОВОЗОВ И ЭЛЕКТРОСЕКЦИЙ

**Предметом** исследования в статье является процесс восстановления качества и точности рабочей поверхности колесных пар магистральных электровозов, электросекций. **Цель** работы – разработка метода моделирования специальной фасонной фрезы с повышенной производительности, предназначенной для обработки профиля железнодорожных колес локомотивов с учетом процессов формообразования, которая базируется на теории моделирования процесса скоростного фрезерования через коэффициент эффективности формообразования. В статье решаются следующие **задачи**: обоснование важности модернизации наиболее перспективных конструкций "дуплексных" фрез с учетом снижения вибраций за счет дробления стружки, повысить износостойкость инструмента, точность обработки, снизить время переналадки инструмента и, соответственно, снизить простои оборудования, повысить производительность обработки, определение математического аппарата для вычисления параметров модели; разработка метода моделирования и оптимизации процессов формообразования при обработке колесных пар локомотивов. Используются такие **методы**: основы системного анализа, метод имитационного моделирования. Получены следующие **результаты**: Предоставлена конструкция "дуплексной" фрезы о прогнозируемом повышением стойкости и повышением производительности обработки за счет моделирования процессов формообразования при уменьшении угла скольжения в три-пять раз, что ранее не учитывалось при назначении и выборе параметров резания. Сделан вывод, что моделирование конструкции фрезы с учетом "дуплексности" и трибологического процесса моделирования формообразования при обработке позволяют повысить стойкость фрез и обеспечить полную работу всех чашек фрезы. Была оценена формообразующая составляющая режимов резания с учетом коэффициента эффективности процесса формирования поверхностного слоя обрабатываемого колеса. Сделан вывод о потребности создания новых процессов формообразования проектирования и модернизации инструментов. Рассмотрены различные способы моделирования инструментальных систем; определен способ создания модели "дуплексной" фрезы. Рассмотрена "дуплексная" фреза и приведены конструктивные особенности алгоритма создания таких инструментов. Функционирование параметров формообразования при обработке колесных пар локомотивов формализовано в виде отдельных математических моделей и формул, на основе которых описан метод моделирования процесса повышения производительности и повышения стойкости фрез. **Выводы**: Таким образом, создан новый метод моделирования процесса формообразования при обработке колесных пар локомотивов "дуплексной" фрезой с минимизацией затрат на эксплуатацию

инструмента и снижения угла скольжения на дуге резания чашки фрезы с повышением качества и точности обработки, что дает возможность значительно снизить затраты на подготовку производства и повысить эффективность обработки.

**Ключевые слова:** восстановления качества и точности; колесные пары; магистральные электровазны; моделирование; формообразование; коэффициент эффективности формообразования; "дуплексная" фреза; оптимизация; стойкость фрезы; эффективность обработки.

*Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Шаповалов В. Ф., Пермяков О. А., Клочко О. О. Моделивання дуплексної фрези і умов формоутворення обробки колісних пар магістральних електровазнів, тепловозів, електросекцій. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 118–126. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.118>.

Shapovalov, V., Permyakov, A., Klochko, A. (2019), "Modeling of a duplex miller and conditions of formation of treatment of wheel pairs of main electric cards, dual cars, electro sections", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 118–126. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.118>.

---

O. LEMESHKO, M. YEVDOKYMENKO, O. YEREMENKO

## MODEL OF DATA TRAFFIC QOS FAST REROUTING IN INFOCOMMUNICATION NETWORKS

The **subject** of research in the article is the processes of fast rerouting with the protection of the Quality of Service level in infocommunication networks. The **aim** of the work is the development of a mathematical model of Fast ReRouting with the protection of the Quality of Service level by the bandwidth and probability of packet loss for data traffic. The following **tasks** are solved in the article: development and research of a fast rerouting flow-based model with the protection of the Quality of Service level of data traffic in the infocommunication network. The following **methods** are used: the graph theory, the teletraffic theory, the queuing theory, and mathematical programming methods. The following **results** were obtained: the fast rerouting flow-based model was developed and investigated, which, due to the introduced protection conditions on indicators of bandwidth and packet loss probability, allows providing the Quality of Service along both the primary and backup multipath. **Conclusions:** Within the framework of the proposed flow-based model, the fast rerouting technological task was formulated as an optimization problem with the constraints of the conditions of implementation of the multipath routing strategy, conditions of flow conservation, and conditions of protection of the link, node, and level of Quality of Service in terms of bandwidth and packet loss probability. The application of this solution contributes to the optimal use of the available network resource while providing the specified level of Quality of Service in terms of bandwidth and probability of packet loss along both the primary and backup routes in the case of a failure of the infocommunication network elements. The proposed flow-based model can be used as the basis of the algorithmic software of existing routers and/or controllers of Software-Defined Networks, which are responsible for the calculation of the primary and backup paths in the fast rerouting of data traffic sensitive to such Quality of Service indicators as bandwidth and packet loss probability.

**Keywords:** fast rerouting; Quality of Service; bandwidth; packet loss probability.

### Introduction

One of the important tendencies in the development of infocommunications is the design of fault-tolerant networks, capable of maintaining their high efficiency in conditions of probable failures of switching equipment, which can be caused by hardware and software failures, network attacks, natural disasters, fighting, etc. [1–7]. The solution of this important scientific and applied problem requires the coordinated work of all available functional technological and protocol means of the Open Systems Interconnection (OSI) reference model. At the Network Layer, the key role is played by protocols and methods of fast rerouting (Fast ReRouting, FRR), when not only the primary but also the set of backup routes are switched on for packet transfer, when the primary route or its individual elements – nodes and/or links [8–14] fail. Therefore, the backup path does not have to intersect with the primary path for protected (redundant) network elements [11–14].

Often, the backup path requires Quality of Service (QoS) level to be at least as high as that achieved when using the primary path. The analysis performed [4, 11–14] showed that this was generally concerned with the protection of network bandwidth, which is one of the main QoS indicators. However, a priority area for the development of fast rerouting facilities, especially in multiservice infocommunication networks (ICNs), is to expand the list of Quality of Service indicators for which values are protected along the primary path with adequate reservation of the network resource [15–19]. Reserving network bandwidth, as a primary Quality of Service indicator, should be complemented by the protection of other key QoS indicators, such as average delay, jitter, and packet loss, which is especially important when transmitting multimedia traffic. These requirements and aspects should be taken into account at the level of

modification of mathematical models and methods, which is the theoretical and algorithmic-software basis of promising rapid routing protocols with the protection of the Quality of Service over the set of indicators.

### Analysis of existing solutions of fast rerouting in infocommunication networks

It should be noted that there are a number of works that address solutions for fast rerouting with the implementation of the link, node, path, and even bandwidth protection schemes [4–7, 11–14]. The advantages of these solutions are optimization statement and solving of the fast rerouting task. In this case, the formulation of fast rerouting tasks in the form of linear programming problems is positively reflected in reducing the computational complexity of further protocol implementation of the proposed solutions. However, these solutions, which are represented by the corresponding mathematical models and methods, are mostly limited to the case of single path routing of packet flows in the network. This significantly improves the load balancing of the available network resource and the overall Quality of Service. In [14], we succeeded in adapting the solution of the problem of multipath fast rerouting with elements and bandwidth protection of the ICN while maintaining the linearity of the mathematical model used due to some expansion of the number of control routing variables that govern the result of solving the task. The common disadvantages of this class of fast rerouting methods can also be attributed to the protection of only one QoS metric – ICN bandwidth.

Solutions that are focused on protecting the Quality of Service on several QoS indicators are presented in [15–17]. Thus, in [15] it is proposed to carry out the coordinated solution of the problems of load balancing on

the basis of the concept of Traffic Engineering, ensuring the level of Quality of Service of the traffic of different classes and restoration after failures in Software-Defined Networks. In order to extend the QoS indicators that are subject to protection during fast rerouting, tensor models and methods are proposed in [16, 17] to protect the level of Quality of Service through the bandwidth and average end-to-end packet delay, which is particularly important when serving multimedia flows. In addition, [18] proposed a solution to the problem of fast rerouting of VoIP flows with protection of the Quality of Service, which is perceived at the level of the user (Quality of Experience, QoE), according to the quality rating R. On the other hand, for data traffic is not critical the controlling of the growth of packet delay, but it is important to ensure that it has an acceptable packet loss rate [19, 20]. Therefore, the aim of the work is the development of a mathematical model of Fast ReRouting with the protection of the Quality of Service level by bandwidth and packet loss probability for data traffic.

#### Fast rerouting flow-based model with the protection of the Quality of Service level by the bandwidth and probability of packet loss

Suppose, within the framework of the selected fast rerouting model [16, 17], the structure of the infocommunication network is described by a graph  $\Gamma = (U, V)$  where  $U = \{u_i; i = \overline{1, m}\}$  is the set of vertices modeling the routers and  $V = \{(i, j); i, j = \overline{1, m}; i \neq j\}$  is the set of arcs representing the communication links in the ICN. Then each  $k$ -th flow transmitted in the network is associated with a number of functional parameters:  $s_k$  – the source node;  $d_k$  – the destination node;  $K$  – the set of flows transmitted over the network ( $k \in K$ ). Each link bandwidth  $(i, j) \in V$  will be defined as  $\varphi_{i,j}$  and measured in packets per second (1/s). It should be noted that each node (router) of the network has several interfaces through which it transmits packets to its neighbor incident nodes. Then  $\varphi_{i,j}$  actually determines the bandwidth of the  $j$ -th interface of the  $i$ -th node.

In order to implement fast rerouting on the network [11, 14], it is necessary to provide the calculation of two types of routing variables  $x_{i,j}^k$  and  $\bar{x}_{i,j}^k$  each of which characterizes the intensity of the  $k$ -th packet flow transmitted in the communication link  $(i, j) \in V$  that is included in the primary or backup route, respectively. A number of constraints are imposed on the control variables entered according to their physical meaning. Therefore, in case of implementation a multipath routing strategy, the following conditions must be met:

$$0 \leq x_{i,j}^k \leq 1 \quad \text{and} \quad 0 \leq \bar{x}_{i,j}^k \leq 1. \quad (1)$$

To ensure consistency in the calculation of the routing variables responsible for implementing fast

rerouting on the network, it is important to ensure that the flow conditions are met, taking into account the possible packet loss caused by the queue buffer overload on the network routers. These conditions for the nodes that are part of the primary path (s) have the following form [17]:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in V} x_{i,j}^k = 1, \quad k \in K, \quad i = s_k; \\ \sum_{j:(i,j) \in V} x_{i,j}^k - \sum_{j:(j,i) \in V} x_{j,i}^k (1 - p_{j,i}^k) = 0, \quad k \in K, \quad i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j:(j,i) \in V} x_{j,i}^k (1 - p_{i,j}^k) = \varepsilon^k, \quad k \in K, \quad i = d_k, \end{cases} \quad (2)$$

where  $\varepsilon^k$  – the fraction of the intensity of the  $k$ -th flow served by the network using the primary path, that is, the packets of which were successfully delivered to the destination node;  $p_{i,j}^k$  – the probability of packet loss of the  $k$ -th flow on the  $j$ -th interface of the  $i$ -th node when it is used in a primary path.

Restrictions similar to conditions (2) are also imposed on routing variables and backup routes:

$$\begin{cases} \sum_{j:(i,j) \in V} \bar{x}_{i,j}^k = 1, \quad k \in K, \quad i = s_k; \\ \sum_{j:(i,j) \in V} \bar{x}_{i,j}^k - \sum_{j:(j,i) \in V} \bar{x}_{j,i}^k (1 - \bar{p}_{j,i}^k) = 0, \quad k \in K, \quad i \neq s_k, d_k; \\ \sum_{j:(j,i) \in V} \bar{x}_{j,i}^k (1 - \bar{p}_{i,j}^k) = \bar{\varepsilon}^k, \quad k \in K, \quad i = d_k, \end{cases} \quad (3)$$

where  $\bar{\varepsilon}^k$  – the fraction of the intensity of the  $k$ -th flow served by the network when using the backup path;  $\bar{p}_{i,j}^k$  – the probability of packet loss of the  $k$ -th flow on the  $j$ -th interface of the  $i$ -th node when it is used in a backup path.

As you know, each type of traffic and service discipline has its own interface model, which is represented by a particular queuing system, such as M/M/1/N, M/D/1/N, etc. In this article, as an example, to determine the probability of packet loss on congested network router interfaces, the use of M/M/1/N queuing capabilities will be used. Then the packet loss probabilities on the interfaces of the primary ( $p_{i,j}^k$ ) and backup ( $\bar{p}_{i,j}^k$ ) paths can be calculated as:

$$p_{i,j}^k = \frac{(1 - \rho_{i,j}^k)(\rho_{i,j}^k)^N}{1 - (\rho_{i,j}^k)^{N+1}} \quad \text{and} \quad \bar{p}_{i,j}^k = \frac{(1 - \bar{\rho}_{i,j}^k)(\bar{\rho}_{i,j}^k)^N}{1 - (\bar{\rho}_{i,j}^k)^{N+1}}, \quad (4)$$

where  $\rho_{i,j}^k = \frac{\lambda_{i,j}}{\varphi_{i,j}}$  and  $\bar{\rho}_{i,j}^k = \frac{\bar{\lambda}_{i,j}}{\varphi_{i,j}}$  – the coefficients of the link  $(i, j)$  utilization when using the  $k$ -th flow in the primary or backup route, respectively;  $\lambda_{i,j}$  and  $\bar{\lambda}_{i,j}$  – the intensities of the aggregated flow directed to the link  $(i, j)$  when used by the  $k$ th flow in the primary or backup route, respectively, calculated as:



$$\begin{cases} \lambda_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} x_{i,j}^k + \sum_{p \in K, p \neq k} \lambda_p^{(req)} \max[x_{i,j}^p, \bar{x}_{i,j}^p]; \\ \bar{\lambda}_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} \bar{x}_{i,j}^k + \sum_{p \in K, p \neq k} \lambda_p^{(req)} \max[x_{i,j}^p, \bar{x}_{i,j}^p], \end{cases} \quad (5)$$

where  $\lambda_k^{(req)}$  – the average  $k$ -th packet flow intensity that sets QoS requirements for the bandwidth.

The physical meaning of expressions (5) is that the calculation of the coefficients of link utilization, and with it a QoS indicator such as the probability of packet loss (4), will be carried out for the worst case in terms of the intensity of the aggregated flow. The second addition to the right-hand side of expressions (5) is introduced for this purpose: in determining the intensity of an aggregated flow, the maximum intensity of each of  $k$ -th packet flow in an arbitrary link  $(i, j)$  is taken into account when using either the primary or the backup route.

It should be noted that for each individual  $k$ -th flow its packet intensity directing to the link  $(i, j)$  belonging to the primary or backup path is determined by the corresponding expressions

$$\lambda_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} x_{i,j}^k \quad \text{and} \quad \bar{\lambda}_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} \bar{x}_{i,j}^k. \quad (6)$$

Then the intensity of lost packets of the  $k$ -th flow on the  $j$ -th interface of the  $i$ -th node when it is used by the primary or backup path will accordingly be determined as

$$r_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} x_{i,j}^k p_{i,j}^k \quad \text{and} \quad \bar{r}_{i,j}^k = \lambda_k^{(req)} \bar{x}_{i,j}^k \bar{p}_{i,j}^k. \quad (7)$$

According to the results obtained in [13, 14], we introduce a number of conditions describing the implementation of protection (reservation) schemes of network elements and the level of Quality of Service in the network with fast rerouting:

1. Link protection conditions  $(i, j) \in V$ :

$$0 \leq \bar{x}_{i,j}^k \leq \delta_{i,j}^k, \quad (8)$$

where

$$\delta_{i,j}^k = \begin{cases} 0, & \text{when protecting the communication channel } (i, j); \\ 1, & \text{other case.} \end{cases} \quad (9)$$

2. Node protection conditions (in general, condition (8) in the case of protection of multiple communication links incident to the protected node):

$$0 \leq \bar{x}_{i,j}^k \leq \delta_{i,j}^k \text{ at } u_j \in u_i^*, \quad j = \overline{1, m}, \quad (10)$$

where  $u_i^* = \{u_j : \exists (i, j) \in V; i \neq j\}$  – the subset of routers that are adjacent to the router  $u_i$  and the selection of values  $\delta_{i,j}^k$  is made similar to the condition (9).

3. Conditions of implementation of the network bandwidth protection scheme as the main QoS indicator,

with fast rerouting taking into account possible packet losses on the router interfaces [14]:

$$\sum_{k \in K} \lambda_k^{(req)} \max[x_{i,j}^k, \bar{x}_{i,j}^k] \leq \varphi_{i,j} \quad \text{at } (i, j) \in V. \quad (11)$$

4. Conditions for protecting a QoS indicator such as the packet loss probability of the  $k$ -th flow in the network, which, based on models (1)–(4), have the form [17]:

$$1 - \varepsilon^k \leq p_k^{(req)}; \quad (12)$$

$$1 - \bar{\varepsilon}^k \leq \bar{p}_k^{(req)}, \quad (13)$$

where  $p_k^{(req)}$  – the QoS-requirements for maximum allowable values of packet loss probability of the  $k$ -th flow in the network.

Then, in the framework of the above model, it is proposed to present the task of fast rerouting with QoS level protection in optimization form, whereas a criterion of optimality of the obtained routing solutions it is advisable to choose a condition related to maximizing the overall performance of the infocommunication network:

$$J = \sum_{k \in K} (c^k \varepsilon^k + \bar{c}^k \bar{\varepsilon}^k) \rightarrow \max, \quad (14)$$

where  $c^k$  and  $\bar{c}^k$  – the weighting coefficients that characterize the importance (priority) of the  $k$ -th flow in the network. In this case, the condition  $c^k > \bar{c}^k$  must be satisfied so that the QoS level for the  $k$ -th flow along the primary path is not worse than the QoS level for the same flow along the backup path.

Restrictions in the course of solving the formulated optimization problem (14) were the conditions of implementation of the multipath routing strategy (1), the conditions of flow conservation (2), (3), the conditions of protection of the link and/or node (8)–(10), the conditions of the overload prevention of communication links – protection of network bandwidth (11), conditions for ensuring protection of the Quality of Service level by the indicator of packet loss probability (12), (13).

#### A calculation example of the application of a fast rerouting flow-based model with the protection of the Quality of Service level by the bandwidth and packet loss probability

The features of using the fast rerouting model (1)–(14) will be demonstrated by the network structure shown in fig. 1. The network consisted of sixteen routers (R1 ÷ R16) and twenty-four communication links. The operation of each of the interfaces of the ICN routers was modelled by the queuing system M/M/1/N, and the buffer capacity was 30 packets. Fig. 1 shows the bandwidth of the communication links (1/s).

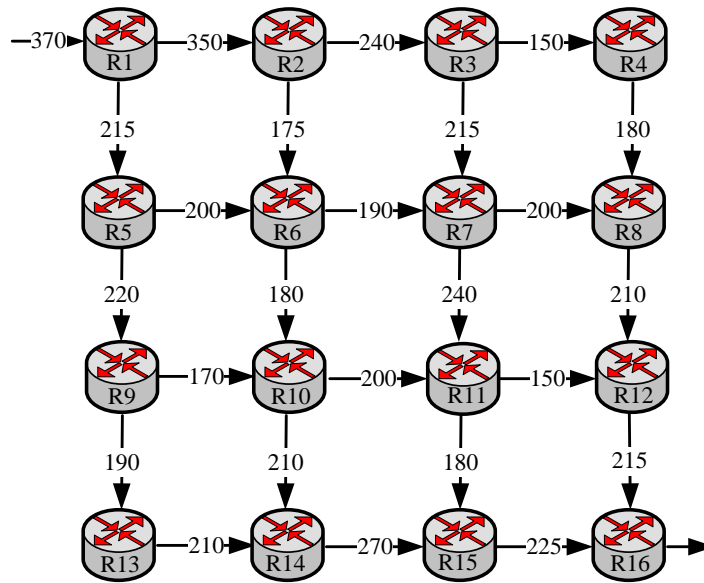


Fig. 1. Structure of the investigated infocommunication network

Suppose that a packet flow of  $\lambda_k^{(req)} = 370$  1/s intensity is sent by the router R1, which must be transmitted to R16 (fig. 1). QoS requirements for the reliability of packet delivery are determined by the permissible packet loss probability on the network:  $p_k^{(req)} = 10^{-3}$ . During fast rerouting, protection is required:

- node R10 and incident communication links, respectively (fig. 2);
- the Quality of Service level on the selected two QoS indicators ( $\lambda_k^{(req)}$  and  $p_k^{(req)}$ ).

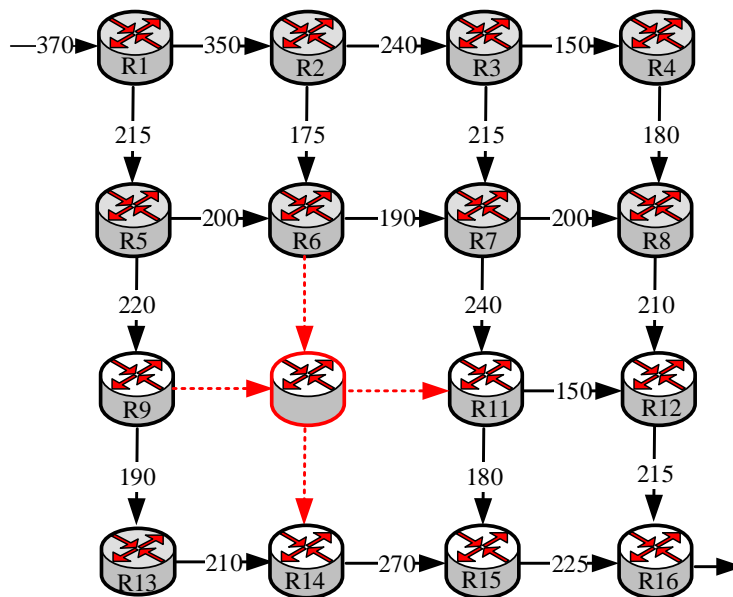


Fig. 2. Structure of the investigated information network while protecting the R10 router and its incident communication links

Thus, in solving the fast rerouting problem using the proposed model (1)–(14), the primary (fig. 3) and backup (fig. 4) multipaths were calculated, while the backup did not contain the protected node R10. Along the primary and backup paths, QoS requirements were met, both in terms of the bandwidth and the probability of packet loss under conditions (11)–(13). Fig. 3 and fig. 4 show over the communication links the results of calculations, which

are represented as fractions, where the numerator shows the packet flow intensity (1/s) and the denominator shows the capacity of that link (1/s). In addition, the separate arrows that come out of nodes such as R1, R12, and R15, fig. 3, and R1, R7-R9, R12 and R15 in fig. 4 shows packet loss rates on the interfaces of these routers. Fig. 4 shows the packet loss rates at the interfaces of these routers.

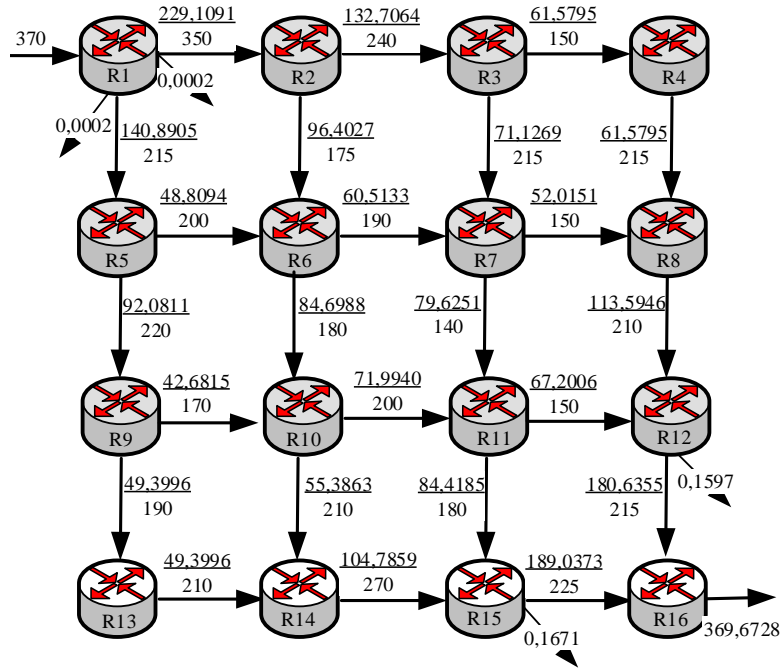


Fig. 3. The order of routing of the packet flow transmitted by the primary multipath

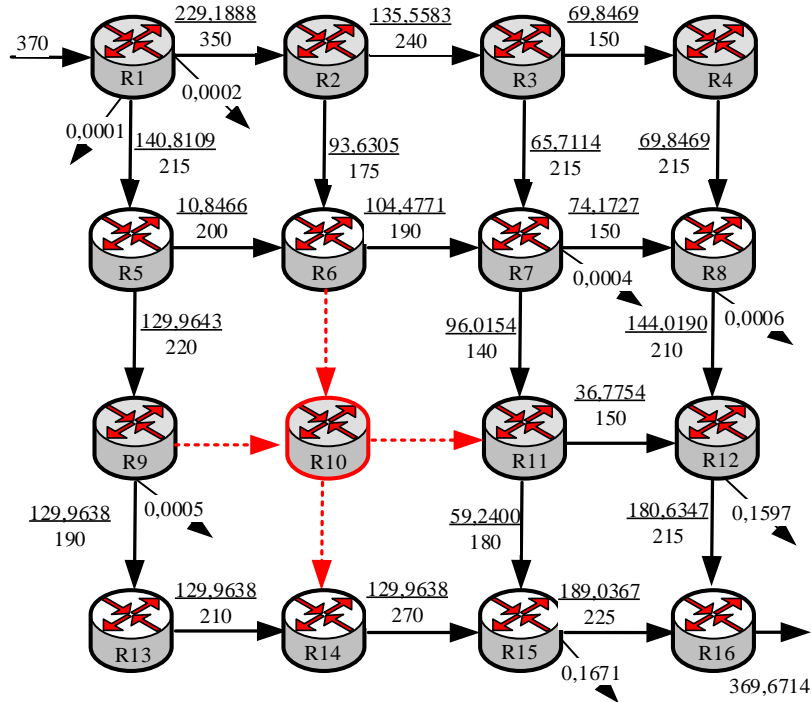


Fig. 4. The order of routing the packet flow transmitted by the backup multipath

For the sake of clarity and evaluation of the adequacy of the solutions obtained, all the results of the study are summarized in table. 1. As shown in fig. 3 and fig. 4, the value requirements of the Quality of Service indicators were carried out along the primary and backup multipath. In this case, the packet loss probability in the network when using the primary multipath was  $8,84 \times 10^{-4}$ , and for the backup –  $8,8815 \times 10^{-4}$ .

Thus, according to the obtained results, using the developed model (1)–(14), the solution of the problem of fast rerouting was obtained, within which the protection of the node R10 and the given QoS level by the bandwidth (370 1/s) and the packet loss probability (10–3) indicators have been provided. The results obtained confirmed the adequacy and performance of the proposed fast rerouting flow-based model (1)–(14).

**Table 1.** The order of routing of the packet flow transmitted by the primary and backup multipaths

Communication channel	Bandwidth ability communication channel, 1/s	QoS-requirements: $\lambda_k^{(req)} = 370$ 1/c, $p_k^{(req)} = 10^{-3}$			
		Calculation results for the main multi-path		Calculation results for backup multi-path	
		The intensity of packet transmission $(\lambda_{i,j}^k)$ , 1/s	The intensity of the packet loss on the router interface $(r_{i,j}^k)$ , 1/s	The intensity of packet transmission $(\bar{\lambda}_{i,j}^k)$ , 1/s	The intensity of the packet loss on the router interface $(\bar{r}_{i,j}^k)$ , 1/s
(1,2)	350	229,1091	0,0002	229,1888	0,0002
(1,5)	215	140,8905	0,0002	140,8109	0,0001
(2,3)	240	132,7064	0	135,5583	0
(2,6)	175	96,4027	0	93,6305	0
(3,4)	150	61,5795	0	69,8469	0
(3,7)	215	71,1269	0	65,7114	0
(4,8)	215	61,5795	0	69,8469	0
(5,6)	200	48,8094	0	10,8466	0
(5,9)	220	92,0811	0	129,9643	0
(6,7)	190	60,5133	0	104,4771	0
(6,10)	180	84,6988	0	0	0
(7,8)	150	52,0151	0	74,1727	0
(7,11)	140	79,6251	0	96,0154	0,0004
(8,12)	210	113,5946	0	144,0190	0,0006
(9,10)	170	42,6815	0	0	0
(9,13)	190	49,3996	0	129,9638	0,0005
(10,11)	200	71,9940	0	0	0
(10,14)	210	55,3863	0	0	0
(11,12)	150	67,2006	0	36,7754	0
(11,15)	180	84,4185	0	59,2400	0
(12,16)	215	180,6355	0,1597	180,6347	0,1597
(13,14)	210	49,3996	0	129,9638	0
(14,15)	270	104,7859	0	129,9638	0
(15,16)	225	189,0373	0,1671	189,0367	0,1671

## Conclusions

This paper addresses an up-to-date scientific and applied task that is related to the optimization of fast rerouting processes based on the development of a fast rerouting flow-based model with the protection of the Quality of Service over bandwidth and packet loss probability, which is especially important in data traffic transmission. In the framework of the proposed flow-based model (1)–(14), the technological fast rerouting problem was formulated in an optimization form with the optimality criterion (14) and the constraints that the conditions of implementation of the multipath routing strategy (1), the conditions of flow conservation (2), (3), link and node protection conditions (8)–(10), QoS assurance and protection conditions for bandwidth (11) and packet loss probability (12), (13).

The given optimization problem belongs to the class of nonlinear programming problems, as the key

constraints that are represented by the conditions (2), (3), (11)–(13) are nonlinear. To solve it, we used the functionality of the MatLab package (Optimization Toolbox). The performance of the proposed fast rerouting model (1)–(14) and adequacy of the received network solutions were confirmed by a specific numeric example, in which protection of the one network node and Quality of Service for bandwidth and packet loss probability with the implementation of multipath routing strategy have been performed.

The proposed flow-based model (1)–(14) may form the basis of the algorithmic software of existing routers and/or controllers of Software-Defined Networks responsible for the calculation of the primary and backup paths during fast rerouting. It is advisable to use routing protocols based on the fast rerouting of data traffic sensitive to Quality of Service indicators such as bandwidth and packet loss probability.

## References

- Cholda, P., Tapolcai, J., Cinkler, T., Wajda, K., Jajszczyk, A. (2009), "Quality of resilience as a network reliability characterization tool", *IEEE Network*, Vol.23, No 2, P. 11–19. DOI: <https://doi.org/10.1109/MNET.2009.4804331>
- Monge, A. S., Szarkowicz, K. G. (2015), *MPLS in the SDN Era: Interoperable Scenarios to Make Networks Scale to New Services*, O'Reilly Media, Inc., 920 p.
- Stallings, W. (2015), *Foundations of modern networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Addison-Wesley Professional, 560 p.
- Rak, J. (2015), *Resilient routing in communication networks*, Switzerland: Springer, 183 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22333-9>
- Mauthe, A., Hutchison, D., Cetinkaya, E. K., Ganchev, I., Rak, J., Sterbenz J. P., Gunkelk, M., Smith, P., Gomes, T. (2016), "Disaster-resilient communication networks: Principles and best practices," in *Proc. 2016 8th International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling (RNDM)*, P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1109/RNDM.2016.7608262>
- Tipper, D. (2014), "Resilient network design: challenges and future directions", *Telecommunication Systems*, Vol.56, No 1, P. 5–16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11235-013-9815-x>

7. Alashaikh, A., Tipper, D., Gomes, T. (2016), "Supporting differentiated resilience classes in multilayer networks", *In Proc. 2016 12th International Conference on the Design of Reliable Communication Networks (DRCN)*, P. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.1109/DRCN.2016.7470832>
8. Atlas, A., Bowers, C., Enyedi, G. (2016), *RFC 7812 An Architecture for IP/LDP Fast Reroute Using Maximally Redundant Trees (MRT-FRR)*, Internet Engineering Task Force (IETF), 44 p.
9. Hasan, H., Cosmas, J., Zaharis, Z., Lazaridis, P., Khwandah, S. (2016), "Development of FRR mechanism by adopting SDN notion", *in Proc. 2016 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, P. 1–72. DOI: <https://doi.org/10.1109/SoftCOM.2016.7772133>
10. Papán, J., Segeč, P., Palúch, P. (2015), "Analysis of existing IP Fast Reroute mechanisms", *in Proc. IEEE 2015 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)*, P. 291–297. DOI: <https://doi.org/10.1109/DT.2015.7222986>
11. Lemeshko, O., Arous, K., Tariki, N. (2015), "Effective solution for scalability and productivity improvement in fault-tolerant routing", *in Proc. 2015 Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)*, P. 76–78. DOI: <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2015.7357274>
12. Lemeshko, A. V., Yeremenko, O. S., Tariki, N. (2017), "Improvement of flow-oriented fast reroute model based on scalable protection solutions for telecommunication network elements", *Telecommunications and Radio Engineering*, Vol. 76 (6), P. 477–490. DOI: <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v76.i6.30>
13. Lemeshko, O., Yeremenko, O. (2017), "Enhanced method of fast re-routing with load balancing in software-defined networks", *Electrical Engineering*, Vol. 68 (6), P. 444–454. DOI: <https://doi.org/10.1515/jee-2017-0079>
14. Lemeshko, O., Yeremenko, O., Yevdokymenko, M. (2020), "MPLS Traffic Engineering Solution of Multipath Fast ReRoute with Local and Bandwidth Protection", *in: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 938, Springer, Cham, P. 113–125. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2_11)
15. Tomovic, S., Radusinovic, I. (2018), "A new traffic engineering approach for QoS provisioning and failure recovery in SDN-based ISP networks," *in Proc. 2018 23rd International Scientific-Professional Conference on Information Technology (IT)*, P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1109/SPIT.2018.8350854>
16. Lemeshko, O., Yeremenko, O., Yevdokymenko, M. (2018), "Tensor Model of Fault-Tolerant QoS Routing with Support of Bandwidth and Delay Protection", *in Proc. 2018 XIIIth International Scientific and Technical Conference Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, P. 135–138. DOI: <https://doi.org/10.1109/stc-csit.2018.8526707>
17. Lemeshko, O., Yevdokymenko, M., Yeremenko, O., Mersni, A., Segeč, P., Papán, J. (2019), "Quality of Service Protection Scheme under Fast ReRoute and Traffic Policing Based on Tensor Model of Multiservice Network", *in Proc. International Conference on Information and Digital Technologies (IDT 2019)*, P. 1–6.
18. Lemeshko, O., Yevdokymenko, M., Yeremenko, O., Nevzorova, O., Snihurov, A., Kovalenko, T. (2019), "Fast ReRoute Model with VoIP Quality of Experience Protection", *in Proc. 3rd IEEE International Conference Advanced Information and Communication Technologies (AICT)*, P. 1–6.
19. Lemeshko, O., Yevdokymenko, M., Naors, Y. A. A. (2018), "Development of the tensor model of multipath QoE-routing in an infocommunication network with providing the required Quality Rating", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5, Issue 2 (95), P. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141989>
20. *ITU-T Rec. Y.1541. Network performance objective for IP-based services*, December 2011, 66 p, available at : <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541-201112-I/en>.

Received 21.08.2019

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Лемешко Олександр Віталійович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри інфокомунікаційної інженерії імені В.В. Поповського, Харків, Україна; e-mail: [oleksandr.lemeshko.ua@ieee.org](mailto:oleksandr.lemeshko.ua@ieee.org); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0609-6520>.

**Лемешко Александр Витальевич** – доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, заведующий кафедрой инфокоммуникационной инженерии имени В.В. Поповского, Харьков, Украина.

**Lemeshko Oleksandr** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Head of V.V. Popovskyy Department of Infocommunication Engineering, Kharkiv, Ukraine.

**Євдокименко Марина Олександрівна** – кандидат технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, доцент кафедри інфокомунікаційної інженерії імені В.В. Поповського, Харків, Україна; e-mail: [maryna.yevdokymenko@ieee.org](mailto:maryna.yevdokymenko@ieee.org); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7391-3068>.

**Евдокименко Марина Александровна** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, доцент кафедры инфокоммуникационной инженерии имени В.В. Поповского, Харьков, Украина.

**Yevdokymenko Maryna** – PhD (Engineering Sciences), Kharkiv National University of Radio Electronics, Associate Professor of V.V. Popovskyy Department of Infocommunication Engineering, Kharkiv, Ukraine.

**Єременко Олександра Сергіївна** – доктор технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри інфокомунікаційної інженерії імені В.В. Поповського, Харків, Україна; e-mail: [oleksandra.yeremenko.ua@ieee.org](mailto:oleksandra.yeremenko.ua@ieee.org); ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3721-8188>.

**Еременко Александра Сергеевна** – доктор технических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры инфокоммуникационной инженерии имени В.В. Поповского, Харьков, Украина.

**Yeremenko Oleksandra** – Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Professor of V.V. Popovskyy Department of Infocommunication Engineering, Kharkiv, Ukraine.

## МОДЕЛЬ ШВИДКОЇ QOS-ПЕРЕМАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАФІКУ ДАНИХ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

**Предметом** дослідження в статті є процеси швидкої перемаршрутизації із захистом рівня якості обслуговування в інфокомунікаційних мережах. **Мета** роботи – розробка математичної моделі швидкої перемаршрутизації із захистом рівня обслуговування за показниками пропускної здатності та ймовірності втрат пакетів для трафіку даних. В статті вирішуються наступні **завдання**: розробка та дослідження потокової моделі швидкої перемаршрутизації із захистом рівня якості обслуговування трафіку даних в інфокомунікаційній мережі. Використовуються такі **методи**: теорія графів, теорія телетрафіка, теорія масового обслуговування та методи математичного програмування. Отримано наступні **результати**: розроблено та досліджено потокову модель швидкої перемаршрутизації, яка завдяки введеним умовам захисту за показниками пропускної здатності та ймовірності втрат пакетів дозволяє забезпечити рівень якості обслуговування вздовж як основного, так і резервного мультишляхів. **Висновки**: В рамках запропонованої потокової моделі технологічна задача швидкої перемаршрутизації була сформульована як оптимізаційна з обмеженнями, якими виступали умови реалізації багатошляхової стратегії маршрутизації, умови збереження потоку, умови захисту каналу, вузла та рівня якості обслуговування за показниками пропускної здатності та ймовірності втрат пакетів. Застосування отриманого рішення сприяє оптимальному використанню доступного мережного ресурсу при забезпеченні заданого рівня якості обслуговування за показниками пропускної здатності та ймовірності втрат пакетів вздовж як основних, так і резервних маршрутів при відмовах елементів інфокомунікаційної мережі. Запропонована потокова модель може використовуватися як основа алгоритмічно-програмного забезпечення існуючих маршрутизаторів та/або контролерів програмно-конфігурованих мереж, які відповідають за розрахунок основних і резервних шляхів при швидкій перемаршрутизації трафіку даних, чутливого до таких показників якості обслуговування як пропускна здатність та ймовірність втрат пакетів.

**Ключові слова**: швидка перемаршрутизація; якість обслуговування; пропускна здатність; ймовірність втрат пакетів.

## МОДЕЛЬ БЫСТРОЙ QOS-ПЕРЕМАРШРУТИЗАЦИИ ТРАФИКА ДАННЫХ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

**Предметом** исследования в статье являются процессы быстрой перемаршрутизации с защитой уровня качества обслуживания в инфокоммуникационных сетях. **Цель** работы – разработка математической модели быстрой перемаршрутизации с защитой уровня обслуживания по показателям пропускной способности и вероятности потерь пакетов для трафика данных. В статье решаются следующие **задачи**: разработка и исследование потоковой модели быстрой перемаршрутизации с защитой уровня качества обслуживания трафика данных в инфокоммуникационных сетях. Используются следующие **методы**: теория графов, теория телетрафика, теория массового обслуживания и методы математического программирования. Получены следующие **результаты**: разработана и исследована потоковая модель быстрой перемаршрутизации, которая благодаря введенным условиям защиты по показателям пропускной способности и вероятности потерь пакетов позволяет обеспечить уровень качества обслуживания вдоль как основного, так и резервного мультипутей. **Выводы**: В рамках предложенной потоковой модели технологическая задача быстрой перемаршрутизации была сформулирована как оптимизационная с ограничениями, в качестве которых выступали условия реализации многопутевой стратегии маршрутизации, условия сохранения потока, условия защиты канала, узла и уровня качества обслуживания по показателям пропускной способности и вероятности потерь пакетов. Применение полученного решения способствует оптимальному использованию доступного сетевого ресурса при обеспечении заданного уровня качества обслуживания по показателям пропускной способности и вероятности потерь пакетов вдоль как основных, так и резервных маршрутов при отказах элементов инфокоммуникационной сети. Предложенная потоковая модель может использоваться как основа алгоритмически-программного обеспечения существующих маршрутизаторов и/или контроллеров программно-конфигурируемых сетей, которые отвечают за расчет основных и резервных путей при быстрой перемаршрутизации трафика данных, чувствительного к таким показателям качества обслуживания как пропускная способность и вероятность потерь пакетов.

**Ключевые слова**: быстрая перемаршрутизация; качество обслуживания; пропускная способность; вероятность потерь пакетов.

### Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Лемешко О. В., Євдокименко М. О., Єременко О. С. Модель швидкої QoS-перемаршрутизації трафіку даних в інфокомунікаційних мережах. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 3 (9). С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.127>.

Lemeshko, O., Yevdokymenko, M., Yeremenko, O. (2019), "Model of data traffic QoS fast rerouting in infocommunication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 3 (9), P. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.9.127>.

**АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК**

Аванесова Н.Е.	5
Андрєєва Т.С.	12
Артюх О.В.	72
Артюх Р.В.	81
Белхадер А.	22
Великодний С.С.	62
Гетьман О.О.	12
Давидовський Ю.К.	72
Євдокименко М.О.	127
Єлізеєва А.В.	81
Єременко О.С.	127
Клочко О.О.	118
Колодяжна Т.В.	5
Косенко В.В.	72
Лемешко О.В.	127
Литвиненко Д.П.	91
Логінов О.В.	99
Логінова Л.В.	99
Малєєва О.В.	91
Марченко О.В.	5
Момот Т.В.	34
Панов В.В.	53
Пермяков О.А.	118
Персіянова О.Ю.	81
Пітерська В.М.	99
Рева О.А.	72
Родченко С.С.	34
Савенко К.С.	53
Терещенко Д.А.	12
Хілуха О.А.	44
Чайковський І.В.	109
Чех Н.О.	53
Шаповалов В.Ф.	118
Шпілько В.Л.	53

**ALPHABETICAL INDEX**

Avanesova Nina	5
Andrieieva Tetiana	12
Artiukh Olesia	72
Artiukh Roman	81
Bellakhdhar Ahmed	22
Velykodniy Stanislav	62
Hetman Olha	12
Davydovskyi Yurii	72
Yevdokymenko Maryna	127
Yelizyeva Alina	81
Yeremenko Oleksandra	127
Klochko Alexander	118
Kolodyazhna Tatyana	5
Kosenko Viktor	72
Lemeshko Oleksandr	127
Lytvynenko Dmytro	91
Lohinov Oleh	99
Lohinova Liliia	99
Malyeyeva Olga	91
Marchenko Olha	5
Momot Tetiana	34
Panov Vitalij	53
Permyakov Alexandr	118
Persiyanova Elena	81
Piterska Varvara	99
Reva Oleksandr	72
Rodchenko Svetlana	34
Savenko K.	53
Tereshchenko Dina	12
Khilukha Oksana	44
Tchaikovsky Ivan	109
Chekh Natalia	53
Shapovalov Victor	118
Shpilko Valerij	53

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА  
ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Щоквартальний науковий журнал**

№ 3 (9), 2019

Відповідальний за випуск *А. А. Коваленко*  
Комп'ютерна верстка *О. Ю. Персіянова*

**АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:**

Україна, 61166, м. Харків, проспект Науки, 14

Тел.: +38 (057) 704-10-51

Веб-сайт: <http://itssi-journal.com>

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

---

Формат 60×84/8. Умов. друк. арк. 15,81. Тираж 150 прим.

Відруковано з готових оригінал-макетів в типографії ФОП Андреев К.В.  
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.  
Запис №24800170000045020 від 30.05.2003.

61166, Харків, вул. Серпова, 4, тел. 063-993-62-73  
e-mail: [ep.zakaz@gmail.com](mailto:ep.zakaz@gmail.com)